

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PERBAIKAN REMBESAN MINYAK ISOLASI DI *BUSHING* PRIMER TRAFU #1 FASA R GARDU INDUK CILEGON LAMA TERHADAP KINERJA TRAFU BERDASARKAN UJI PARAMETER UTAMA DENGAN METODE KOEFISIEN KORELASI

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai
gelar Sarjana Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

MERCU BUANA

Nama : Mursalim Burhan

N.I.M : 41419120043

Pembimbing : Azizah Hidayati, S.Si, M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Mursalim Burhan
NIM : 41419120043
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Perbaikan Rembesan Minyak Isolasi Di
Bushing Primer Trafo #1 Fasa R Gardu Induk Cilegon Lama
Terhadap Kinerja Trafo Berdasarkan Uji Parameter Utama
Dengan Metode Koefisien Korelasi.

Dengan ini menyatakan bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



(Mursalim Burhan)

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PERBAIKAN REMBESAN MINYAK ISOLASI
DI *BUSHING* PRIMER TRAFU #1 FASA R GARDU INDUK CILEGON
LAMA TERHADAP KINERJA TRAFU BERDASARKAN UJI
PARAMETER UTAMA DENGAN METODE KOEFISIEN KORELASI



Disusun Oleh:

Nama : Mursalim Burhan
N.I.M : 41419120043
Program Studi : Teknik Elektro

UNIVERSITAS

MENGETAHUI,
Pembimbing Tugas Akhir

(Azizah Hidayati, S.Si, M.T)

Kaprodi Teknik Elektro

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng.)

Koordinator Tugas Akhir

(Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST., M.Sc.)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah mencurahkan nikmat dan karunia-Nya. Karena atas izin dan ridho-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Pengaruh Perbaikan Rembesan Minyak Isolasi Di *Bushing* Primer Trafo #1 Fasa R Gardu Induk Cilegon Lama Terhadap Kinerja Trafo Berdasarkan Uji Parameter Utama Dengan Metode Koefisien Korelasi**”.

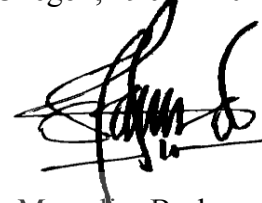
Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini, Penulis menyadari bahwa terwujudnya laporan tugas akhir ini karena adanya dukungan, bantuan, semangat dan bimbingan dari berbagai pihak yang turut serta mendukung dalam penyelesaian tugas akhir. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya terutama kepada:

1. Umak tercinta dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan semangat tanpa henti.
2. Ibu Azizah Hidayati, S.Si., MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan selalu mengingatkan diri ini untuk bimbingan hingga selesai menyusun Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Eko Ihsanto, M.Eng., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan semangat ditengah masa *lockdown Covid19*.
4. Bapak M, Hafizd Ibnu Hajar, ST., M.Sc., selaku Sekprodi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang selalu mengingatkan menjaga kesehatan.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar dan para staf TU di program studi Teknik Elektro Universitas Mercubuana.
6. Teman-teman Kampus khususnya Teknik Elektro yang telah men-support penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Pihak PT, PLN (Persero) khususnya Unit Layanan Transmisi Gardu (ULTG) Cilegon.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunannya, oleh karena itu

penulis dengan senang hati menerima kritik dan sarannya yang bersifat membangun demi penyempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, bagi rekan mahasiswa, semua pembaca dan penulis sendiri khususnya.

Cilegon, 29 Juni 2021



Mursalim Burhan

Mahasiswa Teknik Elektro



ABSTRAK

Kegagalan isolasi disebabkan beberapa sebab, antara lain pemakaian isolasi sudah lama, berkurangnya kekuatan dielektrik dan karena isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih. Pada dasarnya tegangan pada isolasi merupakan suatu tarikan atau tekanan (*strees*) yang harus dilawan oleh gaya dalam isolasi itu sendiri agar isolasi tidak gagal. Sama halnya dengan rembesan *bushing* minyak isolasi transformator dapat menyebabkan kegagalan isolasi pada transformator tersebut sehingga sangat perlu untuk dilakukan analisis terhadap rembesan tersebut, jika rembesan dibiarkan beberapa bulan tanpa dilakukan penggantian/perbaikan dapat mempengaruhi kinerja atau tidak. Selain itu perlu juga dilakukan analisis apakah dengan melakukan penambahan minyak isolasi baru secara terus-menerus dapat melakukan perbaikan ke sisi trafo, baik pada minyak isolasi atau ke parameter-parameter yang lain atau bahkan dapat mengurangi rugi daya yang terdapat pada *bushing* trafo tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, penulis mencoba melakukan analisis terhadap rembesan yang terjadi pada *bushing* trafo dengan melakukan pengujian parameter utama yang terdiri dari metode analisis gas terlarut (*Dissolved Gas Analysis*), pengujian tahanan isolasi, pengujian tangen delta, dan pengujian tegangan tembus minyak isolasi pada transformator.

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan informasi-informasi dari rembesan *bushing* primer fasa R trafo 1 Gardu Induk Cilegon Lama yaitu rembesan yang keluar sebanyak 4 drum (800 liter) dan dibiarkan dalam jangka waktu 1 tahun ternyata tidak mengakibatkan kegagalan termis maupun elektris pada transformator dan juga tidak mempengaruhi kinerja trafo. Selanjutnya, dari hasil pengujian itu dianalisis dan didapatkan hasil bahwa rembesan minyak yang terjadi pada *bushing* primer fasa R trafo 1 Gardu Induk Cilegon Lama sebanyak 4 drum (800 liter) juga tidak menimbulkan rugi daya dan tidak perlu dilakukan penggantian minyak isolasi namun tindakan yang perlu dilakukan yaitu penambahan minyak isolasi yang baru sesuai dengan jumlah minyak yang keluar akibat dari rembesan tersebut.

Kata kunci : Rembesan *Bushing* Trafo, Rugi Daya, *Dissolved Gas Analysis* , Tahanan Isolasi, Tan Delta.

ABSTRACT

Insulation failure is caused by several reasons, including the use of insulation for a long time, reduced dielectric strength and because the insulation is subject to overvoltage. Basically the stress on the insulation is a pull or pressure (stress) that must be resisted by the force in the insulation itself so that the insulation does not fail. Similarly, seepage of transformer insulating oil *bushings* can cause insulation failure in the transformer, so it is necessary to analyze the seepage, if seepage is left for several months without replacement/repair it can affect performance or not. In addition, it is also necessary to analyze whether adding new insulating oil continuously can make improvements to the side of the transformer, either to the insulating oil or to other parameters or even to reduce the power loss contained in the transformer *bushing*.

Based on this, the author tries to analyze the seepage that occurs in the transformer *bushing* by testing the main parameters consisting of the Dissolved Gas Analysis method, the insulation resistance test, the tangent delta test, and the insulation oil breakdown voltage test on the transformer.

From the tests that have been carried out, information is obtained that seepage is allowed to cause thermal and electrical failure in the transformer and can also affect the performance of the transformer. Furthermore, the test results were analyzed and it was found that the seepage that occurred in the primary *bushing* of the R phase of the Cilegon Lama transformer 1 did not cause power loss and there was no need to replace the insulating oil but the action that needed to be taken was adding new insulating oil into the transformer.

Keywords: Transformer *Bushing* Seepage, Power Loss, Dissolved Gas Analysis, Insulation Resistance, Tan Delta.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| HALAMAN SAMPEL | |
| LEMBAR PERNYATAAN | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| ABSTRAK | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.6 Metode Penelitian..... | 4 |
| 1.7 Sistematika Penulisan..... | 6 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 7 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka..... | 7 |
| 2.2 Transformator..... | 10 |
| 2.2.1 Jenis transformator..... | 11 |
| 2.2.2 Bagian-bagian transformator dan fungsinya..... | 11 |
| 2.3 Minyak Isolasi Transformator..... | 17 |
| 2.3.1 Minyak isolasi mineral..... | 18 |
| 2.3.2 Minyak isolasi sintetis..... | 18 |
| 2.4 Gas-Gas Penyebab Gangguan Transformator..... | 19 |
| 2.5 Jenis-Jenis Kegagalan Transformator..... | 29 |
| 2.5.1 Partike padat..... | 19 |
| 2.5.2 Uap air..... | 19 |
| 2.5.3 Kegagalan gelembung..... | 19 |

| | |
|---|----|
| 2.5.4 <i>Overheating</i> | 20 |
| 2.5.5 Korona..... | 20 |
| 2.5.6 <i>Arching</i> (busur api)..... | 20 |
| 2.6 Parameter Utama Pengujian Transformator | 20 |
| 2.6.1 Pengujian <i>Dissolved Gas Analysis</i> (DGA)..... | 21 |
| 2.6.2 Pengujian tahanan isolasi..... | 26 |
| 2.6.3 Pengujian tan delta (<i>dissipation factor</i>) | 27 |
| 2.6.4 Pengujian tegangan tembus minyak (<i>breackdown voltage</i>) | 30 |
| 2.7 Daya Listrik..... | 32 |
| 2.8 Faktor Daya..... | 33 |
| 2.9 Rugi Daya Transformator..... | 35 |
| 2.9.1 Rugi daya tanpa beban..... | 36 |
| 2.9.2 Rugi daya berbeban | 37 |
| 2.10 Efisiensi Transformator..... | 40 |
| 2.11 Gasket/Seal/Packing <i>Bushing</i> Transformator | 43 |
| BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM | 32 |
| 3.1 Teknik Pengumpulan Data..... | 43 |
| 3.1.1 Metode literatur..... | 43 |
| 3.1.2 Metode obeservasi..... | 44 |
| 3.1.3 Metode wawancara | 44 |
| 3.2 Proses Penelitian (Diagram Alir)..... | 45 |
| 3.3 Teknik Analisis Data | 35 |
| 3.4 Pengumpulan Data..... | 48 |
| 3.4.1 <i>Dissolved Gas Analysis</i> (DGA) | 49 |
| 3.4.2 Tahanan isolasi | 49 |
| 3.4.3 Tan delta (<i>dissipation faktor</i>)..... | 51 |
| 3.4.4 Tegangan tembus minyak (<i>breackdown voltage</i>) | 54 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 41 |
| 4.1 Analisis Parameter Pengujian..... | 55 |
| 4.1.1 Pengujian <i>Dissolved Gas Analysis</i> (DGA)..... | 55 |
| 4.1.2 Pengujian tan delta | 56 |

| | |
|---|----|
| 4.1.3 Pengujian tahanan isolasi | 57 |
| 4.1.4 Pengujian tegangan tembus minyak | 57 |
| 4.1.5 Daya yang disalurkan trafo..... | 58 |
| 4.2 Analisis Korelasi Parameter Utama | 67 |
| 4.2.1 Analisis korelasi pengujian DGA dengan tegangan tembus ... | 67 |
| 4.2.2 Analisis korelasi pengujian DGA dengan tan delta <i>bushing</i> ... | 68 |
| 4.2.3 Analisis korelasi pengujian DGA dengan tan delta belitan..... | 69 |
| 4.2.4 Analisis korelasi pengujian DGA dengan tahanan isolasi..... | 70 |
| 4.2.5 Analisis korelasi pengujian tan delta <i>bushing</i> dengan tegangan tembus | 71 |
| 4.2.6 Analisis korelasi pengujian tan delta belitan dengan tegangan tembus | 72 |
| 4.2.7 Analisis korelasi pengujian tan delta <i>bushing</i> dengan tahanan isolasi..... | 73 |
| 4.2.8 Analisis korelasi pengujian tan delta belitan dengan tahanan isolasi..... | 74 |
| 4.2.9 Analisis korelasi pengujian tegangan tembus dengan tahanan isolasi..... | 75 |
| BAB V PENUTUP | 78 |
| 5.1 Kesimpulan | 78 |
| 5.2 Saran | 79 |
| DAFTAR PUSTAKA | 80 |
| LAMPIRAN | 82 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Arus bolak balik mengelilingi inti besi | 10 |
| Gambar 2.2 Prinsip kerja transformator | 11 |
| Gambar 2.3 Inti Besi | 12 |
| Gambar 2.4 Belitan transformator | 12 |
| Gambar 2.5 kertas isolasi pada <i>bushing</i> (<i>oil impregnated paper bushing</i>) | 13 |
| Gambar 2.6 Bagian-bagian <i>bushing</i> | 14 |
| Gambar 2.7 Batas konsentrasi gas terlarut dalam satuan <i>part per million</i> (ppm) berdasarkan IEEE C57 104 2008 | 22 |
| Gambar 2.8 Rangkaian ekivalen tan delta | 28 |
| Gambar 2.9 Segitiga daya | 32 |
| Gambar 2.10 Blok diagram rugi-rugi pada transformator | 35 |
| Gambar 2.11 Rangkaian inti trafo | 36 |
| Gambar 2.12 Rangkaian ekivalen hubung singkat | 40 |
| Gambar 2.13 Perubahan efisiensi terhadap $\cos \phi$ beban | 42 |
| Gambar 2.14 Gasket/seal/packing NBR | 43 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian | 48 |
| Gambar 3.2 Diagram kerja Gas Chromatograph | 50 |
| Gambar 3.3 Alat uji tahanan isolasi | 51 |
| Gambar 3.4 Komponen alat uji tahanan isolasi | 52 |
| Gambar 3.5 Rangkain pengujian tahanan isolasi pada trafo | 52 |
| Gambar 3.6 Alat uji tegangan tembus minyak | 54 |
| Gambar 4.1 Grafik perbandingan pengujian DGA Sebelum, Mengalami rembesan, dan Sesudah Rembesan diperbaiki | 59 |
| Gambar 4.2 Grafik perbandingan pengujian Tangen Delta <i>bushing</i> sebelum, mengalami rembesan dan sesudah rembean diperbaiki | 61 |
| Gambar 4.3 Grafik perbandingan pengujian Tangen Delta belitan sebelum, mengalami rembesan dan sesudah rembean diperbaiki | 62 |
| Gambar 4.4 Grafik perbandingan uji tahanan isolasi sebelum, mengalami rembesan dan sesudah rembesan diperbaiki | 63 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.5 Grafik perbandingan tegangan tembus sebelum, saat, dan sesudah rembesan diperbaiki | 64 |
| Gambar 4.6 Grafik perbandingan daya yang disalurkan trafo sebelum, ketika rembesan, dan sesudah rembesan diperbaiki | 65 |
| Gambar 4.7 Grafik perbandingan rugi daya sebelum, ketika rembesan, dan sesudah rembesan diperbaiki | 66 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Jurna pembanding | 7 |
| Tabel 2.2 Action based TDCG | 23 |
| Tabel 2.3 Tabel jenis kegagalan menurut analisis key gas berdasarkan IEEE std. C57-104.1991 | 25 |
| Tabel 2.4 Formula nilai minimum tahanan isolasi trafo (SK DIR 520) | 26 |
| Tabel 2.5 Evaluasi dan rekomendasi tahanan isolasi trafo (SK DIR 520) | 27 |
| Tabel 2.6 Batasan nilai maksimum tangent delta belitan trafo (CIGRÉ TB 445) | 29 |
| Tabel 2.7 Batasan nilai maksimum tangen delta <i>bushing</i> | 29 |
| Tabel 2.8 Nilai maksimum kapasitansi <i>bushing</i> trafo (rekomendasi ABB) | 30 |
| Tabel 2.9 Tabel aplikasi dan interpretasi uji minyak standar IEC 60422-2005 | 31 |
| Tabel 3.1 <i>Time schedule</i> penelitian | 44 |
| Tabel 3.2 Tabel interpretasi nilai koefisien korelasi | 49 |
| Tabel 4.1 Pengujian <i>Gas Dissolved Analysis</i> (DGA) | 55 |
| Tabel 4.2 Pengujian Tan Delta <i>bushing</i> | 56 |
| Tabel 4.3 Pengujian Tan Delta belitan | 56 |
| Tabel 4.4 Pengujian tahanan isolasi | 57 |
| Tabel 4.5 Pengujian tegangan tembus minyak | 57 |
| Tabel 4.6 Daya yang disalurkan trafo ketika mengalami rembesan | 58 |
| Tabel 4.7 Pengolahan data koefisien korelasi DGA dan tegangan tembus | 68 |
| Tabel 4.8 Pengolahan data koefisien korelasi DGA dan tan delta | 68 |
| Tabel 4.9 Pengolahan data koefisien korelasi DGA dan tan delta belitan | 69 |
| Tabel 4.10 Pengolahan data koefisien korelasi DGA dan tan tahanan isolasi | 70 |
| Tabel 4.11 Pengolahan data koefisien korelasi tan delta <i>bushing</i> dan tegangan tembus minyak | 72 |
| Tabel 4.12 Pengolahan data koefisien korelasi tan delta belitan (HV-LV) dan tegangan tembus minyak | 73 |
| Tabel 4.13 Pengolahan data koefisien korelasi tan delta <i>bushing</i> dan tahanan isolasi (HV-LV) | 75 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.14 Pengolahan data koefisien korelasi tan delta belitan (HV-LV) dan tahanan isolasi (HV-LV) | 76 |
| Tabel 4.15 Pengolahan data koefisien korelasi tegangan tembus minyak dan tahanan isolasi (HV-LV) | 76 |

