UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengaruh Through Fault Current terhadap Health Index Transformator Berdasarkan Perubahan Karakteristik dan Konsentrasi Gas DGA pada Minyak Isolasi
Anindita Singgih Pambudi, Prof. Ir. Tumiran, M. Eng., Ph. D., IPU. ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
PRAKATA v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN xii
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Penelitian 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Keaslian dan Kontribusi Penelitian 5
1.6 Manfaat Penelitian 7
1.7 Sistematika Penulisan 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 9
2.1 Tinjauan Pustaka 9
2.1.1 Pengaruh *Through Fault Current* Pada Transformator 9
2.1.2 Metode Statistika Untuk Mengetahui Perubahan Kondisi Minyak 12
2.1.3 Perhitungan *Health Index* Transformator Menggunakan Metode AHP 13
2.2 Landasan Teori 15
2.2.1 Perhitungan *Through Fault Current* Pada Transformator 15
2.2.2 Analisis Perubahan Kondisi Minyak Menggunakan Metode Statistika 16
2.2.3 Perhitungan *Health Index* Menggunakan Metode AHP 19
2.3 Pertanyaan Penelitian 30

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengaruh Through Fault Current terhadap Health Index Transformator Berdasarkan Perubahan Karakteristik dan Konsentrasi Gas DGA pada Minyak Isolasi
Anindita Singgih Pambudi, Prof. Ir. Tumiran, M. Eng., Ph. D., IPU. ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.4 Hipotesis 31
BAB III METODE PENELITIAN 32
3.1 Alat dan Bahan 32
3.1.1 Alat 32
3.1.2 Bahan 32
3.2 Tahapan Penelitian 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 52
4.1 Hasil Perhitungan TFC Pada Transformator 53
4.2 Analisis Pengaruh TFC Terhadap Perubahan Minyak Transformator 55
4.2.1 Metode *Multivariate Linear Regression* (MLR) 57
4.2.2 Metode *Support Vector Regression* (SVR) 65
4.2.3 Analisis Pengaruh TFC Terhadap Perubahan Minyak Transformator 74
4.3 Perhitungan *Health Index* Transformator 87
4.3.1 Penentuan Skor Pada Setiap Parameter 89
4.3.2 Perhitungan Pembobotan Pada Metode AHP 92
4.3.3 Hasil Perhitungan *Health Index* 108
4.4 Pengaruh TFC Terhadap Perubahan *Health Index* Transformator 114
4.4.1 Jumlah Kejadian TFC Terhadap Perubahan *Health Index* 117
4.4.2 Rata-rata Persentase TFC Terhadap Perubahan *Health Index* 119
4.4.3 Persentase Kumulatif TFC Terhadap Perubahan *Health Index* 120
4.4.4 Prediksi *Health Index* Berdasarkan Persentase Kumulatif TFC 123
4.4.5 Strategi *Maintenance* Transformator Berdasarkan Paparan TFC 127
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 134
5.1 Kesimpulan 134
5.2 Saran 135
DAFTAR PUSTAKA 136
LAMPIRAN L-138

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengaruh Through Fault Current terhadap Health Index Transformator Berdasarkan Perubahan Karakteristik dan Konsentrasi Gas DGA pada Minyak Isolasi
Anindita Singgih Pambudi, Prof. Ir. Tumiran, M. Eng., Ph. D., IPU. ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skor Parameter BDV 20
Tabel 2.2 Skor Parameter IFT 21
Tabel 2.3 Skor Parameter Tingkat Keasaman 21
Tabel 2.4 Skor Parameter Kandungan Air 21
Tabel 2.5 Skor Parameter Warna Minyak 22
Tabel 2.6 Skor Parameter Gas DGA 22
Tabel 2.7 Skor Parameter Umur Transformator 23
Tabel 2.8 Skala Perbandingan Berpasangan pada Metode AHP 25
Tabel 2.9 Nilai *Random Index* pada AHP 27
Tabel 2.10 Klasifikasi Penentuan Skor Faktor 29
Tabel 2.11 Kategori *Health Index* Transformator 30
Tabel 3.1 Contoh Data Teknis Transformator 33
Tabel 3.2 Contoh Data Gangguan Jaringan 20 kV 34
Tabel 3.3 Contoh Hasil Uji Karakteristik Minyak 34
Tabel 3.4 Contoh Hasil Uji DGA Minyak 35
Tabel 3.5 Spesifikasi Operasi Transformator#5 BDUTR 43
Tabel 3.6 Hasil Perhitungan TFC Transformator#5 BDUTR 45
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan TFC 54
Tabel 4.2 Parameter Minyak Isolasi 55
Tabel 4.3 Hasil Simulasi MLR Tanpa Validasi 58
Tabel 4.4 Hasil Simulasi MLR dengan Validasi K-Fold dan LOOCV 63
Tabel 4.5 Hasil Simulasi SVR Tanpa Validasi 66
Tabel 4.6 Hasil Simulasi SVR dengan Validasi K-Fold dan LOOCV 72
Tabel 4.7 Pengelompokan Faktor Dalam Perhitungan *Health Index* 88
Tabel 4.8 Klasifikasi Skor pada Masing-masing Parameter 90
Tabel 4.9 Matriks *Oil Quality Factor* pada Kriteria CR 94
Tabel 4.10 Matriks *Oil Quality Factor* pada Kriteria MR 94
Tabel 4.11 Hasil Normalisasi *Eigenvector* Matriks *Oil Quality Factor* Kriteria CR 97
Tabel 4.12 Hasil Pembobotan dan Evaluasi Konsistensi *Oil Quality Factor* 98
Tabel 4.13 Matriks Bobot *Oil Quality Factor* Kriteria MR dan CR 100
Tabel 4.14 Hasil Pembobotan Akhir Parameter pada *Oil Quality Factor* 100
Tabel 4.15 Matriks *Paper Conition Factor* pada Kriteria CR 101
Tabel 4.16 Matriks *Paper Conition Factor* pada Kriteria MR 102
Tabel 4.17 Hasil Pembobotan dan Evaluasi Konsistensi *Paper Condition Factor* 102
Tabel 4.18 Matriks Bobot *Paper Condition Factor* Kriteria MR dan CR 103
Tabel 4.19 Hasil Pembobotan Akhir Parameter pada *Paper Condition Factor* 104
Tabel 4.20 Matriks Perhitungan Pembobotan Faktor 106

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengaruh Through Fault Current terhadap Health Index Transformator Berdasarkan Perubahan Karakteristik dan Konsentrasi Gas DGA pada Minyak Isolasi
Anindita Singgih Pambudi, Prof. Ir. Tumiran, M. Eng., Ph. D., IPU. ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.21 Hasil Pembobotan Setiap Faktor dan Evaluasi Konsistensi 107
Tabel 4.22 Data dan Konversi Skor Parameter Transformator#2 CKSKA 109
Tabel 4.23 Konversi *Health Index* Faktor menjadi Skor Transformator#2 CKSKA... 111
Tabel 4.24 Hasil Perhitungan *Health Index* pada Setiap Transformator 113
Tabel 4.25 Hasil TFC dan Perubahan *Health Index* pada Setiap Transformator..... 114
Tabel 4.26 Perubahan Status Kesehatan Transformator Berdasarkan Kumulatif TFC 128

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengaruh Through Fault Current terhadap Health Index Transformator Berdasarkan Perubahan Karakteristik dan Konsentrasi Gas DGA pada Minyak Isolasi
Anindita Singgih Pambudi, Prof. Ir. Tumiran, M. Eng., Ph. D., IPU. ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Through Fault Current* 9
Gambar 2.2 Efek TFC pada *Stress Withstand Capability* dan *End of Life* 10
Gambar 2.3 Ilustrasi Perhitungan *Health Index* Metode AHP 20
Gambar 2.4 Kondisi CO, CO_2 dan Rasio CO_2/CO (*Pyrolisis*) 23
Gambar 2.5 Konsep AHP 24
Gambar 2.6 Skema Perhitungan *Health Index* Transformator 28
Gambar 3.1 Skema Data yang Digunakan dalam Penelitian 32
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian 36
Gambar 3.3 Daerah Pengaman Proteksi OCR pada Transformator 41
Gambar 3.4 Koordinasi Pengaturan Waktu Kerja *Relay* OCR Transformator 42
Gambar 3.5 Proses Perhitungan *Health Index* Menggunakan AHP 47
Gambar 3.6 Struktur Hierarki Parameter Penyusun *Health Index* Transformator 48
Gambar 4.1 Visualisasi Model MLR Perubahan Gas DGA terhadap TFC 60
Gambar 4.2 Visualisasi Model MLR Perubahan Karakteristik terhadap TFC 61
Gambar 4.3 Visualisasi Model SVR Perubahan Gas DGA terhadap TFC 69
Gambar 4.4 Visualisasi Model SVR Perubahan Karakteristik terhadap TFC 71
Gambar 4.5 Tren Perubahan Gas DGA Akibat Pengaruh TFC Metode MLR 76
Gambar 4.6 Perbandingan Peningkatan Gas C_2H_6 dan C_2H_4 Akibat Adanya TFC 79
Gambar 4.7 Hubungan Suhu Minyak Transformator dengan Konsentrasi Gas DGA 80
Gambar 4.8 Tren Perubahan Karakteristik Minyak Pengaruh TFC Metode SVR..... 83
Gambar 4.9 Diagram Perhitungan *Health Index* Transfotmator 108
Gambar 4.10 *Health Index* Transfotmator Sebelum dan Sesudah Pengaruh TFC..... 115
Gambar 4.11 Pengaruh Jumlah Kejadian TFC terhadap Perubahan *Health Index* 117
Gambar 4.12 Pengaruh Rata-rata Persentase TFC terhadap Perubahan *Health Index* 119
Gambar 4.13 Pengaruh Persentase Kumulatif TFC terhadap Perubahan *Health* 120
Gambar 4.14 Regresi Linear Pengaruh TFC terhadap Perubahan *Health Index* 122
Gambar 4.15 Prediksi *Health Index* Berdasarkan Persentase Kumulatif TFC 123
Gambar 4.16 Perbandingan *End of Life* Akibat TFC dan *Thermal Aging* normal..... 125

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengaruh Through Fault Current terhadap Health Index Transformator Berdasarkan Perubahan Karakteristik dan Konsentrasi Gas DGA pada Minyak Isolasi
Anindita Singgih Pambudi, Prof. Ir. Tumiran, M. Eng., Ph. D., IPU. ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

AHP	*Analytical Heirarchy Process*
BDV	*Breakdown Voltage*
C	Matriks Perbandingan Berpasangan
CHG	*Capacitance High to Ground*
CHL	*Capacitance High to Low*
CH_4	Metana
CO	Karbon monoksida
CO_2	Karbon dioksida
CR	*Criticaallity*
CR	*Consistency Ratio*
C_2H_2	Asetilena
C_2H_4	Etilena
C_2H_6	Etana
DGA	*Dissolved Gas Analysis*
EoL	*End of Life*
H_2	Hidrogen
I	Besar arus
IEC	*International Electrotechnical Commission*
IEEE	*Institute of Electrical and Electronics Engineers*
IFT	*Interfacial Tension*
kV	Kilo Volt
LV	*Low Voltage*
MAE	*Mean Absolute Error*
MLR	*Multivariate Linear Regression*
MR	*Measurenment Reliability*
MVA	Mega Volt Ampere
n	Jumlah Matriks
OCR	*Over Current Relay*
OLS	*Ordinary Least Squares*
P	Kapasitas Daya Transformator
Ppm	*parts per millions*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengaruh Through Fault Current terhadap Health Index Transformator Berdasarkan Perubahan Karakteristik dan Konsentrasi Gas DGA pada Minyak Isolasi
Anindita Singgih Pambudi, Prof. Ir. Tumiran, M. Eng., Ph. D., IPU. ; Ir. Lesnanto Multa Putranto, S.T., M.Eng., Ph.D.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

RBF	*Radial Basis Function*
RI	*Random Index*
RMSE	*Root Mean Square Error*
R^2	Koefisien Determinasi
SVR	*Support Vector Regression*
t	Durasi
tan δ	Tan Delta atau *Dissipation Factor*
TDCG	*Total Dissolved Combustible Gas*
TFC	*Through Fault Current*
w	Bobot
X_t	Impedansi Transformator
λ_{max}	*Eigenvalue* Maksimum
ε	Epsilon