



**ANALISIS PENENTUAN NILAI KEANDALAN DAN
KETERSEDIAAN TRANSFORMATOR 150 kV/20 kV
MENGUNAKAN SISTEM JARINGAN SYARAF TIRUAN
BERDASARKAN MODEL MARKOV
*DISSOLVED GAS ANALYSIS***

SKRIPSI

Oleh
ADITYO PROBO KUSUMO
NIM : 081910201011

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**ANALISIS PENENTUAN NILAI KEANDALAN DAN
KETERSEDIAAN TRANSFORMATOR 150 kV/20 kV
MENGUNAKAN SISTEM JARINGAN SYARAF TIRUAN
BERDASARKAN MODEL MARKOV
*DISSOLVED GAS ANALYSIS***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

ADITYO PROBO KUSUMO

NIM : 081910201011

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

- 1. Tuhanku Yesus Kristus yang selalu menjaga dan memberi begitu banyak berkat dalam kehidupanku terutama pada saat kuliah di Universitas Jember;*
- 2. Ayahanda Agung Prabowo dan Ibunda Suyanti tercinta yang telah membesarkan dan membimbing, memberikan motivasi, serta tiada hentinya mendoakan ananda di pagi dan malam agar mendapat masa depan yang cerah;*
- 3. Alma Mater Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan;*
- 4. Seluruh Bapak dan Ibu Guru sejak ananda duduk di bangku TK sampai dengan SMA serta Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;*
- 5. Kakakku Anna Purbayanti yang selalu mendoakan dan memberikan arahan serta semangat selama ini;*
- 6. Seluruh keluarga besarku yang selalu mendoakan dan memberikan pengertian akan pentingnya pendidikan.*

MOTTO

*“Hati si pemalas penuh keinginan, tetapi sia-sia,
sedangkan hati orang rajin diberi kelimpahan”*

(Amsal 13:4)

*“Tuhan tidak putus asa terhadap anda,
jangan anda putus asa terhadap Tuhan”*

(Ir. Eddy Leo, M.Th.)

“Jangan pernah menyerah

Jangan pernah

Jangan pernah

Jangan pernah”

(Winston Churchill)

*“Masa depan tergantung pada diri kita sendiri, tidak ada alasan,
tidak ada kisah keberuntungan, yang ada hanyalah kebulatan tekad
untuk sukses dan keyakinan bahwa saya pasti bisa”*

(Adityo Probo Kusumo)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Adityo Probo Kusumo

NIM : 081910201011

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: **Analisis Penentuan Nilai Keandalan dan Ketersediaan Transformator 150 kV/ 20 kV Menggunakan Sistem Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Model Markov Dissolved Gas Analysis** adalah benar-benar hasil karya sendiri kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 5 Februari 2013

Yang menyatakan,

Adityo Probo Kusumo

NIM. 081910201011

SKRIPSI

**ANALISIS PENENTUAN NILAI KEANDALAN DAN
KETERSEDIAAN TRANSFORMATOR 150 kV/20 kV
MENGUNAKAN SISTEM JARINGAN SYARAF TIRUAN
BERDASARKAN MODEL MARKOV
*DISSOLVED GAS ANALYSIS***

Oleh

Adityo Probo Kusumo

NIM 081910201011

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T., MT.
Dosen Pembimbing Anggota : H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “**Analisis Penentuan Nilai Keandalan dan Ketersediaan Transformator 150 kV/ 20 kV Menggunakan Sistem Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Model Markov *Dissolved Gas Analysis***” telah diuji dan disahkan pada:

Hari,tanggal : Senin, 28 Januari 2013

Tempat : Laboratorium Jaringan Komputer, Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Suprihadi Prasetyono, S.T., MT.

NIP. 19700404 199601 1 001

Penguji I,

H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.

NIP. 19640317 199802 1 001

Penguji II,

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.

NIP. 19631201 199402 1 002

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP. 19700826 199702 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

Analisis Penentuan Nilai Keandalan Dan Ketersediaan Transformator 150 kV/20 kV Menggunakan Sistem Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Model Markov *Dissolved Gas Analysis*

Adityo Probo Kusumo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Transformator daya sebagai jantung transmisi sistem tenaga listrik harus dijaga keandalannya jauh dari gangguan yang menyebabkan kegagalan sistem. Hasil uji gas terlarut dianalisa dengan metode markov dan didapatkan nilai ketersediaan berdasarkan kondisi baik dan kurang baik dalam analisa operasi selama 1 tahun dan nilai keandalan yang mengalami penurunan setiap bulannya. Hasil metode markov berupa nilai peluang *steady state* dari ketersediaan dan keandalan ini dijadikan sebagai *training* dalam *artificial neural network*. Hasil yang didapatkan dari *training* kemudian diuji dengan memasukkan suatu pola *input* baru berdasarkan pedoman batas konsentrasi *gas dissolved standart IEEE C57.104-1991*. Hasil uji yang dinamakan peramalan ini kemudian didapatkan suatu nilai korelasi antara target dengan *output* peramalan yang mendekati sama.

Kata kunci : *Dissolved Gas Analysis, Metode Markov, Artificial Neural Network.*

***Analysis Determination of Reliability and Availability Transformer
150 kV/20 kV using Neural Network System Based on
Markov Model Dissolved Gas Analysis***

Adityo Probo Kusumo

Electrical Engineering Majors, Faculty of Engineering, Jember University

ABSTRACT

Power transformer as the heart of the transmission system, should be kept away the reliability from the distractions that cause system failure. The test results of dissolved gas was analyzed using Markov method and obtained values based on the availability of good and less good in the analysis of the operation for 1 year and the value of reliability has decreased each month. Markov method results in the form of steady state the probability of availability and reliability is used as the artificial neural network training. Results obtained from training and then tested with the inclusion of a new input pattern based guidelines limit concentrations of dissolved gas standard IEEE C57.104-1991. The test results are then called forecasting obtained a correlation between the value of the target with the approach the same forecasting output.

Keywords : *Dissolved Gas Analysis, Markov Method, Artificial Neural Network.*

RINGKASAN

Transformator sebagai salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang dapat mentransformasi tegangan dari satu level ke level lain harus dijaga keandalannya agar kebutuhan listrik masyarakat dapat terpenuhi secara terus-menerus jauh dari gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan kegagalan sistem. Gangguan yang menyebabkan kegagalan sistem sering terjadi pada internal transformator tenaga baik itu gangguan pada tahanan isolasi, tegangan tembus maupun pada kandungan gas terlarut di minyak transformator. Gangguan ini merupakan gangguan yang sangat sulit dideteksi dan didiagnosa sebab gangguan ini termasuk gangguan yang terjadi di dalam transformator dan sangat berhubungan erat dengan minyak transformator karena gangguan terjadi disebabkan oleh *arc* (busur api) yang terjadi di dalam transformator itu sendiri.

DGA (*Dissolved Gas Analysis*) merupakan metode pengujian yang dilakukan untuk menguji keadaan minyak isolasi dengan mengambil sampel minyak isolasi dari unit transformator untuk mengetahui jenis-jenis gas yang terlarut dalam minyak isolasi transformator, dari hasil tes DGA tersebut akan dapat disimpulkan dan diprediksikan jenis gangguan yang mungkin terjadi pada transformator dan dapat segera dilakukan tindakan pencegahan kegagalan transformator. Dengan kata lain pengujian DGA merupakan salah satu langkah perawatan preventif (*preventive maintenance*) yang wajib dilakukan dengan interval pengujian paling tidak satu kali dalam satu tahun.

Acuan untuk menganalisis kinerja transformator dan menentukan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk meningkatkan kinerja transformator transformator GI Jember untuk-tahun berikutnya sangat diperlukan. Pemodelan dan pemetaan analisa yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Metode Markov dan *Backpropagation Neural Network*. Kedua metode ini dapat bekerja sama sebagai

acuan analisis kinerja transformator untuk tahun berikutnya yang disebut sebagai peramalan.

Proses pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan analisa metode markov kemudian hasil metode markov tersebut ditetapkan sebagai pembelajaran untuk jaringan syaraf tiruan. Dalam metode Markov, langkah pertama adalah menentukan setiap perubahan kondisi gas, yaitu gas-gas yang mudah terbakar seperti H₂ (Hidrogen), CH₄ (Metana), CO (Karbon Monoksida), CO₂ (Karbon Dioksida), C₂H₄ (Etilen), C₂H₆ (Etana), dan C₂H₂ (Asetilen) serta acuan total gas yang mudah terbakar yaitu TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*). Gas-gas tersebut ditentukan tiap perubahan yang dibagi berdasarkan kondisi normal sampai kondisi sangat buruk sesuai standar IEEE C57.104-1991 yang digunakan PLN, yaitu dibagi dalam 4 kondisi, yaitu kondisi 1 (K1), kondisi 2 (K2), kondisi 3 (K3) dan kondisi 4 (K4). Langkah kedua adalah mengelompokkan perubahan tiap kondisi gas dari tiap transformator yang menunjukkan perubahan kondisi yang sama. Langkah ketiga menghitung laju data perubahan kondisi gas yang sudah dikelompokkan, dan dimasukkan dalam matriks. Langkah keempat adalah menampilkan grafik yang menunjukkan gambaran keandalan dan ketersediaan kualitas transformator GI Jember dari tiap gas-gas yang telah diolah.

Hasil dari Metode Markov berupa nilai ketersediaan dan keandalan minyak transformator dapat dijadikan acuan analisa kondisi minyak transformator, sehingga melalui *Backpropagation Neural Network* digunakan sebagai peramalan kondisi transformator ke depannya. Digunakan data rekapitulasi DGA PLN sebagai data aktual untuk pembelajaran awal dengan *output* adalah hasil nilai peluang ketersediaan dan keandalan. Hasil pelatihan pertama untuk nilai ketersediaan didapat nilai korelasi yang baik antara *output* jaringan dengan target dengan nilai korelasi 1.0000. Pembelajaran dilanjutkan kembali dengan tujuan untuk mendapatkan peramalan, yaitu nilai *input* ditentukan berdasarkan batas konsentrasi gas terlarut sesuai standar IEEE C57.104-1991 yang digunakan PLN untuk menentukan kondisi gas termasuk dalam kategori K1, K2, K3 atau K4, sedangkan nilai *output* adalah hasil perubahan

waktu (hari) terjadinya perubahan kondisi dari data aktual yang digunakan, sehingga melalui metode markov kembali didapatkan nilai ketersediaan dan keandalan. Hasil data cek atau peramalan tersebut didapatkan nilai korelasi yang baik antara kecocokan *output* jaringan dengan target 0.8916 (mendekati 1). Sama seperti dengan ketersediaan, keandalan juga didapatkan perbandingan data aktual 1.0000 dan data peramalan 0.8607.

Dengan demikian, kondisi peramalan dari penggunaan kedua metode Markov dan *Backpropagation Neural Network* dapat digunakan sebagai acuan dalam analisis kinerja transformator sekaligus acuan dalam menentukan langkah-langkah untuk meningkatkan kualitas transformator ke depannya.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Penentuan Nilai Keandalan dan Ketersediaan Transformator 150 kV/ 20 kV menggunakan Sistem Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Model Markov *Dissolved Gas Analysis*** yang disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan program studi teknik elektro dan mencapai gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Keberadaan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., selaku pembimbing skripsi, yang telah bersedia meluangkan waktu dan tiada lelah untuk memberikan bimbingan, nasehat maupun motivasi sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu;
3. Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT., selaku pembimbing skripsi yang telah sabar memberikan masukan, motivasi, maupun ilmu serta petunjuk sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu;
4. Bapak Satryo Budi Utomo, S.T., M.T., yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu;
5. Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM., sebagai dosen penguji yang banyak memberi masukan, perhatian, dan waktunya kepada saya selama penulisan skripsi ini;

6. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., sebagai dosen penguji yang bersedia meluangkan waktu untuk menguji skripsi serta memberikan saran dan masukan sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih baik;
7. Bapak Ibnu Rachmoyo (Spv. Gardu Induk Jember) yang telah memberikan ijin pada penulis untuk penelitian skripsi;
8. Bapak Suyitno (Spv. Har. Jaringan dan Gardu Induk Basecamp Jember) yang telah memberikan ijin pada penulis untuk penelitian skripsi;
9. Bapak Fajar Ardiansyah (Pengolahan Data Pemeliharaan Transmisi dan Gardu Induk) yang telah membantu memberikan penulis bimbingan dan akses data untuk penelitian;
10. Mas Aris Setiawan (JE Pelaksana Pemeliharaan Transmisi dan Gardu Induk) yang telah membantu memberi arahan saat di lapangan;
11. Seluruh Pegawai dan Karyawan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala bantuan dan kemudahan fasilitas yang diberikan;
12. Warga Lab. Konversi Energi Listrik Mas Rovick, Mas Deny, Mas Rianta, Mas Andik, Mas Rengga, Uyab, Kakak Rahman, Zainal, Gilang, Sendy, Satriyo, dan Nira. Terima kasih telah mendoakan, mendukung, memotivasi, dan membantu penulis selama menjadi asisten laboratorium;
13. Teman-teman seperjuangan Fakultas Teknik Universitas Jember, khususnya rekan-rekan Teknik Elektro angkatan 2008 yang telah banyak memberikan bantuan dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini dan telah menjadi sahabat dan teman seperjuangan di bangku kuliah;
14. Teman-teman “2Q_The Adventure Gangster”, yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Terima Kasih atas bantuan, dukungan dan pertemanan selama ini;
15. Teman-teman “KKT-Badean” David, Andika, Yahya, Noventia, Purwaning, Usy, dan Riska. Terima Kasih atas bantuan, dukungan dan persahabatan selama ini;

16. Bapak dan ibu Tukiman(alm), pemilik kost tempat penulis tinggal selama berkuliah di Jember. Terima kasih telah menerima dan memperlakukan penulis dengan baik;
17. Teman-teman yang telah hadir di seminar proposal skripsi dan seminar hasil. Terima kasih atas kehadiran, dukungan dan doanya;
18. Seluruh pihak yang telah menyalurkan bantuan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini baik langsung maupun tidak langsung.

Semoga doa, bimbingan, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Tuhan YME. Karya tulis ini tidaklah akan pernah sempurna, karena kesempurnaan hanyalah milik Tuhan semata. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat konstruktif akan membantu penulis dalam setiap langkah menuju arah perbaikan. Akhirnya, penulis mengharapkan karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 5 Februari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Transformator.....	4
2.2 Bagian-Bagian Transformator dan Fungsinya.....	6
2.2.1 Bagian Utama.....	6
2.2.2 Peralatan Bantu.....	9
2.3 Minyak Transformator.....	13

2.3.1 Karakteristik Minyak Transformator.....	14
2.3.2 Kegagalan Minyak Transformator.....	16
2.4 <i>Dissolved Gas Analysis</i> (DGA).....	18
2.4.1 Klasifikasi Peningkatan Konsentrasi Gas dalam Minyak Transformator dengan TDCG (<i>Total Dissolved Combustible Gas</i>).....	19
2.5 Teori Ilmu Peluang.....	21
2.6 Analisis Keandalan dan Ketersediaan.....	22
2.7 Rata-Rata Waktu Menuju Kegagalan.....	22
2.7.1 Laju Kegagalan.....	23
2.7.2 Proses Markov.....	24
2.8 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).....	27
2.8.1 <i>Backpropagation Neural Network</i> (BPNN).....	29
2.8.2 Proses Pembelajaran <i>Backpropagation Neural Network</i>	30
2.8.3 Algoritma Pembelajaran.....	31
BAB 3. METODE PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
3.2 Metode Kegiatan.....	34
3.3 Alur Analisis.....	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Sistem Penerimaan dan Penyaluran Tenaga Listrik di Gardu Induk Jember.....	41
4.2 Data Masukan Kondisi Transformator.....	42
4.2.1 Data Transformator.....	42
4.2.2 Data Pengujian Minyak Transformator untuk Analisis Markov dan <i>Backpropagation Neural Network</i>	42
4.3 Pemodelan Markov.....	44
4.3.1 Pemodelan Markov untuk Kurva Keandalan.....	44
4.3.2 Pemodelan Markov untuk Kurva Ketersediaan.....	46

4.4	Matriks Transisi.....	48
4.5	Hasil Analisa Program Komputer Metode Markov.....	51
4.5.1	Peluang <i>Steady State</i>	51
4.5.2	Kurva Keandalan (<i>Reliability</i>).....	52
4.5.3	Kurva Ketersediaan (<i>Availability</i>).....	63
4.6	Penerapan <i>Backpropagation Neural Network</i> untuk peramalan terhadap hasil Metode Markov.....	79
4.6.1	Perbandingan Data Aktual dengan data Peramalan untuk Ketersediaan dan Keandalan.....	80
4.7	Analisa Hasil <i>Backpropagation Neural Network</i>	86
	BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1	Kesimpulan.....	103
5.2	Saran.....	103
	DAFTAR PUSTAKA	105
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Halaman
2.1	Tipe-tipe Pendingin pada Transformator.....	9
2.2	Tegangan Tembus Minyak Transformator	18
2.3	Batas Konsentrasi <i>Gas Dissolved</i> standart IEEE C57.104-1991.....	20
2.4	Kondisi Transformator berdasarkan standart IEEE C57.104-1991.....	20
3.1	Jadwal kegiatan penelitian.....	34
4.1	Transformator yang Berada di Wilayah GI Jember.....	41
4.2	Hasil Pengujian DGA tanggal 27 Agustus 2007.....	43
4.3	Pemodelan Markov untuk Keandalan	45
4.4	Pemodelan Markov untuk Ketersediaan	47
4.5	Peluang <i>Steady State</i> Ketersediaan Tiap Kondisi Transformator.....	52
4.6	Peluang <i>Steady State</i> Tiap Kondisi Transformator untuk peramalan.....	81
4.7	Dua puluh enam data aktual yang akan dilatih.....	84
4.8	Dua puluh enam data peramalan yang dicek.....	85
4.9	8 data aktual untuk keandalan yang akan dilatih.....	86
4.10	8 data peramalan untuk keandalan yang akan dicek.....	86
4.11	Data Pelatihan <i>Neural Network</i>	90
4.12	Perbandingan Error Target dan <i>Output</i> Data Pelatihan Ketersediaan.....	91
4.13	Perbandingan Error Target dan <i>Output</i> Data Pengujian Ketersediaan.....	94
4.14	Perbandingan Error Target dan <i>Output</i> Data Pengujian dan Pelatihan Keandalan.....	97

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Halaman
2.1	Prinsip Kerja Transformator.....	5
2.2	Inti Besi.....	6
2.3	Belitan transformator.....	7
2.4	Bushing.....	7
2.5	Konservator.....	8
2.6	OLTC pada transformator.....	11
2.7	Kontak <i>switching</i> pada <i>diverter switch</i>	12
2.8	<i>Silicagel</i>	12
2.9	Alat uji DGA.....	19
2.10	Diagram Blok Struktur Jaringan NN.....	28
3.1	Diagram alir Penelitian.....	35
3.2	Diagram alir Metode Markov.....	37
3.3	Diagram alir <i>Backpropagation Neural Network</i>	38
4.1	Transformator Tenaga GI Jember.....	40
4.2	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi Gas H ₂ .	54
4.3	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi Gas CH ₄	55
4.4	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi Gas CO	56
4.5	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi Gas CO ₂	57
4.6	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi Gas C ₂ H ₄	59
4.7	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi Gas C ₂ H ₆	60
4.8	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi Gas C ₂ H ₂	61

4.9	Kurva Keandalan Transformator Berdasarkan Kondisi TDCG..	62
4.10	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik Gas H ₂	64
4.11	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik Gas H ₂	65
4.12	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik Gas CH ₄	66
4.13	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik Gas CH ₄	67
4.14	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik Gas CO.....	68
4.15	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik Gas CO.....	69
4.16	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik Gas CO ₂	70
4.17	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik Gas CO ₂	71
4.18	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik Gas C ₂ H ₄	72
4.19	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik Gas C ₂ H ₄	73
4.20	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik Gas C ₂ H ₆	74
4.21	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik Gas C ₂ H ₆	75
4.22	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik Gas C ₂ H ₂	76

4.23	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik Gas C ₂ H ₂	77
4.24	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Baik TDCG.....	78
4.25	Kurva Ketersediaan Transformator Berdasarkan Kondisi Kurang Baik TDCG.....	79
4.26	Grafik Aktual Peluang <i>Steady State</i> setiap kondisi gas.....	82
4.27	Grafik Peramalan Peluang <i>Steady State</i> setiap kondisi gas.....	83
4.28	Diagram <i>Neural Network</i>	87
4.29	Diagram struktur utama <i>Neural Network</i>	87
4.30	Diagram struktur <i>Neural Network</i> pada <i>Layer 1</i>	88
4.31	Diagram struktur <i>Neural Network</i> pada bobot <i>Layer 1</i>	89
4.32	Diagram struktur <i>Neural Network</i> pada <i>Layer 2</i>	90
4.33	Diagram struktur <i>Neural Network</i> pada bobot <i>Layer 2</i>	90
4.34	Hubungan antara Target dengan <i>Output</i> Jaringan untuk Data Pelatihan.....	92
4.35	Perbandingan antara Target dengan <i>Output</i> Jaringan Data Pelatihan Ketersediaan.....	93
4.36	Hubungan antara Target dengan <i>Output</i> Jaringan untuk Data Pengujian.....	95
4.37	Perbandingan antara Target dengan <i>Output</i> Jaringan Data Pengujian Ketersediaan.....	96
4.38	Hubungan antara Target dengan <i>Output</i> jaringan, untuk data pelatihan keandalan.....	98
4.39	Perbandingan antara Target dengan <i>Output</i> Jaringan Data Pelatihan Keandalan.....	99
4.40	Hubungan Antara Target dengan <i>Output</i> Jaringan untuk Data Pengujian Keandalan.....	101

4.41	Perbandingan antara Target dengan <i>Output</i> Jaringan Data	
	Pengujian Keandalan.....	102

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul Lampiran	Halaman
A	<i>Single Line</i> Gardu Induk Jember	
B	Hasil Rekapitulasi DGA Minyak Transformator Gardu Induk Jember	
C	Data Laju Perubahan Kondisi Gas Minyak Transformator berdasar data aktual	
D	Perhitungan Transisi Tiap Gas	
E	Data Laju Perubahan Kondisi Gas Minyak Transformator untuk data peramalan	
F	Perhitungan Transisi Tiap Gas	
G	<i>Coding</i> Program Markov	
H	<i>Coding</i> Program <i>Backpropagation Neural Network</i>	
	DOKUMENTASI	