

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PERBAIKAN *BREAK DOWN VOLTAGE* DAN
WATER CONTENT MINYAK TRANSFORMATOR DAYA 28 MVA
DENGAN METODE PURIFIKASI DI PT. PERTAMINA HULU ROKAN**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

Setia Budi

NPM : 2310017111017

Disetujui Oleh :

Pembimbing

Ir. Yani Ridal, MT

NIDN : 1024016101

Diketahui Oleh

**Fakultas Teknologi Industri
Dekan,**

**Jurusan Teknik Elektro
Ketua,**

Prof. Dr.Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T

NIK : 990 500 496

Ir. Arzul, MT

NIDN : 1027086201

LEMBAR PENGUJI

**ANALISA PERBAIKAN *BREAK DOWN VOLTAGE* DAN
WATER CONTENT MINYAK TRANSFORMATOR DAYA 28 MVA
DENGAN METODE PURIFIKASI DI PT. PERTAMINA HULU ROKAN**

SKRIPSI

Setia Budi
NPM : 2310017111017

Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari : Minggu, 16 Februari 2025

No. Nama

Tanda Tangan

1. **Ir. Yani Ridal, MT**
(Ketua dan Penguji)

.....

2. **Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc**
(Penguji)

.....

3. **Mirza Zoni, S.T., M.T**
(Penguji)

.....

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul “**Analisa Perbaikan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA Dengan Metode Purifikasi Di PT. Pertamina Hulu Rokan** ” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Duri, 20 Februari 2025

Setia Budi

NPM : 2310017111017

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(Q.S. Al-Insyirah : 6-8)

Alhamdulillah, puji Syukur kepada Allah SWT. Yang telah memberikan nikmat yang sangat luar biasa, memberi saya kekuatan, membekali saya dengan ilmu pengetahuan serta memperkenalkan saya dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang engkau berikan, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan tepat waktu. Shalawat serta salam selalu tercurah limpahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW. Sebagai ungkapan terimakasih, skripsi ini saya persembahkan untuk :

❖ Orang tua dan istri tercinta

Saya berharap Allah SWT selalu memberikan kesehatan dan umur yang berkah. Terima kasih karena selalu menjaga dalam doa serta selalu mempercayai kedewasaan saya. Skripsi ini saya persembahkan untuk kalian yang telah mengisi dunia saya dengan begitu banyak kebahagiaan. Terima kasih atas semua cinta yang telah kalian berikan kepada saya.

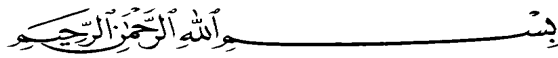
❖ Untuk Dosen Pembimbing

Terimakasih kepada Pak Dadang (Ir. Yani Ridal, MT) selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, arahan, serta dukungannya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi (tugas akhir) ini. Sehat selalu pak, panjang umur dan di murahkan rezkinya.

❖ Kelas mandiri Teknik Elektro 2023

Sukses untuk kita semua teman-teman seperjuangan kelas mandiri Teknik Elektro 2023. Terima kasih sudah mengisi dan saling membantu selama 3 semester bersama. Meskipun kita belum saling bertemu semua, namun seiring dengan waktu dan nasib seperjuangan yang sama, kita saling membantu, mendoakan dan peduli satu sama lain. Terima kasih “Keluarga Pejuang Sarjana Teknik Elektro 2023”.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “**Analisa Perbaikan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA Dengan Metode Purifikasi Di PT. Pertamina Hulu Rokan**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari dosen pembimbing, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

Dosen Pembimbing: Bapak Ir. Yani Ridal, MT dan ucapakan terima kasih yang tulus hati penulis aturkan kepada:

Teruntuk Papa dan Mama, Joko Afrianto dan Ramlah yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayangnya hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam meraih setiap cita dan harapan.

1. Kedua orang tua dan istri tercinta, yang telah banyak memberikan bantuan beserta dorongan moril, spiritual dan materil kepada penulis.
2. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST., MT.
3. Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta, Bapak Ir. Arzul, MT
4. Bapak Mirzazoni, ST.,MT selaku Penasehat Akademik dan Dosen Pembimbing Mata Kuliah Metode Riset.

5. Rekan dan teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi, Teknik Elektro Kelas Mandiri angkatan 2023. Terimakasih atas dukungan dan terus memberikan semangat serta masukan kepada penulis.
6. Selanjutnya, semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu selama proses penelitian dan penulisan proposal skripsi ini.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan skripsi ini, namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam skripsi ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang akan membangun penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap agar Skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, terutama bagi pembaca yang mempunyai bidang keahlian yang sama dengan penulis. Aamiin ya rabbal'alamin.

Duri, 20 Februari 2025

Setia Budi 2310017111017

Abstrak

Minyak transformator berfungsi sebagai media isolasi dan media pendingin untuk transformator. Permasalahan terpenting didalam transformator daya adalah isolasi atau dielektrik. Bahan dielektrik yang digunakan berbahan cair yaitu minyak isolasi. Pemakaian transformator dalam jangka panjang dapat menyebabkan penurunan parameter dielektrik, fisik dan kimia transformator. Minyak isolasi transformator memiliki berbagai macam karakteristik minyak diantaranya adalah tegangan tembus dan kandungan air. Kualitas dielektrik yang buruk akan menyebabkan kegagalan isolasi yang mengakibatkan tembus listrik sehingga minyak transformator tidak dapat digunakan kembali. Untuk itu penulis melakukan perbaikan parameter dielektrik dan kandungan air pada minyak transformator 28 MVA yang berada di PT Pertamina Hulu Rokan . Dengan menguji tiga sampel minyak dari transformator, akan didapatkan hasil yang menyatakan kelayakan minyak transformer apakah akan dilakukan purifikasi atau dilakukan penggantian. Purifikasi dimaksudkan untuk mendapatkan parameter dielektrik yang sesuai standar. Hasilnya menunjukan terjadi peningkatan kualitas minyak berdasarkan parameter dielektrik tegangan tembus dan kandungan air. Hasil uji tegangan tembus (*Breakdown voltage*) minyak transformator daya 28 MVA di PT Pertamina Hulu Rokan sebesar 36,0 kV sebelum purifikasi dan 60 kV setelah purifikasi. Terdapat peningkatan sebesar 66% setelah dilakukan purifikasi. Hasil uji kadar air (*Water content*) minyak transformator daya 28 MVA di PT Pertamina Hulu Rokan sebesar 22 ppm sebelum purifikasi dan 3 ppm setelah purifikasi. Terdapat penurunan nilai kandungan air sebesar 63% setelah dilakukan purifikasi. Purifikasi dilakukan sebanyak 10 cycle dan selama 25 jam.

Kata Kunci : Transformator Daya 28 MVA, *Break Down Voltage*, *Water Content*, Purifikasi

Abstract

Transformer oil functions as an insulating medium and cooling medium for transformers. The most important problem in a power transformer is insulation or dielectric. The dielectric material used is liquid, namely insulating oil. Long-term use of a transformer can cause a decrease in the dielectric, physical and chemical parameters of the transformer. Transformer insulating oil has various oil characteristics including breakdown voltage and water content. Poor dielectric quality will cause insulation failure which results in electrical penetration so that the transformer oil cannot be reused. For this reason, the author carried out improvements to the dielectric parameters and water content of the 28 MVA transformer oil located at PT Pertamina Hulu Rokan. By testing three samples of oil from the transformer, results will be obtained which state whether the transformer oil is suitable for purification or replacement. Purification is intended to obtain dielectric parameters that comply with standards. The results show an increase in oil quality based on dielectric parameters, breakdown voltage and water content. Breakdown voltage test results for 28 MVA power transformer oil at PT Pertamina Hulu Rokan were 36.0 kV before purification and 60 kV after purification. There was an increase of 66% after purification. The water content test results for 28 MVA power transformer oil at PT Pertamina Hulu Rokan were 22 ppm before purification and 3 ppm after purification. There was a decrease in the water content value of 63% after purification. Purification was carried out for 10 cycles and for 25 hours.

Keywords : *28 MVA Power Transformator, Break Down Voltage, Water Content, Purification.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PENGUJI	
LEMBAR PERNYATAAN	
PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-3
1.3. Batasan Masalah	I-3
1.4. Tujuan Penelitian	I-3
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Penelitian	II-4
2.2 Landasan Teori	II-4
2.2.1 Transformator Daya	II-4
2.2.2 Prinsip Kerja Transformator	II-5
2.2.3 Bagian- Bagian Transformator	II-14
2.2.4 Gangguan Transformator Daya	II-15
2.2.5 Minyak Isolasi Transformer	II-16
2.2.6 Jenis- Jenis Minyak Isolasi Transformator	II-16
2.2.7 Karakteristik Minyak Isolasi	II-18

2.2.8	Gas Terlarut Pada Minyak Transformator	II-20
2.2.9	Jenis- Jenis Kegagalan Transformator Akibat Kontaminasi Minyak Isolasi	II-23
2.2.10	Alat Pengujian Tegangan Tembus	II-26
2.2.11	Jarak Sela elektroda	II-27
2.2.12	Mesin Purifikasi Minyak Transformator	II-29
2.2.13	Pengoperasian Mesin Purifikasi	II-33
2.2.14	Perhitungan Rata- Rata Tegangan Tembus	II-36
2.2.15	Perhitungan Rangkuman Kesalahan Tegangan Tembus	II-36
2.2.16	Perhitungan Durasi Cycle Purifikasi	II-37
2.3	Hipotesis	II-37

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Alat dan Bahan Penelitian	III-38
3.1.1	Alat Penelitian	III-38
3.1.2	Bahan Penelitian	III-38
3.2	Lokasi Penelitian	III-38
3.3	Alur Penelitian	III-39
3.3.1	Diagram Alir Penelitian	III-40
3.3.2	Langkah-langkah Penelitian	III-42
3.4	Deskripsi Sistem dan Analisis	III-43

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Deskripsi Penelitian	IV-44
4.2	Pengambilan Data	IV-45
4.2.1	Data Name Plate/ Data Transformator	IV-45
4.2.2	Pengambilan Sample Minyak	IV-45
4.2.3	Pengujian Tegangan Tembus Menggunakan Instrument Megger OTS100AF	IV-47
4.2.4	Data Pengujian Minyak Transformator Sebelum Dipurifikasi	IV-48

4.3 Purifikasi Minyak Transformator	IV-50
4.4 Analisa	IV-57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	V-58
5.2 Saran	V-59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja transformator	II-5
Gambar 2.2. Bagian- bagian transformator	II-6
Gambar 2.3 Inti besi transformator	II-7
Gambar 2.4 Kumparan transformator	II-8
Gambar 2.5 Tampilan minyak transformator	II-8
Gambar 2.6 <i>Bushing</i> transformator	II-9
Gambar 2.7 Peralatan tangga dan konservator	II-9
Gambar 2.8 <i>Tap changer</i> transformator	II-11
Gambar 2.9 <i>Silicagel</i>	II-12
Gambar 2.10 Minyak isolasi transformator	II-16
Gambar 2.11 Minyak isolasi transformator	II-21
Gambar 2.12 Pembentukan <i>fault gas</i> berdasarkan <i>temperature</i>	II-22
Gambar 2.13 Tampilan kadar kemurnian transformator	II-23
Gambar 2.14 Tampilan kerusakan pada belitan transformator	II-24
Gambar 2.15 Alat uji tegangan tembus Megger OTS100AF	II-26
Gambar 2.16 Hasil simulasi medan listrik pada jarak 2 mm	II-27
Gambar 2.17 Hasil simulasi medan listrik pada jarak 2.5 mm	II-28
Gambar 2.18 Hasil simulasi medan listrik pada jarak 3 mm	II-28
Gambar 2.19 Mesin Purifikasi	II-29
Gambar 2.20 Panel Mesin Purifikasi	II-31
Gambar 2.21 P&ID Mesin Purifikasi	II-32
Gambar 3.1 Denah lokasi PT. Pertamina Hulu Rokan, Bangko Substation	III-39
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	III-41
Gambar 4.1 Alat uji tegangan tembus Megger OTS100AF	III-45
Gambar 4.2 Pengukuran Gap Electroda Megger OTS100AF	III-46
Gambar 4.3 Pengambilan Sample Minyak	III-46
Gambar 4.4 Pengujian Sample Minyak	III-47

Gambar 4.5 Grafik Pengujian Tegangan Tembus Sebelum dan Setelah Purifikasi

III-56

Gambar 4.6 Grafik Pengujian Tegangan Tembus dan Kadar Air Sebelum dan Setelah Purifikasi

III-57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam-macam sistem pendingin transformator	II-10
Tabel 2.2 Standard gas berdasarkan IEEE	II-22
Tabel 4.1 Data name plate trafo	IV-45
Tabel 4.2 Pengambilan data minyak transformator sebelum dipurifikasi.	IV-48
Tabel 4.3 Monitoring pengambilan data purifikasi minyak transformator	IV-50
Tabel 4.4 Pengambilan data minyak transformator setelah dipurifikasi	IV-56
Tabel 4.5 Data akhir setelah selesai purifikasi minyak transformator	IV-57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi sangat penting bagi kehidupan manusia di era sekarang. Karena energi merupakan komponen penting bagi setiap kegiatan manusia pada saat ini. Yang kita ketahui bahwa bertambahnya populasi manusia maka bertambahnya kebutuhan energi salah satunya energi listrik. Penggunaan energi ini mempermudah setiap kegiatan yang dilakukan oleh manusia baik itu untuk penggunaan masyarakat biasa maupun pada sektor industrial [1][2].

Transformator merupakan salah satu komponen listrik pada gardu induk yang harus menggunakan sistem proteksi yang baik dengan memenuhi persyaratan andal, selektif, sensitif dan kecepatan dalam operasinya. Transformator sebagai komponen yang vital pada GI diharapkan dapat beroperasi secara maksimal untuk menyalurkan daya. Transformator daya terdiri dari bagian utama seperti besi, kumparan, minyak transformator, *bushing* dan tangki konservator. Transformator arus atau *Current Transformer* (CT), transformator tegangan atau *Potential Transformer* (PT), pengawatan atau *wiring*, dan sumber *Alternating Current* (AC) atau *Direct Current* (DC) adalah bagian yang termasuk ke dalam bagian yang perlu proteksi [3].

Transformator daya tentu tidak terlepas dari yang namanya *overheating*, *overheating* terjadi akibat beban yang diberikan melebihi dari kapasitas yang ada yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada komponen salah satunya minyak transformator. Adanya gangguan faktor internal yang berasal dari dalam sistem seperti kerusakan peralatan listrik akibat kebocoran arus pada sistem isolasi (*breakdown isolation*), penuaan yang menjadi dan beban yang berlebih dari konsumen energi listrik merupakan faktor dari rusaknya minyak pada transformator. Untuk gangguan faktor eksternal dari luar sistem seperti petir, bencana alam, hewan dan manusia [4].

Sistem proteksi sangat dibutuhkan dalam menjaga kinerja dan melindungi dari beban yang diberikan oleh konsumen. Agar menjaga kinerja dan melindungi

sebuah transformator dibutuhkan sebuah proteksi. Proteksi merupakan bentuk konfigurasi untuk keamanan, melindungi komponen-komponen yang digunakan sehingga terhindar dari rusaknya peralatan jika terjadinya gangguan, serta pengamanan terhadap manusia dan hewan. Sehingga tetap terjaganya stabilitas pada penyaluran energi listrik [5].

Sistem proteksi yang bagus akan bisa menghindari gangguan secepat mungkin dan meminimalisir efek gangguan yang terjadi. Sistem proteksi dapat melakukan identifikasi gangguan-gangguan yang terjadi, baik itu gangguan yang bersifat temporer dan permanen. Gangguan bersifat temporer ialah gangguan yang tidak berlangsung lama dan dapat hilang dengan sendirinya dengan memisahkan bagian yang terjadi gangguan dari bagian yang tidak terjadi gangguan, sedangkan gangguan bersifat permanen ialah gangguan yang perlu adanya tindakan perbaikan untuk menghilangkan gangguan dari kerusakan yang terjadi [5].

Minyak transformator adalah suatu bahan isolasi *liquid* yang digunakan sebagai isolasi serta sebagai pendingin pada transformator. Separuh bagian bahan isolasi tersebut diwajibkan memiliki kemampuan untuk dapat menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai fungsi pendingin minyak transformator ini harus bisa meredam panas yang timbul. Dengan dua kemampuan penting yang melekat pada minyak transformator maka diharapkan penggunaan minyak transformator dapat melindungi transformator dari gangguan-gangguan yang tidak diharapkan [6].

Berdasarkan pemaparan sumber yang telah didapat. Penelitian ini membahas pengujian terhadap *breakdown voltage* dan *water content* untuk analisis terhadap kualitas isolasi minyak transformator dan langkah perawatan yang perlu dilakukan terhadap minyak isolasi transformator tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti mengenai keadaan minyak pada transformator pada Trafo Daya di PT. Pertamina Hulu Rokan yang berjudul “**Analisa Perbaikan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA Dengan Metode Purifikasi Di PT. Pertamina Hulu Rokan ”.**

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung perbandingan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA setelah dilakukan purifikasi pada minyak trafo
2. Bagaimana menganalisa Perbaikan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA dengan metode purifikasi di PT Pertamina Hulu Rokan

1.3 Batasan Masalah

1. Menganalisa DGA.
2. Melakukan reklamasi minyak trafo.
3. Tidak membahas mengenai pengukuran Tan Delta
4. Lingkup pembahasan uji laboratorium tentang *breakdown voltage* dan *water content* dibatasi berdasarkan standar IEC 60156 : 2018 dan IEC 60814 : 1997.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menghitung Perbaikan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA dengan metode purifikasi di PT Pertamina Hulu Rokan
2. Menganalisa perbaikan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA dengan metode purifikasi di PT Pertamina Hulu Rokan

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah :

1. Bagi penulis, dapat menambah wawasan pengetahuan dan pengembangan ilmu. Khususnya dalam menghitung perbaikan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA
2. Bagi penulis, dapat mengetahui bagaimana menganalisa perbandingan *Break Down Voltage* dan *Water Content* Minyak Transformator Daya 28 MVA setelah dilakukan purifikasi pada minyak trafo.

3. Bagi pembaca, dengan penulis membahas judul ini dapat mempermudah pembaca untuk mengimplementasikan purifikasi pada minyak trafo pada industri besar untuk kelangsungan produksi guna membuat peralatan yang handal.