



**ANALISIS PENGARUH ADITIF BHT TERHADAP KARAKTERISTIK
MINYAK KEMIRI SUNAN SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI CAIR
TRANSFORMATOR DAYA**

SKRIPSI

Oleh

Ade Firmansyah

NIM 131910201032

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ANALISIS PENGARUH ADITIF BHT TERHADAP KARAKTERISTIK
MINYAK KEMIRI SUNAN SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI CAIR
TRANSFORMATOR DAYA**

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

Oleh

**Ade Firmansyah
NIM 131910201032**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

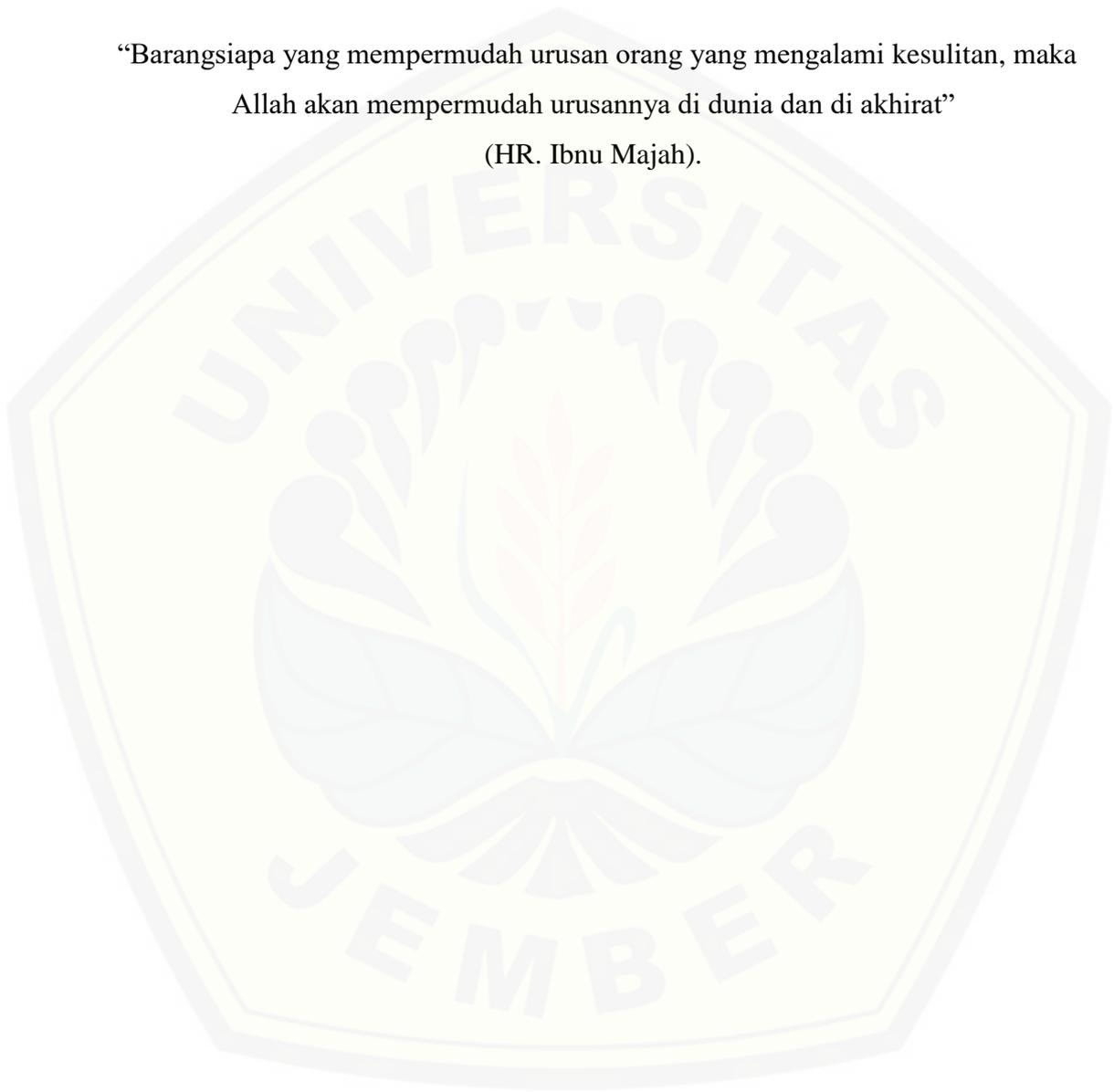
1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta dirumah, Bapak Supirman dan Ibu Sri Harmamik serta kakak Devie Firmania beserta keluarga, Ayah Karim dan Mama Ning sebagai orang tua di Jember, terima kasih atas sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Guru – guru mulai TK Tunas Bakti, SDN Sukoharjo 2 Proboliggo, SMPN 3 Probolinggo, SMAN 1 Dringu Kabupaten Probolinggo dan dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
4. Ibu Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Bapak H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M., selaku dosen penguji utama dan Bapak Abdur Rohman, S.T., M.Agr, Phd., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
7. Bapak Samsul Bachri Masmachofari S.T., M.MT., selaku dosen pembimbing akademik .
8. Bapak Widya Cahyadi, 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

“falling down seven times? stand up on eight with Allah”

“Barangsiapa 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 : Ade Firmansyah

NIM : 131910201032

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Analisis Pengaruh Aditif BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya" 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, 31 Juni 2019

Yang menyatakan,

Ade Firmansyah

NIM 131910201032

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH ADITIF BHT TERHADAP KARAKTERISTIK
MINYAK KEMIRI SUNAN SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI CAIR
TRANSFORMATOR DAYA**

Oleh

Ade Firmansyah

NIM 131910201032

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : HRB. Moch. Gozali, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Azmi Saleh, ST., MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Aditif BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya” karya Ade Firmansyah telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jumat, 31 Mei 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota I,

RB. Moch. Gozali, ST., MT.
NIP 196906081999031002

Dr. Azmi Saleh, ST., MT.
NIP 197106141997021001

Anggota II

Anggota III

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.
NIP 196312011994021002

Abdur Rohman, S.T., M.Agr, Phd
NIP 760017221

Mengesahkan,

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Minyak isolasi transformator memiliki dua fungsi yaitu sebagai media isolasi dan media pendingin. Bahan yang terkandung didalam minyak isolasi transformator tidak sedikit merupakan hasil penambangan minyak bumi, salah satunya di Indonesia, sehingga menyebabkan kerusakan pada lingkungan, bahan isolasi transformator diantaranya ter, sulfur (belerang), logam besi, tembaga, aluminium, titanium, timah, magnesium, krom, dan perak (Djiteng, 2011). Minyak trafo yang umum dipakai merupakan minyak dari hasil tambang bumi (fosil) yang tidak dapat diperbarui, artinya persediaan minyak bumi suatu saat akan semakin sedikit, mahal dan habis. Oleh karena itu, perlu adanya usaha untuk meminimalisir penggunaan minyak trafo yang berasal dari fosil.

Salah satu alternatif dalam meminimalisir penggunaan minyak transformator berbahan dasar fosil adalah dengan memanfaatkan minyak nabati. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan minyak nabati sebagai alternatif minyak trafo telah dilakukan antara lain minyak jarak, minyak jagung, minyak kemiri dan sebagainya. Walaupun dari hasil penelitian karakteristik minyak nabati tersebut belum memenuhi standar sebagai alternatif isolasi trafo, namun dapat di optimalkan melalui proses pencampuran bahan lain.

Sebelum melakukan pengujian pada minyak kemiri sunan, terlebih dahulu sampel minyak didestilasi untuk mengurangi kadar air yang terkandung didalamnya, setelah dilakukan proses destilasi kemudian dilakukan pemetaan sampel. Sampel pengujian terdiri dari 4 macam yang masing-masing sampel terdiri dari minyak kemiri sunan dengan konsentrasi BHT sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%.

Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa minyak kemiri sunan dengan penambahan zat BHT memiliki potensi sebagai minyak isolasi karena memiliki tegangan tembus mencapai 34,97 kV/2,5mm pada sampel dengan konsentrasi BHT 20%. Pada karakteristik kejernihan, viskositas dan tegangan tembus, BHT memiliki pengaruh yang positif namun pada karakteristik massa jenis semakin bertambahnya konsentrasi BHT nilai massa jenis minyak kemiri sunan semakin buruk.

SUMMARY

Transformer insulation oil has two functions, namely as a medium of insulation and cooling media. The material contained in transformer insulating oil is not the least the result of petroleum mining, one of which is in Indonesia, causing damage to the environment, transformer insulation materials including tar, sulfur, ferrous metal, copper, aluminum, titanium, tin, magnesium, chrome, and silver (Djiteng, 2011). Transformer oil that is commonly used is oil from earth mining (fossils) that cannot be renewed, meaning that oil supplies will someday be less, expensive and exhausted. Therefore, it is necessary to try to minimize the use of transformer oil derived from fossils.

One alternative in minimizing the use of fossil-based transformer oil is to use vegetable oil. Various studies on the use of vegetable oils as an alternative to transformer oil have been carried out including castor oil, corn oil, hazelnut oil and so on. Although from the results of the research characteristics of vegetable oils that do not meet the standards as an alternative isolation transformer, but can be optimized through the process of mixing other ingredients.

Before testing the Sunan pecan oil, the oil sample is first distilled to reduce the water content contained in it, after the distillation process, a sample mapping is carried out. The test sample consisted of 4 types, each of which consisted of sunan pecan oil with BHT concentration of 5%, 10%, 15% and 20%.

The test results in this study indicate that the candlenut oil with the addition of BHT substances has the potential as insulating oil because it has a breakdown voltage reaching 34.97 kV / 2.5mm in samples with a 20% BHT concentration. On the characteristics of clarity, viscosity and breakdown stress, BHT has a positive influence but on the characteristics of density increasing the BHT concentration the value of the density of sunan pecan oil is getting worse.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Aditif BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya”. 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 Supirman dan Ibu Sri Harmamik serta kakak Devie Firmania beserta keluarga, Ayah Karim dan Mama Ning sebagai orang tua di Jember, terima kasih atas sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
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 “Mr.Cotton” sebagai partner penelitian sekaligus partner “riwa-riwi” dalam penyusunan skripsi ini.
7. Begundal Squad dan penghuni Kontraan Kaliurang, Nur Wahyu Utomo, Fajar Gunawan, Erwin Setyandani, Bagus Lintang, dan teman-teman kloter terakhir angkatan 2013, Edi tri Kurniawan, Arief Fahmi, Bapak Diego Jaka Sundang, Risman Febrian, Ilfah, Miftah Faris, Lubboy begitu juga UHA yang selalu menceriakan dan menyemangati penghuni kontrakan Kaliurang.
8. Saudari Putri Ismi Sugiyanti S.E., yang telah memberi semangat dari awal hingga akhir pengerjaan tugas akhir ini.

9. Rekan-rekan satu DPU dan DPA yang selalu menemani saya berjuang mulai awal pengerjaan skripsi hingga selesai.
10. Teman sepermainan Binawan, Ekky, Intho, Dhimas, Nanda, Alex, Mirza, Ma'ruf, Dicky, Irul, Firman.
11. Pihak yang telah membantu dalam tahap awal hingga akhir penelitian, HRD dan teknisi laboratrium PLTU Paiton, aslab laboratorium tegangan tinggi UB, kepala beserta pengurus laboratorium farmasetika dan laboratorium kimia.
12. 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, 31 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Transformator.....	6
2.2 Minyak Isolasi Transformator.....	7
2.2.1 Jenis-jenis Minyak Isolasi	8
2.2.2 Sifat-sifat Fisika Isolator Minyak.....	9
2.2.3 Sifat-sifat Listrik Isolator Minyak.....	11
2.2.4 Manfaat Minyak Transormator	12
2.3 Teori Kegagalan Isolasi Minyak Transformator	13
2.4 Standarisasi Karakteristik Isolasi Transformator	14
2.5 Zat Aditif BHT.....	16

2.6 Minyak Kemiri Sunan.....	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	18
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
3.6.2 Pemetaan Sampel	27
3.7 Prosedur Pengujian.....	28
3.7.1 Prosedur Pengujian Kejernihan	28
3.7.2 Prosedur Pengujian Tegangan Tembus	29
3.7.3 Prosedur Pengujian Massa Jenis	30
3.7.4 Prosedur Pengujian Viskositas	31
3.8 Pengolahan Data	32
3.8.1 Pengolahan data pengujian kejernihan	32
3.8.2 Pengolahan Data Pengujian Tegangan Tembus	33
3.8.3 Pengolahan Data Pengujian Massa Jenis	33
3.8.4 Pengolahan Data Pengujian Viskositas Konematik	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil Destilasi	38
4.2 Hasil Pengujian	38
4.2.2 Tegangan Tembus	42
4.2.3 Massa Jenis.....	47
4.2.4 Viskositas Kinematik	51
4.3 Kelayakan Minyak Kemiri Sunan sebagai Alternatif Minyak Transformator Daya	55
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Biji Kemiri Sunan.....	16
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.2	Flowchart Pengujian.....	22
Gambar 3.3	Peralatan yang digunakan dalam proses destilasi.....	23
Gambar 3.4	Petroleum Oil Comparator.....	23
Gambar 3.5	Piknometer.....	24
Gambar 3.6	Timbangan Analitik.....	24
Gambar 3.7	Gelas Beker	24
Gambar 3.8	Viskometer Ostwald.....	25
Gambar 3.9	Pushball.....	25
Gambar 3.10	Tabung elektroda.....	25
Gambar 3.11	Tranformator Uji.....	26
Gambar 3.12	Control Board.....	26
Gambar 3.13	Skala warna minyak transformator.....	29
Gambar 4.1	Perubahan warna minyak kemiri sunan setelah proses Destilasi.....	38
Gambar 4.2	Grafik Hasil Pengujian Kejernihan.....	40
Gambar 4.3	Grafik Nilai Kejernihan Dengan Analisis Regresi Polinomial.....	41
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Variasi BHT terhadap Tegangan Tembus.....	43
Gambar 4.5	Grafik Nilai Tegangan Tembus Dengan Analisis Regresi Polinomial.....	45
Gambar 4.6	Pengaruh Variasi BHT Terhadap Massa Jenis.....	48
Gambar 4.7	Grafik Nilai Massa Jenis Dengan Analisis Regresi Polinomial...50	
Gambar 4.8	Grafik Hasil Pengujian Viskositas.....	53
Gambar 4.9	Grafik Nilai Viskositas Dengan Analisis Regresi Polinomial.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Tegangan Tembus Saat Minyak Transformator Pakai Sesuai SPLN 49-1 : 1982	16
Tabel 2.2	Spesifikasi Minyak Isolasi Baru Berdasarkan SPLN 49-1 1982.....	16
Tabel 3.1	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	18
Tabel 3.2	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	19
Tabel 3.3	Persentase Komposisi BHT Terhadap Minyak Kemiri Sunan.....	28
Tabel 3.4	Parameter Kejernihan Minyak Kemiri Sunan.....	29
Tabel 3.5	Parameter Pengujian Massa Jenis.....	30
Tabe. 3.6	Data Parameter Pengujian Viskositas.....	31
Tabel 3.7	Parameter Kejernihan Minyak Kemiri Sunan.....	32
Tabel 3.8	Perbandingan Nilai Kejernihan.....	32
Tabel 3.9	Hasil Uji Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan.....	33
Tabel 3.10	Perbandingan Nilai Tegangan Tembus.....	33
Tabel 3.11	Data Pengujian Massa Jenis.....	34
Tabel 3.12	Perbandingan Nilai Massa Jenis.....	34
Tabel 3.13	Data Hasil Pengujian Viskositas Kinematik.....	36
Tabel 3.14	Perbandingan Nilai Viskositas Kinematik.....	36
Tabel 4.1	Hasil Uji Skala Warna Minyak Kemiri Sunan.....	39
Tabel 4.2	Hasil Uji Massa Jenis.....	47
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Viskositas Kinematik.....	51
Tabel 4.5	Perbandingan Paarameter Hasil Pengujian Dengan Standar SPLN 49-1 1982.....	56

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik saat ini menjadi kebutuhan pokok dimana permintaan energi listrik semakin meningkat seiring banyaknya pemukiman serta pembangunan perindustrian. Demi memenuhi pelayanan energi listrik kepada konsumen maka diperlukan sistem tenaga listrik yang terorganisir dengan baik dan optimal. Salah satu peralatan listrik tegangan tinggi yang memiliki peran penting adalah transformator daya.

Transformator daya berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari tegangan rendah ke tegangan menengah atau tegangan menengah ke tegangan tinggi atau sebaliknya. Dalam sistem penyaluran daya listrik transformator ini memiliki peran yang sangat penting dan dapat dikatakan sebagai jantung dari suatu sistem transmisi dan distribusi, oleh karena itu transformator tenaga harus bekerja secara stabil dan maksimal demi memenuhi kebutuhan energi listrik. Mengingat kerja keras transformator maka harus dilakukan pemeliharaan terhadap transformator tersebut untuk meminimalisir gangguan, salah satunya mengenai isolasi transformator yang berupa minyak.

Minyak isolasi transformator memiliki dua fungsi yaitu sebagai media isolasi dan media pendingin. Bahan yang terkandung didalam minyak isolasi transformator tidak sedikit merupakan hasil penambangan minyak bumi, salah satunya di Indonesia, sehingga menyebabkan kerusakan pada lingkungan, bahan isolasi transformator diantaranya ter, sulfur (belerang), logam besi, tembaga, alumunium, titanium, timah, magnesium, krom, dan perak (Djiteng, 2011). Minyak trafo yang umum dipakai merupakan minyak dari hasil tambang bumi (fosil) yang tidak dapat diperbarui, artinya persediaan minyak bumi suatu saat akan semakin sedikit, mahal dan habis. Oleh karena itu, perlu adanya usaha untuk meminimalisir penggunaan minyak trafo yang berasal dari fosil.

Salah satu alternatif dalam meminimalisir penggunaan minyak transformator berbahan dasar fosil adalah dengan memanfaatkan minyak nabati. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan minyak nabati sebagai alternatif minyak trafo

telah dilakukan antara lain minyak jarak, minyak jagung, minyak kemiri dan sebagainya. Walaupun dari hasil penelitian karakteristik minyak nabati tersebut belum memenuhi standar sebagai alternatif isolasi trafo, namun dapat di optimalkan melalui proses pencampuran bahan lain.

Meninjau penelitian yang berjudul Karakteristik Minyak Jarak sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator dengan Variasi Fenol dan APAR Poweroil TO 20 (Cippratama, 2017), pada komposisi minyak jarak 60% dengan penambahan fenol 20% dan APAR TO20 20% didapatkan tegangan tembus sebesar 42,50 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), yang artinya komposisi tersebut belum memenuhi standar dikarenakan melebihi batas maksimum massa jenis isolasi cair transformator daya yaitu $0,8957 \text{ gram/cm}^3$.

Jenis minyak nabati yang memiliki keunggulan karakteristik tegangan tembus serta massa jenis yaitu minyak kemiri sunan. Penelitian tentang minyak kemiri sunan sebagai alternatif pengganti isolasi transformator yang telah diteliti sebelumnya oleh Harief Taufik Kurrahman dan Syamsir Abduh menghasilkan karakteristik minyak kemiri sunan dengan tegangan tembus sebesar 17,55 kV/2,5 mm. Nilai ini masih dibawah standar SPLN 49-1 yaitu sebesar $>30 \text{ kV/2,5 mm}$ untuk memenuhi persyaratan penggunaan isolasi cair transformator.

Penggunaan aditif lainnya yang dapat meningkatkan tegangan tembus adalah BHT (*butyl hydroxytoluene*). Penelitian sebelumnya tentang aditif BHT telah dilakukan oleh Fajar Hariyanto dengan menambahkan aditif BHT pada minyak transformator bekas. Pada penelitian tersebut aditif BHT dapat meningkatkan tegangan tembus minyak transformator bekas dari 10,73 kV menjadi 39,9 kV (Hariyanto,2014). Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa aditif BHT berpengaruh terhadap tegangan tembus minyak isolasi namun tidak diketahui bagaimana pengaruh aditif BHT terhadap sifat fisika pada minyak isolasi.

Dalam penelitian tugas akhir ini minyak kemiri sunan akan dicampur dengan zat aditif BHT melalui proses destilasi. Diharapkan dengan metode ini, minyak

kemiri sunan memiliki kelayakan karakteristik yang optimal berdasar standar isolasi cair transformator.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi permasalahannya sebagai berikut :

- a. Bagaimana karakteristik fisik berupa massa jenis, viskositas dan kejernihan minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif BHT?
- b. Bagaimana pengaruh penambahan aditif BHT terhadap tegangan tembus minyak kemiri sunan?
- c. Bagaimana kelayakan minyak kemiri sunan dengan penambahan BHT sebagai minyak isolasi alternatif pada transformator daya?

1.3 Batasan Masalah

Dengan adanya rumusan masalah tersebut, maka diperlukan beberapa batasan masalah agar tidak menyimpang terlalu jauh dari topik yang dibahas, yaitu sebagai berikut :

- a. Penulis tidak membahas reaksi kimia yang terjadi pada minyak kemiri dan BHT.
- b. Variasi zat aditif yang digunakan adalah BHT.
- c. Skripsi ini membahas tentang keadaan minyak kemiri sunan untuk karakter kejernihan, massa jenis, viskositas kinematik, dan tegangan tembus. Selain karakter tersebut tidak dibahas. Dalam hal ini bukan tentang prinsip yang tersusun pada transformator maupun cara kerjanya.
- e. Skripsi ini tidak membahas tentang hasil dari unsur-unsur penyusun zat senyawa kimia pada kandungan minyak kemiri sunan.
- f. Tidak melakukan proses penerapan minyak kemiri sunan secara langsung pada transformator daya.
- g. Tidak membahas efek yang ditimbulkan oleh minyak kemiri terhadap bagian-bagian peralatan transformator.
- h. Bentuk elektroda yang digunakan setengah bola dengan jarak 2,5 mm.

- i. Pengujian tegangan tembus tidak dilakukan dengan variasi kenaikan suhu
- j. Tidak membahas tentang masa pakai dan masa kadaluarsa minyak.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh penambahan aditif BHT terhadap massa jenis, viskositas dan kejernihan minyak kemiri sunan.
- b. Mengetahui pengaruh penambahan aditif BHT terhadap tegangan tembus minyak kemiri sunan.
- c. Mengetahui kelayakan minyak kemiri sunan sebagai alternatif isolasi cair pada transformator daya.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan minyak kemiri sunan dapat dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif bahan pokok minyak transformator daya dengan proses penambahan zat aditif BHT. Serta sebagai bahan untuk penelitian-penelitian selanjutnya pada bidang yang sejenis.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika skripsi ini memaparkan gambaran garis besar dalam penyusunan. Adapun penyusunan skripsi ini terdiri dari tiga bagian, yaitu :

- a. Bagian Utama

Bagian pendahuluan skripsi ini berisi halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar lampiran, daftar tabel dan daftar gambar.

- b. Bagian Isi

1) BAB 1. PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

2) BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang penjelasan teori yang menguraikan pendapat atau hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

3) BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

4) BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

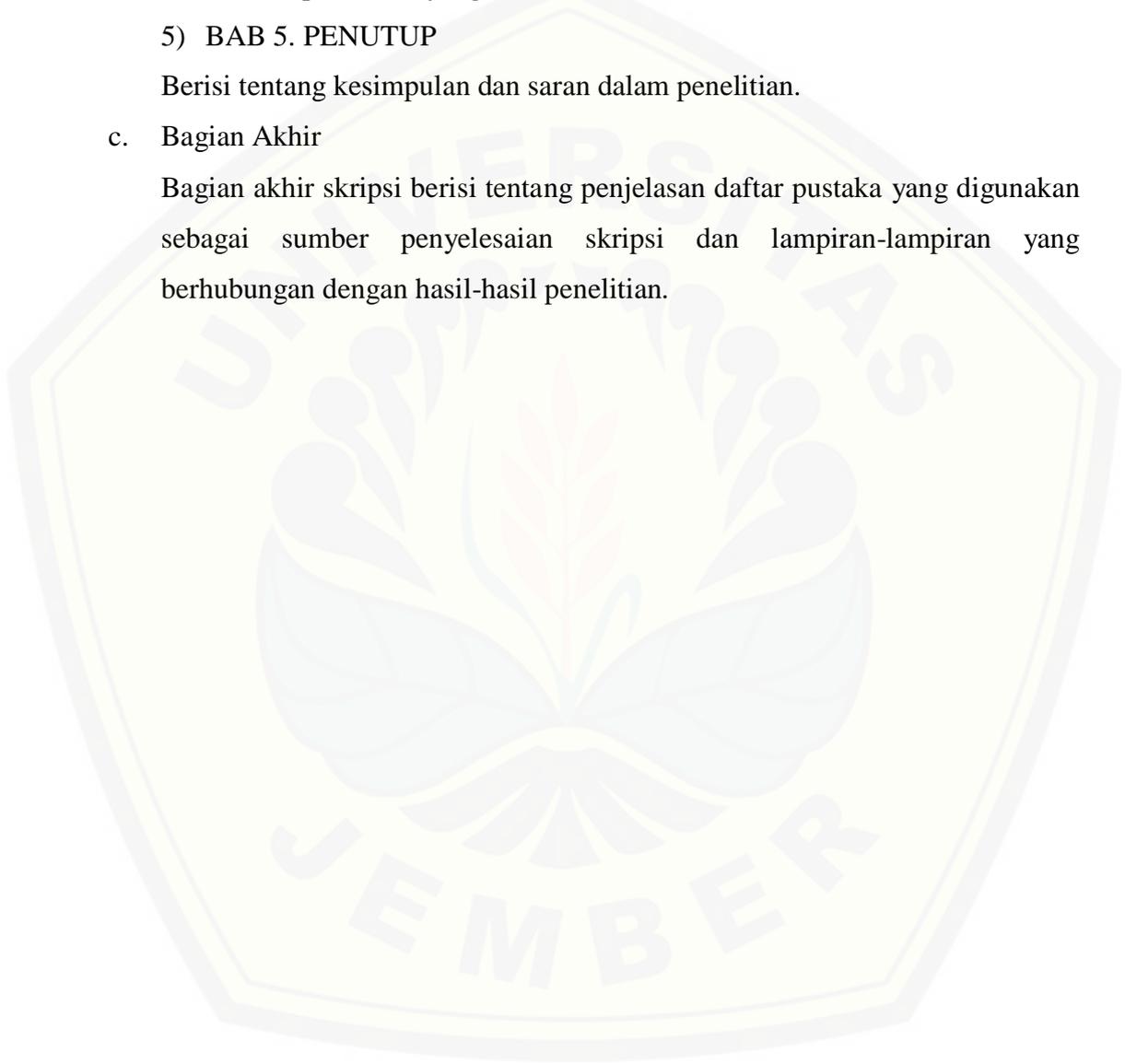
Berisi hasil penelitian yang telah dilakukan.

5) BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dalam penelitian.

c. Bagian Akhir

Bagian akhir skripsi berisi tentang penjelasan daftar pustaka yang digunakan sebagai sumber penyelesaian skripsi dan lampiran-lampiran yang berhubungan dengan hasil-hasil penelitian.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator merupakan peralatan statis untuk memindahkan energi listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya dengan mengubah tegangan tanpa mengubah frekuensi. transformator disebut peralatan statis karena tidak ada bagian yang bergerak atau berputar, tidak seperti motor atau generator.

Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dasar teori dari transformator adalah apabila ada arus listrik bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga akan timbul Gaya Gerak Listrik (GGL).

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektris namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reaktansi rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk rangkaian tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

Ada beberapa macam jenis transformator, salah satu nya yaitu transformator daya. Transformator daya merupakan peralatan listrik yang berfungsi menurunkan

tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi menengah di gardu induk (GI). Namun transformator daya ini harganya mahal, selain itu kerusakan transformator daya di GI akan menyebabkan terganggunya penyediaan tenaga listrik bagi masyarakat. Secara operasional rusaknya salah satu transformator daya dalam GI akan memerlukan manuver operasi untuk memindah beban dari transformator yang rusak ke transformer lain dengan menghindarkan 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 Isolasi Transformator

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus dan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas. Minyak transformator mempunyai unsur atau senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak transformator. Minyak transformator adalah cairan yang dihasilkan oleh proses pemurnian minyak mentah. Selain itu minyak ini juga berasal dari bahan-bahan organik, misalnya minyak piranol dan silikon, beberapa jenis minyak transformator yang sering dijumpai dipalangan adalah minyak transformator Diala A, diala B dan Mectrans.

Minyak transformator juga memberikan fungsi isolasi antara belitan belitan dengan badan transformator dan benda-benda lain di luar transformator. Selain itu minyak transformator juga berfungsi sebagai media pendingin untuk menyerap panas dari inti transformator dan dari belitan transformator. Suatu peralatan elektrik harus memiliki isolasi elektrik dan juga harus memiliki isolasi thermal. Isolasi elektrik berfungsi sebagai pemisah antara bagian-bagian peralatan yang memiliki beda potensial, sedangkan isolasi thermal berfungsi menyerap panas yang terdisipasi, dengan kedua kemampuan ini maka minyak transformator diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan. Ada beberapa alasan mengapa isolasi cair digunakan, antara lain :

- a. Isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi menurut hukum Paschen.
- b. Isolasi cair akan mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi dan secara serentak melalui proses konversi menghilangkan panas yang timbul akibat rugi energi.
- c. Ketika isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri jika terjadi pelepasan muatan.

2.2.1 Jenis-jenis Minyak Isolasi

Minyak isolasi biasanya terdiri dari beberapa jenis, berdasarkan bahan pembuatnya minyak isolasi terdiri dari, minyak isolasi yang berasal dari olahan minyak bumi (yang saat ini banyak digunakan) dan minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan atau disebut minyak nabati (minyak organik) yang saat ini banyak diteliti.

2.2.1.1 Zat Penyusun Minyak Transformator

Bahan dasar pembuatan minyak transformator adalah minyak mentah (crude oil). Namun pabrik-pabrik pembuat minyak transformator menambah zat-zat tertentu untuk mendapatkan kualitas dielektrik yang lebih baik. Minyak transformator terbuat dari bahan kimia organik, merupakan senyawa atom - atom C dan H (Djiteng M, 2011). Pada umumnya minyak transformator tersusun atas senyawa-senyawa hidrokarbon dan non hidrokarbon.

a. Senyawa Hidrokarbon

Senyawa hidrokarbon adalah senyawa kimia yang terdiri dari unsur unsur hidrogen dan karbon. Senyawa hidrokarbon yang merupakan bagian terbesar dari minyak dapat dibagi atas tiga kelompok besar yaitu senyawa parafin, senyawa naphtena, dan senyawa aromatik.

Senyawa parafin adalah senyawa hidrokarbon jenuh yang mempunyai rantai karbon lurus atau bercabang, yang dalam kimia organik dikenal sebagai senyawa dengan rantai terbuka atau senyawa alifatik.

Senyawa naphtena digolongkan sebagai hidrokarbon yang mempunyai rantai tertutup atau struktur berbentuk cincin. Senyawa ini dikenal pula sebagai senyawa alisiklis. Masing-masing cincin dapat berisi lima atau enam atom karbon.

Senyawa aromatik memiliki satu atau lebih cincin aromatik yang dapat bergabung dengan cincin alisiklik. Beberapa senyawa aromatik berfungsi sebagai penghambat oksidasi (inhibitor) dan penjaga kestabilan, tetapi jika jumlahnya terlalu banyak akan bersifat merugikan yaitu berkurangnya kekuatan dielektrik, serta berkurangnya sifat pelarutan minyak terhadap isolasi padat di dalamnya. Ketika hidrokarbon diatas memiliki fungsi yang berbeda pada minyak mentah. Minyak isolasi transformator merupakan minyak mineral yang antara ketiga jenis minyak dasar tersebut tidak boleh dilakukan pencampuran karena memiliki sifat fisik maupun kimia yang berbeda.

b. Senyawa Non Hidrokarbon

Unsur pokok nonhidrokarbon yang terdapat dalam minyak transformator adalah substansi asphalt / tar, senyawa organik yang mengandung belerang dan nitrogen, asam naphtena, ester, alkohol dan senyawa organometalik

2.2.2 Sifat-sifat Fisika Isolator Minyak

a. Kejernihan (Appearance)

Warna minyak yang baik adalah warna yang jernih dan bersih, seperti air murni. Selama transformator dioperasikan, minyak isolator akan melarutkan suspensi / endapan (sludge). Semakin banyak endapan yang terlarut, maka warna minyak akan semakin gelap.

Menurut standar SPLN 49-1 Tahun 1982. Kejernihan merupakan salah satu aspek penting untuk menentukan layak tidaknya suatu minyak untuk dijadikan isolasi cair pada transformator daya. Kejernihan minyak dipetakan menurut skala-skala warna yang ada. PLN mempunyai skala minimal yang masih dianggap layak

untuk dijadikan minyak transformator yaitu skala < 5 . Jika lebih dari skala warna tersebut maka minyak tidak layak untuk dipakai.

b. Massa Jenis (Spescific Mass)

Massa jenis merupakan perbandingan massa suatu volume cairan. Massa jenis minyak dibatasi agar air dapat terpisah dari minyak isolasi dan tidak melayang. Pengukuran dilakukan di laboratorium dengan suhu media 20 C. Massa jenis minyak yang harus dipenuhi adalah 0.895 gr/cm³. Massa jenis minyak transformator harus lebih rendah daripada air.

c. Viskositas Kinematik (Kinematic Viscosity)

Viskositas kinematik merupakan tahanan dari cairan untuk mengalir kontinu dan merata tanpa adanya gesekan dan gaya-gaya lain. Sebagai media pendingin, nilai viskositas memegang peranan penting dalam pendinginan, sebagai faktor penting dalam aliran konveksi untuk memindahkan panas. Makin rendah viskositas, maka semakin bagus pula konduktivitas termalnya sehingga semakin baik kualitas dari minyak transformator tersebut.

d. Titik Nyala (Flash Point)

Titik nyala menunjukkan bahwa minyak transformator dapat dipansakan sampai temperatur tertentu sebelum uap yang timbul menjadi api yang berbahaya. Semakin tinggi titik nyala maka semakin baik minyak tersebut. Standar titik nyala pada PLN sebesar > 140 °C. Titik nyala yang tinggi dibutuhkan agar minyak tidak mudah terbakar saat terkena api.

e. Titik Tuang (Pour Point)

Adanya air dalam minyak isolator akan menurunkan tegangan tembus dan tahanan jenis minyak isolator, serta memacu munculnya hot spot sehingga nantinya akan mempercepat kerusakan isolator kertas (kertas dan kayu). Sebagai tambahan pemanasan yang berlebihan pada transformator akan menyebabkan isolasi kertas pada belitan akan membusuk dan menurunkan umur isolator. Membusuknya isolasi kertas juga berpengaruh pada jumlah kandungan air.

Pemecahan molekul serat kertas akan melepaskan sejumlah atom hidrogen dan oksigen bebas yang nantinya akan membentuk air (H_2O). Naiknya temperatur lebih lanjut akan menyebabkan air bergerak dari isolasi kertas menuju minyak dan menurunkan tegangan tembus minyak. Minyak isolasi diharapkan memiliki kandungan air serendah mungkin.

f. Kandungan Air

Kandungan air yang terdapat pada minyak isolasi transformator menyebabkan menurunnya tegangan tembus (*Breakdown Voltage*) dan memacu timbulnya kerusakan pada transformator daya itu sendiri batas kandungan air yang diperbolehkan yaitu sebesar 30 mg/kg menurut standart SPLN 49-1 Tahun 1982. Selain itu juga kandungan air menyebabkan timbulnya *hot spot* pada isolator belitan transformator. Karena sifatnya yang korosif dan cepat menghantarkan arus listrik. Maka kandungan air pada minyak transformator harus senantiasa dilakukan pengujian rutin agar memiliki fungsi yang baik.

2.2.3 Sifat-sifat Listrik Isolator Minyak

a. Tegangan Tembus

Tegangan tembus merupakan suatu peristiwa apabila medan magnet dinaikkan (tegangan terus-menerus dinaikkan), atom-atom akan terionisasi dan sampai batas kemampuan isolator tersebut menahan tegangan maka isolator tersebut akan berubah menjadi konduktor. Saat kritis ini disebut *breakdown*. Pengujian terhadap tegangan tembus diperlukan untuk mengetahui titik kritis dari isolasi minyak transformator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya tegangan tembus pada minyak transformator setelah diberikan tegangan tinggi. Proses tembus listrik pada minyak dengan pengaruh medan listrik melibatkan banyak faktor. Salah satunya adalah perpindahan bahan padat yang basah seperti fiber dan bahan kontaminan lain seperti air ke daerah yang bertekanan listrik di antara kedua elektroda.

b. Kekuatan dielektrik

Kekuatan dielektrik merupakan 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 (Tumiran, 1987).

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. 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” (Abduh, Syamsir. 2003).

c. Konstanta Dielektrik

Suatu bahan memiliki kemampuan menyimpan energi listrik yang berbeda-beda, tergantung pada molekul yang menyusunnya. Kemampuan bahan menyimpan energi elektrostatis (permitivitas) akan naik jika suatu bahan berubah komposisi kimianya sehingga berat molekul bahan tersebut meningkat. Penyimpanan ini terjadi akibat pergeseran relatif kedudukan muatan positif internal dan muatan negatif internal terhadap gaya atomik dan molekular yang normal.

2.2.4 Manfaat Minyak Transormator

Selain sifat fisika dan listrik yang dimiliki oleh isolator minyak. Minyak transformator juga mempunyai beberapa fungsi lain sebagai isolator cair pada transformator antara lain:

a. Minyak transformator sebagai pendingin

Dalam menyalurkan perannya sebagai pendingin, kekentalan minyak transformator ini tidak boleh terlalu tinggi agar mudah bersirkulasi, dengan demikian proses pendinginan dapat berlangsung dengan baik. Bila kekentalan minyak tinggi maka akan sulit untuk bersirkulasi sehingga akan menyulitkan proses pendinginan transformator. Adanya minyak di dalam transformator berfungsi sebagai cairan yang mengisi yang dapat membantu proses pendinginan belitan dan inti besi. Kelebihan minyak untuk isolasi cair pada transformator yaitu untuk mengisi celah dan ruang yang akan diisolasi. minyak transformator akan menyerap panas kemudian panas tersebut disalurkan ke dinding trafo dan melepas panas ke udara sekitar.

b. Minyak Transformator Sebagai Isolasi

Minyak sebagai isolasi harus mampu menahan tegangan stress yang tinggi karena transformator merupakan bagian dari tegangan tinggi maupun tegangan rendah, jika bagian yang bertegangan tinggi dan bertegangan rendah terjadi hubungan singkat menyebabkan kerusakan pada peralatan-peralatan yang terhubung dengan transformator. Dalam beroperasi minyak transformator harus mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi serta resistivitas yang tinggi.

2.3 Teori Kegagalan Isolasi Minyak Transformator

Karakteristik isolasi cair akan berubah jika terjadi ketidakmurnian didalamnya. 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 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

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 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.

3. Teori kegagalan bola cair

Jika suatu zat isolasi mengandung sebuah bola cair dari jenis cairan lain, maka dapat terjadi kegagalan akibat ketidakstabilan 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 bila air akan memanjang, dan bila panjangnya telah mencapai dua pertiga celah electrode maka saluran-salluran lucutan akan timbul sehingga kemudian kegagalan total akan terjadi.

4. Teori kegagalan tak murnian padat

Kegagalan tak murnian padat adalah jenis kegagalan yang disebabkan oleh adanya butiran zat padat (partikel) didalam isolasi cair yang akan memulai terjadi kegagalan

2.4 Standarisasi Karakteristik Isolasi Transformator

Minyak isolasi transformator, agar dapat berfungsi dengan baik memiliki syarat berdasarkan SPLN 49-1 1982. Pedoman penerapan spesifikasi pemeliharaan minyak isolasi terlihat sesuai pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2

Tabel 2.1 Spesifikasi tegangan tembus saat minyak transformator pakai sesuai SPLN 49-1 : 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 2.2 Spesifikasi minyak isolasi baru berdasarkan SPLN 49-1 : 1982

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

(Sastrodinoto & dkk, 1982)

2.5 Zat Aditif BHT

BHT memiliki rumus $C_{15}H_{24}O$, dengan sifat fisika diantaranya titik lebur sebesar 70 C, titik didih 182 C, berat molekul 220,35 gr/mol, kepadatan 1.05 gr/cm³. Butylated hydroxytoluene, juga dikenal sebagai dibutylhydroxytoluene, adalah senyawa organik lipofilik, secara kimia merupakan turunan dari fenol, yang berguna untuk sifat antioksidannya

. Sifat kimia dari BHT antara lain mengandung senyawa hidrokarbon hal tersebut sebagai penghambat oksidasi dan penjaga kestabilan sehingga dapat memperbaiki kualitas minyak..

2.6 Minyak Kemiri Sunan

Kemiri sunan atau dengan nama ilmiahnya *Reutealis Trisperma Blanco* tanaman ini berasal dari Filipina yang berpotensi sebagai alternatif biodiesel. Nama lain dari kemiri ini antara lain kemiri racun, muncang leuweung, jarak bandung, jarak kebo dan kaliki banten. Menurut (Barley, 1950; Kataren, 1986) kemiri sunan menghasilkan minyak yang disebut dengan tung oil atau minyak kayu china. Biji kemiri jenis ini 45-50% mengandung minyak (Ditjenbun, 2008).



Gambar 2.1 Biji Kemiri Sunan

Kemiri Sunan merupakan salah satu tanaman prospektif sebagai bahan baku sumber energi terbarukan yakni untuk pembuatan bahan bakar nabati (BBN) biodiesel, sebagai pengganti minyak yang berasal dari fosil yang dapat diperbaharui (*renewable*). Kemiri Sunan pertama kali dikembangkan oleh bangsa Cina untuk memenuhi kebutuhan minyak Tung Oil pada abad ke-18 digunakan sebagai

pengawetan kayu pada kapal-kapal pinisi. Dalam perkembangannya kemudian menyebar sampai wilayah Indonesia

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 karmawat, 2015; 16). Inti biji kemiri jenis ini dapat menghasilkan minyak sebesar 56% warna dari minyak kemiri sunan yang dihasilkan kuning bening. Sisa olahannya antara lain bungkil, bungkil ini mengandung 6% nitrogen, 1,7% natrium dan 0,5% fosfor (vossen dan Umali, 2001).

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 kulit buah 62-68%, tempurung biji 11-16% dan kernel 16-27% (Herman dan Pranowo, 2011)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dengan judul “**Analisis Pengaruh Aditif BHT terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya**” 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	November 2018 - Januari 2019
Viskositas kinematik	Laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Jember	
Kejernihan	Laboratorium PT PJB Unit Pembangkit Paiton 1-2	
Tegangan Tembus	Laboratorium Tegangan Tinggi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya	

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

Tabel 3.2 Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Oktober				November				Desember				Januari			
		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

Dalam tahap ini hal yang perlu diperhatikan adalah memperkirakan komponen apa saja yang digunakan pada saat penelitian

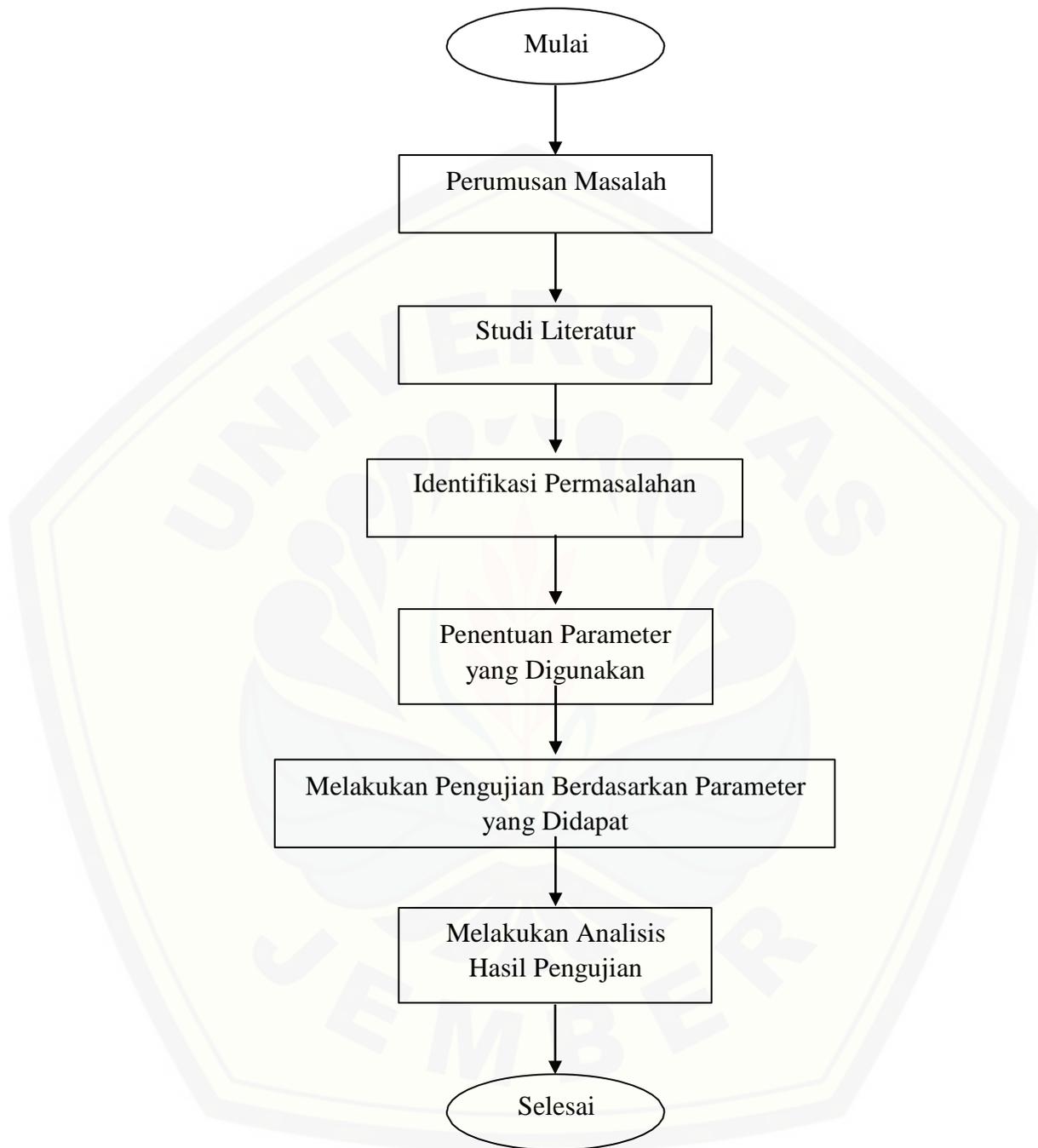
b. Studi Literatur

Mengumpulkan dan mempelajari literatur tentang karakteristik minyak kemiri sebagai alternatif isolasi cair transformator daya.

- c. Pengumpulan Data
Mencari dan mengumpulkan parameter pengukuran pada karakteristik yang akan diujikan.
- d. Melakukan Pengujian
Melakukan pengujian karakteristik pada minyak kemiri dengan campuran zat aditif BHT berdasarkan standar SPLN 49-1 : 1982. Parameter pengukuran pada minyak kemiri adalah sebagai berikut :
 - 1) Massa Jenis;
 - 2) Viskositas Kinematik;
 - 3) Tegangan Tembus.
 - 4) Kejernihan
- e. Melakukan Analisis Hasil Pengujian
Dari data yang diperoleh akan dianalisis berdasarkan karakteristik yang didapat.
- f. Analisis Data
Analisis data dilakukan setelah mengetahui hasil pengujian, dengan pengolahan menggunakan analisis korelasi dan regresi sederhana.
- g. Membuat Pembahasan
Data yang dianalisis tersebut akan dijabarkan melalui pembahasan.
- h. Pengambilan Kesimpulan
Penarikan kesimpulan diperoleh dari kajian kajian dari hasil dan pembahasan serta analisis yang telah dilakukan.

3.3 Diagram Alur Penelitian

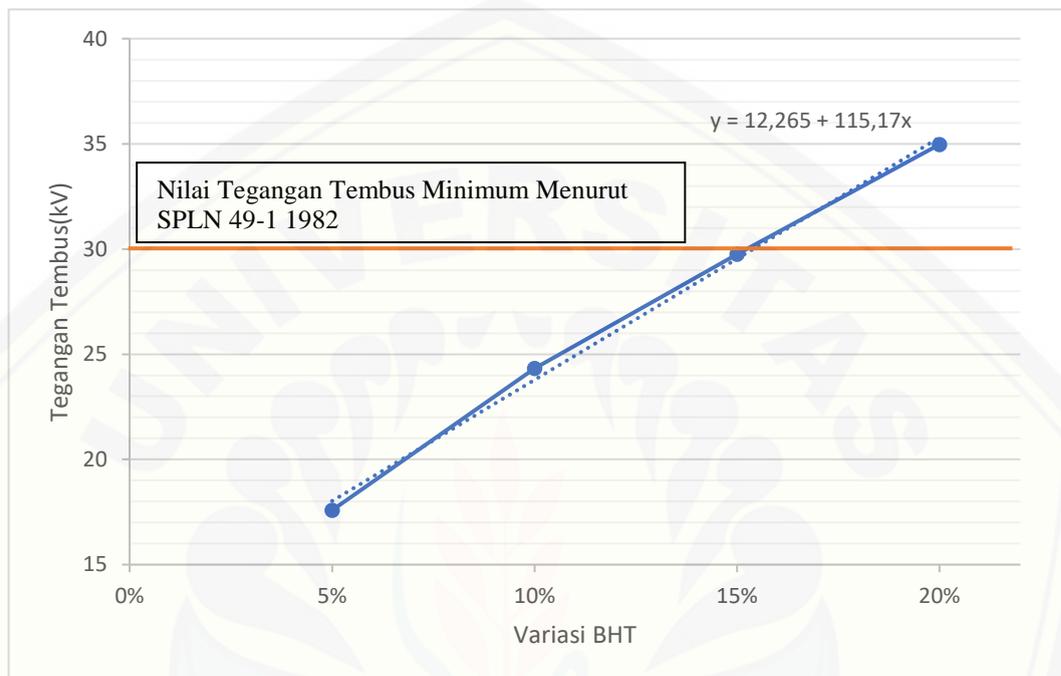
Sub bab ini menjelaskan tentang alur penelitian secara umum yang dilakukan untuk mendapatkan data-data dan hasil hubungan analisis.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

4.2.2.1 Pengaruh Variasi BHT Terhadap Tegangan Tembus

Dari hasil pengujian tegangan tembus pada Tabel 4.2, hubungan penambahan BHT terhadap tegangan tembus minyak kemiri sunan dapat dilihat pada grafik regresi linier pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Variasi BHT terhadap Tegangan Tembus

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai tegangan tembus ketika semakin bertambahnya konsentrasi BHT pada minyak kemiri sunan. Dari sampel pertama ke sampel kedua tegangan tembus meningkat sebesar 6,75 kV yang artinya penambahan BHT 5% pada sampel kedua meningkatkan tegangan tembus 38,4% dari sampel pertama, untuk sampel ketiga meningkat 22,3% dan sampel keempat meningkat sebesar 14%. Dalam pengujian tegangan tembus nilai tegangan tembus terendah terdapat pada variasi BHT 5% dengan nilai 17,58 kV/2,5 mm sementara tegangan tembus terbesar adalah 34,97 kv/2,5 mm pada saat konsentrasi BHT sebesar 20%.

Dengan analisis regresi linier didapat persamaan $y = 12,265 + 115,17x$. Persamaan yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengetahui rata-rata perubahan nilai tegangan tembus. Berikut contoh perhitungan perubahan nilai tegangan tembus setiap penambahan BHT sebanyak 5%.

a. Pada konsentrasi 5%

$$\begin{aligned} Y &= 12,265 + 115,17x \\ &= 12,265 + 115,17(5\%) \\ &= 18,02 \end{aligned}$$

b. Pada konsentrasi 10%

$$\begin{aligned} Y &= 12,265 + 115,17x \\ &= 12,265 + 115,17(10\%) \\ &= 23,78 \end{aligned}$$

Melalui perhitungan berdasarkan analisis regresi linier pada konsentrasi BHT 5% dan 10% dapat diketahui bahwa setiap penambahan 5% BHT menambah nilai tegangan tembus sebesar 5,75 kV/2,5mm.

Dari hasil pengujian keempat sampel, sebagian besar sampel dengan variasi BHT tidak dapat mencapai tegangan tembus standar yaitu 30 kV/2,5mm. Persamaan $Y = 12,265 + 115,17x$ juga dapat digunakan untuk memperkirakan seberapa besar variasi BHT yang dibutuhkan agar dapat mencapai standar tegangan tembus sebesar 30 kV/2,5mm. Berikut contoh perhitungan untuk memperkirakan penambahan konsentrasi BHT untuk mencapai tembus sebesar 30 kV dengan menggunakan analisis regresi linier.

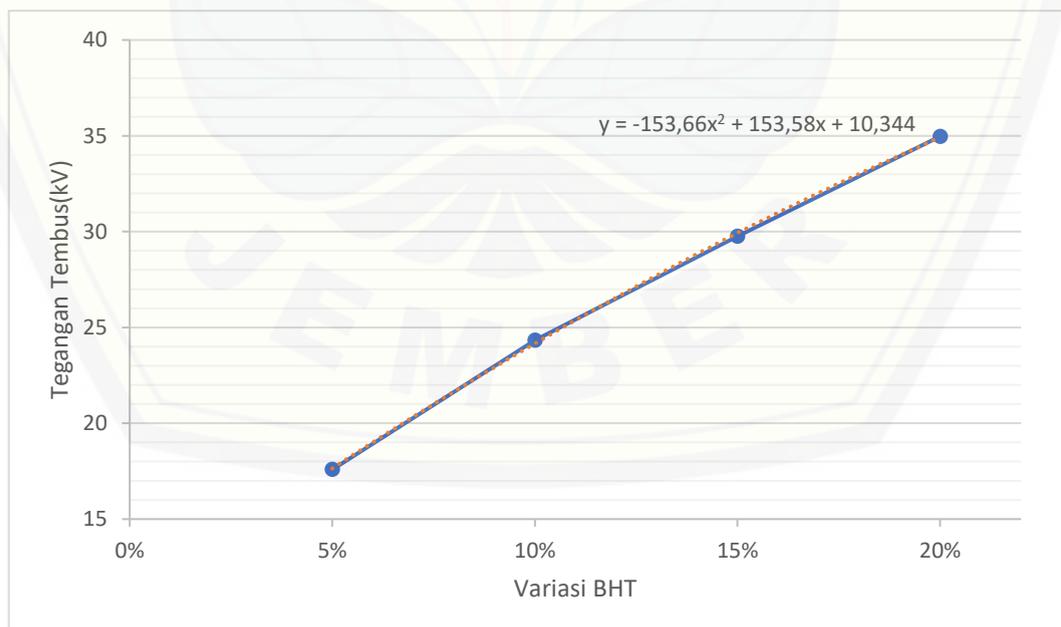
$$\begin{aligned} Y &= 12,265 + 115,17x \\ 30 &= 12,265 + 115,17x \\ 115,17x &= 30 - 12,265 \\ X &= \frac{17,735}{115,17} \\ X &= 0,154 = 15,4\% \end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut diketahui penambahan zat BHT minimal agar mencapai tegangan tembus 30 kV/2,5mm adalah sebesar 15,4%. Dari data pengujian pada Gambar 4.4 diketahui korelasi antara variasi BHT terhadap tegangan tembus memiliki hubungan positif yaitu sebesar 0,99. Perhitungan analisis regresi dan korelasi variasi BHT terhadap tegangan tembus minyak kemiri sunan secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran.

Penambahan BHT pada minyak kemiri sunan memang dapat meningkatkan tegangan tembus, namun dibutuhkan variasi tertentu untuk memenuhi standar SPLN 49-1 1982 yang menyatakan bahwa tegangan tembus harus berada diatas atau sama dengan 30 kV/2,5 mm. Hasil dalam pengujian tegangan tembus yang terdapat pada Gambar 4.4, menunjukkan bahwa variasi BHT yang memenuhi standar terdapat pada sampel dengan penambahan BHT sebesar 20% yang memiliki nilai tegangan tembus 34,87 kV/2,5 mm. Pada variasi BHT 5%, 10% dan 15% masih berada di bawah standar.

4.2.2.2 Analisi Data Tegangan Tembus Menggunakan Regresi Polinomial

Analisi regresi dapat digunakan untuk memperkirakan nilai tegangan tembus, oleh karena untuk memperkirakan nilai tegangan tembus yang lebih akurat maka dibutuhkan nilai eror persen sekecil mungkin. Pada grafik dengan menggunakan analisis regresi linier yang terdapat pada Gambar 4.4 nilai rata-rata eror persen diketahui sebesar 1,6%. Analisis regresi lainnya yang dapat digunakan adalah regresi polinomial, berikut hasil pemodelan regresi polinomial terdapat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.5 Grafik Nilai Tegangan Tembus Dengan Analisis Regresi Polinomial

Nilai eror persen yang diketahui dengan menggunakan analisis regresi polinomial adalah sebesar 0,5%. Kedua pemodelan baik linier maupun polinomial memiliki nilai eror persen yang kecil namun pemodelan polinomial memiliki nilai eror persen yang lebih kecil dibandingkan dengan pemodelan linier, oleh karena itu regresi polinomial lebih tepat digunakan untuk menganalisis nilai tegangan tembus pada miyak kemiri sunan.

Analisis regresi polinomial menghasilkan persamaan $y = -153,66x^2 + 153,58x + 10,344$. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan berapa persen jumlah BHT yang dibutuhkan untuk mencapai tegangan tembus sebesar 30kV

$$\begin{aligned}
 Y &= -153,66x^2 + 153,58x + 10,344 \\
 30 &= -\frac{15366}{100}x^2 + \frac{15358}{100} + \frac{10344}{1000} \\
 30 &= -\frac{7683}{50}x^2 + \frac{7679}{50} + \frac{1293}{125} \\
 7500 &= -38415x^2 + 38395x + 2586 \\
 0 &= 38415x^2 - 38395x + 3914 \\
 x &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 x &= \frac{38395 \pm \sqrt{-38395^2 - 4 \cdot (38415)(3914)}}{2(38415)} \\
 x &= \frac{38395 \pm \sqrt{-38395^2 - 755085240}}{76830} \\
 x_1 &= \frac{38395 - \sqrt{-38395^2 - 755085240}}{76830} \\
 &= 0,150711 = 15,1\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa persentase BHT yang dibutuhkan untuk mencapai tegangan tembus 30 kV adalah sebesar 15,1%

4.2.3 Massa Jenis

Pada pengujian massa jenis, terdapat 4 sampel minyak kemiri sunan dengan variasi BHT dengan masing-masing mulai dari 50ml, 100ml, 150ml dan 200ml. Pengujian massa jenis dilakukan dengan 3 kali perulangan tiap sampel. Dalam pengujian massa jenis didapat nilai parameter antara lain massa dan massa cairan. Untuk nilai massa jenis sendiri diperoleh melalui hasil perhitungan, hasil pengujian massa jenis beserta nilai rata-ratanya dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Uji Massa Jenis

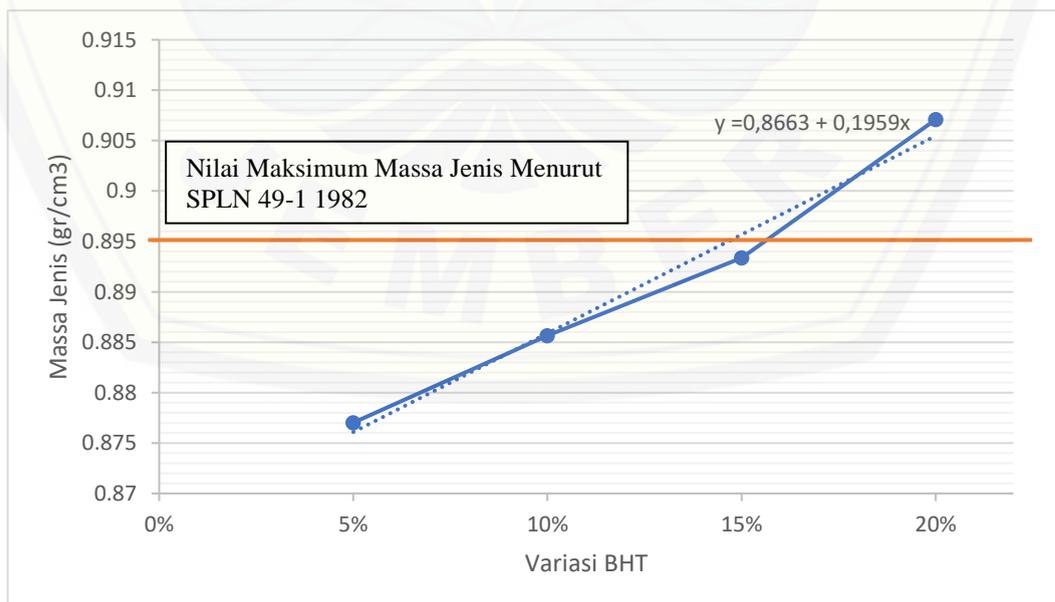
Variasi BHT	Pengulangan	Massa (gram)	Massa Cairan (gram)	Massa Jenis (gram/cm ³)
5 %	1	44,5071	21,8762	0,875
	2	44,4764	21,8455	0,873
	3	44,6611	22,0547	0,882
	Rata-rata	44,5482	21,9137	0,877
10 %	1	44,7418	22,1109	0,884
	2	44,7421	22,1112	0,884
	3	44,8322	22,2013	0,888
	Rata-rata	44,772	22,1411	0,886
15 %	1	45,1231	22,4922	0,899
	2	45,1611	22,5302	0,901
	3	44,6108	21,9799	0,879
	Rata-rata	44,965	22,3341	0,893

	1	45,2231	22,5922	0,904
	2	45,3411	22,7102	0,908
20 %	3	45,3601	22,7292	0,909
	Rata-rata	45,3081	22,6772	0,907

Nilai rata-rata hasil pengujian massa jenis pada setiap sampel selanjutnya akan dikonversi dalam bentuk grafik regresi linier untuk mengetahui pengaruh penambahan BHT pada nilai massa jenis minyak kemiri sunan. Untuk mengetahui kelayakan nilai massa jenis setiap sampel sebagai minyak isolasi transformator, maka nilai hasil pengujian akan dibandingkan dengan nilai massa jenis menurut standar SPLN 49-1 1982.

4.2.3.1 Pengaruh Variasi BHT terhadap Massa Jenis

Pada pengujian keempat sampel dengan variasi BHT 5%, 10%, 15% dan 20% dihasilkan grafik analisis regresi hubungan antara variasi BHT terhadap massa jenis yang dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Pengaruh Variasi BHT Terhadap Massa Jenis

Dari grafik pada Gambar 4.6 nilai massa jenis mengalami peningkatan saat variasi BHT meningkat. Untuk variasi BHT 5% nilai massa jenis sebesar 0,877 gram/cm³, pada variasi BHT 10% nilai massa jenis mengalami peningkatan sebesar 1% yang memiliki nilai 0,885 gram/cm³, lalu dengan variasi BHT 15% nilai massa jenis meningkat sebesar 1% dengan nilai 0,893 gram/cm³ sementara untuk variasi BHT 20% nilai massa jenis sebesar 0,907 gram/cm³ meningkat 1,5% dari sampel sebelumnya. Dalam pengujian massa jenis variasi BHT 5%, 10% dan 15% dapat dikatakan memenuhi standar karena berada dibawah 0,895 gram/cm³ sementara variasi BHT 20% tidak memenuhi standar SPLN 49-1 1982 karenan nilainya berada diatas 0,895 gram/cm³.

Berdasarkan data yang dihasilkan, dengan menggunakan analisis regresi linier maka didapat persamaan $y = 0,8663 + 0,1959x$. Persamaan yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengetahui perubahan nilai massa jenis. Berikut contoh perhitungan perubahan nilai massa jenis minyak kemiri sunan setiap penambahan BHT sebanyak 5%.

- a. Pada konsentrasi BHT 5%

$$y = 0,8663 + 0,1959x$$

$$y = 0,8663 + 0,1959(5\%)$$

$$y = 0,876$$

- b. $y = 0,8663 + 0,1959x$

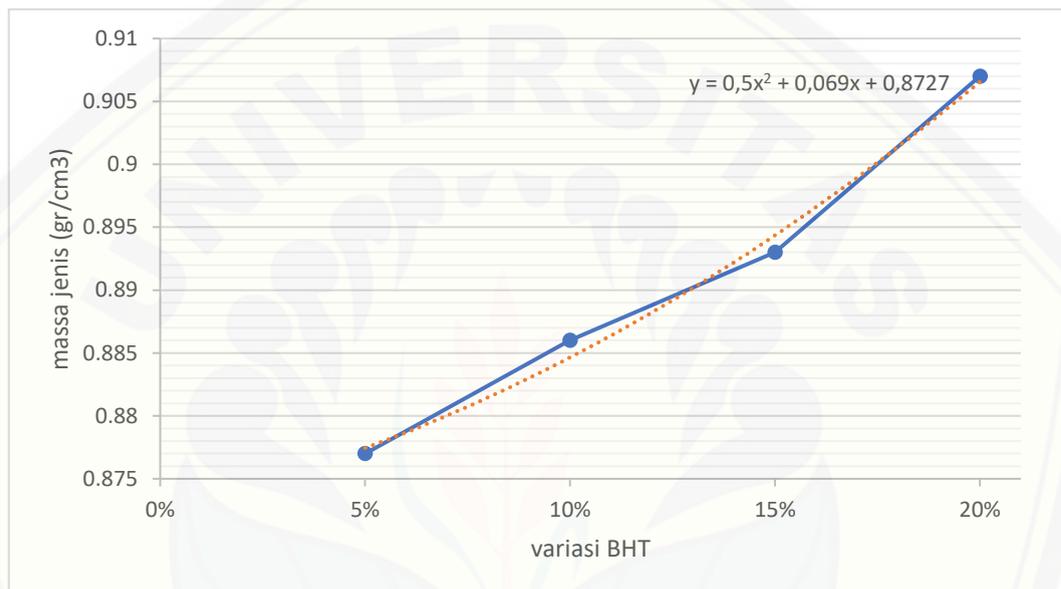
$$y = 0,8663 + 0,1959(10\%)$$

$$y = 0,886$$

Melalui perhitungan berdasarkan analisis regresi linier pada konsentrasi BHT 5% dan 10% dapat diketahui bahwa setiap penambahan 5% BHT menambah nilai massa jenis sebesar 0,01 gram/cm³. Berdasarkan data pengujian pada Gambar 4.6 diketahui korelasi antara variasi BHT terhadap massa jenis memiliki hubungan positif yaitu sebesar 0,99. Perhitungan analisis regresi dan korelasi variasi BHT terhadap massa jenis minyak kemiris sunan secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran.

4.2.2.2 Analisis Data Massa Jenis Menggunakan Regresi Polinomial

Analisis regresi dapat digunakan untuk memperkirakan nilai tegangan tembus, oleh karena untuk memperkirakan nilai massa jenis yang lebih akurat maka dibutuhkan nilai eror persen sekecil mungkin. Pada grafik dengan menggunakan analisis regresi linier yang terdapat pada Gambar 4.6 nilai rata-rata eror persen diketahui sebesar 0,15%. Analisis regresi lainnya yang dapat digunakan adalah regresi polinomial, yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Nilai Massa Jenis Dengan Analisis Regresi Polinomial

Nilai eror persen yang diketahui dengan menggunakan analisis regresi polinomial adalah sebesar 0,05%. Kedua pemodelan baik linier maupun polinomial memiliki nilai eror persen yang kecil, yang artinya kedua pemodelan dapat memprediksi nilai massa jenis dengan akurat, namun pemodelan polinomial memiliki nilai eror persen yang lebih kecil dibandingkan dengan pemodelan linier, oleh karena itu regresi polinomial lebih tepat digunakan untuk menganalisis nilai tegangan tembus pada miyak kemiri sunan.

Analisis regresi polinomial menghasilkan persamaan $y = 0,5x^2 + 0,069x + 0,8727$. Persamaan yang diperoleh dapat digunakan untuk memperkirakan berapa persen jumlah maksimal penambahan BHT agar tidak melebihi 0,895 gr/cm³ yang menjadi standar SPLN 49-1 1982.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0,5x^2 + 0,069x + 0,8727 \\
 \frac{895}{1000} &= \frac{5}{10}x^2 + \frac{69}{1000} + \frac{8727}{10000} \\
 \frac{179}{200} &= \frac{1}{2}x^2 + \frac{69}{1000} + \frac{8727}{10000} \\
 8950 &= 5000x^2 + 690x + 8727 \\
 0 &= 5000x^2 + 690x - 223 \\
 x &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 x &= \frac{-690 \pm \sqrt{690^2 - 4 \cdot (5000)(-223)}}{2(5000)} \\
 x &= \frac{-690 \pm \sqrt{690^2 + 446000}}{10000} \\
 x_1 &= \frac{-690 + \sqrt{690^2 + 446000}}{10000} = 0,153 = 15,3\%
 \end{aligned}$$

4.2.4 Viskositas Kinematik

Tujuan dari pengujian viskositas kinematik adalah untuk mengetahui nilai kekentalan pada minyak kemiri sunan dengan variasi BHT. Nilai dari pengujian viskositas pada setiap perulangan beserta nilai rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.4 antara lain sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik

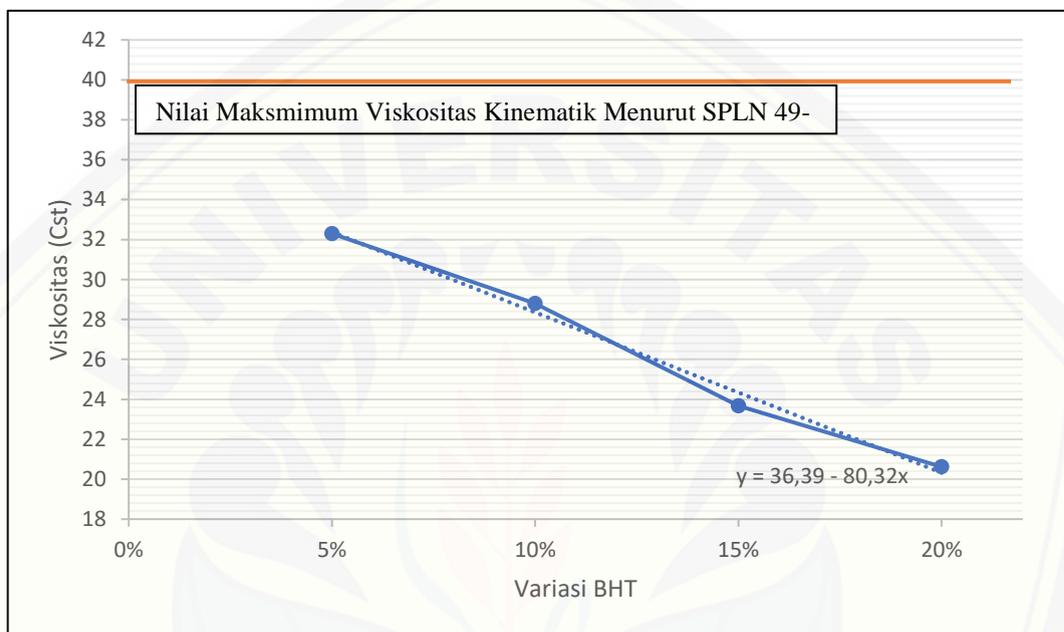
Variasi BHT	Pengulangan	Laju Alir (s)	Massa Jenis (gram/cm ³)	Viskositas Kinematik (cSt)
5 %	1	200	0,875	33
	2	195	0,874	32
	3	195	0,882	32
	Rata-rata	196	0,877	32

	1	181	0,884	29
	2	173	0,884	28
10 %	3	177	0,888	28
	Rata-rata	177	0,885	28
	1	149	0,899	24
	2	150	0,901	23
15 %	3	143	0,879	23
	Rata-rata	147,3333	0,893	23
	1	130	0,903	20
	2	133	0,908	21
20 %	3	127	0,909	20
	Rata-rata	130	0,907	20

Nilai rata-rata hasil pengujian viskositas pada setiap sampel selanjutnya akan dikonversi dalam bentuk grafik regresi linier untuk mengetahui pengaruh penambahan BHT pada nilai viskositas minyak kemiri sunan. Untuk mengetahui kelayakan nilai viskositas setiap sampel sebagai minyak isolasi transformator, maka nilai hasil pengujian akan dibandingkan dengan nilai viskositas menurut standar SPLN 49-1 1982.

4.4.2.1 Pengaruh BHT Terhadap Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik minyak isolasi transformator daya pada SPLN 49-1 1982 diharuskan bernilai dibawah 40 cSt, semakin kecil nilai viskositas maka akan semakin baik. Grafik analisis regresi hubungan antara variasi BHT terhadap viskositas dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Viskositas

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.8 semakin besar variasi BHT maka nilai viskositas semakin menurun atau semakin baik. Pada pengujian viskositas kinematik dengan variasi 5% didapat nilai sebesar 32 cSt. Sampel kedua dengan variasi BHT 10% mengakibatkan penurunan sebesar 10,8% dengan nilai viskositas kinematik sebesar 28 cSt. Sampel ketiga dengan variasi BHT 15% memiliki nilai viskositas kinematik sebesar 23,68 cSt menurun sebanyak 17% dan sampel keempat dengan variasi BHT 20% mengalami penurunan sebesar 12,9% dari sampel sebelumnya dengan nilai viskositas kinematik sebesar 20 cSt.

Keempat sampel dapat dikatakan memenuhi standar SPLN 49-1 1982 karena memiliki nilai viskositas dibawah 40 cSt. Berdasarkan data pengujian pada Gambar 4.8 diketahui korelasi antara variasi BHT terhadap viskositas kinematik memiliki hubungan negatif yaitu sebesar -0,99.

Dari data yang dihasilkan, dengan menggunakan analisis regresi linier didapat persamaan $y = 36,39 - 80,32x$. Persamaan yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengetahui perubahan nilai viskositas. Berikut contoh perhitungan perubahan nilai viskositas minyak kemiri sunan setiap penambahan BHT sebanyak 5%.

a. Pada konsentrasi BHT 5%

$$y = 36,39 - 80,32x$$

$$y = 36,39 - 80,32(5\%)$$

$$y = 32$$

b. Pada konsentrasi BHT 10%

$$y = 36,39 - 80,32x$$

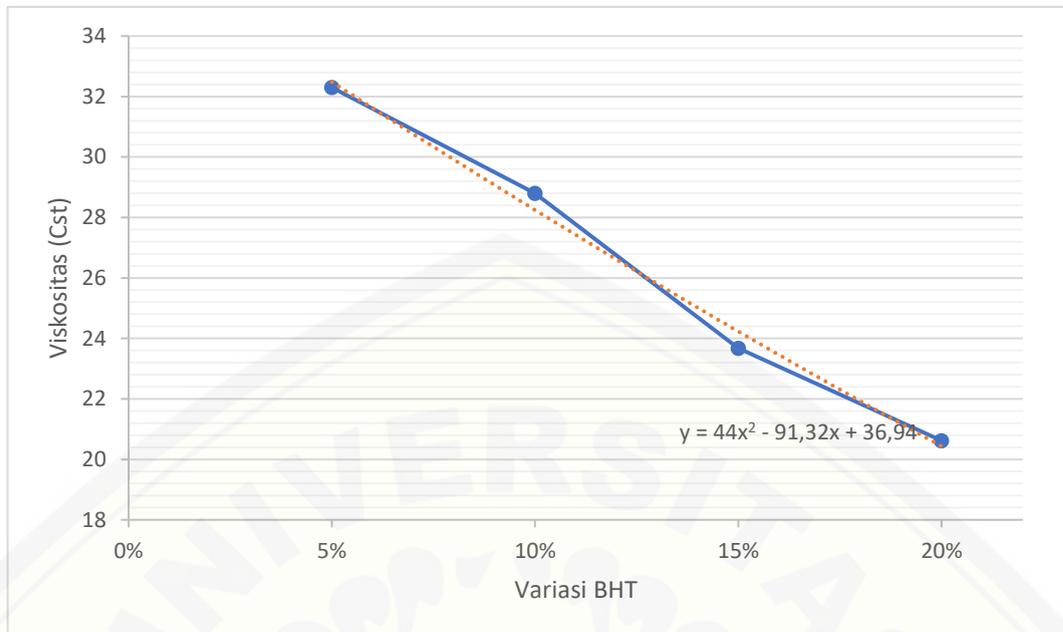
$$y = 36,39 - 80,32(10\%)$$

$$y = 28$$

Pada perhitungan diatas, berdasarkan analisis regresi linier dengan konsentrasi BHT 5% dan 10% dapat diketahui bahwa setiap penambahan 5% BHT mengurangi nilai viskositas minyak kemiri sunan sebesar 4,016 cSt. Perhitungan analisis regresi linier dan korelasi variasi BHT terhadap nilai viskositas secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran.

4.2.4.2 Analisis Data Viskositas Kinematik Menggunakan Regresi Polinomial

Analisis regresi dapat digunakan untuk memperkirakan nilai viskositas kinematik, oleh karena untuk memperkirakan nilai viskositas kinematik yang lebih akurat maka dibutuhkan nilai eror persen sekecil mungkin. Pada grafik dengan menggunakan analisis regresi linier yang terdapat pada Gambar 4.8 nilai rata-rata eror persen diketahui sebesar 1,5%. Analisis regresi lainnya yang dapat digunakan adalah regresi polinomial, berikut hasil pemodelan regresi polinomial terdapat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Nilai Viskositas Dengan Analisis Regresi Polinomial

Nilai eror persen yang diketahui dengan menggunakan analisis regresi polinomial adalah sebesar 1,4%. Kedua pemodelan baik linier maupun polinomial memiliki nilai eror persen yang kecil namun pemodelan polinomial memiliki nilai eror persen yang lebih kecil dibandingkan dengan pemodelan linier, oleh karena itu regresi polinomial lebih tepat digunakan untuk menganalisis nilai viskositas kinematik pada minyak kemiri sunan.

4.3 Kelayakan Minyak Kemiri Sunan sebagai Alternatif Minyak Transformator Daya

Untuk menjadi alternatif pengganti isolasi cair, maka minyak kemiri sunan harus memenuhi berbagai aspek yang diperlukan sebagai minyak isolasi transformator dengan melewati beberapa pengujian, antara lain seperti karakteristik yang telah diuji dalam penelitian ini mulai dari tegangan tembus, massa jenis, viskositas dan kejernihan. Berikut Tabel 4.5 Mengenai perbandingan hasil pengujian minyak kemiri sunan sebagai alternatif isolasi cair transformator daya dengan standar SPLN 49-1 1982.

Tabel 4.5 Perbandingan Parameter Hasil Pengujian Dengan Standar SPLN 49-1 1982

Variasi BHT	Karakteristik								keterangan
	Kejernihan		Tegangan tembus		Massa jenis		Viskositas kinematik		
	Hasil pengujian	SPLN 49-1 1992	Hasil pengujian	SPLN 49-1 1992	Hasil pengujian	SPLN 49-1 1992	Hasil pengujian	SPLN 49-1 1992	
5	2,5	<5	17,58	>30 kV/2,5mm	0,877	0,895 gram/cm ³	32,30	<40 cSt	Tidak memenuhi syarat.
10	2		24,33		0,886		28,8		Tidak memenuhi syarat
15	1,5		29,76		0,893		23,68		Tidak memenuhi syarat
20	1,5		34,97		0,907		20,62		Tidak memenuhi syarat

Penambahan BHT dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20% pada minyak kemiri sunan memiliki pengaruh yang positif dan negatif. Pada karakteristik kejernihan, tegangan tembus dan viskositas, penambahan BHT memberikan pengaruh yang positif sementara pada karakteristik massa jenis, penambahan BHT memberikan pengaruh negatif. Berdasarkan Tabel 4.5 sampel dengan penambahan BHT 5%, 10% dan 15% dapat memenuhi standar pada karakteristik kejernihan, viskositas dan massa jenis, namun pada karakteristik tegangan tembus tidak memenuhi standar karena ketiga sampel memiliki nilai dibawah 30 kV/2,5mm. Sampel minyak kemiri sunan dengan penambahan BHT sebanyak 20% dapat memenuhi standar pada karakteristik kejernihan, tegangan tembus dan viskositas, namun pada karakteristik massa jenis tidak memenuhi standar karena memiliki nilai diatas 0,895 gr/cm³

Dari hasil perbandingan yang terdapat pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa penambahan BHT dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20% memang dapat memperbaiki kualitas minyak kemiri sunan namun tidak secara keseluruhan, karena pada kategori massa jenis, nilainya semakin jauh dari standar yang ditentukan seiring dengan semakin bertambahnya kosentrasi BHT. Dalam penelitian ini terdapat kontradiksi antara nilai tegangan tembus dan massa jenis, dimana tegangan tembus semakin bagus saat bertambahnya BHT sementara massa jenis semakin buruk, oleh karena itu untuk memperkirakan kosentrasi BHT yang dapat memenuhi kedua syarat standar tegangan tembus dan masa jenis, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan yang diperoleh dari analisis regresi polinomial. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa nilai minimal penambahan BHT yang dibutuhkan agar mencapai tegangan tembus 30 kV ada sebesar 15,1% sementara untuk massa jenis, nilai maksimal penambahan BHT agar tidak melebihi 0,895 gr/cm³ adalah sebesar 15,3%. Dari hasil perhitungan tersebut maka dapat diperkirakan bahwa penambahan BHT yang dapat memenuhi standar berada pada $15,1\% \leq x \leq 15,3\%$.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil uji karakteristik pada minyak kemiri sunan dengan variasi BHT sebagai alternatif isolasi cair, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar persentasi BHT maka nilai massa jenis akan semakin naik, sementara untuk nilai viskositas kinematik dan kejernihannya semakin menurun. Dengan variasi BHT 5% nilai massa jenis sebesar 0,876 gram/cm³ sedangkan pada variasi BHT 20% nilai massa jenis meningkat menjadi 0,907 gram/cm³. Pada variasi BHT 5% viskositas kinematik sebesar 32 cSt dan menurun menjadi 20 cSt pada konsentrasi BHT 20%. Kejernihan pada konsentrasi BHT 5% sebesar 2,5 sedangkan pada variasi BHT 20% nilai kejernihan menurun menjadi 1,5.
2. Jika variasi BHT semakin besar maka nilai tegangan tembus akan semakin naik. Saat variasi BHT 5% nilai tegangan tembus sebesar 17,58 kV, pada variasi BHT 10% nilai tegangan tembus sebesar 24,33 kV, untuk variasi BHT 15% nilai tegangan tembus sebesar 29,7566 dan saat variasi BHT 20% nilai tegangan tembus sebesar 34,97 kV.
3. Pada keempat karakteristik yang diuji, metode analisis regresi polinomial memiliki nilai rata-rata eror persen yang lebih rendah jika dibandingkan oleh nilai rata-rata eror persen dengan metode analisis regresi linier, oleh karena itu metode analisis regresi polinomial lebih tepat digunakan dalam melakukan pengolahan data hasil penelitian.
4. Berdasarkan hasil perhitungan analisis regresi polinomial, minyak kemiri sunan dapat memenuhi standar jika penambahan persentase BHT sebesar $15,1\% \leq x \leq 15,3\%$.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penambahan variasi jumlah zat aditif yang digunakan untuk hasil yang lebih maksimal. Perbaiki untuk nilai massa jenis dan tegangan tembus yang belum memenuhi standar SPLN 49-1 1982 dengan melakukan penambahan variasi minyak transformator yang biasa digunakan seperti Shell B Diala atau APAR TO 20.





LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. PERHITUNGAN

A. 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

1. Korelasi Kejernihan

Tabel 1 Nilai hasil pengujian kejernihan

n	Variasi BHT (X)	Nilai Kejernihan(Y)
1	5%	2,5
2	10%	2
3	15%	1,5
4	20%	1,5
total	0,5	7,5

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

$$r = \frac{4 \cdot (0,85) - (0,5) \cdot (7,5)}{\sqrt{\{4 \cdot 0,075 - (0,5)^2\} \cdot \{4 \cdot 14,75 - (7,5)^2\}}}$$

$$r = \frac{3,4 - 3,75}{\sqrt{\{0,3 - 0,25\} \cdot \{59 - 56,25\}}}$$

$$r = \frac{-0,35}{\sqrt{0,05 \cdot 2,75}}$$

$$r = \frac{-0,35}{0,371}$$

$$r = -0,9434$$

2. Korelasi massa jenis

Tabel 2 Nilai hasil pengujian massa jenis

n	Variasi BHT (X)	Nilai Massa jenis (Y)
1	5%	0,87701
2	10%	0,88564
3	15%	0,89336
4	20%	0,90708
total	0,5	3,56309

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

$$r = \frac{4 \cdot (0,4478345) - (0,5) \cdot (3,56309)}{\sqrt{\{4 \cdot 0,075 - (0,5)^2\} \cdot \{4 \cdot 3,174391 - (3,56309)^2\}}}$$

$$r = \frac{1,791338 - 1,781545}{\sqrt{\{0,3 - 0,25\} \cdot \{12,69756386 - 12,69561\}}}$$

$$r = \frac{0,009793}{\sqrt{0,05 \cdot 0,001953515}}$$

$$r = 0,9908$$

3. Korelasi tegangan tembus

Tabel 3 Nilai hasil pengujian tegangan tembus

n	Variasi BHT (X)	Nilai Tegangan tembus(Y)
1	5%	17,5833
2	10%	24,3333
3	15%	29,7566
4	20%	34,97
total	0,5	106,6432

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

$$r = \frac{4 \cdot (14,77) - (0,5) \cdot (106,643)}{\sqrt{\{4 \cdot 0,075 - (0,5)^2\} \cdot \{4 \cdot 3009,64 - (106,643)^2\}}}$$

$$r = \frac{59,08 - 53,3215}{\sqrt{\{0,3 - 0,25\} \cdot \{12038,56 - 11372,772\}}}$$

$$r = \frac{5,7585}{\sqrt{0,05 \cdot 665,7799}}$$

$$r = \frac{5,7585}{5,7696}$$

$$r = 0,998$$

4. Korelasi viskositas kinematik

Tabel 4 Nilai hasil pengujian viskositas kinematik

n	Variasi BHT (X)	Nilai viskositas kinematik(Y)
1	5%	17,5833
2	10%	24,3333
3	15%	29,7566
4	20%	34,97
total	0,5	106,6432

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

$$r = \frac{4 \cdot (12,171) - (0,5) \cdot (105,4)}{\sqrt{\{4 \cdot 0,075 - (0,5)^2\} \cdot \{4 \cdot 2858,66 - (105,4)^2\}}}$$

$$r = \frac{48,684 - 52,7}{\sqrt{\{0,3 - 0,25\} \cdot \{11434,6 - 11108,2\}}}$$

$$r = \frac{-4,016}{\sqrt{0,05 \cdot 325,467}}$$

$$r = \frac{-4,016}{4,034}$$

$$r = -0,995$$

B. Perhitungan Regresi Linier

Rumus perhitungan regresi linier

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

1. Regresi linier tegangan tembus

$$Y = a + bx$$

Nilai konstanta (a)

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

$$a = \frac{(106,643)(0,075) - (0,5)(14,77)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$a = \frac{0,61325}{0,05}$$

$$a = 12,265$$

Nilai konstanta (b)

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

$$b = \frac{4(14,77) - (0,5)(106,643)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$b = \frac{5,75834}{0,05}$$

$$b = 115,17$$

Maka nilai regresi linier pada tegangan tembus $Y = 12,265 + 115,17x$

2. Regresi linier kejernihan

$$Y = a + bx$$

Nilai konstanta (a)

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

$$a = \frac{(7,5)(0,075) - (0,5)(0,85)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$a = \frac{0,1375}{0,05}$$

$$a = 2,75$$

Nilai konstanta (b)

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

$$b = \frac{4(0,85) - (0,5)(7,5)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$b = \frac{-0,35}{0,05}$$

$$b = -7$$

Maka nilai regresi linier pada kejernihan $Y = 2,75 - 7x$

3. Regresi linier massa jenis

$$Y = a + bx$$

Nilai konstanta (a)

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

$$a = \frac{(3,56039)(0,075) - (0,5)(0,4478345)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$a = \frac{0,043315}{0,05}$$

$$a = 0,8663$$

Nilai konstanta (b)

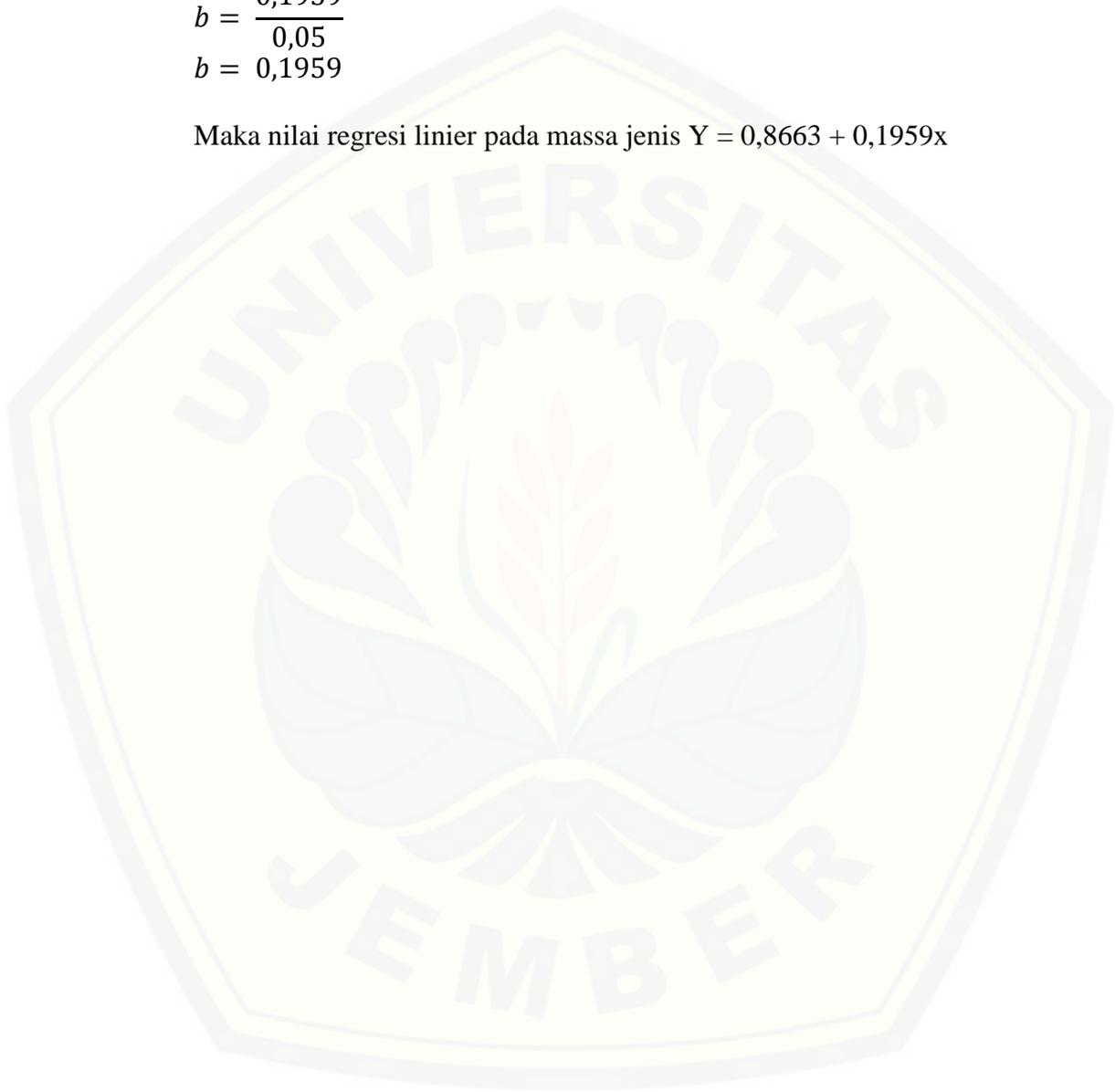
$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{4(0,4478345) - (0,5)(3,56309)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$b = \frac{0,1959}{0,05}$$

$$b = 0,1959$$

Maka nilai regresi linier pada massa jenis $Y = 0,8663 + 0,1959x$



4. Regresi linier viskositas kinematik

$$Y = a + bx$$

Nilai konstanta (a)

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

$$a = \frac{(105,4)(0,075) - (0,5)(12,171)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$a = \frac{1,8195}{0,05}$$

$$a = 36,39$$

Nilai konstanta (b)

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

$$b = \frac{4(12,171) - (0,5)(105,4)}{4(0,075) - (0,5)^2}$$

$$b = \frac{-4,016}{0,05}$$

$$b = -80,32$$

Maka nilai regresi linier pada viskositas kinematik $Y = 36,39 - 80,32x$

C. Perhitungan massa jenis

Rumus massa jenis

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

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

massa piknometer = 22,6309

volume piknometer = 25 ml

❖ Minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 5%

a. Massa piknometer berisi minyak = 44,5071 gram

$$\rho = \frac{44,5071 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{21,8762}{25}$$

$$\rho = 0,87504 \text{ gram/cm}^3$$

b. Massa piknometer berisi minyak = 44,4764 gram

$$\rho = \frac{44,4764 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{21,8455}{25}$$

$$\rho = 0,87382 \text{ gram/cm}^3$$

c. Massa piknometer berisi minyak = 44,6856 gram

$$\rho = \frac{44,6856 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,0547}{25}$$

$$\rho = 0,88218 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 5%

$$\rho = \frac{0,87594 + 0,87382 + 0,88218}{3}$$

$$\rho = 0,87701 \text{ gram/cm}^3$$

❖ Minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 10%

a. Massa piknometer berisi minyak = 44,7418 gram

$$\rho = \frac{44,7418 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,1109}{25}$$

$$\rho = 0,88443 \text{ gram/cm}^3$$

b. Massa piknometer berisi minyak = 44,7421 gram

$$\rho = \frac{44,7421 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,1112}{25}$$

$$\rho = 0,88444 \text{ gram/cm}^3$$

c. Massa piknometer berisi minyak = 44,8322 gram

$$\rho = \frac{44,8322 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,2013}{25}$$

$$\rho = 0,88805 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 10%

$$\rho = \frac{0,88443 + 0,88444 + 0,88805}{3}$$

$$\rho = 0,88564 \text{ gram/cm}^3$$

❖ Minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 15%

a. Massa piknometer berisi minyak = 45,1231 gram

$$\rho = \frac{45,1231 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,4922}{25}$$

$$\rho = 0,89968 \text{ gram/cm}^3$$

b. Massa piknometer berisi minyak = 45,1611 gram

$$\rho = \frac{44,7421 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,5302}{25}$$

$$\rho = 0,90120 \text{ gram/cm}^3$$

- c. Massa piknometer berisi minyak = 44,6108 gram

$$\rho = \frac{44,6108 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{21,9799}{25}$$

$$\rho = 0,87919 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 15%

$$\rho = \frac{0,89968 + 0,90120 + 0,87919}{3}$$

$$\rho = 0,89336 \text{ gram/cm}^3$$

❖ Minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 20%

- a. Massa piknometer berisi minyak = 45,2231 gram

$$\rho = \frac{45,2231 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,5922}{25}$$

$$\rho = 0,90368 \text{ gram/cm}^3$$

- b. Massa piknometer berisi minyak = 45,3411 gram

$$\rho = \frac{45,3411 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,7102}{25}$$

$$\rho = 0,90840 \text{ gram/cm}^3$$

- c. Massa piknometer berisi minyak = 45,3601 gram

$$\rho = \frac{45,3601 - 22,6309}{25}$$

$$\rho = \frac{22,7292}{25}$$

$$\rho = 0,90916 \text{ gram/cm}^3$$

Rata-rata massa jenis minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 20%

$$\rho = \frac{0,90368 + 0,90840 + 0,90916}{3}$$

$$\rho = 0,90708 \text{ gram/cm}^3$$

D. Perhitungan Viskositas Kinematik

Rumus viskositas kinematik

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

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

Volume cairan yang mengalir = 2983 mm³

Tinggi viskometer = 30 mm

Tekanan = 1 atm

Jari-jari = 8 mm

π = 3,14

❖ Viskositas kinematik minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 5%

a. Waktu laju air = 200 sekon

$$\rho = 0,87504 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 200}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 28,7538$$

$$v = \frac{28,7538}{0,87504}$$

$$v = 32,86 \text{ cSt}$$

b. Waktu laju air = 195 sekon

$$\rho = 0,87382 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 195}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 28,0846$$

$$v = \frac{28,0846}{0,87382}$$

$$v = 32,14 \text{ cSt}$$

c. Waktu laju air = 195 sekon

$$\rho = 0,88218 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 195}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 28,1504$$

$$v = \frac{28,1504}{0,88218}$$

$$v = 31,91 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan variasi BHT 5%

$$v = \frac{32,86 + 32,14 + 32,91}{3}$$

$$v = 32,3033 \text{ cSt}$$

❖ Viskositas kinematik minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 10%

a. Waktu laju air = 181 sekon

$$\rho = 0,88443 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 181}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 26,1261$$

$$v = \frac{26,1261}{0,888443}$$

$$v = 29,54 \text{ cSt}$$

b. Waktu laju air = 173 sekon

$$\rho = 0,88444 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 173}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 24,9589$$

$$v = \frac{24,9589}{0,88444}$$

$$v = 28,22 \text{ cSt}$$

c. Waktu laju air = 177 sekon

$$\rho = 0,88805 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 177}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 25,4338$$

$$v = \frac{25,4338}{0,88805}$$

$$v = 28,64 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan variasi BHT 10%

$$v = \frac{29,54 + 28,22 + 28,64}{3}$$

$$v = 28,8 \text{ cSt}$$

❖ Viskositas kinematik minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 15%

a. Waktu laju air = 149 sekon

$$\rho = 0,89968 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 149}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 21,3764$$

$$v = \frac{21,3764}{0,89968}$$

$$v = 23,75 \text{ cSt}$$

b. Waktu laju air = 150 sekon

$$\rho = 0,9012 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 150}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 21,5116$$

$$v = \frac{21,5116}{0,9012}$$

$$v = 23,87 \text{ cSt}$$

c. Waktu laju air = 143 sekon

$$\rho = 0,87919 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 143}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 20,6082$$

$$v = \frac{20,6082}{0,87919}$$

$$v = 23,44 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan variasi BHT 15%

$$v = \frac{23,75 + 23,87 + 23,34}{3}$$

$$v = 23,6867 \text{ cSt}$$

❖ Viskositas kinematik minyak kemiri sunan dengan variasi BHT 20%

a. Waktu laju air = 130 sekon

$$\rho = 0,90368 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 130}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 18,6248$$

$$v = \frac{18,6248}{0,90368}$$

$$v = 23,75 \text{ cSt}$$

b. Waktu laju air = 133 sekon

$$\rho = 0,9084 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 133}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 19,1763$$

$$v = \frac{19,1763}{0,9084}$$

$$v = 21,11 \text{ cSt}$$

c. Waktu laju air = 127 sekon

$$\rho = 0,90916 \text{ gram/cm}^3$$

$$\mu = \frac{3,14 \cdot 1 \cdot (8)^4 \cdot 127}{2983 \cdot 30}$$

$$\mu = 18,3105$$

$$v = \frac{18,3105}{0,90916}$$

$$v = 20,14 \text{ cSt}$$

Rata-rata viskositas kinematik dengan variasi BHT 20%

$$v = \frac{20,61 + 21,11 + 20,14}{3}$$

$$v = 20,62 \text{ cSt}$$

E. Perhitungan Error%

$$E\% = \left| \frac{\text{nilai pengukuran} - \text{nilai perhitungan}}{\text{nilai pengukuran}} \right| \times 100$$

1. Perhitungan error% kejernihan

a. Error% regresi linier

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 5\% &= \left| \frac{2,5-2,4}{2,5} \right| \times 100 \\ &= 4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{2-2,1}{2} \right| \times 100 \\ &= 2,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{1,5-1,7}{1,5} \right| \times 100 \\ &= 13\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{1,5-1,4}{2,5} \right| \times 100 \\ &= 10\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata error% analisis regresi linier = 7,5%

b. Error% regresi polinomial

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{2,5-2,5}{2,5} \right| \times 100 \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{2-1,9}{2} \right| \times 100 \\ &= 3,7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{1,5-1,6}{1,5} \right| \times 100 \\ &= 5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{1,5-1,4}{2,5} \right| \times 100 \\ &= 1,6\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata error% analisis regresi polinomial = 2,5%

2. Perhitungan eror% tegangan tembus

a. Eror% regresi linier

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 5\% &= \left| \frac{17,6-18}{17,6} \right| \times 100 \\ &= 2,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{24,3-23,8}{224,3} \right| \times 100 \\ &= 2,3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{29,8-29,5}{29,8} \right| \times 100 \\ &= 0,7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{34,9-35,3}{34,9} \right| \times 100 \\ &= 0,9\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata eror% analisis regresi linier = 1,6%

b. Eror% regresi polinomial

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 5\% &= \left| \frac{17,5-17,6}{17,5} \right| \times 100 \\ &= 0,3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{24,3-24,2}{224,3} \right| \times 100 \\ &= 0,7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{29,7-29,9}{29,7} \right| \times 100 \\ &= 0,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{34,97-34,91}{34,97} \right| \times 100 \\ &= 0,2\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata eror% analisis regresi polinomial = 0,5%

3. Perhitungan eror% massa jenis

a. Eror% regresi linier

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 5\% &= \left| \frac{0,877-0,876}{0,877} \right| \times 100 \\ &= 0,1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{0,885-0,885}{0,885} \right| \times 100 \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{0,893-0,896}{0,893} \right| \times 100 \\ &= 0,3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{0,907-0,905}{0,907} \right| \times 100 \\ &= 0,2\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata eror% analisis regresi linier = 0,15%

b. Eror% regresi polinomial

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 5\% &= \left| \frac{0,877-0,877}{0,877} \right| \times 100 \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{0,885-0,884}{0,885} \right| \times 100 \\ &= 0,1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{0,893-0,894}{0,893} \right| \times 100 \\ &= 0,1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{0,907-0,907}{0,907} \right| \times 100 \\ &= 0\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata eror% analisis regresi polinomial = 0,05%

4. Perhitungan eror% viskositas kinematik

a. Eror% regresi linier

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 5\% &= \left| \frac{32,3-32,4}{32,3} \right| \times 100 \\ &= 0,2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{28,8-28,4}{2,8} \right| \times 100 \\ &= 1,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{23,7-24,3}{23,7} \right| \times 100 \\ &= 2,8\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{20,6-20,3}{20,6} \right| \times 100 \\ &= 1,4\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata eror% analisis regresi linier = 1,5%

b. Eror% regresi polinomial

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 5\% &= \left| \frac{32,3-32,5}{32,3} \right| \times 100 \\ &= 0,6\% \end{aligned}$$

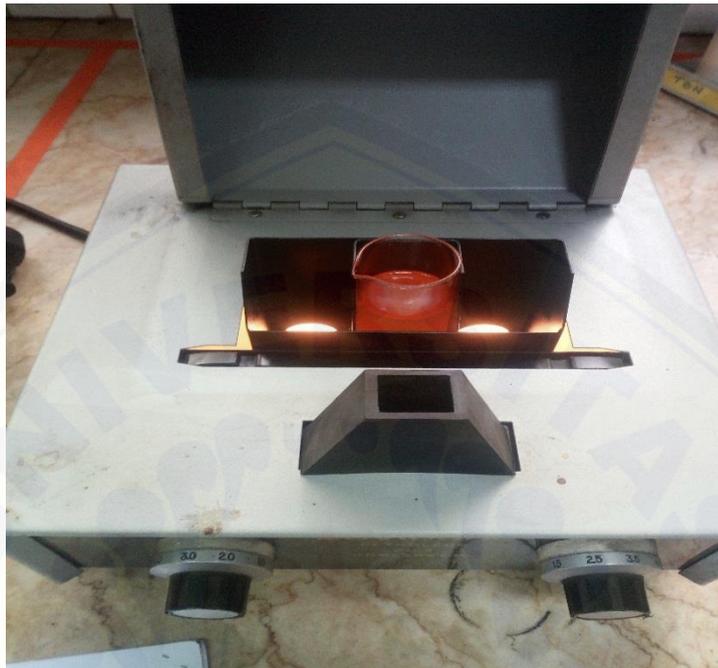
$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 10\% &= \left| \frac{28,8-28,2}{2,8} \right| \times 100 \\ &= 1,9\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 15\% &= \left| \frac{23,7-24,2}{23,7} \right| \times 100 \\ &= 2,3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{BHT } 20\% &= \left| \frac{20,6-20,4}{20,6} \right| \times 100 \\ &= 1\% \end{aligned}$$

❖ Rata-rata eror% analisis regresi polinomial = 1,4%

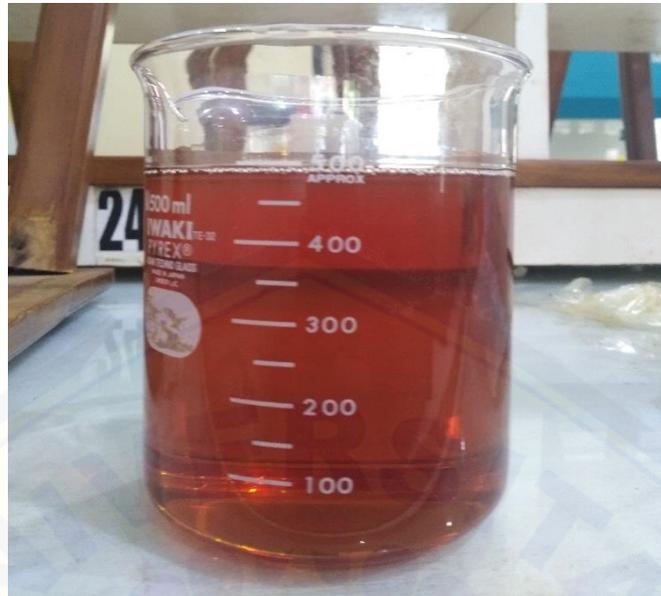
LAMPIRAN 2. DOKUMENTASI KEGIATAN



Gambar 1. Proses pengujian kejernihan dengan alat *Petroleum Oil Comparator*



Gambar 2. Peralatan Destilasi



Gambar 3. Minyak kemiri setelah proses destilasi



Gambar 4. *Control Board* peralatan tegangan tembus



Gambar 5. Transformator uji pada peralatan tegangan tembus



Gambar 5. Proses penimbangan piknometer pada pengujian massa jenis



Gambar 6. Viskometer pada pengujian viskositas kinematik

**LAMPIRAN 3. DOKUMENTASI HASIL
PENGUJIAN**



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 MINYAK KEMIRI SUNAN

Nama : ADE FIRMANSYAH Prodi : S1 Teknik Elektro
NIM : 131910201032 Fakultas : Teknik
Volume Piknometer : 25 ml Massa Piknometer : 22.627 gram

Kapasitas Tiap Sampel (ml)	Variasi BHT (ml)	Kapasitas (ml)		Persentase BHT
		Minyak Kemiri Sunan	BHT	
1000 ml	50	950	50	5 %
	100	900	100	10 %
	150	850	150	15 %
	200	800	200	20 %

Variasi BHT	Pengulangan	Massa (gram)	Massa Cairan (gram)	Massa Jenis (gram/cm ³)
5 %	1	44,5071	21,8762	0,87504
	2	44,4764	21,8455	0,87382
	3	44,6856	22,0547	0,88218
	Rata-rata	44,55637	21,9254	0,87701
10 %	1	44,7418	22,1109	0,88443
	2	44,7421	22,1112	0,88444
	3	44,8322	22,2013	0,88805
	Rata-rata	44,772	22,1411	0,88564
15 %	1	45,1231	22,4922	0,89968
	2	45,1611	22,5302	0,90120
	3	44,6108	21,9799	0,87919
	Rata-rata	44,965	22,3341	0,89336
20 %	1	45,2231	22,5922	0,90368
	2	45,3411	22,7102	0,90840
	3	45,3601	22,7292	0,90916
	Rata-rata	45,3081	22,6772	0,90708

Jember, 16 Januari 2019

Direktori,
Ruang Kerja Farmasi Fakultas Farmasi
Universitas Jember

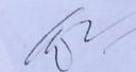


Dwi Koko Pratomo, M.Sc., Apt.
NIP. 198504282009121004

		HASIL PEMERIKSAAN LABORATORIUM MINYAK				No Dok : FI - LAB - 13 Revisi : 00			
<p>DATA MINYAK :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pengirim : Ade Firmansyah - Jenis Minyak : - Product : - Jumlah : 5 botol - Tanggal terima : 10 Desember 2018 - No PO : 									
NO SmpI	PENGAMBILAN SAMPEL		PARAMETER					KETERANGAN	
	NAMA	TEMPAT	SPECIFIC GRAVITY	VISC. KINEMATIC		VISC. INDEX	VISC. KINEMATIC		VISC. INDEX
			D 287 -82	D 445 71		D 2270 -86	D 445 71		D 2270 -86
	METODA ASTM								
	HARGA BATAS			+ / - 10 %			+ / - 10 %		
	NILAI NOMINAL			hasil analisa			Referensi		
									skala warna :
1	Murni	Laboratorium							3
2	5%	Laboratorium							2.5
3	10%	Laboratorium							2
4	15%	Laboratorium							1.5
5	20%	Laboratorium							1.5

Catatan :
Alat yang digunakan Lovibond Unit P.O.C AF650

Analisis



Novan Kurnia .Y

Paiton 10 Desember 2018
Spv S Kimia & Laboratorium



PRIYO PURNOMO



LABORATORIUM TEGANGAN TINGGI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DATA HASIL PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK KEMIRI SUNAN

Nama : ADE FIRMANSYAH
 NIM : 131910201032
 Prodi : S1 Teknik Elektro
 Fakultas : Teknik
 Institusi : Universitas Jember

Kapasitas Tiap Sampel (ml)	Variasi BHT (ml)	Kapasitas (ml)		Persentase BHT
		Minyak Kemiri Sunan	BHT	
1000 ml	50	950	50	5 %
	100	900	100	10 %
	150	850	150	15 %
	200	800	200	20 %

Perulangan	Tegangan tembus (kV)			
	5%	10%	15%	20%
1	18,41	24,05	28,75	32,85
2	16,71	25,09	31,15	38,66
3	17,63	23,86	29,37	33,4
Rata-rata	17,5833	24,3333	29,7566	34,97

Tekanan Udara (P) : 955 mbar
 Temperatur Ruang (T) : 25,5 °C

Malang, 10 Januari 2018

Mengetahui,
 Kepala Laboratorium Tegangan Tinggi



LABORATORIUM
 TEKNIK TEGANGAN TINGGI
 TEKNIK ELEKTRO

Drs. Ir. Moch. Dhofir, M.T.
 NIP. 19800701 199002 1 1001



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 VISKOSITAS KINEMATIK MINYAK KEMIRI SUNAN

Nama : ADE FIRMANSYAH Prodi : S1 Teknik Elektro
NIM : 131910201032 Fakultas : Teknik

No	Parameter	Nilai
1	Volume Cairan yang Mengalir	2983 mm ³
2	Tinggi Viskometer	30 mm
3	Tekanan	1 atm
4	Jari-jari	8 mm

Kapasitas Tiap Sampel (ml)	Variasi BHT (ml)	Kapasitas (ml)		Persentase BHT
		Minyak Kemiri Sunan	BHT	
1000 ml	50	950	50	5 %
	100	900	100	10 %
	150	850	150	15 %
	200	800	200	20 %

Variasi BHT	Pengulangan	Laju Alir (s)	Massa Jenis (gram/cm ³)	Viskositas Kinematik (cSt)
5 %	1	200	0,87504	32,86
	2	195	0,87382	32,14
	3	195	0,88218	31,91
	Rata-rata	196,6666	0,87701	32,3033
10 %	1	181	0,88443	29,54
	2	173	0,88444	28,22
	3	177	0,88805	28,64
	Rata-rata	177	0,88564	28,8
15 %	1	149	0,89968	23,75
	2	150	0,90120	23,87
	3	143	0,87919	23,44
	Rata-rata	147,3333	0,89336	23,6867
20 %	1	130	0,90368	20,61
	2	133	0,90840	21,11
	3	127	0,90916	20,14
	Rata-rata	130	0,90708	20,62