



**ANALISIS PENGARUH KONTAMINAN AIR TERHADAP KELAYAKAN
MINYAK TRANSFORMATOR BARU JENIS MINERAL PADA
TRANSFORMATOR TIGA FASA DENGAN PENGUJIAN *BREAKDOWN*
*VOLTAGE***

SKRIPSI

Oleh

**Ahmad Nur H.L.A
NIM 141910201040**

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



**ANALISIS PENGARUH KONTAMINAN AIR TERHADAP
KELAYAKAN MINYAK TRANSFORMATOR BARU JENIS
MINERAL PADA TRANSFORMATOR TIGA FASA DENGAN
PENGUJIAN *BREAKDOWN VOLTAGE***

SKRIPSI

Oleh

**Ahmad Nur H.L.A
NIM 141910201040**

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



**ANALISIS PENGARUH KONTAMINAN AIR TERHADAP
KELAYAKAN MINYAK TRANSFORMATOR BARU JENIS
MINERAL PADA TRANSFORMATOR TIGA FASA DENGAN
PENGUJIAN *BREAKDOWN VOLTAGE***

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Ahmad Nur H.L.A
NIM 141910201040

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. Ibunda Nur Farida dan Ayahanda Mawiyanto (Alm) tercinta yang telah mengorbankan banyak hal untuk merawat dan membesarkan, memberikankan dukungan moral dan material, yang selalu mencurahkan doa dan kasih sayang dengan penuh ketulusan;
2. Kakak tercinta Wiwik Cupuk Mawinda dan Sri Wahyuni Agustin yang telah memberikan semangat, doa, dan motivasi;
3. Para guru dari SDN 1 Kalimas, SMPN 1 Banyuglugur, SMAN 2 Situbondo, serta dosen-dosen di Fakultas Teknik Jurusan S1 Teknik Elektro konsentrasi Power yang telah mendidik dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Aku adalah siapa?”

(Tetsuro Kasahara)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Nur Hidayatullah Lil Arifin

NIM : 141910201040

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Kelayakan Minyak Transformator Baru Jenis Mineral Pada Transformator Tiga Fasa Dengan Pengujian *Breakdown Voltage*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya tulis ilmiah jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 8 Juli 2019

Yang menyatakan,

Ahmad Nur H.L.A

NIM. 141910201040

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH KONTAMINAN AIR TERHADAP
KELAYAKAN MINYAK TRANSFORMATOR BARU JENIS
MINERAL PADA TRANSFORMATOR TIGA FASA DENGAN
PENGUJIAN *BREAKDOWN VOLTAGE***

Oleh
Ahmad Nur H.L.A
NIM 141910201040

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Samsul Bachri, S.T., MM.T.
Dosen Pembimbing Anggota : R.B Moch. Ghazali S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Kelayakan Minyak Transformator Baru Jenis Mineral Pada Transformator Tiga Fasa Dengan Pengujian *Breakdown Voltage*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum’at, 12 Juli 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Samsul Bachri M., ST.,MMT
NIP. 196403171998021001

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

Anggota II,

Anggota III,

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

Khairul Anam, S.T., M.T.,Ph.D
NIP. 197804052005011002

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP 1966121519950320

RINGKASAN

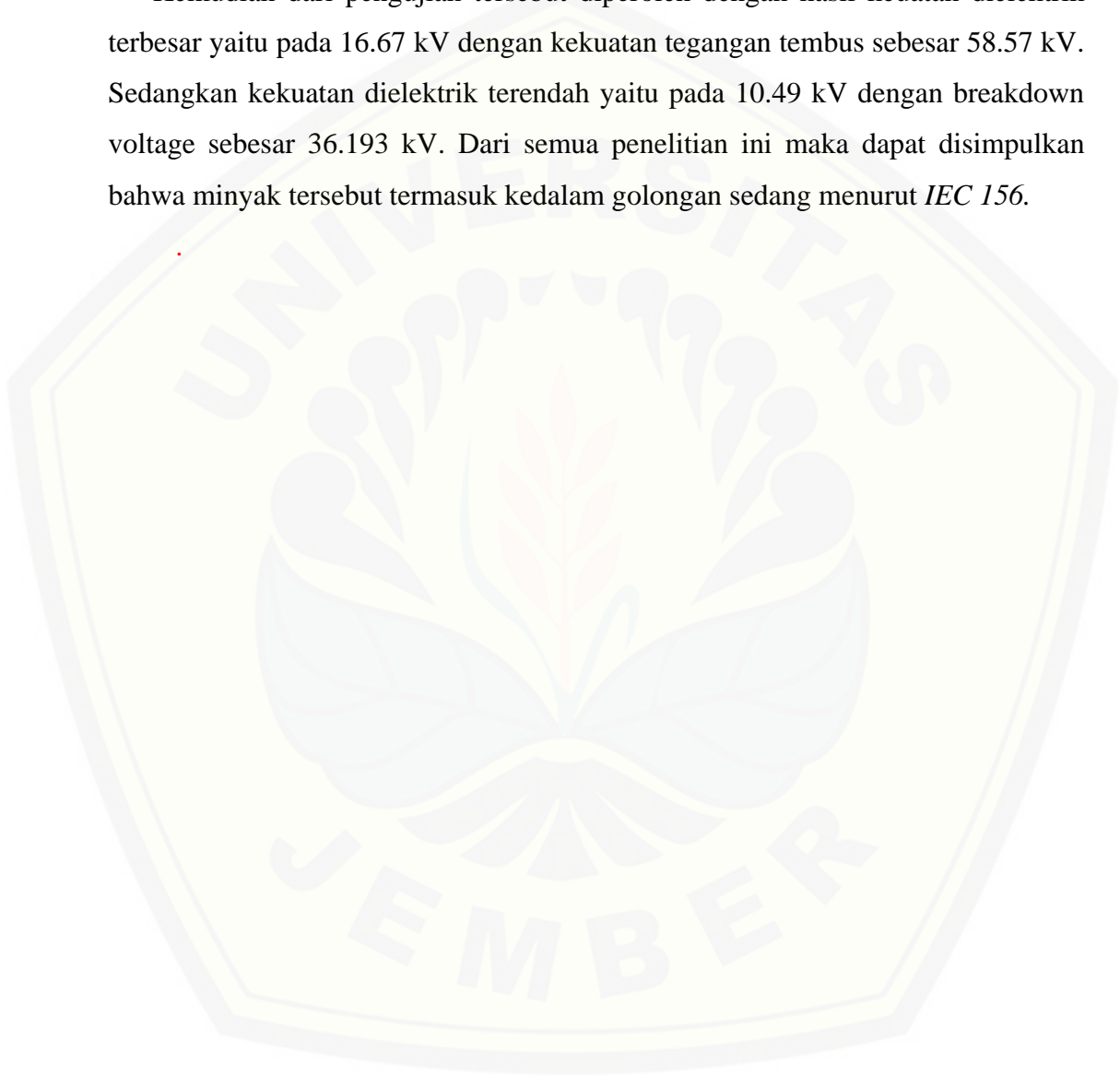
Analisis Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Kelayakan Minyak Transformator Baru Jenis Mineral Pada Transformator Tiga Fasa Dengan Pengujian *Breakdown Voltage*; Ahmad Nur Hidayatullah Lil Arifin, 141910201040; 2019: 51 halaman; Jurusan S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Transformator digunakan menaikkan tegangan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo volt untuk didistribusikan ke konsumen, dan kemudian trafo lainnya berfungsi untuk menurunkan tegangan dari PLN sesuai dengan keinginan konsumen agar bisa dipakai oleh masyarakat dalam bentuk energi listrik di perumahan ataupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan tegangan 220 VAC. Masalah yang sering terjadi pada pembangkitan tegangan listrik yaitu adalah mengenai kegagalan isolasi. Kegagalan isolasi disini khususnya adalah minyak pada transformator yang sangat mempengaruhi kesinambungan penyaluran energi listrik dalam jaringan kerja PLN. Kegagalan tersebut biasanya terjadi akibat terjadinya tegangan tembus, tegangan tembus atau *breakdown voltage* terjadi karena minyak transformator tersebut sudah tidak mampu lagi menahan tegangan yang melaluinya. Tegangan tembus (*breakdown voltage*) adalah suatu peristiwa yang terjadi apabila tegangan pada medan magnet dinaikkan secara terus menerus, tegangan tersebut akan dinaikkan sampai atom-atom akan terionisasi dan isolatornya telah sampai pada batas untuk menahan tegangan tersebut, sehingga isolator tersebut akan berubah menjadi penghantar. Hal tersebut yang dinamakan *breakdown*. Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui kekuatan menahan tegangan dari isolator tersebut sehingga kita dapat mengetahui juga kekuatan dielektrik dari isolator tersebut.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penulis harus memahami tentang kekuatan dielektrik transformator, yang mana untuk mendapatkan nilai dari kekuatan dielektrik tersebut kita harus melakukan pengujian *Breakdown Voltage*. Kemudian juga kita harus mengetahui ketahanan atau kontaminan air yang ada pada minyak transformator tersebut dengan menggunakan pengujian kontaminan air dengan

memasukkan sebesar 0.067 ml air pada minyak trafo tersebut. Kemudian kita tentunya harus tahu bagaimana caranya untuk menentukan maksimal air yang harus terandung dalam minyak transformator tersebut dengan menggunakan rumus perhitungan yang ada.

Kemudian dari pengujian tersebut diperoleh dengan hasil kekuatan dielektrik terbesar yaitu pada 16.67 kV dengan kekuatan tegangan tembus sebesar 58.57 kV. Sedangkan kekuatan dielektrik terendah yaitu pada 10.49 kV dengan breakdown voltage sebesar 36.193 kV. Dari semua penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa minyak tersebut termasuk kedalam golongan sedang menurut *IEC 156*.



PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Kelayakan Minyak Transformator Baru Jenis Mineral Pada Transformator Tiga Fasa Dengan Pengujian *Breakdown Voltage*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

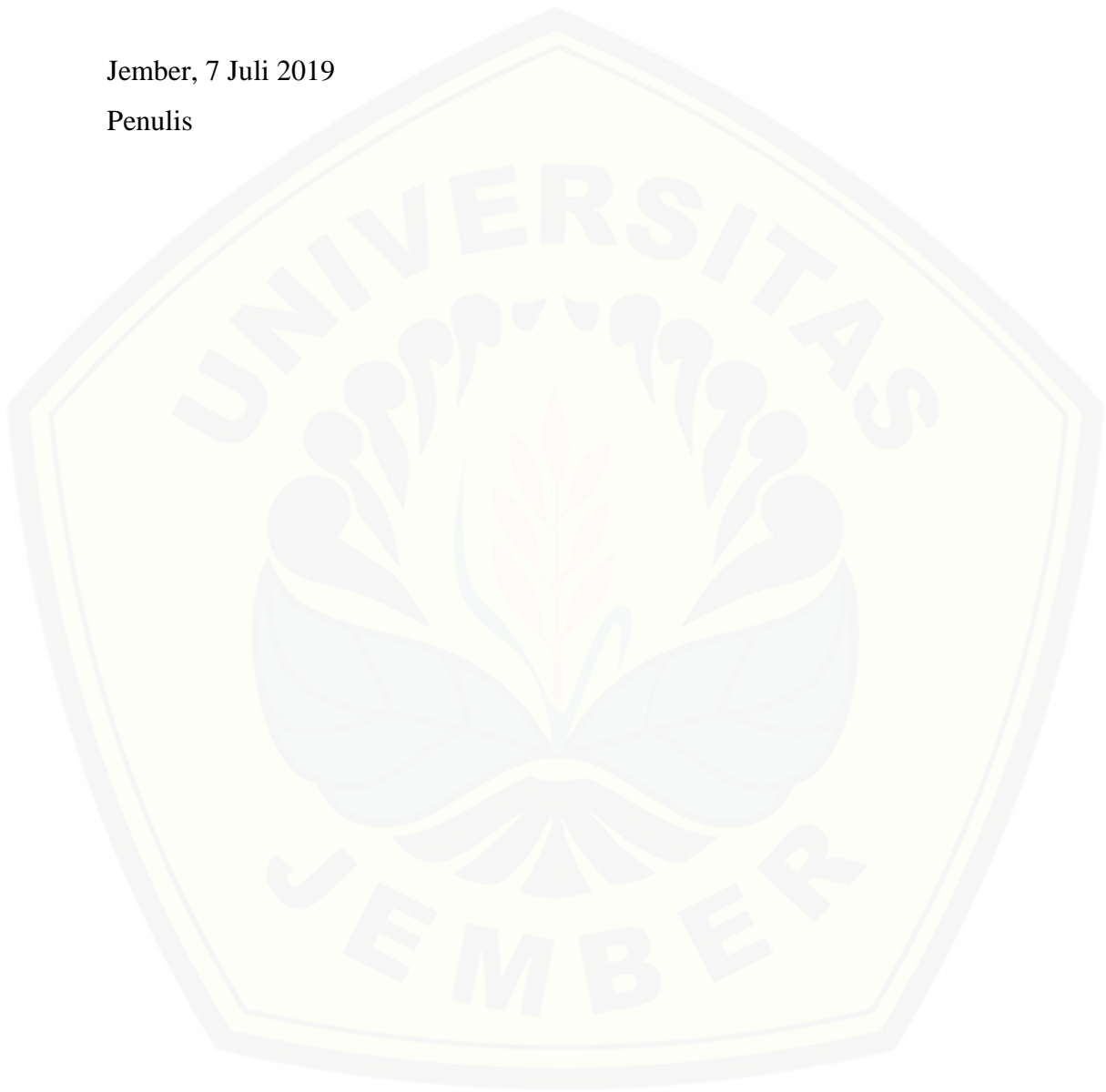
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Samsul Bachri M., ST.,MMT selaku Dosen Pembimbing Utama dan RB. Moch. Gozali, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga dalam membantu dan membimbing penulis dari awal sampai terselesainya penulisan skripsi ini;
2. Prof. Dr.Ir.Bambang Sujanarko, M.M selaku Dosen Penguji I dan Khairul Anam, S.T., MT., Ph.D selaku Dosen Penguji II atas segala kritik, masukan serta saran yang telah diberikan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Widya Cahyadi, ST, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Dosen-dosen Jurusan S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama proses perkuliahan;
5. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu dalam hal administrasi maupun lainnya;
6. Teman-teman yang telah membantu selama penelitian (Edwin, Joni, Zaki, Api, Ujik);
7. Keluarga besar “KETEK UJE 14” yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan semangatnya;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang turut membantu kelancaran dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Jember, 7 Juli 2019

Penulis



DAFTAR ISI

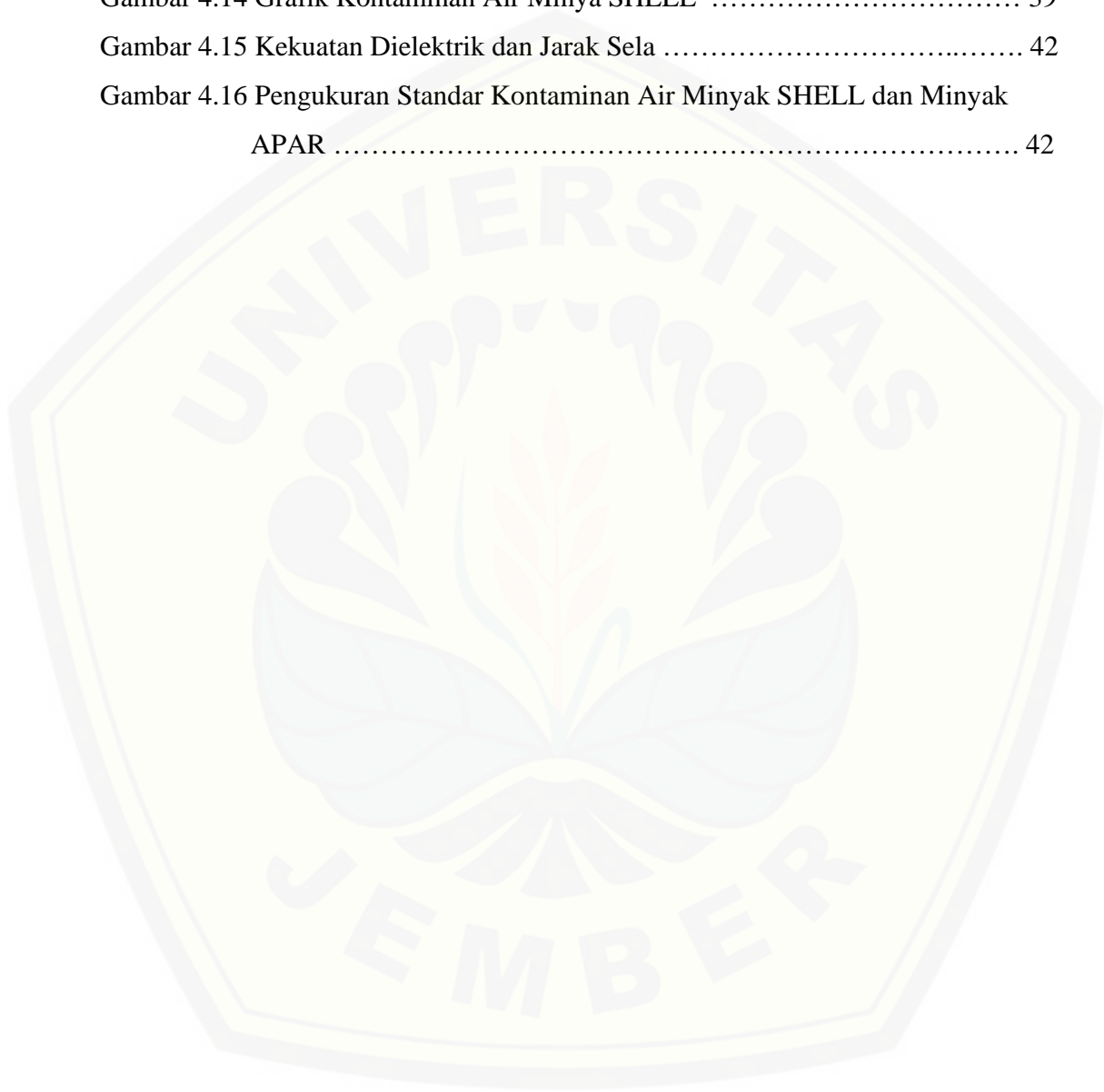
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Transformator	5
2.2 Bagian-Bagian Pada Transformator.....	6
2.3 Minyak Transformator	8
2.4 Standar Minyak Transformator	9
2.5 Pengujian Tegangan Tembus	11

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Prosedur Penelitian	13
3.3 Perencanaan Jadwal Penelitian	14
3.4 Alat dan Bahan	15
3.4.1 Alat dan Bahan Untuk Pengujian Tegangan Tembus	16
3.5 Diagram Alir Penelitian	18
3.6 Rangkaian Pengujian	19
3.6.1 Diagram Alir / <i>Flowchart</i> Pengujian	21
3.7 Rencana Pengujian	22
3.7.1 Rumus Dasar Pengujian	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Pengujian <i>Breakdown Voltage</i>	24
4.1.1 Pengujian Tegangan Tembus Minyak APAR T020	25
4.1.2 Pengujian Tegangan Tembus Minyak SHELL	27
4.1.3 Pengujian Tegangan Tembus Minyak Campuran	29
4.1.4 Perhitungan Kekuatan Dielektrik	31
4.1.5 Parameter Pembanding Untuk Hasil Pengujian Tegangan Tembus	32
4.2 Pengujian Kontaminan Air	35
4.2.1 Pengujian Kontaminan Air Minyak APAR T020	36
4.2.2 Pengujian Kontaminan Air Minyak SHELL	39
4.3 Pengukuran Standar Kontaminan Air	41
4.4 Analisis Pengujian Kontaminan Air Terhadap Tegangan Tembus dan Kekuatan Dielektrik.....	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator	5
Gamabr 2.2 Inti Besi dan Belitan	6
Gambar 2.3 Bushing Transformator	7
Gambar 2.4 Radiator Transformator	7
Gambar 2.5 Minyak Transformator	8
Gambar 2.6 Eletroda Untuk Mengukur Tegangan Tembus	12
Gambar 3.1 Transformator <i>Step-up</i>	15
Gambar 3.2 Panel Kontrol	15
Gambar 3.3 Multimeter	16
Gambar 3.4 Mangkok Pengujian	16
Gambar 3.5 Dua Elektroda	17
Gambar 3.6 Tongkat Pentanahan	17
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.8 Rangkaian Pengukuran Kekuatan Dielektrik	19
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Tegangan tembus	21
Gambar 4.1 Termometer Ruang Digital	24
Gambar 4.2 Pengujian Tegangan Tembus Pada Minyak APAR T020	25
Gambar 4.3 Grafik Tegangan Tembus Minyak APAR T020	26
Gambar 4.4 Pengujian Tegangan Tegangan tembus Minyak SHELL	27
Gambar 4.5 Grafik Tegangan Tembus Minyak SHELL	28
Gambar 4.6 Pengujian Tegangan Tembus Minyak Campuran	29
Gambar 4.7 Grafik Tegangan Tembus Minyak Campuran	30
Gambar 4.8 Grafik Breakdown Voltage dan Jarak Sela	33
Gambar 4.9 Kekuatan Dielektrik dan Jarak Sela	34
Gambar 4.10 Kontrol Desk	35
Gambar 4.11 Pengujian Kontaminan Air Minyak APAR T020	36

Gambar 4.12 Grafik Kontaminan Air Minyak APAR T020	37
Gambar 4.13 Pengujian Kotaminan Air Minyak SHELL	38
Gambar 4.14 Grafik Kontaminan Air Minyak SHELL	39
Gambar 4.15 Kekuatan Dielektrik dan Jarak Sela	42
Gambar 4.16 Pengukuran Standar Kontaminan Air Minyak SHELL dan Minyak APAR	42



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Minyak Isolasi Baru Menurut IEC 60296-2003	11
Tabel 2.2 Standar <i>Dielektrik Strength</i> Minyak Isolasi	12
Tabel 3.1 Jadwal Perencanaan Penelitian	14
Tabel 4.1 Tegangan Tembus dan Kekuatan Dielektrik Minyak APAR T020	25
Tabel 4.2 Tegangan Tembus dan Kekuatan Dielektrik Minyak SHELL	28
Tabel 4.3 Tegangan Tembus dan Kekuatan Dielektrik Minyak Campuran.....	30
Tabel 4.4 Data Pengujian Tegangan Tembus Pada Minyak Transformator Diala B Sebagai Parameter Pembanding	32
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kontaminan Air Minyak APAR T020	37
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kontaminan Air Minyak SHELL	39

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin bertambahnya teknologi, maka semakin banyak pula kebutuhan manusia untuk memenuhi kebutuhan akan teknologi tersebut. Untuk menjalankan teknologi tersebut pastinya kita akan membutuhkan energi listrik yang selama ini semakin meningkat kebutuhannya. Sedangkan untuk membangkitkan energi listrik kita memerlukan pembangkit listrik, baik itu dari tenaga air, angin, matahari atau bahkan nuklir, dsb. Pada suatu pembangkit kita pasti membutuhkan banyak peralatan yang mendukung pembangkitan tersebut, salah satunya adalah transformator.

Transformator adalah alat yang digunakan untuk mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari perubahan tersebut adalah seperti contohnya menurunkan tegangan AC dari 220 VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan tegangan dari 110 VAC ke 220 VAC. Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Transformator (trafo) memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikkan tegangan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo volt untuk didistribusikan ke konsumen, dan kemudian trafo lainnya berfungsi untuk menurunkan tegangan dari PLN sesuai dengan keinginan konsumen agar bisa dipakai oleh masyarakat dalam bentuk energi listrik di perumahan ataupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan tegangan 220 VAC.

Masalah yang sering terjadi pada pembangkitan tegangan listrik yaitu adalah mengenai kegagalan isolasi. Kegagalan isolasi disini khususnya adalah minyak pada transformator yang sangat mempengaruhi kesinambungan penyaluran energi listrik dalam jaringan kerja PLN. Kegagalan tersebut biasanya terjadi akibat terjadinya tegangan tembus, tegangan tembus atau *breakdown voltage* terjadi karena minyak transformator tersebut sudah tidak mampu lagi menahan tegangan yang melaluinya. Tegangan tembus (*breakdown voltage*) adalah suatu peristiwa yang terjadi apabila tegangan pada medan magnet dinaikkan secara terus menerus, tegangan tersebut akan

dinaikkan sampai atom-atom akan terionisasi dan isolatornya telah sampai pada batas untuk menahan tegangan tersebut, sehingga isolator tersebut akan berubah menjadi penghantar. Hal tersebut yang dinamakan *breakdown*. Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui kekuatan menahan tegangan dari isolator tersebut sehingga kita dapat mengetahui juga kekuatan dielektrik dari isolator tersebut.

Dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Badaruddi (2016) yang berjudul “ Analisa Minyak Transformator Tiga Fasa Di PT X ”. pada penelitian tersebut melakukan analisa minyak trafo sebelum dan sesudah digunakan dengan menggunakan metode tangen delta. Akan tetapi, pada penelitian tersebut memiliki kekurangan yaitu, tidak dilakukannya pengukuran tegangan tembus (*breakdown voltage*) yang berguna untuk mengetahui kekuatan isolasi dari minyak transformator atau isolator tersebut. pada penelitian tersebut, sehingga dibutuhkan penelitian untuk mengetahui perubahan suhu terhadap tegangan tembus (*breakdown voltage*) pada minyak trafo agar dapat mengetahui kondisi isolasi minyak transformator agar lebih sempurna. Pada penelitian tersebut juga menghitung pengaruh kontaminan air.

Berdasarkan dari latar belakang serta penelitian sebelumnya yang membahas tentang analisa minyak transformator, maka diperlukan adanya pengembangan inovasi terhadap penelitian yang dilakukan. Oleh karena itu maka penulis akan melakukan penelitian tentang analisis minyak trafo sebelum digunakan dengan menggunakan metode tegangan tembus serta pengaruh kontaminan air dengan judul “Analisa Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Kelayakan Minyak Transformator Baru Jenis Mineral Pada Transformator Tiga Fasa Dengan Pengujian *Breakdown Voltage* ”. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi kegagalan isolasi pada minyak transformator yang dapat membahayakan keselamatan kerja.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa rumusan masalah yang akan dibahas yaitu :

1. Bagaimana nilai tegangan tembus serta kekuatan dielektrik antara minyak transformator jenis mineral ?
2. Bagaimana pengaruh kontaminan air terhadap tegangan tembus?
3. Berapa maksimal air yang harus terkandung dalam minyak transformator agar dapat memenuhi standart?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian minyak transformator adalah :

1. Mengetahui nilai tegangan tembus dan nilai kekuatan dielektrik.
2. Mengetahui tegangan tembus minyak setelah diberikan air.
3. Mengetahui pengaruh kontaminan air pada minyak trafo.
4. Mengetahui maksimal air yang ada di minyak trafo agar tegangan tembus bias mencapai standart.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengurangi terjadinya kegagalan isolasi yang sering terjadi pada minyak transformator, yang disebabkan karena kurangnya pemantauan terhadap pengaruh kandungan air yang terkandung dalam minyak transformator 3 fasa tersebut dan mungkin juga kurangnya pemantauan terhadap suhu pada transformator, sehingga tegangan tembus atau sering disebut *breakdown voltage* menurun. Dan juga untuk mengetahui seberapa parah pengaruh kontaminan air pada minyak transformator.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini :

1. Parameter yang diteliti adalah *breakdown voltage*, kekuatan dielektrik, dan kontaminan air pada minyak transformator tersebut.
2. Melakukan pengukuran minyak trafo yang belum digunakan atau minyak transformator baru.
3. menggunakan 2 jenis minyak transformator.
4. Tidak meneliti senyawa gas yang terkandung dalam minyak.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka ini, diulas berbagai publikasi resmi yang berhubungan dengan transformator, minyak transformator dan mencakup aspek masalah dan penjelasan faktor-faktor yang diduga berkaitan dengan penelitian ini. Seluruh teori dan konsep pada tinjauan pustaka ini pada akhirnya nanti akan digunakan untuk menunjang analisis pembahasan terhadap hasil penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini adalah teori dan konsep yang berhubungan dengan masalah studi analisis yang akan dibahas.

2.1 Pengertian Transformator

Transmormator adalah suatu perlatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untukmemindahkan / mengubah energi listrik dari suatu rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz dalam menyalurkan daya, dimana apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik, maka akan mengalir arus dalam kumparan primer menimbulkan perubahan fluks magnetik dalam inti besi.



Gambar 2.1. Transformator

2.2 Bagian-bagian Pada Transformator

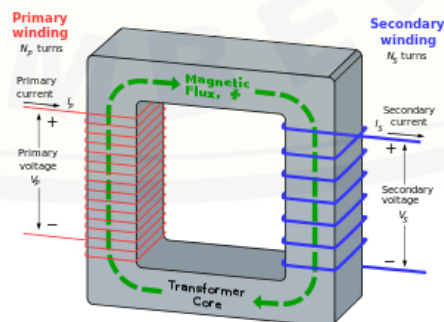
Bagian-bagian pada transformator antara lain adalah :

1. Inti Besi (*core*)

Inti besi merupakan bagian dari transformator yang berfungsi untuk mempermudah jalan *fluks*, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Inti besi ini dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang diisolasi oleh *silicon*, untuk mengurangi panas, karena panas tersebut merupakan rugi-rugi yang ditimbulkan oleh arus pusar atau *eddy current*.

2. Belitan

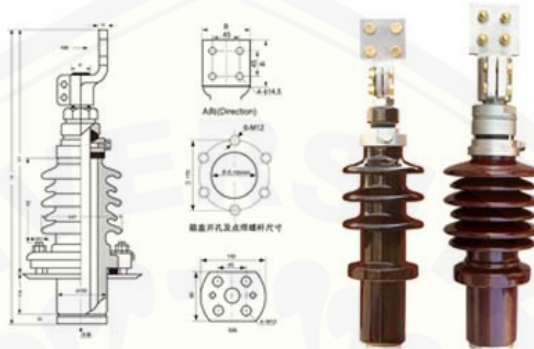
Belitan terdiri dari tembaga ataupun dari aluminium yang mengelilingi inti besi, dimana ketika ada arus bolak-balik yang mengalir pada belitan tersebut, inti besi akan terinduksi dan akan menimbulkan *fluks* magnetic. Trafo terdiri dari lilitan primer dan sekunder yang dililitkan bersama dan terisolasi pada lempengan-lempengan besi tipis yang disusun rapat sebagai core lilitan (inti besi). inti besi ini dibuat lempengan untuk mengurangi kerugian pada inti tersebut. Pada trafo step-down jumlah lilitan primer lebih banyak dibanding lilitan sekunder, sedangkan pada trafo step-up jumlah lilitan primer lebih sedikit dari lilitan sekunder. Ketika lilitan primer diberikan tegangan ac, maka arus yang mengalir akan menimbulkan fluks magnetik pada lilitan primer yang akan menginduksi lilitan sekunder, akibatnya pada lilitan sekunder akan terjadi gaya gerak listrik (ggl) yang dikonversi menjadi tegangan output trafo.



Gambar 2.2. Inti besi dan Belitan

3. *Bushing*

Pada transformator hubungan antara kumparan pada transformator ke jaringan luar melalui terminal yang disebut *bushing*, yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh sebuah isolator, *bushing* ini juga berfungsi sebagai penyekat antara konduktor dengan tangki transformator.



Gambar 2.3. *Bushing* transformator

4. Tangki dan Radiator

Radiator merupakan sirip-sirip yang berada mengelilingi transformator, radiator ini berfungsi sebagai pendingin pada trafo, sirip-sirip tersebut berguna untuk meradiasikan panas yang terdapat pada minyak transformator dan dapat menyalurkan panas dari minyak trafo ke udara, radiator ini terhubung dengan tangki. Sedangkan tangki pada transformator berguna sebagai wadah dari minyak transformator tersebut dan tempat diletakkannya belitan.



Gambar 2.4. Radiator Transformator

2.3 Minyak Transformator

Minyak trafo merupakan cairan yang dihasilkan dari pengolahan minyak mentah yang dimurnikan. Minyak transformator ini juga berasal dari bahan-bahan organik seperti minyak piranol dan *silicon*. Minyak trafo merupakan bahan isolasi cair yang terdapat didalam transformator dan berfungsi sebagai pendingin. Sebagai bahan isolasi pada trafo tentunya minyak trafo harus mampu menahan tegangan tembus (*breakdown voltage*) sedangkan untuk pendingin minyak transformator harus bias menahan panas yang ditimbulkan saat transformator beroperasi. Beberapa jenis minyak transformator yang sering dijumpai dilapangan adalah minyak transformator DIALA A, diala B, Mectrans dan Apar.

Minyak trafo merupakan sebuah campuran kompleks dari molekul-molekul hidrokarbon, dimana merupakan hasil tambang (minyak tambang) yang mengandung kelompok molekul CH_3 , CH_2 dan CH yang terikat. Terjadinya kegagalan termal ataupun elektrik pada transformator mengakibatkan pemecahan beberapa ikatan unsur hidrokarbon yang nantinya akan berkombinasi dan menghasilkan molekul-molekul gas mudah terbakar (*combustible gas*) yang dikenal dengan istilah *fault gas*. Gas-gas tersebut sangatlah berbahaya apabila terkandung dalam jumlah yang banyak. Mengingat gas-gas tersebut mudah terbakar, apabila timbul percikan (misal *partial discharge*) maka akan terjadi pembakaran yang dapat membahayakan trafo.



Gambar 2.5. Minyak Transformato

2.4 Standar Minyak Transformator

Syarat-syarat pada minyak trafo agar dapat berfungsi dengan baik adalah :

1. Kejernihan (*appearance*); Minyak trafo harus jernih tidak boleh mengandung suspensi atau endapan (*sediment*). Jika minyak transformator tersebut mengandung suspensi atau endapan didalamnya, maka minyak transformator tersebut dikatakan tidak memenuhi syarat-syarat standar minyak trafo menurut SPLN 49 – 91 : 1982 .

2. Massa Jenis (*Density*); Massa jenis minyak harus dibatasi agar air dapat terpisah dari minyak isolasi dan tidak melayang. Massa jenis minyak yang harus dipenuhi adalah $0,895 \text{ gr/cm}^3$.

3. Tegangan tembus (*breakdown voltage*); Tegangan tembus yang rendah dapat mengindikasikan adanya kontaminasi terhadap air, debu, kotoran atau partikel konduktif dalam minyak. Maka dari itu perlu diadakannya pengujian tegangan tembus minyak agar kita tahu bahwa minyak tersebut sudah terkontaminasi air, debu, kotoran atau partikel yang lain. Maka dari itu ditetapkan untuk minyak baru tegangan tembusnya adalah :

- Sebelum difilter = $30 \text{ kV}/2.5 \text{ mm}$ atau 12 kV/mm
- Setelah difilter = $50 \text{ kV}/2.5 \text{ mm}$ atau 20 kV/mm

4. Viskositas kinematik; Kekentalan minyak pada trafo atau sering disebut sebagai viskositas ini, memegang peranan penting dalam mendinginkan trafo, viskositas ini juga banyak digunakan untuk menentukan kelas minyak trafo dan kurang dipengaruhi oleh kontaminasi atau kekeruhan. Biasanya semakin tinggi nilai tegangan tembus juga dipengaruhi oleh nilai viskositas kinematik ini, karena semakin kental minyak tersebut maka akan semakin sulit ditembuskan.

5. Titik nyala (*flash point*); Titik nyala atau sering disebut dengan flash point merupakan nilai yang menunjukkan adanya kontaminasi terhadap gas yang mudah terbakar. Titik nyala standar yang diberikan adalah 140°C .

6. Titik tuang (*pour point*); Nilai dari titik tuang dibutuhkan untuk mencari dan mengidentifikasi peralatan yang akan digunakan untuk minyak isolasi tersebut. Nilai standar yang diberikan adalah $d-30^{\circ}\text{C}$.

7. Angka kenetralan (*neutralization number*); Angka kenetralan merupakan angka yang menunjukkan penyusun asam minyak isolasi dan dapat mendeteksi kontaminasi minyak yang menunjukkan kecenderungan perubahan kimia atau cacat atau indikasi perubahan kimia dalam bahan tambah (*additive*). Angka kenetralan ini dapat dipakai sebagai petunjuk umum. Bila kadar minyak lebih besar dari angka 0,03 mgKOH/gr, maka minyak sudah harus diganti atau di saring. Peraturan angka kenetralan ini juga diatur menurut IEC 60296-2003 dengan metode uji menurut IEC 296.

8. Korosi Belerang (*Corrosiven Sulphur*); Pengujian ini untuk menunjukan kemungkinan korosi yang dihasilkan dari adanya belerang (sulphur) bebas atau senyawa belerang yang tidak stabil dalam minyak. Bila dalam minyak terkandung kadar belerang, maka akan terjadi ikatan ion S membentuk senyawa H_2SO_3 (akan terjadi korosif) atau gas H_2S .

9. Kandungan Air (*Water Content*); Adanya air dalam minyak isolasi akan menurunkan tegangan tembus dan tahanan jenis minyak isolasi, juga adanya air ini akan mempercepat kerusakan kertas pengisolasi (*insulating paper*). Untuk itu pemeriksaan yang rutin (periodic) terhadap trafo / minyak trafo ini akan dapat mencegah sedini mungkin kerusakan isolasi minyak.

10. Kandungan Gas (*Gas Content*); Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gas apa saja yang terdapat dalam trafo tersebut. Adanya gas yang terlarut dan gas bebas dalam minyak isolasi dapat digunakan untuk mengetahui kondisi trafo dalam operasi.

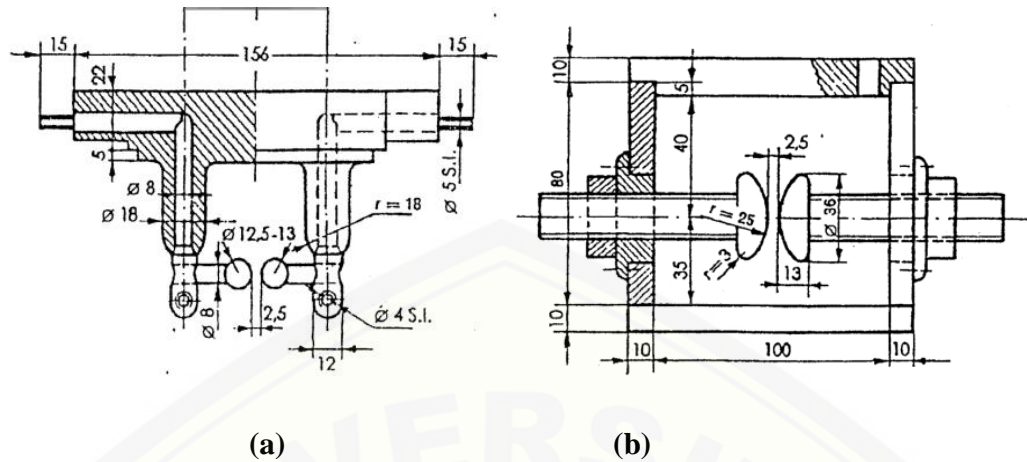
Tabel 1. Spesifikasi minyak isolasi baru menurut IEC 60296-2003

No	Sifat Minyak Isolasi	Tegangan Peralatan	Batas yang diperbolehkan	Metode Uji	Tempat Uji
1	Tegangan tembus	> 170 kV 70-170 kV	> 50 kV/2.5 mm	IEC 156 ISO 760	Di tempat/ Lab
2	Kandungan Air	< 70 kV > 170 kV < 170 kV	> 30 kV/2,5 mm < 20 mg/L < 30mg/L	IEC 93 & IEC 250 (90°)	Lab
3	Faktor	All Voltage	< 0,2 - 2,0	IEC 93& IEC 247	Lab
4	Dielektrik Tahanan Jenis	All Voltage	G/mm	IEC 93 & IEC 247	Ditempat/ Lab
5	Angka Kenetralan	All Voltage	< 0,5mg/KOH	IEC 296	Lab
6	Sedimen		Tidak terukur penurunan	IEC 296	Lab
7	Titik Nyala		maximum 15°C	IEC 296	Lab
8	Tegangan Permukaan	> 170kV	>15 x103 Nm ⁻¹	Sedang dikerjakan IEC	Sedang dikerjakan IEC
9	Kandungan Gas			Sedang dikerjakan IEC	Sedang dikerjakan IEC

2.5 Pengujian tegangan Tembus

Didalam transformator daya yang digunakan di gardu induk, terdapat minyak trafo yang berfungsi untuk memisahkan secara listrik kumparan primer dengan kumparan sekundernya agar tidak terjadi tegangan tembus (*breakdown*). Minyak trafo ini memiliki tingkat isolasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan udara bebas. Salah satu parameter yang dapat menunjukkan baik buruknya tingkat isolasi suatu bahan adalah tegangan tembusnya. Untuk memastikan kelayakan tegangan tembus dari minyak trafo tersebut, harus dilakukan pengujian. Pengujian tegangan tembus minyak ini dilakukan dengan memberi tegangan tinggi AC. Untuk membangkitkan tegangan tinggi arus bolak balik, trafo uji yang digunakan adalah trafo satu fasa. Hal ini disebabkan karena pengujian biasanya dilakukan untuk setiap fasanya.

Standarisasi tegangan tembus tingkat internasional dikerjakan oleh komisi teknik IEC. Pada tingkat nasional di Indonesia standarisasi dibuat dan diterbitkan oleh PLN yaitu SPLN yang mengacu pada IEC. Elektroda pada pengujian tegangan tembus pada media isolasi cair yang digunakan adalah pada gambar berikut



Gambar 2.6. Elektroda untuk mengukur tegangan tembus (Hanung Sayogi, 2015)
menurut IEC 156

(a) Elektroda bola-bola.

(b) Elektroda setengah bola.

Pengujian tegangan tembus dilakukan dengan elektroda bola-bola seperti terlihat pada gambar 6.9 (a) dengan diameter 12,5 mm hingga 13 mm atau dengan elektroda setengah bola seperti terlihat pada gambar 6.9 (b) Elektroda yang digunakan dalam pengujian terbuat dari kuningan, perunggu atau stainless stell.

Panjang celah antara kedua elektroda adalah $2,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$. Tegangan uji dinaikkan dari nol dengan laju $2,0 \text{ kV/s} \pm 0,2 \text{ kV/s}$ hingga terjadi tembus.

Tabel 2. Standar *Dielectric Strength* Minyak Isolasi

Kategori Tegangan (kV)	Tegangan Tembus (kV/2,5 mm)		
	Baik	Wajar/Cukup	Buruk
500	>60	50 – 60	<50
150	>50	40 – 50	<40
70	>40	30 - 40	<30

BAB 3. METODE PENELITIAN

Pembahasan pada bab metode penelitian ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu obyek penelitian, tahap penelitian, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan, langkah-langkah dalam pengambilan data dan manajemen penelitian di lapangan, diperlukan bab metode penelitian ini agar penelitian ini bisa fokus pada penelitian dan tidak mengarah kemana-mana.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun tempat dan waktu penelitian, pengujian dan analisis dilakukan secara umum dilakukan di :

Laboratorium Teknik Elektro Universitas Brawijaya Jalan Veteran, Ketawanggede, Lowokwaru, Kec.Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145.

3.2 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian yang akan dilakukan terdapat serangkaian tahap yang harus dilewati demi mencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Diantara tahap – tahap dalam penelitian ini secara garis besarnya meliputi:

1. Tahap persiapan

Dalam tahap ini kita akan melakukan persiapan analisa minyak trafo, seperti mencari bahan dan alat yang diperlukan untuk mempersiapkan pengujian minyak trafo. Contohnya seperti menanyakan sampel minyak ke PT.PLN.

2. Tahap Studi Literatur

Dalam tahap ini, kita mencari buku atau sumber dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan unntuk menunjang teori serta tahap-tahap penelitian, sehingga dapat mengurangi adanya kesalahan dalam penelitian nantinya.

3. Tahap Pengambilan Data

Pada tahap ini kita akan melakukan penelitian untuk mengambil data 3 jenis minyak trafo yang berbeda untuk mengetahui kandungan zat kimia dalam minyak trafo, dan mengetahui besar dari tegangan tembus minyak dan kekuatan dielektrik minyak tersebut.

4. Analisa Data

Setelah tahap pengambilan data selesai, setelah diketahui berapa zat-zat yang ada pada minyak trafo dan berapa tegangan tembus serta kekuatan dielektriknya, sehingga kita dapat mengetahui minyak tersebut layak digunakan atau tidak dan minyak harus digunakan pada trafo berkapasitas berapa, agar mengurangi kecelakaan kerja.

5. Pengambilan Kesimpulan

Dari hasil analisa data pada tahap sebelumnya, maka dari itu kita bias mengambil kesimpulan serta kita bias memberikan arahan apa yang harus dilakukan jika terjadi hal seperti pada analisa data tersebut.

3.3 Perencanaan Jadwal Penelitian

Tabel 3. Jadwal perencanaan penelitian

No	Kegiatan	Bulan																	
		April				Juni				Juli				Agustus					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Persiapan	■	■																
2	Studi Literatur			■	■	■													
3	Pengambilan Data					■	■	■											
4	Analisa Data									■	■	■	■						
5	Pengambilan Kesimpulan													■	■	■			
6	Penulisan Laporan																■	■	■

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat dan Bahan untuk pengujian tegangan tembus

Dari penelitian yang akan dilakukan, adapun alat dan bahan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Kit pembangkit tegangan *trafo step-up* output 100 kV dan panel kontrol. Terdiri dari *trafo step-up* dan panel kontrol. Trafo *step-up* mempunyai kapasitas tegangan *output* maksimal 100 kV, berikut gambar trafo *step-up*.



Gambar 7. Transformator *step-up*

Trafo *step-up* digunakan untuk menaikkan tegangan sampai terjadinya tegangan tembus. Panel kontrol untuk menyalakan, mematikan, dan mengatur besarnya tegangan/menaikkan atau menurunkan tegangan, seperti dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Panel Kontrol

2. Multimeter digunakan untuk menampilkan besarnya tegangan primer, dipasang pada sisi primer trafo. Untuk penelitian tegangan tembus ini, multimeter disini digunakan sebagai pembaca tegangan primer yang masuk sebelum tegangan tersebut dinaikkan oleh transformator step-up.



Gambar 9. Multimeter

3. Mangkuk pengujian.

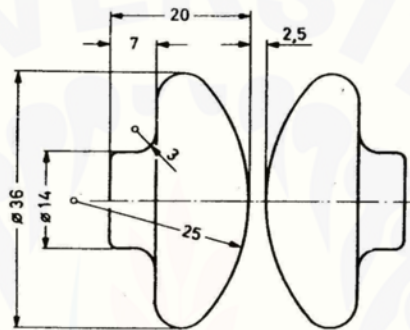
Mangkuk ini terbuat dari *fiber glass*, dalam pengujian mangkuk ini biasanya digunakan sebagai tempat/wadah untuk menempatkan minyak uji dengan volume sebesar 200 ml, didalam mangkuk inilah terdapat elektroda yang telah diukur jarak selanya, adapun mangkuk pengujiannya terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 10. Mangkuk pengujian

4. Elektroda dengan diameter 12.5 mm.

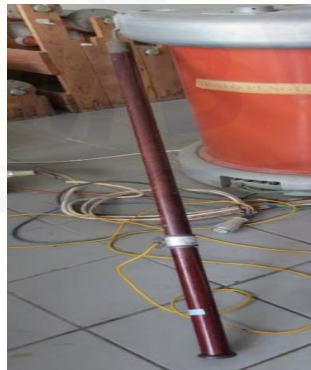
Elektroda ini berjumlah dua, dengan ukuran dan bentuk yang sama yang berada di dalam mangkuk pengujian. Biasanya elektroda terbuat dari bahan tembaga, jarak antar elektroda dapat diatur. Elektroda berbentuk bola-bola sesuai dengan standar VDE, elektroda bola tersebut berdiameter 12,5 mm. bukan hanya jenis setengah bola saja, namun elektroda memiliki beberapa jenis, seperti bola, runcing dsb.



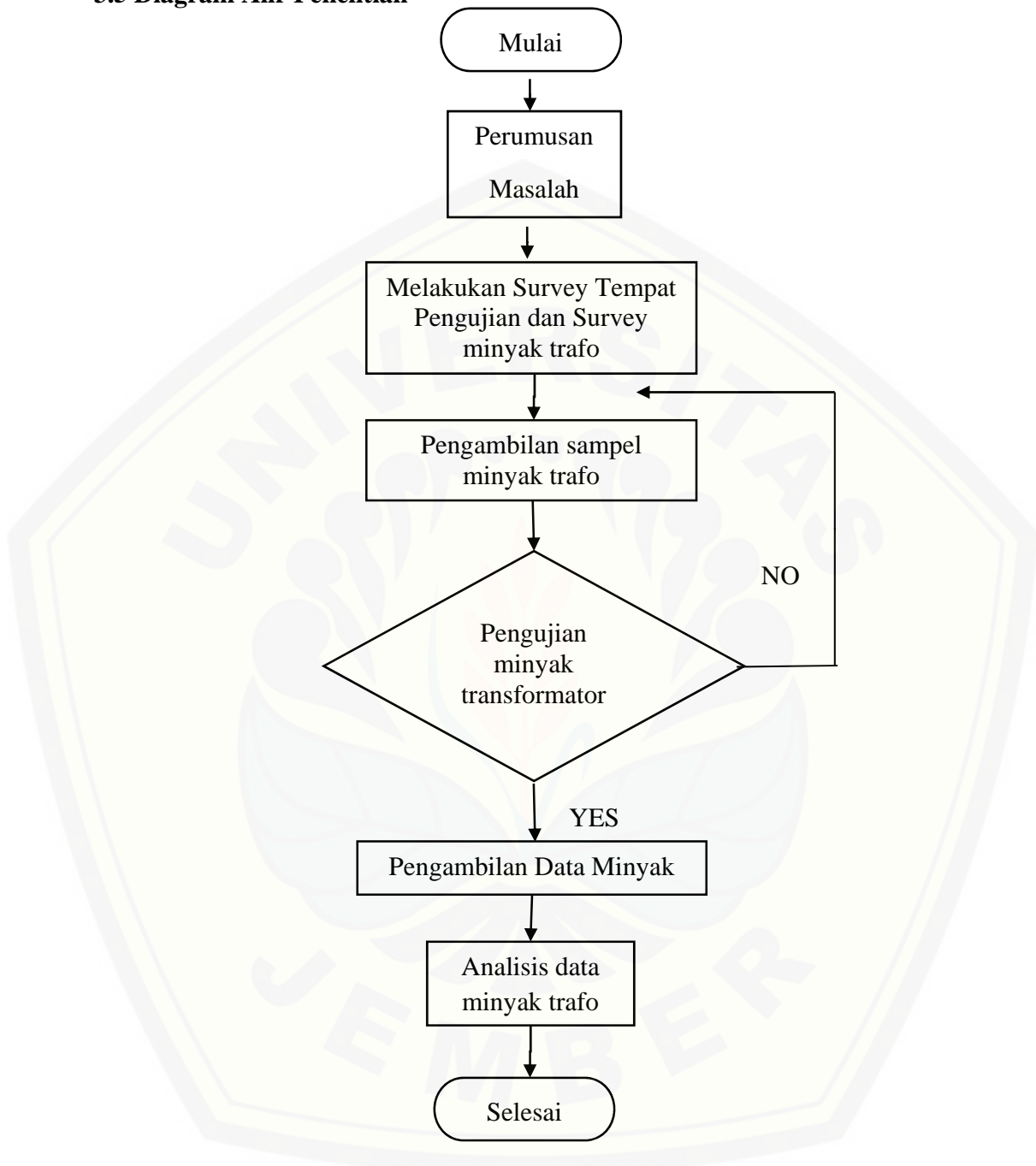
Gambar 11. Dua elektroda

5. Tongkat Pentanahan.

Tongkat pentanahan ini biasanya digunakan untuk membuang tegangan sisa/menetralkan, agar tidak terjadi kecelakaan kerja yaitu dengan cara menempelkan ujung tongkat pada trafo *step-up*. Jika masih terdapat tegangan sisa maka sirine indicator akan berbunyi. Tongkat pentanahan ini sangat efektif dalam membuang tegangan sisa dalam ruangan.



Gambar 12. Tongkat pentanahan

3.5 Diagram Alir Penelitian

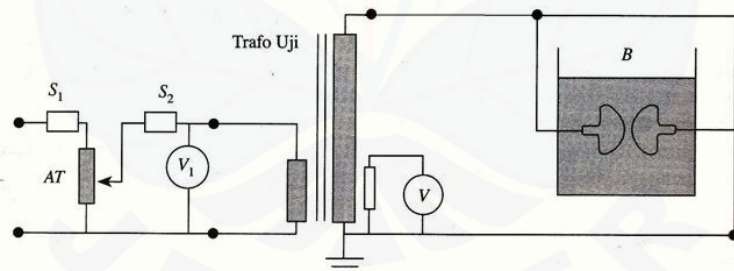
Gambar 13. Diagram alir penelitian

Pada *Flowchat* diatas menjelaskan alur atau mekanisme dari penelitian, yaitu dimulai dari studi literatur dari penelitian sebelumnya dengan topik yang sama

melalui beberapa jurnal sehingga mendapatkan rumusan masalah. Setelah mendapatkan rumusan masalah baru kita akan survey tempat pengujian dan mencari sampel minyak transformator baru. Setelah itu kita akan melakukan pengambilan sampel minyak trafo sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, setelah melakukan proses pengambilan sampel, kita akan mengambil data minyak trafo, data yang diambil disini adalah data tegangan tembus, data kontaminan air, dan data kekuatan dielektrik dari dua minyak berbeda. Setelah itu, jika sampel yang diambil valid, atau tidak terkontaminasi kita bisa melanjutkan penelitian, jika tidak kita akan kembali untuk pengambilan sampel minyak trafo. Setelah itu kita akan melakukan analisa data tentang, gas kimia apa saja yang terkandung didalam minyak trafo tersebut, berapa tegangan tembusnya sehingga kita bias menganalisa dan melakukan tindakan apa yang harus dilakukan agar tidak terjadi hal yang diinginkan pada transformator.

3.6 Rangkaian pengujian

Rangkaian pengujian pengukuran kekuatan dielektrik bahan cair isolasi transformator dapat digambarkan pada gambar 7.7



Gambar 14. Rangkaian pengukuran kekuatan *dielektrik*

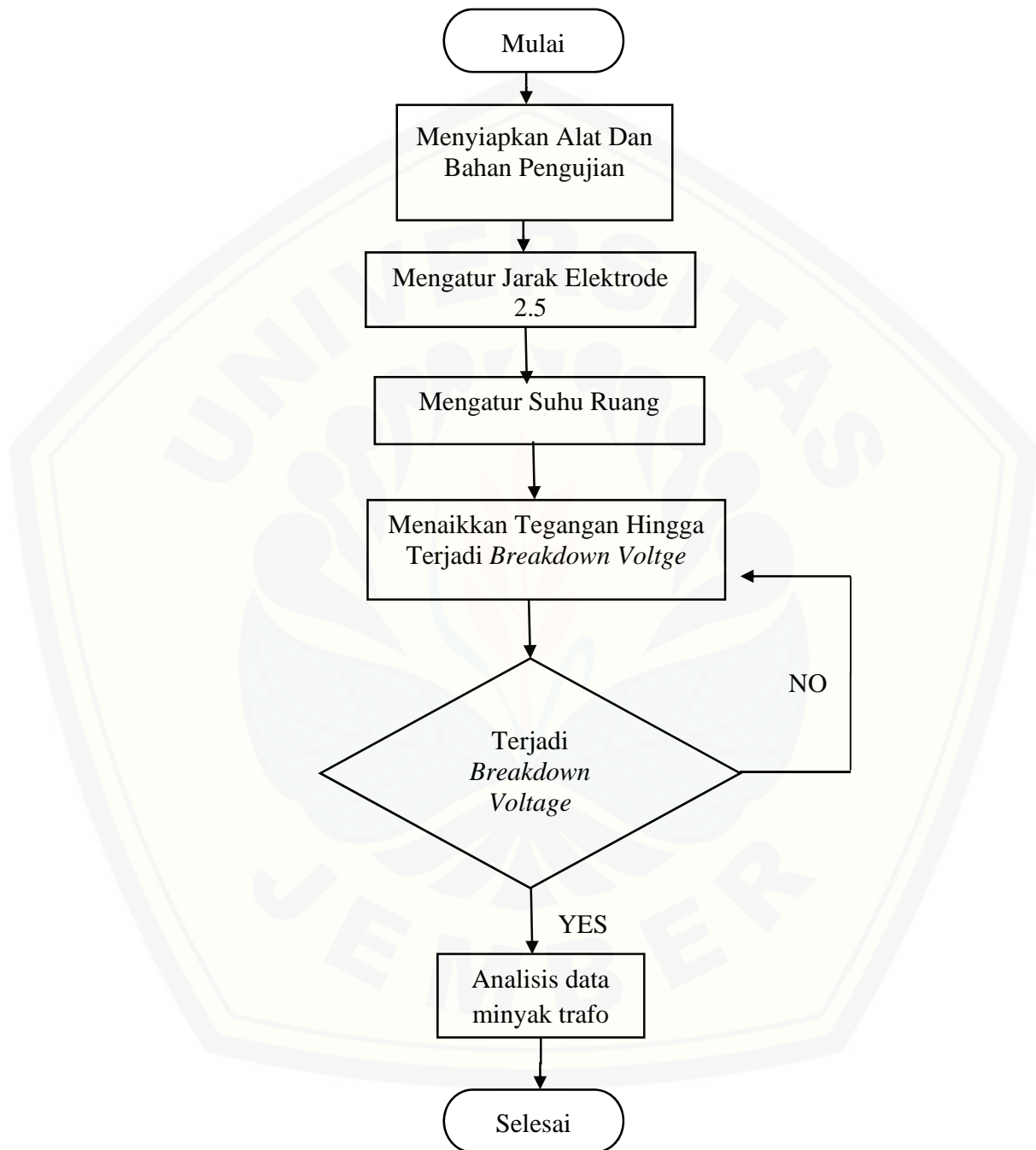
Untuk pengujian ini, satu sampel diambil sebanyak 200 ml setiap bahannya dimasukkan ke mangkuk pengujian. Hal ini dilakukan sedemikian hingga agar bahan uji merendam kedua elektroda. Selanjutnya tegangan elektroda dinaikkan secara bertahap pada autotrafo, dengan dengan laju 2 kV/detik, sampai objek uji mengalami tembus listrik. Hasil pengujian tegangan tembus dicatat pada voltmeter V_1 kemudian

hasil tersebut dikalikan dengan 466 yaitu nilai V dari trafo step up. Tegangan listrik ini membuat elektrode terhubung singkat sehingga hubungan bejana uji dengan sumber tegangan segera diputuskan oleh penghubung daya S_2 . Terakhir objek uji yang berada di sela elektrode diaduk dengan sesuatu yang tipis dan bersih untuk menghilangkan gelembung udara yang timbul ketika terjadi tembus listrik.

Demikian seterusnya sampai diperoleh lima nilai tegangan yang menimbulkan tegangan tembus bahan uji. Dalam setiap pengujian diberikan tenggang waktu lima menit untuk melanjutkan pengujian berikutnya. Prosedur pengujian seperti sebelumnya dilakukan kembali untuk sampel baru. Dengan demikian diperoleh 15 nilai tegangan tembus bahan uji. Hasil pengukuran dinyatakan sama dengan nilai rata-rata pada setiap tegangan tembus listrik yang diperoleh.

3.6.1 Diagram Alir/Flowchart Pengujian

Berikut ini diagram pengujian kekuatan *dielektrik* isolator cair menggunakan bahan



Gambar 15. Flowchart Tegangan Tembus

3.7 Rencana Pengujian

Pada penelitian kali ini, saya akan menguji tegangan tembus dan persentase senyawa pada minyak trafo jenis mineral dan jenis nabati. Dengan pengujian ini nanti akan ditentukan berapa umur minyak trafo dan bagaimana perbandingan diantara ketiga jenis minyak trafo tersebut.

3.7.1 Rumus Dasar Pengujian

1. Kekuatan dielektrik Minyak Transformator

$$KD = \frac{TT}{\text{Jarak Elektroda}}$$

Keterangan :

KD = Kekuatan Dielektrik

TT = Tegangan Tembus

2. Rumus Perbandingan Setara Minyak Transformator

$$\frac{x_1}{y_1} = \frac{x_2}{y_2}$$

Keterangan :

x_1 = jumlah ml air yang dimasukkan dalam pengujian kontaminan air

x_2 = jumlah ml air agar tegangan tembus minimal sesuai standar >30 kV

y_1 = selisih tegangan tembus dengan kontaminan air

y_2 = selisih tegangan tembus dengan tegangan tembus standart 30 kV

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa penelitian yang berjudul “Analisa Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Kelayakan Minyak Transformator Baru Jenis Mineral Pada Transformator Tiga Fasa Dengan Pengujian *Breakdown Voltage* Dan Dengan Pengujian Kontaminan Air” didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada dua jenis minyak transformator yaitu jenis APAR T020 dan dengan minyak SHELL diperoleh nilai tegangan tembus yaitu sebesar 36.193 kV untuk minyak APAR dan 58.57 kV. Keduanya masuk kedalam golongan sedang menurut *IEC 156*.
2. Perbedaan tegangan tembus sangat besar ketika kedua jenis minyak tersebut diberikan sebesar 0.067 ml air. Untuk minyak APAR diperoleh nilai tegangan tembus sebesar 16.29 kV sedangkan untuk minyak SHELL diperoleh tegangan tembus sebesar 21.62 kV.
3. Pada perhitungan jumlah maksimal air yang terkandung dalam kedua jenis minyak tersebut memiliki nilai yang berbeda. Pada minyak APAR T020 diperoleh nilai sebesar 0.021 mL air sedangkan pada minyak SHELL diperoleh nilai sebesar 0.051 mL.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, maka penulis akan memberikan saran untuk bias mengembangkan dari penelitian ini. Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dianalisa atau diteliti lebih lanjut dengan menambah pengujian kontaminan air dengan variasi suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- Duval, M. 2002. "A Review of Faults Detectable by Gasin-Oil Analysis in Transformers", IEEE Electrical Insulation Magazine, vol 18, pp 8- 17.
- D 3612 – 85 *Standart Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Chromatography.*
- IEEE standart C57.104 -1991, *Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil – Immersed Transformers*
- Grob, Robert L & Barry, Eugene F. 2004. *Modern Practice of Gas Chromatography*, edisi-4, John Wiley & Sons, Canada
- Chumaidy, Adib. *Analisa Kegagalan Minyak Isolasi Pada Transformator Daya Berbasis Kandungan Gas Terlarut.* Jakarta :ISTN
- Efendi, Budi Lukman. 2011. *Analisa Gas Mudah Bakar Terlarut Pada Minyak Transformator Berdasarkan Faktor Pembebanan Dan Beban harmonik dengan Metode Roger Ratio.* Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok ; Jawa Barat
- Prayoga, Aditya. 2010. *Teknik Tenaga Listrik, Transformer.* Universitas Indonesia, Depok.
- Pharmadhita, Jati. 2009. *Pemodelan Pengaruh Pembebanan Terhadap Temperatur Transformator Daya.* ITB: Bandung
- Sigid, Purnama. 2010. *Pengaruh Pembebanan terhadap Umur Minyak Transformator.* Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.
- Rahmawati. 2014. *Evaluasi Kandungan Gas (DGA) Dengan Metode Kromatografi Gas Terhadap Nilai Tegangan Tembus Pada Minyak Jarak Yang Telah Melalui Proses Transesterifikasi Sebagai Alternatif Minyak Transformator.* Mikrotiga, Vol 1. ISSN : 2355 – 0457.
- Sayogi, H. 2015. *Analisis Mekanisme Kegagalan Isolasi Pada Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Berpolaritas Berbeda Pada Jarum Bidang.* Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.

- Faisha, M. 2011. *Analisis Indikasi Kegagalan Transformator dengan Metode Dissolved Gas Analysis*. Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.
- Pamudji, Nur. 2014. *Buku Pedoman Trafo*. PLN 113.K/DIR/2010, Jakarta.
- Aulia. 2018. *Pengaruh Penuaan Elektrik Terhadap Karakteristik tegangan Tembus Dan PDIV Minyak Nano Nyas*. Jurnal Nasional Teknik Elektro, Vol 7, no 1. ISSN : 2302 – 2949.
- Pramono. 2018. *Analisis Minyak Transformator Daya Berdasarkan Dissolved Gas Analysis (DGA) Menggunakan Data Mining Dengan Algoritma J48*. Telematika, Vol 9, no 2. ISSN : 2442 – 4528.
- Dwinanto, D. 2016. *Studi Kelayakan Kondisi Minyak Trafo Existing*. Machine, Vol 2, no 1. ISSN : 2581 – 0138.
- Purwiyanto. 2017. *Pengujian Tembus Dielektrik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Pengganti Isolasi Pada Minyak Trafo*. Ecotipe, Vol 4, no 2. ISSN : 2335 – 5068.
- Singgih, Sugeng Nur., Berahim, Hamzah. 2009. *Analisis Pengaruh keadaan Suhu Terhadap Tegangan Tembus AC Dan DC Pada Minyak Transformator*. Jurnal Teknik Elektro Vol. 1 No.2.

LAMPIRAN

A. Dokumentasi



Gambar 1. Tansformator *Step-Up*



Gambar 2. Pengujian *Breakdown Voltage* sebelum ditembuskan



Gambar 3. Pengujian *Breakdown Voltage* Setelah Ditembuskan



Gambar 4. Asisten Laboratorium Tegangan Tinggi Universitas Brawijaya Malang

B. Perhitungan Kekuatan Dielektrik

- Perhitungan Kekuatan dielektrik minyak transformator jenis APAR T020 :

$$KD = \frac{TT}{\text{Jarak Elektroda}}$$

$$KD = \frac{36.193KV}{3.45 \text{ mm}}$$

$$KD = 10.49 \text{ KV}$$

Keterangan :

KD = Kekuatan Dielektrik

TT = Tegangan Tembus

- Perhitungan Kekuatan dielektrik minyak transformator jenis SHELL :

$$KD = \frac{TT}{\text{Jarak Elektroda}}$$

$$KD = \frac{58.57 \text{ KV}}{3.45 \text{ mm}}$$

$$KD = 16.97 \text{ KV}$$

Keterangan :

KD = Kekuatan Dielektrik

TT = Tegangan Tembus

- Perhitungan Kekuatan dielektrik minyak transformator Campuran Antara APAR T020 dan SHELL :

$$KD = \frac{TT}{\text{Jarak Elektroda}}$$

$$KD = \frac{49.193 \text{ KV}}{3.45 \text{ mm}}$$

$$KD = 14.258 \text{ KV}$$

Keterangan :

KD = Kekuatan Dielektrik

TT = Tegangan Tembus

C. Perhitungan Kontaminan Air

- Perbandingan Senilai pada minyak APAR T020 :

$$\frac{x_1}{y_1} = \frac{x_2}{y_2}$$

$$\frac{0.067}{19.19} = \frac{x_2}{6.19}$$

$$x_2 = \frac{6.19 \times 0.067}{19.19}$$

$$x_2 = 0.021 \text{ mL}$$

Keterangan :

x_1 = jumlah ml air yang dimasukkan dalam pengujian kontaminan air

x_2 = jumlah ml air agar tegangan tembus minimal sesuai standar >30 kV

y_1 = selisih tegangan tembus dengan kontaminan air

y_2 = selisih tegangan tembus dengan tegangan tembus standart 30 kV

- Perbandingan senilai pada minyak SHELL :

$$\frac{x_1}{y_1} = \frac{x_2}{y_2}$$

$$\frac{0.067}{36.95} = \frac{x_2}{28.57}$$

$$x_2 = \frac{28.57 \times 0.067}{36.95}$$

$$x_2 = 0.051 \text{ mL}$$

Keterangan :

x_1 = jumlah ml air yang dimasukkan dalam pengujian kontaminan air

x_2 = jumlah ml air agar tegangan tembus minimal sesuai standar >30 kV

y_1 = selisih tegangan tembus dengan kontaminan air

y_2 = selisih tegangan tembus dengan tegangan tembus standart 30 kV