

SKRIPSI

**PENGGUNAAN BENTONITE AKTIF DAN ARANG AKTIF SEBAGAI MEDIA
PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR BEKAS**



**Disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana teknik pada jurusan teknik
elektro fakultas teknik universitas sriwijaya**

Oleh :

MGS MUHAMMAD SYAHID

03041282025040

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

PENGGUNAAN BENTONITE AKTIF DAN ARANG AKTIF SEBAGAI MEDIA
PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR BEKAS



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

MGS MUHAMMAD SYAHID

03041282025040

Palembang, 08 November 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU.

NIP. 197108141999031005

M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 19711001200604100

LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mgs Muhammad Syahid
NIM : 03041282025040
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan

Software iThenticate/Turnitin: 9%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul **“Penggunaan Bentonite Aktif dan Arang Aktif Sebagai Media Pemurnian Minyak Transformator Bekas”** merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 08 November 2024



SEKILASER RUPAM
2000
METERAL
TEMPEL
1E/48AMX013276581

Mgs Muhammad Syahid

NIM.03041282025040

LEMBAR PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan



Pembimbing Utama

: M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D.

Tanggal

: 08 November 2024

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mgs Muhammad Syahid
NIM : 03041282025040
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

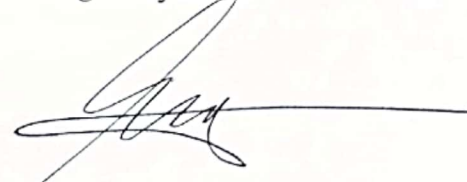
**PENGGUNAAN BENTONITE AKTIF DAN ARANG AKTIF SEBAGAI
MEDIA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR BEKAS**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Palembang

Pada Tanggal: 5 November 2024

Yang Menyatakan


Mgs Muhammad Syahid

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas Rahmat Allah SWT yang telah memberikan karunia – Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini, dengan judul **“PENGUNAAN BENTONITE AKTIF DAN ARANG AKTIF SEBAGAI MEDIA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR BEKAS”**. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan dalam program Strata – 1 dalam Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

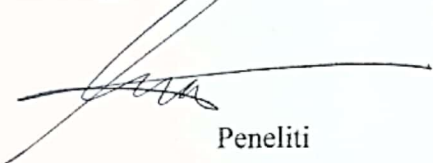
Penulis sangat menyadari bahwasannya didalam penyusunan proposal ini, tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, dalam kesempatan yang bahagia ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan berkat serta Rahmat – Nya sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Abu Bakar Siddiq S.T, M.T, M.Eng Ph.D IPU, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr.Eng Suci Dwijayanti S.T, M.S selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Irfan Jambak S.T M.Eng Ph.D selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan nasehat dan saran yang membangun penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
5. Bapak Dr. Ir. H Syamsuri Zaini MM dan Bapak Wirawan Adipradana S.T, M.T selaku pembimbing akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan.
6. Seluruh Dosen, beserta staff Jurusan Teknik Elektro yang telah berkontribusi selama masa perkuliahan penulis.
7. Seluruh teman – teman beserta sahabat yang telah mendukung dan memberikan semangat kepada penulis agar dapat menyelesaikan laporan ini.

8. Seseorang yang istimewa, yang sering dipanggil “ica”, yang telah menjadi penyemangat, pendukung, dan menjadi pengaruh positif terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik

Penulis menyadari bahwa laporan proposal skripsi ini, tidak luput dari berbagai kesalahan serta kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran serta kritik yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dalam laporan proposal skripsi ini, hingga akhirnya laporan ini dapat memberikan manfaat didalam bidang pendidikan serta dapat menjadi acuan untuk penulisan selanjutnya agar dapat dikembangkan lebih lanjut.

Palembang, 28 Maret 2024



Peneliti

ABSTRAK

PENGGUNAAN BENTONITE AKTIF DAN ARANG AKTIF SEBAGAI MEDIA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR BEKAS

(Mgs Muhammad Syahid, 03041282025040, xvi + 49 Halaman + Lampiran)

Minyak transformator merupakan isolasi cair yang digunakan sebagai pelumas pada transformator, dan sebagai *heat transfer* atau penjaga keamanan pada suhu di dalam transformator. Ketika minyak transformator digunakan terus menerus, maka akan menurunkan kualitasnya sebagai isolasi cair, yang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain adalah oksidasi yang terjadi didalam tangki. Kontaminan dari luar dan lain sebagainya. Jika hal tersebut telah terjadi, maka minyak transformator akan menurunkan kualitas tegangan tembus, kecerahan warna dan lain sebagainya. Pada penelitian ini berfokus pada purifikasi minyak transformator bekas tersebut, dengan harapan bahwa setelah purifikasi tersebut, minyak transformator bekas dapat digunakan kembali. Penelitian ini menggunakan bentonite aktif dengan aktivasi HNO_3 dan arang aktif dengan aktivasi Fisika sebagai bahan purifikasi. Adapun dari hasil penelitian tersebut, minyak transformator bekas yang awalnya memiliki tegangan tembus 8,8 kV, dengan variasi komposisi bahan 18 gr bentonite, 12 gr bentonite + arang aktif, 15 gr bentonite + arang aktif, dan 25 gr arang aktif, tegangan tembusnya naik, berkisar antara 12,7 - 16 kV. Sementara untuk kecerahan warna naik berkisar antara 1,8 - 0,6 dari tingkat kecerahan warna 2,4. Dengan komposisi tersebut, dapat dilihat bahwa tegangan tembus dan kecerahan warna pada minyak transformator bekas naik setelah dilakukan purifikasi dengan bentonite aktif dan arang aktif.

Kata Kunci : Minyak transformator bekas, Bentonite aktif, Arang aktif, Purifikasi.

ABSTRACT

USE OF ACTIVATED BENTONITE AND ACTIVATED CHARCOAL AS PURIFICATION MEDIA FOR USED TRANSFORMER OIL

(Mgs Muhammad Syahid, 03041282025040, xvi + 49 Pages + Attachments)

Transformer oil is a liquid insulation that is used as a lubricant in transformers, and as a heat transfer or safety guard for the temperature inside the transformer. When transformer oil is used continuously, its quality as liquid insulation will decrease, which is caused by several factors, including oxidation that occurs in the tank. Contaminants from outside and so on. If this happens, the transformer oil will reduce the quality of the breakdown voltage, color brightness and so on. This research focuses on the purification of used transformer oil, with the hope that after purification, the used transformer oil can be reused. This research uses activated bentonite with HNO₃ activation and activated charcoal with physical activation as purification materials. As for the results of this research, used transformer oil which initially had a breakdown voltage of 8.8 kV, with variations in the material composition of 18 grams of bentonite, 12 grams of bentonite + activated charcoal, 15 grams of bentonite + activated charcoal, and 25 grams of activated charcoal, the breakdown voltage increased, ranging between 12.7 - 16 kV. Meanwhile, the color brightness increases range from 1.8 - 0.6 from a color brightness level of 2.4. With this composition, it can be seen that the breakdown voltage and color brightness of used transformer oil increase after purification with activated bentonite and activated charcoal.

Keywords: *Used transformer oil, activated bentonite, activated charcoal, purification.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS	i
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Hipotesis	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Transformator	7
2.1.1 Pengertian Transformator.....	7
2.1.2 Bagian Inti Transformator.....	9
2.2. Minyak Transformator	10
2.2.1 Jenis – Jenis Minyak Transformator	12

2.3.	Kontaminan Pada Minyak Transformator	13
2.4.	Bentonite	14
2.5.	Arang Aktif (activated charcoal)	17
2.1.	Dampak Negatif penggunaan Bentonite Aktif dan Arang Aktif	18
2.2.	Penelitian Sebelumnya	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1.	Pendahuluan Penelitian	21
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1.	Alat.....	21
3.2.2.	Bahan.....	25
3.3.	Objek, Lokasi Penelitian, dan Sumber Data.....	26
3.3.1.	Objek Penelitian	26
3.3.2.	Lokasi Penelitian	28
3.3.3.	Sumber Data.....	28
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	28
3.4.1	Studi Literatur	29
3.4.2	Observasi (<i>Observation</i>)	29
3.5.	Rancangan Penelitian	29
3.6.	Diagram Alir Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Pendahuluan	34
4.2	Hasil Pengujian.....	34
4.2.1	Kondisi Awal Minyak.....	35
4.2.2	Nilai Tegangan Tembus	35
4.2.3	Nilai Absorbansi Warna.....	36

4.3	Pembahasan	38
4.3.1	Pembahasan Kenaikan Nilai Tegangan Tembus dan Adsorbansi Warna	39
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator	8
Gambar 2.2 minyak transformator	11
Gambar 2.3 Bentonite	17
Gambar 2.4 Arang Aktif	18
Gambar 3.1 Insulating Oil Test.....	20
Gambar 3.2 Corong Filter.....	21
Gambar 3.3 Spechtrophotometer.....	21
Gambar 3.4 Magnetic Stir.....	22
Gambar 3.5 Heater.....	22
Gambar 3.6 Thermometer.....	22
Gambar 3.7 Oil Filter Paper.....	23
Gambar 3.8 Gelas Ukur.....	23
Gambar 3.9 Botol Kaca.....	24
Gambar 3.10 Alumunium Foil.....	24
Gambar 3.11 Minyak Transformator Bekas.....	25
Gambar 3.12 Bentonite Aktif.....	25
Gambar 3.13 Arang Aktif.....	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standarisasi Minyak Transformator IEC 60422 - 2013	11
Tabel 2.2 Kandungan Kimia Bentonite [20]	14
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3.1 Komposisi Sampel Uji	30
Tabel 4.1 Nilai Tegangan Tembus.....	36
Tabel 4.2 Nilai Hasil Uji Tegangan Tembus.....	37
Tabel 4.3 Nilai Hasil Uji Warna.....	38
Tabel 4.4 Persentase Kenaikan Nilai Teg. Tembus.....	39
Tabel 4.4 Persentase Kenaikan Nilai Uji Warna.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karena jumlah energi yang digunakan dalam industri semakin menipis, sektor kelistrikan membutuhkan pengelolaan energi terbarukan. Selain itu, pembangkitan energi listrik adalah bagian penting dari industri kelistrikan. Bagian—Siklus pembangkit listrik terdiri dari pembangkit listrik, generator, saluran transmisi, transformator, dan bagian lainnya. Dalam bidang energi listrik, transformator adalah alat yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan, juga dikenal sebagai step up dan step down [1]. Inti, yang terbuat dari besi berlapis, dan dua kumparan, kumparan primer dan kumparan sekunder, membentuk komponen umum transformator [1].

Di dalam transformator daya sendiri, terdapat sistem proteksi atau isolasi cair yang disebut dengan minyak transformator [2]. Sebagai bahan isolasi, minyak transformator memiliki beberapa spesifikasi, hal ini sebagaimana dijelaskan dalam SPLN (49-1:1980). Adapun hal – hal yang harus diperhatikan saat pemilihan minyak transformator adalah tegangan tembus yang sesuai dengan standarisasi nasional, viskositas dan kandungan air di dalam minyak tersebut harus sesuai juga dengan standar yang digunakan [2]. Selain itu, ada hal lain yang perlu diperhatikan, yaitu kejernihan pada minyak, massa jenis minyak, *flash point*, *pour point*, angka kenetralan minyak transformator, Faktor Kebocoran Dielektrik, Tahanan jenis, dan kandungan gas didalam minyak transformator [3].

Minyak trafo sendiri akan mengalami penurunan dalam kualitasnya seiring bertambahnya usia pada transformator [1]. Kenaikan suhu pada transformator dapat menyebabkan pembentukan gas-gas dalam minyak isolasi, yang berpotensi mengurangi keandalan minyak tersebut sebagai media isolasi. Gas-gas ini dapat terbentuk akibat pemanasan minyak yang mengakibatkan dekomposisi bahan-bahan organik dalam minyak, yang pada gilirannya dapat menurunkan kualitas minyak isolasi. Penurunan kualitas ini akan mempengaruhi tegangan tembus minyak (*dielectric strength*), yang semakin rendah seiring dengan meningkatnya suhu dan kontaminasi dalam minyak. Selain itu, suhu tinggi juga dapat

menyebabkan perubahan warna minyak, yang sering kali menjadi indikator adanya degradasi kualitas minyak. Minyak yang telah terpakai dan terkontaminasi dapat mengandung bahan kimia beracun, seperti logam berat (misalnya timbal, kadmium, dan merkuri) serta senyawa organik hasil dekomposisi, yang dapat memperburuk kondisi operasional transformator dan berpotensi membahayakan lingkungan serta minyak yang telah terkontaminasi oleh benda – benda luar yang mempengaruhi kualitas minyak trafo sehingga tegangan tembusnya menurun, serta tingkat viskositas dan kandungan airnya naik. Minyak trafo yang telah terpakai ini akan menjadi limbah lingkungan yang dapat membahayakan makhluk hidup [1]. Untuk mencegahnya maka perlu adanya purifikasi dengan bentonite aktif yang merupakan solusi yang baik untuk menghindari bahaya lingkungan.

Bentonite aktif dibuat dari abu vulkanik yang diaktivasi dengan senyawa kimia asam. Bentonite terbentuk dari tanah liat yang mengandung mineral montmorillonite, yang termasuk dalam kelompok mineral lempung smektit. Bentonit memiliki beberapa sifat unggul, salah satunya adalah kapasitas penukaran kation yang sangat tinggi, yang memungkinkan pertukaran ion antara bentonit dengan zat-zat lain di sekitarnya. Selain itu, bentonit memiliki kemampuan mengembang yang sangat besar, yang memungkinkan material ini untuk menyerap sejumlah besar air dan memperbesar volume atau ruang pori-pori di dalamnya. Luas permukaan rongga montmorillonite pada bentonit dapat mencapai 700–800 m²/g, yang menjadikannya sangat efektif dalam proses adsorpsi. Kemampuan mengembang ini juga memungkinkan bentonit untuk mengadsorpsi banyak ion logam dan senyawa organik yang terkandung dalam larutan, sehingga menjadikannya adsorben yang sangat efisien. Dengan sifat-sifat ini, bentonit banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti dalam pemurnian air, pengolahan limbah, penyaringan minyak, dan berbagai proses kimia lainnya, di mana kemampuannya untuk mengadsorpsi berbagai zat berbahaya sangat dibutuhkan [4]. Bentonite aktif telah dievaluasi berdasarkan komposisi mineralogy dan kimia sebagai bahan penjernih, atau bleaching agent, dalam proses refining minyak isolasi transformator yang telah dibebani [3]. Bentonite akan mengikat senyawa kimia yang merupakan kontaminan minyak

trafo lama, yang dapat disaring kemudian. Hasil menunjukkan bahwa bentonite aktif dapat memperbaiki minyak dengan meningkatkan tegangan tembusnya hingga 68 kV dan mengubah warna minyak isolasi trafo dari coklat menjadi kuning [5].

Selain penggunaan bentonite aktif, digunakan juga arang aktif sebagai media filterisasi minyak transformator sebelum dilakukan pemurnian menggunakan bentonite aktif. Arang aktif merupakan arang yang telah diaktifkan oleh suatu zat sehingga memiliki daya adsorpsi dengan daya serap mencapai 3-7 kali dari daya serap arangnya [6]. Arang aktif memiliki kemampuan luar biasa dalam menyerap berbagai jenis zat, baik anion, kation, maupun molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik dalam bentuk larutan maupun gas. Hal ini disebabkan oleh struktur porusnya yang sangat besar, yang memungkinkan arang aktif untuk mengadsorpsi molekul-molekul polutan secara efektif. Sebagai adsorben, arang aktif banyak digunakan dalam berbagai industri untuk menghilangkan polutan dengan kadar rendah yang dapat mencemari produk atau lingkungan, seperti dalam pengolahan air, penyaringan udara, serta pemurnian bahan baku industri kimia dan farmasi. Dalam proses ini, polutan yang ada dalam bentuk gas atau cair akan terikat pada permukaan pori-pori arang aktif, sehingga mengurangi kandungan zat berbahaya dalam produk atau emisi yang dihasilkan. Keunggulan arang aktif sebagai adsorben terletak pada efisiensinya dalam menyerap zat-zat berbahaya seperti logam berat, senyawa organik berbahaya, serta bau dan gas beracun, menjadikannya solusi efektif untuk pengendalian polusi dan pemurnian produk-produk industri [7]. Keunggulan penggunaan Arang aktif adalah memiliki pori – pori yang lebih banyak daripada arang biasa, sehingga memungkinkan untuk menyaring lebih banyak polutan di dalam minyak transformator bekas, serta dapat menjernihkan warna pada minyak transformator bekas.

Dengan penelitian ini, penulis ingin melakukan *reusable* atau daur ulang pada minyak transformator bekas dengan metode penjernihan terhadap minyak transformator bekas dengan menggunakan media berupa bentonite aktif dan arang sebagai bahan dalam proses filterisasi minyak transformator agar dapat digunakan

kembali. Penggunaan arang aktif dimaksudkan sebagai filterisasi awal dalam melakukan penjernihan terhadap minyak transformator yang selanjutnya dilakukan filterisasi lanjutan menggunakan bentonite aktif dengan metode pemanasan minyak transformator untuk mendapatkan hasil yang diinginkan [4].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, limbah minyak transformator yang merupakan salah satu penyebab dalam pencemaran lingkungan dikarenakan minyak transformator banyak mengandung bahan kimia berbahaya yang dapat merusak lingkungan. Peneliti sebelumnya, menggunakan bentonite aktif sebagai bahan purifikasi dalam melakukan penjernihan minyak transformator. Dalam hal ini, peneliti ingin melakukan percobaan mendaur ulang minyak transformator menggunakan bentonite aktif yang dimaksimalkan menggunakan arang aktif sebagai media filterisasi lainnya, agar minyak transformator dapat digunakan kembali kedepannya dengan hasil yang maksimal sesuai dengan standar yang ada, dan kedepannya minyak trafo bekas ini tidak menjadi limbah tak terpakai lagi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan zat aditif berupa bentonite aktif dan media filterasi berupa arang aktif sebagai bahan penjernih minyak transformator bekas dengan melakukan penelitian dan penjernihan di Laboratorium separasi dan Purifikasi sehingga kedepannya, minyak yang telah dilakukan daur ulang tersebut dapat digunakan kembali, sesuai dengan standarisasi uji PLN (SPLN).
2. Mengukur nilai tegangan tembus, dan skala warna yang terdapat pada minyak transformator bekas hasil penjernihan yang disesuaikan dengan standar PLN menggunakan alat berupa *Insulating Oil Test*, dan *Spechtrophotometer*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian berupa penjernihan minyak transformator menggunakan bentonite aktif dan arang aktif dengan metode filterisasi dan purifikasi pada Laboratorium.
2. Melakukan pengukuran tegangan tembus pada minyak transformator yang telah ter filterisasi dan belum terfilterisasi dengan melakukan pengujian di Laboratorium Gardu Induk PLN Jakabaring.
3. Melakukan pengukuran kejernihan warna pada minyak transformator yang telah dijernihkan.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan untuk mengetahui tegangan tembus pada minyak transformator hasil penjernihan.
2. Penelitian dilakukan untuk mengetahui skala warna pada minyak transformator hasil penjernihan.
3. Penelitian dilakukan menggunakan alat berupa *chamber* dan dilakukan di dalam laboratorium sesuai dengan SOP.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian sebelumnya, dilakukan pengujian terhadap penjernihan minyak transformator bekas dengan menggunakan bentonit aktif sebagai media penjernihan minyak transformator bekas [3]. Dari penelitian sebelumnya, peneliti ingin melakukan penjernihan minyak transformator dengan melakukan tahapan lainnya, yaitu penggunaan arang aktif sebagai media filterisasi awal pada penjernihan minyak transformator. Hipotesa awal dari peneliti adalah, dengan bantuan media arang aktif sebagai filterisasi awal, penjernihan minyak transformator dapat lebih maksimal dibandingkan menggunakan bentonite aktif saja yang dapat meningkatkan tegangan tembus pada minyak transformator bekas sampai angka 68 kV.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini dibagi kedalam lima bab yang dijelaskan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan bagaimana latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian sebagai dasar untuk membantu peneliti dalam penyusunan tugas akhir.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metode penelitian yang digunakan, lokasi dan waktu penelitian, rancangan, dan tahapan- tahapan dalam pengerjaan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang pembahasan hasil penelitian, hasil pengukuran, perhitungan, pengolahan data serta analisis berdasarkan hasil yang telah didapat dalam penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil- hasil selama observasi serta berisikan saran mengenai penelitian yang telah dilakukan.

tersebut mengindikasikan bahwa kenaikan skala warna tersebut cukup signifikan berkisar antara 40% - 80% dari keadaan semula.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah untuk menambahkan beberapa pengujian terkait indikator lainnya, seperti kandungan air, viskositas dan lain sebagainya, karena hal tersebut juga penting diperhatikan ketika ingin mengetahui kualitas dari minyak transformator. Hal lain yang menjadi saran dari peneliti adalah untuk selanjutnya memperhatikan keadaan *insulating oil test*, dikarenakan hal tersebut sangat berdampak pada hasil penelitian yang akan didapatkan nantinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Siburian, “Karakteristik Transformator,” *J. Teknol. Energi UDA*, vol. VIII, no. 21, pp. 21, 23, 2019.
- [2] E. Suherman and M. Akbar, “Analisis Karakteristik Minyak Transformator Starlite 400 kVA Terhadap Tegangan Tembus,” *Tek. Elektro Univ. Darma Persada*, vol. X, no. 1, pp. 91–99, 2020.
- [3] F. A. F. Badaruddin, “ANALISA MINYAK TRANSFORMATOR PADA TRANSFORMATOR TIGA FASA DI PT X,” *Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 75–84, 2016.
- [4] A. Annisah, Y. Bahar, and A. Husni, “Pengolahan bentonit bekas sebagai adsorben pada proses penurunan kadar ffa dan warna minyak jelantah,” *J. Tek. Kim.*, vol. 27, no. 1, pp. 29–37, 2021, doi: 10.36706/jtk.v27i1.272.
- [5] Swastika Mahardika and A. S. Juningtyastuti, “PURIFIKASI FAKTOR RUGI DIELEKTRIK (TAN δ) DAN RESISTIVITAS SERTA WARNA DARI MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR SETELAH MENGALAMI PEMBEBANAN, DENGAN BENTONIT AKTIF,” *3*, vol. 4, pp. 716–726, 2015.
- [6] S. Teke, W. O. N. T. D. Dewi, W. Jali, and Y. Yumnawati, “Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) Sebagai Media Filtrasi Desalinasi Air Payau,” *J. Berk. Fis.*, vol. 24, no. 1, pp. 10–21, 2021.
- [7] F. C. Hidayati, “Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai (Jelantah) dengan Menggunakan Arang Bonggol Jagung,” *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidik. Fis.*, vol. 1, no. 2, p. 67, 2016, doi: 10.26737/jipf.v1i2.67.
- [8] R. Syahputra, R. Nasution, D. Prodi Teknik Elektro, and F. Teknik, “Pengoperasian Transformator Dengan Menggunakan Tap Changer Aplikasi

- Gardu Induk Denai,” *J. Electr. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 2502–3624, 2020.
- [9] J. O. Wuwung, “Pengaruh Pembebanan Terhadap Kenaikan Suhu pada Belitan transformator Daya Jenis terendam Minyak,” *Tekno*, vol. 07, no. 52, pp. 29–39, 2010.
- [10] S. Faujiriyanto and I. Jamaaluddin, “Perhitungan Penggunaan Transformator Untuk Menghindari Kerugian Dalam Proses Pembuatan Transformator .,” pp. 4–7, 2020.
- [11] E. P. dan I. Lestari, “MAINTENANCE PREVENTIVE PADA TRANSFORMATOR STEP-DOWN AV05 DENGAN KAPASITAS 150KV DI PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK,” vol. 3, no. 1, pp. 485–493, 2020.
- [12] I. N. Oksa Winanta, A. A. N. Amrita, and W. G. Ariastina, “Studi Tegangan Tembus Minyak Transformator,” *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, p. 10, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p02.
- [13] Meliana and F. Murdiya, “Karakteristik Pengujian Tegangan Tembus Arus Bolak Balik (AC) pada Minyak RBDPO Olein sebagai Alternatif Isolasi Cair,” *Jom FTEKNIK*, vol. 5, no. 2, pp. 1–12, 2018.
- [14] R. S. Teles, I. W. H. M, S. Hani, J. Elektrikal, and V. No, “Induk Bantul 150 Kv Dan Analisis Minyak Transformator Dengan Menggunakan Dissolved Gas Analysis (Dga) “ Maintenance Power Of Transformer ’ S 60 Mva In Bantul Substation 150 Kv And Analysis Oil Transformer By Using Dissolved Gas Analysis (Dga) ” Mahasi,” vol. 2, no. 1, pp. 95–108.
- [15] C. Dewinara, R. Yudandhiss, I. Indonesia, and J. Kaliurang, “Quality Assurance on Pour Point ASTM D-97 , Flash Point ASTM D-93 and Kinematic Viscosity ASTM D-445 at PPSDM Migas Cepu Petroleum Jaminan Mutu pada Pengujian Pour Point ASTM D-97 , Flash Point PMcc

- ASTM D-93 dan Viskositas Kinematik ASTM D-445 di Laborat,” vol. 7, no. 1, pp. 17–26, 2022.
- [16] F. R. A. Bukit, D. T. Elektro, and U. S. Utara, “Analisis kekuatan dielektrik minyak campuran metil ester bunga matahari sebagai isolasi cair pada transformator,” vol. 03, no. 01, pp. 1–7, 2021.
- [17] R. K. Putra and F. Murdiya, “Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak Balik Pada Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) Sebagai Alternatif Isolasi Cair,” vol. 4, pp. 1–11, 2017.
- [18] A. Chumaidy, “Analisis kegagalan minyak isolasi pada transformator daya berbasis kandungan gas terlarut,” pp. 41–54.
- [19] Adi Purwanto Umar, Sutiyono Hulopi, and Lanto Mohamad Kamil Amali, “Analisis Karakteristik Tegangan Tembus Isolasi Minyak Transformator Menggunakan Oli Sepeda Motor Shell Advance 20w-50 Dan Pertamina Mesran 20w-50,” *J. Informasi, Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 09-18, 2023, doi: 10.55606/isaintek.v6i1.79.
- [20] C. Ruskandi, A. Siswanto, and R. Widodo, “Karakterisasi Fisik dan Kimiawi Bentonite Untuk Membedakan Natural Sodium Bentonite dengan Sodium Bentonite Hasil Aktivasi,” *Polimesin*, vol. 18, no. 01, pp. 53–60, 2020.
- [21] M. S. Nugraha, F. W. Mahatmanti, and T. Sulistyaningsih, “Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi HCl sebagai Adsorben Ion Logam Cd (II),” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 2–7, 2017.
- [22] M. T. I. Dewi and N. Hidajati, “Peningkatan Mutu Minyak Goreng Curah Menggunakan Adsorben Bentonit Teraktivasi,” *Chemistry (Easton)*, vol. 1, no. 2, pp. 47–53, 2012.
- [23] A. Atikah, “Efektifitas Bentonit Sebagai Adsorben Pada Proses

- Peningkatan Kadar Bioetanol,” *J. Distilasi*, vol. 2, no. 2, p. 23, 2018, doi: 10.32502/jd.v2i2.1200.
- [24] L. H. Rahayu, S. Purnavita, and Y. Sriyana, “Potensi Sabut dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Untuk Meregenerasi Minyak Jelantah,” vol. 10, no. 1, pp. 47–53, 2014.
- [25] A. Abdullah, A. Saleh, and I. Novianty, “Adsorpsi Karbon Aktif Dari Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*) Terhadap Penurunan Fenol,” *Al Kim.*, pp. 1–2, 2014.
- [26] F. C. Hidayati, Masturi, and I. Yulianti, “Purification of used cooking oil (Used) by using corn charcoal,” *JIPF (Journal Phys. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 67–70, 2016.
- [27] S. Jahidi, A. I. Pratiwi, and F. E. P. S, “Perbaikan Nilai Tegangan Tembus Minyak Isolasi Trafo Nynas Lybra dengan Purifikasi Menggunakan Arang Aktif Tongkol Jagung,” *Santei*, pp. 77–86, 2020.
- [28] D. Andriani, “Perbaikan Kekuatan Dielektrik Minyak Transformator Bekas Shell Diala B Melalui Re-Purifikasi Menggunakan Arang Tempurung Kelapa,” *I*, vol. 1, p. 6, 2024.
- [29] F. F. Polii, “Pemurnian Minyak Kelapa Dari Kopra Asap Dengan Menggunakan Adsopben Arang Aktif Dan Bentonit,” *J. Ris. Ind.*, vol. 10, no. 3, pp. 115–124, 2016.
- [30] S. Herviany, A. Syakur, and Yuningtyastuti, “Analisis Perbandingan Karakteristik Dielektrik Pada Minyak Bekas Transformator 20 kV Sebelum dan Setelah Purifikasi dengan Adsorben,” *Transient*, vol. 4, pp. 1–11, 2015.
- [31] L. Nasrat, M. Abdelwahab, and G. Ismail, “Improvement of Used Transformer Oils with Activated Bentonite,” *Engineering*, vol. 03, no. 06, pp. 588–593, 2011, doi: 10.4236/eng.2011.36070.