

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**ANALISA PENENTUAN 4 KRITERIA KONDISI KIMIA GAS
DALAM MINYAK TRAFODISTRIBUSI 150/20 KV
DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK
PADA GARDU INDUK KEBONAGUNG**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

**WELLY FIRNANDO
NIM. 99.12.208**

APRIL 2006



LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENENTUAN 4 KRITERIA KONDISI KIMIA GAS
DALAM MINYAK TRAF0 DISTRIBUSI 150/ 20 KV
DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK
PADA GARDU INDUK KEBONAGUNG**

SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh:

**WELLY FIRNANDO
NIM. 99.12.208**



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y.103 9500 274

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.103 8900 209

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

ALHAMDULILLAH

SAYA PANJATKAN PUJI DAN SYUKUR KEPADA

ALLAH S.W.T.

Yang Memberi Anugrah, Hidayah dan Inayah Nya dan Nabiky



MUHAMMAD S.A.W.



Untuk Papa dan Mama yang telah memberikan kasih sayangnya, dukungan juga bimbingan dan doa-doa yang selalu senantiasa menaungi dimanapun saya berada agar selalu dalam lindungan-Nya. Hingga saya akhirnya dapat menyelesaikan kuliah dan meraih gelar Sarjana Teknik. Semoga apa yang telah diberikan orang tua saya baik itu moral maupun materil mendapatkan pahala yang besar oleh Allah SWT.

Juga kepada abangku (Alfiend), dan adik-adikku (Zeky, Mia Dan Naldy) yang juga turut serta memberikan semangat dan doa-doanya, semoga apa yang telah diberikan kepada saya dapat dibalas kebaikannya oleh Allah SWT. Semoga abangku tambah dewasa dan juga berhasil dalam mencapai cita-citanya. Dan untuk adik-adikku, ku doakan selalu agar berhasil menggapai impian. Semoga Amal Goodah Kita Sekeluarga Diterima Oleh Allah SWT Amin.....

Serta :



Bapak Ir. Teguh Herbasubi, MT (Dosen Pembimbing)

Terima kasih banyak atas bimbingan serta ilmu juga saran dan kritiknya yang membangun sehingga saya mampu menyelesaikan Skripsi.

Bapak Ir. I Made Wistana, MT (Dosen Wakil)

Terima kasih banyak atas konsultasi serta kritik dan nasihatnya yang membangun kepada saya selama kuliah mulai semester awal sampai akhir.

Mak Jayang

Terima kasih banyak atas kesabaran mas dalam memberikan segala keperluan yang menunjang proses penelitian mulai dari seminar proposal, seminar hasil dan kemptre saya juga dan bimbingan lainnya.

Bu Puji

Terima kasih banyak atas bimbingan dan arahan Ibu Puji dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Ibu Puji selalu diberikan kesehatan dan kebahagiaan.

Sulik Hendra Wahyudi, ST (Special Consultant)

Thanks berat atas bantuanmu. Kamu salah satu sobatku yang telah banyak memberikan nasehat, kritik dan dukungan hingga aku berhasil menyelesaikan skripsi. Moga cepat dapat pekerjaan dan cepat dapat pacar yang cantik, baik dan tidak cerewet seperti kamu.



Mas Ugro Wiseno (Programmer)

Makasih buanyak mas atas program skripsi dan bimbingan hingga saya bisa lulus. Maaf, kalau selama ini saya banyak ngerepotin dan menyusahkan Mas Ugro.

Thanks for all your sacrifice and kindness to me, so many memories with you and with our sweet honey'. I hope we will be always remembered each other although different way. Please forgive me if I have hurt you. Keep smile...

Keluarga Besar Hendra

Terima kasih atas bantuan Ibu, Cece, dan Eni maafkan saya kalau selama ini banyak mengganggu dan merepotkan dirumah. I lose your beautiful smile.

Arman syah

Thanks atas semua bantuannya selama ini dan juga untuk petualangan yang keren kapan lagi kita bertualang. Moga cepat laris manis dalam mencari cinta sejatimu, uhuk..uhuk..

Istamiardi

Thanks berat juga nih atas bantuannya. Still keep cool bro and always keep smile, aku bingung mau ketik apalagi tentang kamu. Hi..hi.

Syahrumah, SS (TotoX)

Thank's for your support to me, I hope we still always discusses something and talking about our dreams become true. "Live is not to short, but we live in the world only in short time. Keep use our time as important as possible".

Miko, Alex, Budi, Aric, Amran, Anas, ..., Agus dll

Thanks atas kebersamaan kalian selama ini dan bantuan sekecil apapun itu tak ternilai harganya bagiku, bagi yang belum lulus cepat lulus aja dan semoga sukses.

Teman2 Elektro ST 3 dll

Thanks atas kerjasamanya selama kita kuliah dan sebagainya...

Si Hitam Ganteng dan "Kangjalu" (Calvin)

Motor Honda Supra 1997 dan komputer yang selalu menemaniku yang kadang rewel dan buandel baik itu suka maupun duka hingga banyaknya kenangan yang kulewati bersama, nanti ku modifikasi agar makin keren.



Dan terima kasih pada semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, atas bantuannya selama perkuliahan. Maafkanlah bila ada kekhilafan baik perkataan maupun perbuatan saya selama ini baik itu sengaja maupun tidak.

ABSTRAKSI

ANALISA PENENTUAN 4 KRITERIA KONDISI KIMIA GAS DALAM MINYAK TRAFU DISTRIBUSI 150/ 20 KV DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK PADA GARDU INDUK KEBONAGUNG

(WELLY FIRNANDO; 9912208;
Teknik Elektro Energi Listrik S-1, 62 halaman)
(Dosen Pembimbing Ir. Teguh Herbasuki, MT)

Kata kunci: Diagnosis kesalahan transformator, analisis gas terlarut dalam minyak trafo, interpretasi neural network (NN)

Trafo peralatan yang penting dan mahal dalam sistem transmisi maupun distribusi, perawatan yang tepat merupakan salah satu cara agar kondisi trafo dalam keadaan baik dan dapat bekerja maksimal.

Pendeteksian dan interpretasi minyak trafo merupakan langkah awal untuk mengetahui kondisi dari trafo.

Pengembangan 4 kriteria analisa gas terlarut secara praktis dengan menggunakan metode neural network dapat mengetahui jenis-jenis gangguan kandungan gas terlarut dalam minyak trafo agar dapat segera mengidentifikasi penyebabnya dan melakukan tindak perbaikan.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji Syukur Kehadirat ALLAH, SWT atas Berkah Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan **SKRIPSI** ini.

Sebelum dan selama penyusunan skripsi ini, penyusun telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSEE, selaku Dekan FTI Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT, selaku dosen pembimbing.
5. Bapak Ir. I Made Wartana, MT, selaku dosen wali.
6. Khususnya Orang Tuaku, Abang dan adik-adikku yang selalu memberikan dukungan baik secara moril maupun materi.
7. Serta semua pihak yang turut serta dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Kami sadar sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan di laporan-laporan yang akan datang. Diakhir kata, semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2006

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	4
1.6. Kontribusi.....	4
1.7. Sistematika Penulisan	4

BAB II TRANSFORMATOR DAN KONTRUKSINYA

2.1. Pengertian Transformator.....	6
2.2. Konstruksi Transformator Daya.....	7
2.2.1. Bagian Utama Trafo.....	7

2.2.1.1. Inti Besi	7
2.2.1.2. Kumparan Transformator	8
2.2.1.3. Minyak Transformator	8
2.2.1.4. Bushing.....	9
2.2.1.5. Tangki Konservator.....	12
2.2.2. Peralatan Bantu.....	12
2.2.2.1. Pendingin	12
2.2.2.2. Tap Changer (Perubahan Tap)	15
2.2.2.3. Alat Pernapasan.....	18
2.2.2.4. Indikator	19
2.2.3. Peralatan Proteksi	19
2.2.3.1. <i>Rele Bucholz</i>	19
2.2.3.2. Pengaman Tekanan Lebih.....	20
2.2.3.3. Rele Tekanan Lebih (<i>Sudden Pressure Relay</i>)	22
2.2.4. Peralatan Tambahan Untuk Pengaman Transformator	22
2.2.4.1. Pemadam Kebakaran.....	22
2.2.4.2. Rele Differensial	25
2.2.4.3. Rele Arus Lebih (<i>Over Current Relay</i>).....	26
2.2.4.4. Rele Hubung Tanah	26
2.2.4.5. Rele Tangki Tanah	26
2.2.4.6. Rele Termis	26

BAB III STANDART MINYAK TRAFU

3.1. Sistem Sampling dan Analisa Gas	31
3.1.1. Pengambilan Sampel	31
3.1.2. Ekstrasi Gas Pada Minyak	32
3.1.3. Analisa Gas Untuk Evaluasi	33
3.1.4 Interpretasi Gangguan	34
3.1.4.1. Total Combustible Gases.....	34
3.1.4.1. Komposisi Gas.....	35
3.2. Jaringan Syaraf (<i>Neural Network</i>).....	36
3.2.1. Fungsi Aktivasi.....	38
3.2.2. Proses Pembelajaran.....	39
3.3. Backpropagation.....	41
3.3.1. Pemrosesan Data Input.....	42
3.3.2. Pelatihan (Training).....	42
3.3.3. Algoritma Pembelajaran.....	42
3.4. Diagram Alir	46

BAB IV ANALISA DATA

4.1. Pola-Pola Input Dan Output	48
4.2. Analisa Data	50
4.3. Hasil Analisa Data.....	51
4.4. Tampilan Program.....	59
4.5. Data Hasil Validasi.....	62
4.6. Uji Validasi	63

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan..... 65

5.2. Saran..... 66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar

2.1. Inti Besi dan Laminasi yang diikat Fiber Glass dalam Tafo	7
2.2. Kumparan Phasa RST	8
2.3. Model Bushing Transformator	9
2.4. Konstruksi Bushing Transformator	10
2.5. Konservator Trafo	12
2.6. Susunan Motor Blower sebagai Pendingin Minyak Trafo	13
2.7. Perubahan tap Tegangan Tinggi (OLTC).....	17
2.8. Rangkaian Skema Perubahan Tap.....	17
2.9. Tabung Berisi Kristal Zat <i>Hygroskopis</i>	18
2.10. Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak.....	19
2.11. Rele <i>Buehholz</i>	20
2.12. Rele <i>Buehholz</i> saat Bekerja Akibat Minyak Kurang Pada Trafo.....	21
2.13. Rele <i>Buehholz</i> saat Bekerja Akibat Akumulasi	21
2.14. Rele <i>Buehholz</i> saat Bekerja Akibat Flow Minyak	21
2.15. Pengaman Tekanan Lebih	22
2.16. Bekerjanya Pengaman Ledakan	24
2.17. Bekerjanya <i>Shutter</i>	24
2.18. Jalan Kerja Pemadam Api	25
3.1. Untuk Ekstrasi Gas dari Minyak Isolasi.....	32
3.2. Diagram Sistem Kromatografi	33
3.3. Susunan Syaraf Manusia	36

3.4. Struktur Neuron Jaringan Syaraf.....	37
3.5. Arsitektur Jaringan Backpropagation.....	41
4.1. Tampilan Awal Program	59
4.2. Tampilan Program Utama	59

DAFTAR TABEL

Tabel

2.1.	Macam dan Jenis Bushing	11
2.2.	Macam-macam Sistem Pendingin Pada Trafo	14
3.1.	Dielectric Strength dari Minyak Untuk Tegangan Operasi	28
3.2.	Batasan Pengusaha Minyak Transformator Sesuai ASTM.....	29
3.3.	Beberapa Petunjuk Untuk Melihat Minyak Trafo	30
3.4.	Jenis-jenis Kemungkinan Gangguan	35
4.1.	Data Gas Yang Terlarut Dalam Minyak Trafo	50
4.2.	Hasil Analisa Gas Terlarut Dalam Minyak Trafo Dengan Menggunakan Kriteria Doernenburg.....	51
4.3.	Doernenburg Codes For The Interpretation Or DGA Data	52
4.4.	Hasil Analisa Gas Terlarut Dalam Minyak Trafo Dengan Menggunakan Kriteria Modifikasi Rogers	53
4.5.	Modifikasi Rogers Codes For The Interpretation Or DGA Data.....	54
4.6.	Hasil Analisa Gas Terlarut Dalam Minyak Trafo Dengan Menggunakan Kriteria Rogers.....	55
4.7.	Rogers Codes For The Interpretation Or DGA Data	56
4.8.	Hasil Analisa Minyak Trafo Dengan Menggunakan Kriteria IEC	57
4.9.	IEC Codes For The Interpretation Or DGA Data	58
4.10.	Data Validasi Kriteria Doernenburg	62
4.11.	Data Validasi Kriteria Modified Rogers	62
4.12.	Data Validasi Kriteria Rogers.....	62
4.13.	Data Validasi Kriteria IEC.....	62

DAFTAR GRAFIK

Grafik

4.1. Hasil Program Kriteria Doernenburg	60
4.2. Hasil Program Kriteria Modifikasi Rogers	60
4.3. Hasil Program Kriteria Rogers	61
4.4. Hasil Program Kriteria IEC	61
4.5. Hasil Uji Validasi Kriteria Doernenburg	63
4.6. Hasil Uji Validasi Kriteria Modified Rogers	63
4.7. Hasil Uji Validasi Kriteria Rogers	64
4.8. Hasil Uji Validasi Kriteria IEC	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sebagai perangkat utama dalam sistem tenaga listrik, trafo daya merupakan peralatan yang sangat vital untuk sistem operasi kelistrikan. Kestabilan sistem daya bisa diperbaiki ketika kesalahan baru transformator dideteksi dan dieliminir sebelum memburuk pada kondisi akut. Ini diketahui selama rentang waktu lama dan beberapa usaha dibuat dalam pengembangan teknik-teknik diagnostik transformator.

Kesalahan transformator baru menimbulkan tekanan listrik dan panas dalam material insulasi (pemancaran api, pengeluaran korona, pemercikan, pemanasan berlebih). Salah satu gangguan pada transformator adalah timbulnya gas sebagai akibat kerusakan dari sistem isolasi. Timbulnya gas dari sistem isolasi terdapat gas-gas kunci yang terdiri dari ; gas hidrogen (H_2), asetilen (C_2H_2), etilen (C_2H_4), metana (CH_4), dan etana (C_2H_6) yang merupakan gas mudah terbakar (combustible gases). Gas-gas tersebut jika dalam transformator melebihi batas daya larut minyak trafo akan menyebabkan gangguan pada transformator yang sedang beroperasi, Selama gas terlarut (dissolved gases), akan menurunkan kualitas dari minyak trafo. Padahal kualitas minyak memegang peranan sangat penting dalam kelangsungan operasi dari suatu transformator, dan umur transformator sangat tergantung kepada umur isolasinya. Analisa tersebut pada gas terlarut adalah sarana untuk mengembangkan diagnosa kesalahan-kesalahan baru pada transformator daya.

Sistem diagnosis transformator yang didasarkan pada neural network dan dilatih dalam beberapa kriteria diagnosis. Neural network ini dapat digunakan sebagai sarana untuk menganalisa sampel-sampel DGA dengan menggunakan beberapa kriteria diagnosis dalam rentang waktu singkat.

Dengan mengikuti pendekatan ini, deteksi kesalahan baru dalam transformator daya dengan menggunakan NN dapat direduksi pada proses hubungan input-input (pola-pola konsentrasi gas) dan output-output (tipe kesalahan).

Dalam skripsi ini neural network untuk mendeteksi kesalahan baru dalam transformator daya dipresentasikan. Neural network dilatih menurut empat kriteria DGA (*Doernenburg, Rogers, Modifikasi Roger dan IEC*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

- Bagaimana penggunaan Neural Network untuk menentukan 4 kriteria kondisi kimia gas dalam minyak trafo distribusi 150/20 kV pada Gardu Induk Kebonagung.

Kesalahan transformator baru menimbulkan tekanan listrik dan panas dalam material insulasi, Hal ini mengakibatkan trafo mengalami gangguan:

1. Overheating
2. Corona discharges
3. Arching
4. Sparking

Sebagai akibat dari tekanan-tekanan tersebut, material insulasi dapat terganggu dan beberapa gas akan keluar. Analisa mengenai gas-gas tersebut memberikan informasi yang berguna mengenai kondisi-kondisi yang salah dan tipe material yang tercakup

1.3. Tujuan Pembahasan

Adapun tujuan dari pembahasan ini adalah :

- a. Mengetahui kondisi dari minyak trafo dengan menentukan 4 kriteria analisa kimia gas dengan menggunakan Neural Network.
- b. Menganalisa kondisi minyak trafo, apakah minyak trafo masih dapat digunakan atau harus diganti, sehingga dapat mengantisipasi gangguan pada trafo yang menyebabkan kinerja trafo menurun.

1.4. Batasan Masalah

Karena banyaknya permasalahan yang terjadi didalam trafo maka penulis membatasi masalah pada:

1. Penurunan kualitas minyak trafo berdasarkan gas kimia, dengan cara pengambilan sampel, ekstrasi gas dari minyak dan analisa gas untuk evaluasi yang dilakukan dilaboratorium Kimia Gresik.
2. Metode yang digunakan adalah *Neural Network (NN)* dengan menggunakan pembelajaran terawasi (*supervised learning*).
3. Mengembangkan analisa 4 kriteria kondisi kimia gas dengan menggunakan pendekatan *Neural Network*.
4. Jenis minyaknya Diala B SAE 10 standart dari PLN.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

1. Studi literatur, buku sistem daya listrik, buku artificial intelligence, jurnal ilmiah dan buku-buku pendukung lainnya.
2. Dalam studi literatur dikumpulkan sebanyak mungkin bahan-bahan pokok pembahasan dari buku, makalah dan jurnal.
3. Metode sistem sampling dan analisa gas kimia berdasarkan metode ASTM D 3613.
4. Metode intepretasi *Neural Network (NN)* untuk menentukan analisa 4 kriteria kondisi kimia gas pada minyak trafo dalam bahasa pemrograman MATLAB 6.5.1.

1.6. Kontribusi

Adapun kontribusi dari hasil penulisan skripsi ini adalah:

1. Untuk memperkenalkan metode analisa yang lebih praktis untuk menganalisa jenis gangguan didalam trafo.
2. Penulis mengharapkan tulisan ini tidak hanya sebatas skripsi, tetapi dapat memberikan masukan kepada PLN dalam pemeliharaan listrik khususnya dalam perawatan trafo.

1.7. Sistematika Penulisan

Dalam laporan skripsi ini penulis menyusun sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, tujuan penulisan skripsi, batasan masalah kontribusi, metode pembahasan dan sistematika penulisan laporan.

BAB II : TRANSFORMATOR DAYA

Berisikan mengenai pengertian transformator daya dan konstruksi-konstruksi bagian dari transformator.

BAB III : TEORI MINYAK TRAFU

Berisikan pengertian, cara-cara pengetesan minyak , metode-metode yang digunakan dan standart-standart yang digunakan sebagai dasar minyak dikatakan dalam kondisi baik.

BAB IV : ANALISA KIMIA GAS MENGGUNAKAN INTERPRETASI NEURAL NETWORK

Berisikan analisa kondisi 4 kriteria kimia gas pada minyak trafo dengan menggunakan metode interpretasi Neural Network.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TRANSFORMATOR DAYA

2.1. Pengertian Transformator

Transformator Daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Operasi penyaluran tenaga listrik pada transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi.

Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal (kalau bisa terus-menerus tanpa berhenti). Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator serta bagian-bagian mana yang perlu dipelihara lebih teliti.

Tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator berkapasitas 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformator (IBT)*. Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan / proteksi, sebagai contoh transformator 150/20 kV ditanahkan secara langsung disisi netral 150 kV dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau langsung sisi netral 20 kV nya.

Transformator Daya dapat terbagi dari fungsi / pemakaian seperti:

- Transformator Mesin (Pembangkit)
- Transformator Gardu Induk
- Transformator Distribusi

Transformator dapat juga terbagi menurut kapasitas dan tegangan seperti:

- Transformator Besar
- Transformator Sedang
- Transformator Kecil

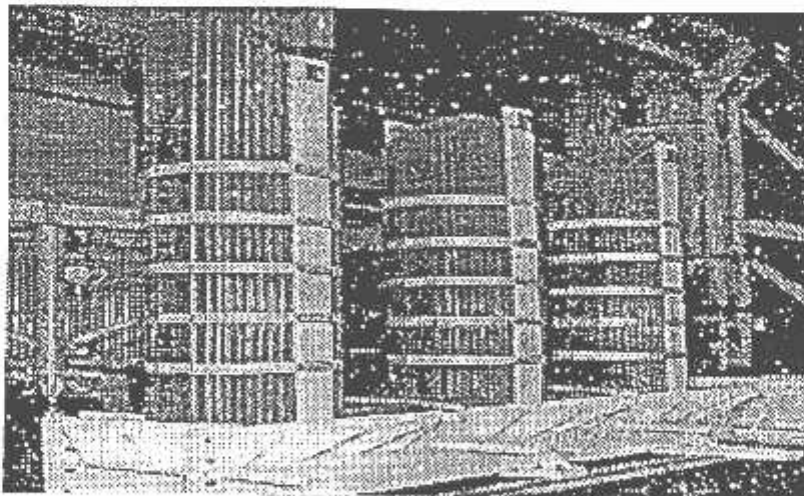
2.2. Konstruksi Transformator Daya

2.2.1 Bagian Utama Trafo

2.2.1.1. Inti Besi

Berfungsi mempermudah jalannya fluksi, yang ditimbulkan oleh arus melalui kumparan-kumparan.

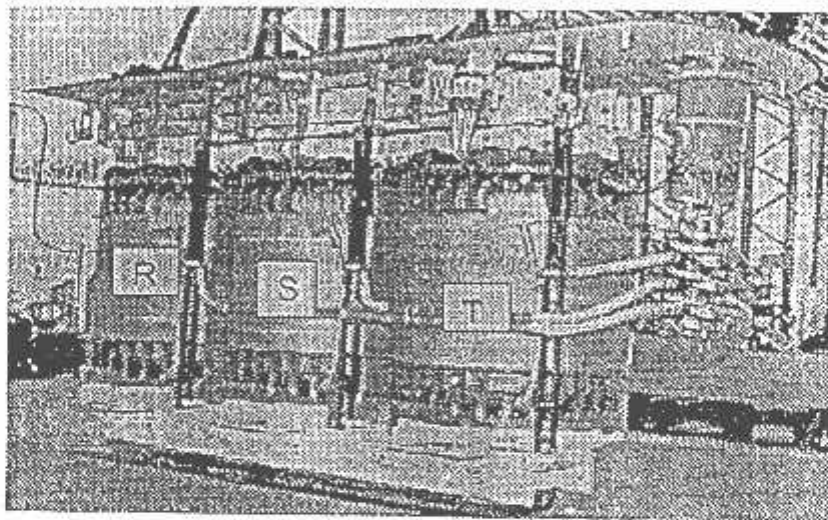
Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus Edi.



Gambar 2.1
Inti Besi Dan Laminasi yang Diikat Fiber Glass Dalam Transformer

2.2.1.2. Kumparan Transformator

Berupa beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak, dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transportasi tegangan dan arus.



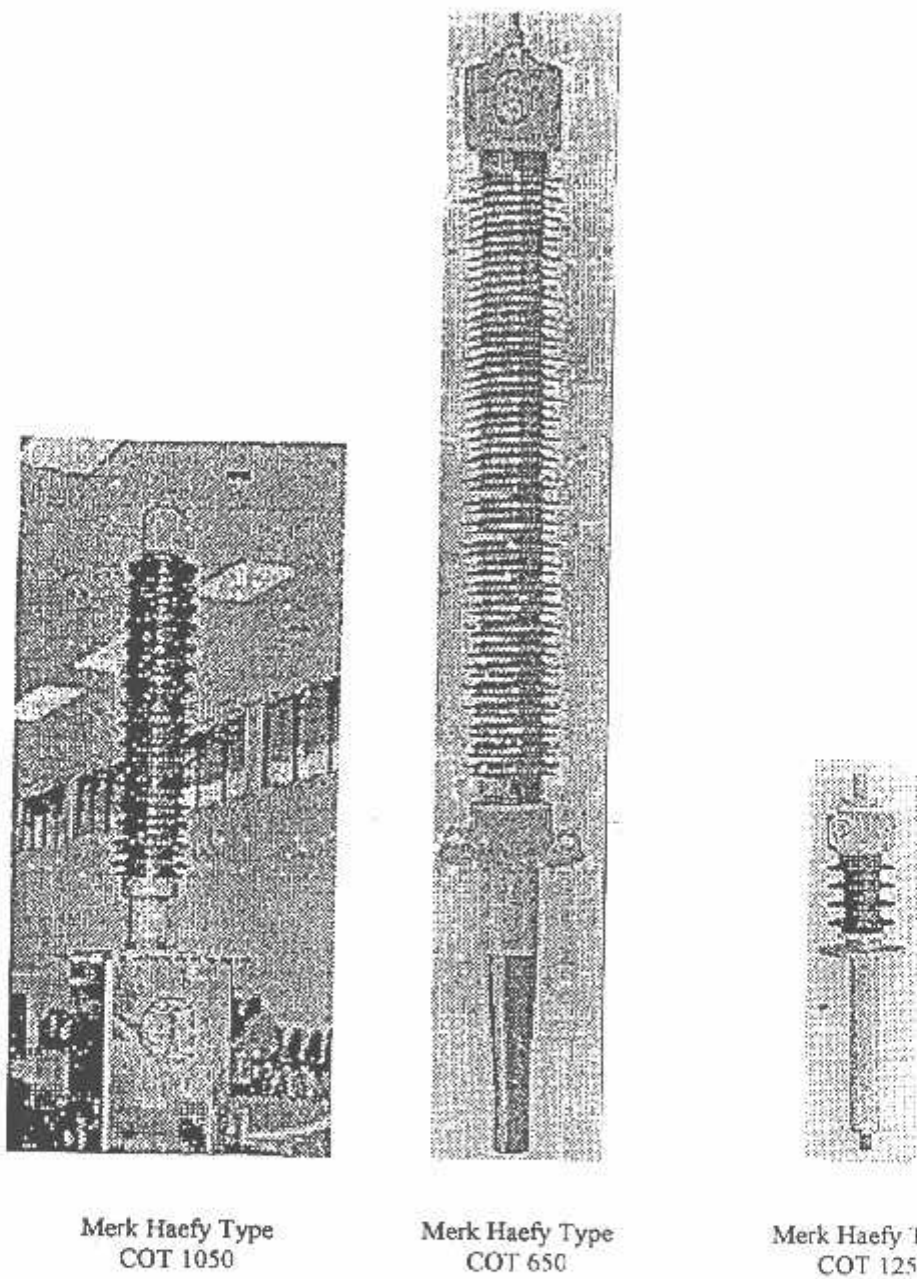
Gambar 2.2
Kumparan Fasa RST

2.2.1.3. Minyak Transformator

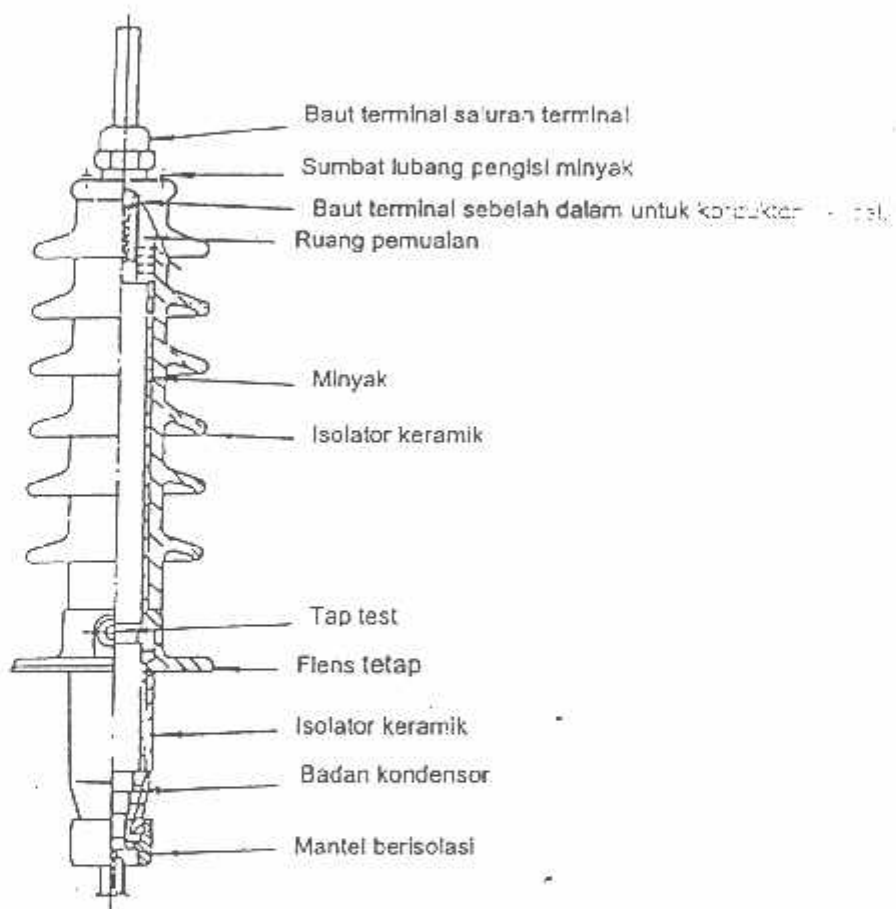
Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah, sehingga minyak trafo tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

2.2.1.4. Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar 2.3
Model Bushing Transformator



Gambar 2.4
 Konstruksi Bushing Transformator

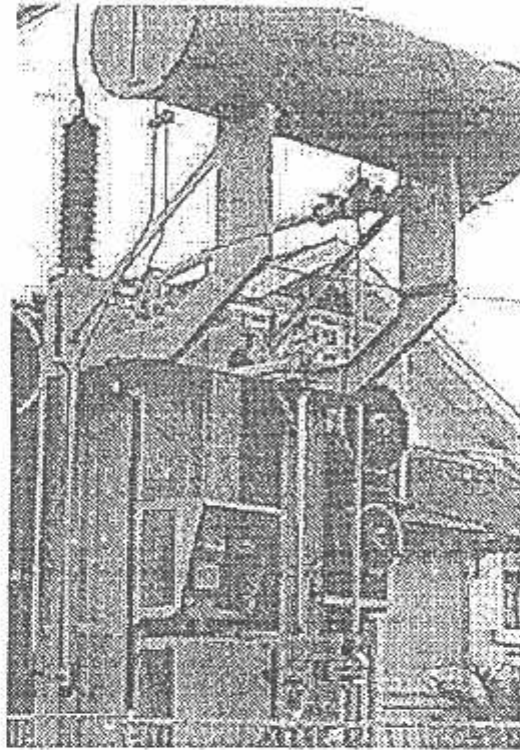
Tabel kelengkapan fasilitas tap test dan venting

Tabel 2.1
Macam dan jenis Bushing

Spesifikasi Teknik	Fasilitas Venting Bushing				Fasilitas Tap Test Pada Bagian Bawah
	Bagian Bawah		Bagian Atas		
	Oil Main tank	Oil Bushing	Oil Main tank	Pengisian Oil Bushing	
Haefely Trench COT 650 – 800 Un : 170 kV : 800 A, 600 – 275 Kv	ADA	ADA	ADA	ADA	ADA
Haefely St. Louis France 18 6326 Un : 150/275 kV 00 kV	ADA	TIDAK ADA	ADA	ADA	ADA
ASEAN SWEDEN GOB - 650 Un : 145 kV 250 A	TIDAK ADA	TIDAK ADA	ADA	ADA	ADA

2.2.1.5. Tangki Konservator

Umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuaian minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.



Gambar 2.5
Konservator Trafo

2.2.2. Peralatan Bantu

2.2.2.1 Pendingin

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi (didalam transformator).

Maka untuk mengurangi kenaikan suhu transformator yang berlebihan maka perlu dilengkapi dengan alat/sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator.

Media yang dipakai dalam sistem pendingin dapat berupa :

1. Udara.
2. Minyak.
3. Air.
4. Dan lain sebagainya.

Pengaliran (sirkulasi) dapat juga dengan cara:

1. Alamiah (natural)
2. Tekanan / paksaan

Adapun cara alamiah (natural), pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat perpindahan panas dari media tersebut ke udara luar diperlukan bidang perpindahan panas yang lebih luas antara media (minyak-udara/gas), dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (*Radiator*).

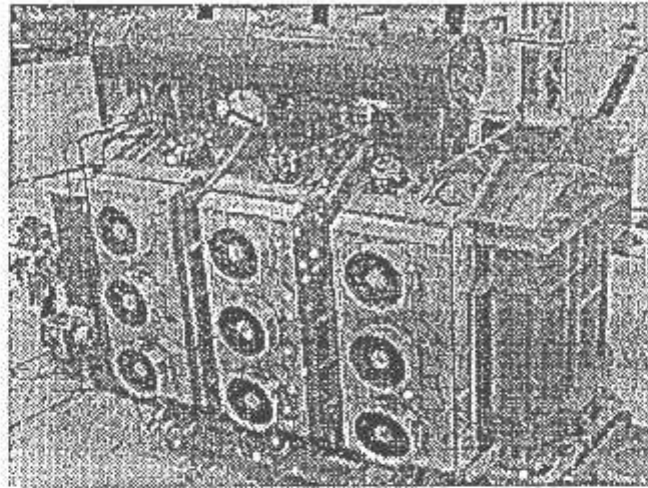
Jika diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara natural / alamiah tersebut dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa-pompa sirkulasi minyak, udara dan air. Cara ini disebut pendingin paksa (*Force*).

Macam-macam sistem pendingin transformator berdasarkan media dan cara pengalirannya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2. 2
Sistem pendingin pada trafo

No	MACAM SISTIM PENDINGIN *)	MEDIA			
		DIDALAM TRAFO		DILUAR TRAFO	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7.	OFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

* Menurut IEC tahun 1976



Gambar 2.6
Susunan Motor Blower Sebagai
Alat Pendingin Minyak Transformator
Dengan Udara Paksa

2.2.2.2 Tap Changer (Perubahan Tap)

Tap Changer adalah suatu alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah. Tap changer yang hanya bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator tidak berbeban disebut "*Off Load Tap Changer*" dan dapat dioperasikan secara manual atau otomatis.

Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayanan sesuai kebutuhan konsumen (PLN Distribusi), tegangan keluar (sekunder) transformator harus dapat dirubah sesuai keinginan. Untuk memenuhi hal tersebut, maka pada salah satu atau pada kedua sisi belitan transformator dibuat tap (panyadap) untuk merubah perbandingan transformasi (*rasio trafo*).

Ada dua cara kerja pada *tap changer*:

1. Mengubah tap dalam keadaan trafo tanpa beban.
2. Mengubah tap dalam keadaan trafo berbeban (*On Load Tap Changer / OLTC*).

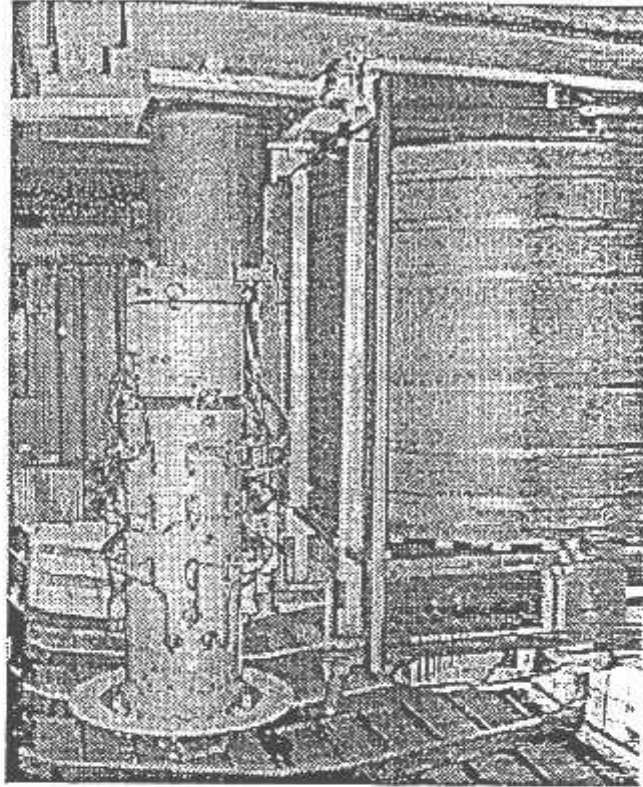
Transformator yang terpasang di gardu induk umumnya menggunakan tap changer yang dapat dioperasikan dalam keadaan trafo berbeban dan dipasang disisi primer. Sedangkan transformator penaik tegangan di pembangkit atau trafo kapasitas kecil, umumnya menggunakan *tap changer* yang dioperasikan hanya pada saat trafo tenaga tanpa beban.

OLTC terdiri dari :

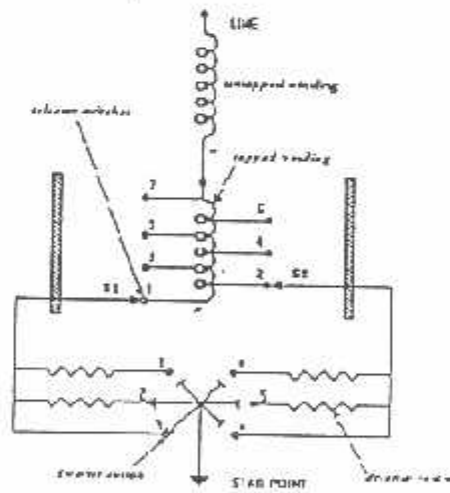
1. *Selector Switch*,
2. *Diverter Switch*, dan
3. *Transisi Resistor*.

Untuk mengisolasi dari bodi trafo (tanah) dan meredam panas pada saat proses perpindahan tap, maka OLTC direndam di dalam minyak isolasi yang biasanya terpisah dengan minyak isolasi utama trafo (ada beberapa trafo yang *compartemennya* menjadi satu dengan *main tank*).

Karena pada proses perpindahan hubungan tap di dalam minyak terjadi fenomena listrik, mekanis kimia dan panas, maka minyak isolasi OLTC kualitasnya akan cepat menurun. Tergantung dari jumlah kerjanya dan adanya kelainan di dalam OLTC.



Gambar 2.7
Perubahan Tap Tegangan Tinggi (OLTC)



Gambar 2.8
Rangkaian Skema Perubahan Tap

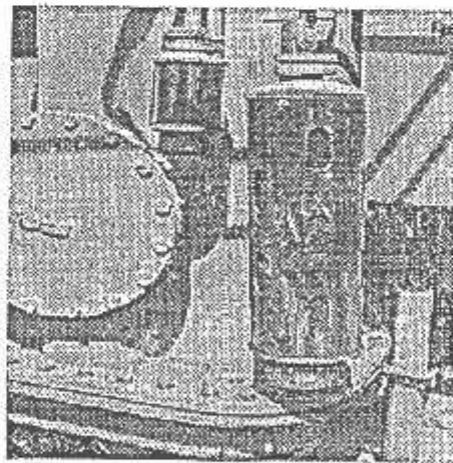
2.2.2.3 Alat pernafasan

Akibat pengaruh naik turunnya beban transformator maupun suhu udara diluar, maka suhu minyakpun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut.

Jika suhu minyak tinggi, minyak memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya apabila suhu minyak turun, minyak menyusut maka udara luar akan masuk ke dalam tangki.

Kedua proses diatas disebut pernafasan transformator.

Akibat pernafasan transformator tersebut maka permukaan minyak akan selalu bersinggungan dengan udara luar. Udara luar yang lembab akan menurunkan nilai tegangan tembus minyak transformator, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi dengan alat pernafasan, berupa tabung berisi kristal zat *hygroskopis*.

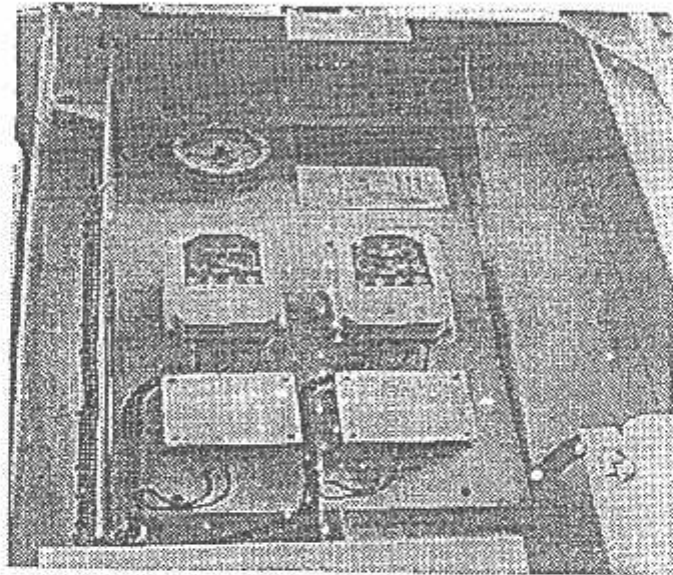


Gambar 2.9
Tabung berisi kristal zat *Hygroskopis*

2.2.2.4 Indikator

Untuk mengawasi selama transformator beroperasi, maka perlu adanya indikator pada transformator sebagai berikut:

- Indikator suhu minyak.
- Indikator permukaan minyak.
- Indikator sistem pendingin.
- Indikator kedudukan tap.



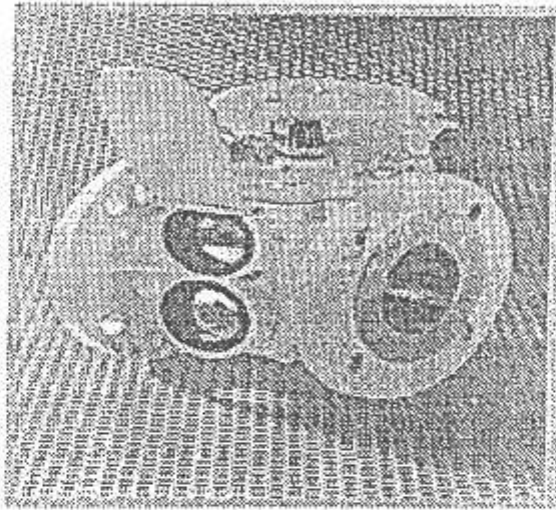
Gambar 2.10
Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak

2.2.3 Peralatan Poteksi

2.2.3.1. Rele *Bucholz*

Rele *Bucholz* adalah alat/rele untuk mendeteksi dan mengamankan terhadap gangguan didalam transformator yang menimbulkan gas. Gas yang timbul diakibatkan oleh karena:

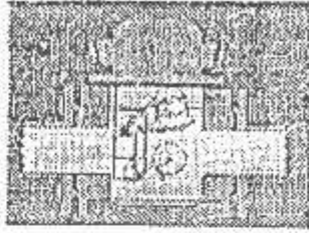
1. Hubung singkat antar lilitan / dalam phasa
2. Hubung singkat antar phasa
3. Hubung singkat antar phasa ke tanah
4. Busur api listrik antar laminasi
5. Busur api listrik karena kontak yang kurang baik



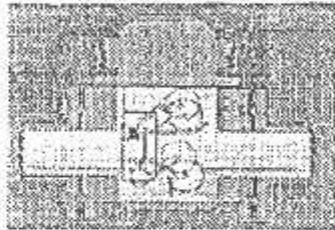
Gambar 2.11
Rele Bucholz

2.2.3.2. Pengaman tekanan lebih (*Explosive Membrane*) / *Bursting Plate*)

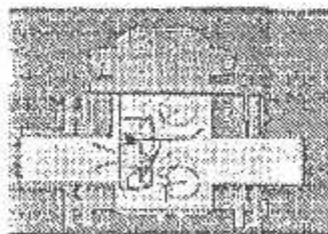
Alat ini berupa lembaran yang terbuat dari kaca, plastik, tembaga atau katup berpegas, berfungsi sebagai pengaman tangki transformator terhadap kenaikan tekanan gas yang timbul di dalam tangki (yang akan pecah pada tekanan tertentu) dan kekuatannya lebih rendah dari tangki transformator.



Gambar 2.12
Rele Bucholz Saat Bekerja
Akibat Minyak Kurang Dalam Transformer



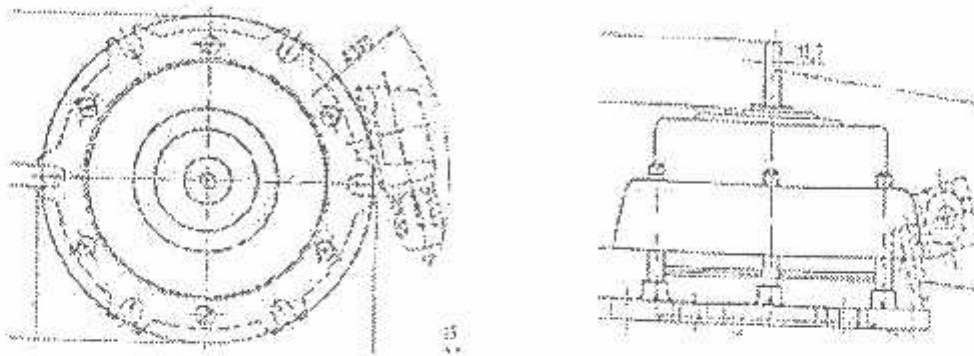
Gambar 2. 13
Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Akumulasi Gas
yang Timbul Dalam Transformer



Gambar 2. 14
Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Flow minyak
Karena Gangguan Dalam Transformer

2.2.3.3 Rele Tekanan Lebih (*Sudden Pressure Relay*)

Rele ini berfungsi hampir sama seperti rele *bucholz*, yaitu pengaman terhadap gangguan di dalam transformator. Bedanya rele ini hanya bekerja oleh kenaikan tekanan gas yang tiba-tiba dan langsung menjatuhkan PMT



Gambar 2.15
Pengaman Tekanan Lebih

2.2.4. Peralatan Tambahan untuk Pengaman Transformator

2.2.4.1. Pemadam Kebakaran

Trafo daya adalah salah satu peralatan yang sangat mahal yang terpasang pada pusat pembangkit dan Gardu Induk.

Setiap trafo daya terisi dengan material yang mudah terbakar dengan jumlah yang cukup besar yang mana bila tersulut dapat menyalakan api ke instalasi yang berdekatan. Oleh karena itu sangat perlu dilengkapi dengan peralatan pengamannya.

Kegagalan-kegagalan trafo daya pada umumnya disebabkan oleh *Break Down* isolasi pada bagian internal Trafo. Adanya energi busur listrik akan diikuti kenaikan temperatur dan tekanan yang sangat cepat didalam tangki Trafo.

Terbakarnya minyak pada jumlah tertentu dapat mengakibatkan tekanan yang sangat tinggi kearah luar melalui kisaran bidang tertentu dan dapat langsung diikuti nyala api.

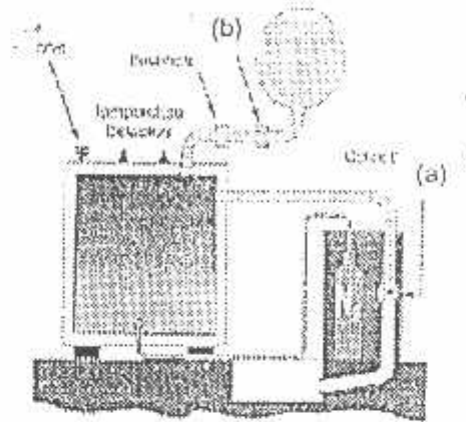
Salah satu peralatan proteksi yang dapat mencegah api dan ledakan yang merusak trafo adalah "SERGI" yang metode pengamannya disebut sebagai pengaman trafo dari ledakan dan kebakaran.

Agar sistem proteksi ini dapat aktif harus ada dua sinyal yang muncul yaitu:

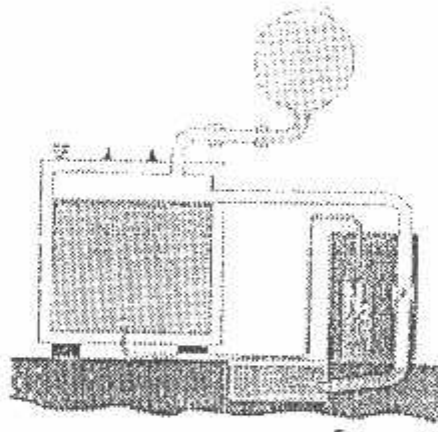
1. Sinyal PMT trip yang bersumber dari peralatan pengaman tekanan lebih.
2. Sinyal temperatur tinggi dari temperatur detector dan beroperasinya rele bucholz.

Pada gambar dua katup drain pengaman ledakan akan cepat terbuka untuk membebaskan tekanan internal agar trafo tidak meledak.

Tangki konservator akan terisolasi dengan bekerjanya *Shutter* sehingga minyak yang dikeluarkan hanya $\pm \geq 20$ cm dibawah tutup atas tangki utama trafo.



Gambar 2.16
Bekerjanya pengaman ledakan

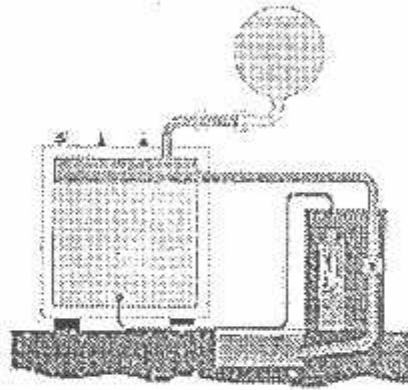


Gambar 2.17
Bekerjanya *Shutter*

Pemadam api: selang waktu ± 3 detik sejak minyak didrain, gas Nitrogen diinjeksikan kedalam main tank trafo.

Gas ini akan melingkupi bagian atas permukaan minyak trafo dan dengan cepat menurunkan temperatur minyak sampai mencapai dibawah temperatur titik nyalanya sehingga dengan sendirinya api akan padam.

Nitrogen diinjeksikan terus menerus selama 45 menit sehingga trafo akan dingin dan tercegah dari kemungkinan nyalanya api kembali



Gambar 2.18
Jalan Kerja Pemadam Api

2.2.4.2. Rele *Diferensial*

Berfungsi mengamankan transformator dari gangguan didalam transformator antara lain, *Flash Over* antara kumparan dengan kumparan atau kumparan dengan tangki atau belitan dengan belitan didalam kumparan ataupun beda kumparan.

2.2.4.3. Rele arus lebih (*Over current Relay*)

Berfungsi untuk mengamankan transformator dari arus yang melebihi dari arus yang telah diperkenankan lewat dari transformator tersebut dan arus lebih ini dapat terjadi oleh karena beban lebih atau gangguan hubungan singkat.

2.2.4.4. Rele hubung tanah (*Ground Fault Relay*)

Berfungsi sebagai pengaman transformator bila terjadi gangguan satu phasa ke tanah.

2.2.4.5. Rele tangki tanah

Berfungsi sebagai pengaman transformator bila ada hubung singkat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan pada transformator.

2.2.4.6. Rele *Termis*

Berfungsi untuk mencegah atau mengamankan transformator dari kerusakan isolasi kumparan, akibat adanya panas lebih yang ditimbulkan akibat arus lebih. Besarnya yang diukur dalam rele ini adalah kenaikan temperatur.

BAB III

STANDAR DAN DASAR MINYAK TRAFO

Minyak trafo adalah salah satu bagian dalam trafo yang sangat vital, oleh karenanya harus mendapat perhatian khusus. Sebagai komponen penting dalam trafo, minyak trafo memiliki fungsi yang sangat signifikan agar kinerja trafo dapat bekerja maksimal. Adapun fungsi-fungsi dari minyak adalah:

1. **Insulator** yaitu mengionisasi kumparan didalam trafo supaya tidak terjadi loncatan bunga api listrik (hubungan pendek) akibat tegangan tinggi.
2. **Pendingin** yaitu mengambil panas yang ditimbulkan sewaktu trafo berbeban lalu melepaskannya.
3. **Melindungi** komponen-komponen di dalam trafo terhadap korosi dan oksidasi.

Minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Daya tahan isolasi harus tinggi, sesuai IEC 296 minyak trafo harus Class 1 dan 2 yaitu untuk minyak baru dan belum difilter > 30 kV/2,5 mm dan setelah difilter yaitu > 50 kV/2,5 mm.
- Penghantar panas yang baik, berat jenis kecil, sehingga partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
- Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendingin menjadi lebih baik. Pada IEC 296 Viskositas minyak class 1 saat suhu 40⁰ C adalah < 16,5 cSt.

- Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan. Sesuai IEC 296 Flash point minyak trafo diatas 163° C dan Pour point adalah dibawah -30° C.
- Tidak merusak bahan isolasi padat.

Spesifikasi dan metode pengetesan minyak trafo tersebut diatas adalah berdasarkan standar IEC Publ 296 "*Spesification faor unuse mineral insulating oil for trasformer and switchgear*".

Tabel-tabel berikut ini menunjukkan standar dari minyak trafo untuk pengoperasian transformator daya.

Tabel 3.1
Dielectric Strength dari Minyak Untuk Tegangan Operasi

Tegangan tembus minyak transformer		
Tegangan operasi (kV)	Untuk minyak baru	Untuk minyak sudah dipakai
	IEC 156 KV/2,5 mm	IEC 156 KV/2,5 mm
> 170	> 50	> 50
70 – 170	> 50	> 40
< 70	> 50	> 30

Tabel 3.2
Batasan Pengusaha Minyak Transformator
Sesuai Metoda ASTM

Jenis test	ASTM no	Batasan Tegangan		
		≤ 69	> 69 < 288 kV	≥ 345 kV
<i>Dielectric Str</i>	D 877	26	26	26
Asam (mg. KOH/g)	D 974	0,05 – 0,2	0,05 – 0,2	0,05 – 0,2
IFT (dynes/cm)	D 971	30	30	35
Kandungan air (ppm)	D 1533	35	20	15
Kandungan gas (%)	D 2945	2	2	2
Warna	D 1500	1,5	1,5	1,5
Kejernihan	D 1524	Jernih	Jernih	Jernih
<i>Flash point</i> °C	D 92	140	140	140
<i>Pour point</i>	D 97	- 40	- 40	- 40
<i>Power factor</i>	D 1533	< 30	30 – 34,9	> 35
Berat jenis	D 1298	0,91	0,91	0,91
<i>Viscositas</i>	D 445	12	12	12

Tabel 3.3
Beberapa Pctunjuk Untuk Melihat Minyak Trafo

Warna dan Kelompok	Angka Asam	Kekuatan Kertas (IFT) dynes/cm	Akibat Pada Transformer
Bagus	0,03	45	Menggambarkan bahwa:
Kuning pucat # 0,5	0,10	30	Pendingin bagus isolasi bagus
Contoh A	0,05	27	Terjadi endapan (<i>sluge</i>) yang membaur diminyak yang akan menyebabkan IFT menurun
Kuning muda # 10	0,10	29	
Umum	0,11	24	Terjadi endapan asam tipis pada lilitan, <i>sluge</i> . Hal ini akan menjadi penyebab gangguan. Agar dihindari kandungan <i>sluge</i> yang menebal
Kuning terang # 2,5	0,15	27	
Jelek	0,16	18	Hampir semua trafo pada keadaan ini terdpat endapan <i>sluge</i> pada lilitan dan inti
Kuning sawo # 2,5	0,40	24	
Amat jelek	0,41	14	Endapan <i>sluge</i> akan beroksida kemudian mengeras dan terjadi juga diisolasi (kertas) mudah terjadi kerusakan
Kuning sawo # 3,0 – 5,0	1,65	18	
Sangat jelek	0,66	9	<i>Sluge</i> menyumbat sirip-sirip pendingin yang menyebabkan kenaikan temperatur sampai 20 °C
Coklat kehitaman # 5,0 – 7,0	1,50	14	
Minyak kelas (<i>crude oil</i>) hitam # 7,0 – 8,0	1,5 dan lebih	6 9	Diperlukan suatu cara untuk menghilangkan <i>sluge</i> (yang lebih bagus dari " <i>Sluge Purge</i> "). Pada kondisi ini transformator harus <i>dioverhaul</i> (tidak ada gunanya hanya dengan mengganti minyak trafo).

3.1. Sistem Sampling dan Analisa Gas

Gas yang terlarut dalam minyak trafo akan digunakan untuk mengevaluasi kondisi sistem isolasi pada transformator yang sedang beroperasi. Sistem sampling dan analisa gas ini dilakukan berdasarkan metode ASTM D 3613

Tahapan yang harus dilakukan untuk pengumpulan data analisa gas terlarut dalam minyak trafo adalah sebagai berikut:

- Pengambilan sampel minyak yang memenuhi syarat
- Ekstraksi gas pada minyak
- Analisa gas untuk evaluasi

3.1.1 Pengambilan Sampel

Dalam pengambilan sampel minyak harus dilakukan dalam waktu kurang dari lima menit dan menggunakan wadah yang memenuhi syarat, hal ini dimaksudkan untuk menghindarkan kontaminasi. Selain kondisi tersebut, hal-hal berikut harus diperhatikan:

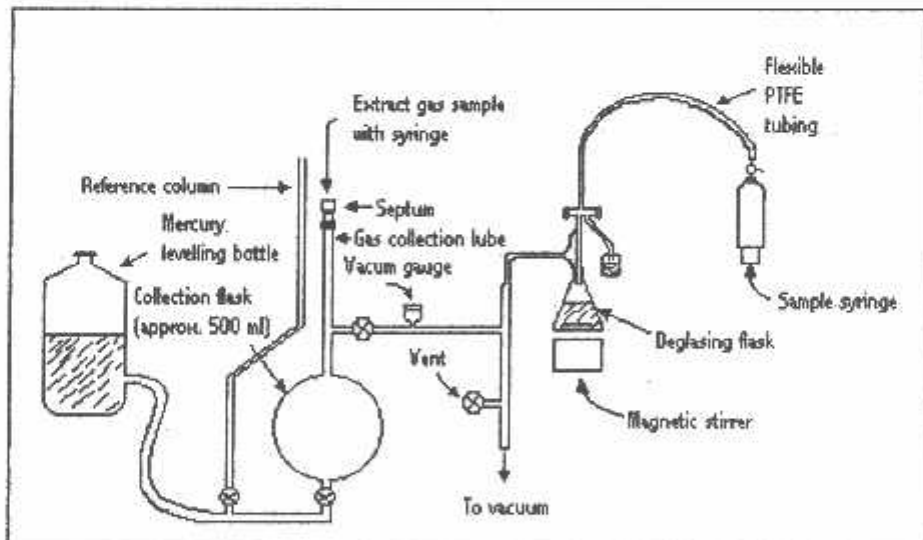
- a. Mengembalikan satuan (jumlah) sampel yang diambil pada kondisi tekanan dan temperatur normal (760 mmhg dan 25 °C).
- b. Menghindarkan gelembung udara dan membilas wadah dengan sampel
- c. Membawa sampai ke laboratorium harus secepat mungkin untuk menghindari hilangnya gas terlarut.

3.1.2 Ekstraksi Gas Pada Minyak

Sampel minyak yang mengandung gas terlarut diambil untuk pemeriksaan laboratorium, selanjutnya dilakukan ekstraksi atau pemisahan gas dari minyak dengan beberapa cara sampling vacuum (gambar 3.1).

Dasar ekstraksi gas digunakan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Menginjeksikan sampel ke dalam sistem alat ekstraktor dan tanpa ada bagian gelembung udara dengan cara diisi sampel minyak,
- Mendidihkan dan mengaduk sampel minyak, sehingga gas akan dibebaskan dalam kondisi vakum (1×10^{-3} torr atau lebih kecil).
- Mengumpulkan gas pada tabung pengumpul dan tekanan dikembalikan kepada keadaan normal.
- Mengukur volume gas yang terekstraksi dan menghitung (persentase) gas dari sampel minyak yang terkoreksi serta gas siap untuk ditentukan jenis dan jumlahnya dengan alat gas-kromatograf.



Gambar 3.1
Untuk Ekstraksi Gas dari Minyak Isolasi

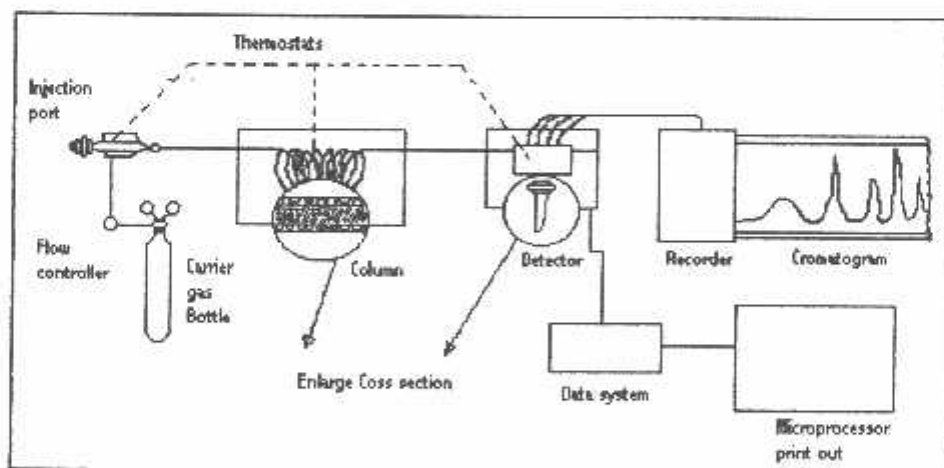
3.1.3 Analisa Gas Untuk Evaluasi

Sampel gas yang telah dipisahkan dari minyak trafo dilakukan analisis terhadap komposisi gas baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Alat yang digunakan untuk menentukan komposisi gas adalah kromatografi gas. Dasar kerja dari alat kromatografi gas adalah berdasarkan sifat penyerapan sistem kolom kromatografi gas terhadap sampel gas. Sampel gas (campuran gas) yang diinjeksikan kedalam alat, dialirkan oleh gas pembawa sehingga gas yang mempunyai perbedaan sifat penyerapan akan terpisah.

Pemisahan gas-gas tersebut, masing-masing akan dideteksi oleh suatu detektor yang akan dikonversikan kepada sistem pencatatan atau integrator. Jenis dan jumlah gas yang diinjeksikan dapat diketahui dengan jalan membandingkan/melakukan hal yang sama terhadap gas standar yang telah diketahui komposisinya.

Diagram alat untuk analisa gas dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2
Diagram Sistem Kromatografi Gas

3.2 Analisa Gas Untuk Evaluasi

Interpretasi data dapat dilihat dari dua kategori, yaitu berdasarkan jumlah gas yang mudah terbakar (total combustible gases) dan komposisi gas (gas kunci) yang terkandung.

3.2.1 Total Combustible Gases

Gas yang mudah terbakar adalah hidrogen, karbonmonoksida, metana, etana, asetilen, dan etilen. Jumlah konsentrasi (ppm V/V) dari masing-masing gas tersebut diatas merupakan kandungan total combustible gases (TCG). Dari data total combustible gases ini akan dapat diketahui kondisi transformator sesuai batasan dibawah ini.

- 0 – 500 ppm : Indikasi normal
- 501 – 1500 ppm : Indikasi adanya sedikit kekomposisi dari sistem isolasi dan harus dilakukan suatu tindakan terhadap gangguan yang baru terjadi agar tidak berkelanjutan.
- 1501 – 2500 ppm : Indikasi terjadi dekomposisi tingkat tinggi dari sistem isolasi berarti ada gangguan, dan harus segera dilakukan tindakan agar tidak menjadi lebih buruk lagi.
- > 2500 ppm : Indikasi bayak terjadi dekomposisi dari sistem isolasi yang menyeluruh dan akan menjadikan suatu gangguan. Laju pembentukan gas dan penyebabnya harus disentifikasi dan diambil tindakan perbaikan.

3.2.2. Komposisi Gas

Ada lima jenis gas yang utama hasil dekomposisi minyak, yaitu : *hidrogen, metana, etana, etilen dan asetilen* sebagai akibat beberapa gangguan yang terjadi. Beberapa analisa data yang telah dikembangkan dan dipakai untuk menginterpretasi gangguan transformator adalah metode *gas kunci*.

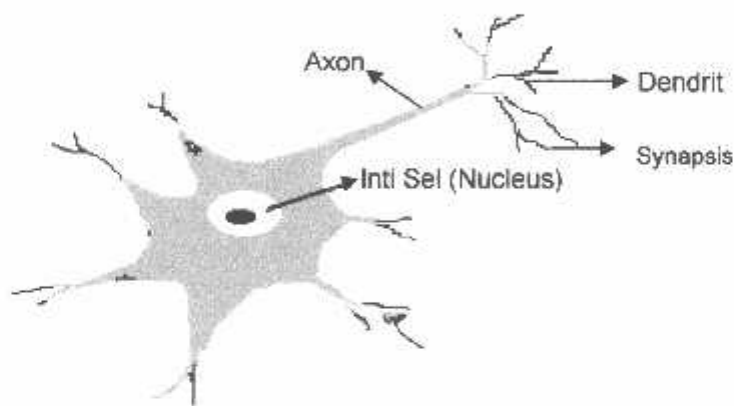
Interpretasi gangguan pada transformator berdasarkan data gas yang terdeteksi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.4
Jenis-Jenis Kemungkinan Gangguan

Gas-gas terdeteksi	Interpretasi
Nitrogen \pm 5% oksigen	<i>Normal operation of sealed transformer</i>
Nitrogen plus > 5% oksigen	<i>Check of tightness of sealed transformer</i>
Nitrogen, karbondioksida, atau karbonmonoksida atau keduanya	<i>Transformer overloaded or operating hot, causing some cellulose breakdown. Check operating condition</i>
Nitrogen dan Hidrogen	<i>Corona discharge, electrolysis of water, or rusting</i>
Nitrogen, hidrogen, karbondioksida dan karbonmonoksida	<i>Corona discharge involving cellulose or severe overloading of transformer</i>
Nitrogen, hidrogen, metana dengan sejumlah kecil etana dan etilen	<i>Sparking or other minor fault some break down of oil</i>
Nitrogen, hidrogen, metana dengan karbondioksida, dan sejumlah kecil hidrokarbon lain, serta asetilen biasanya tidak ada	<i>Sparking or other minor fault some break down of oil</i>
Nitrogen dengan hidrogen yang besar dan hidrokarbon lain termasuk asetilen	<i>High energy arc causing rapid deterioration of oil</i>
Nitrogen dengan hidrogen yang besar, etilen, metana dan sedikit asetilen	<i>High temperature arcing of but in a confined area, poor connections or turn-to-turn shorts are examples</i>
Sama seperti diatas kecuali adanya karbondioksida dan karbonmonoksida	<i>Same as above except arcing in combination with cellulose</i>

3.2. Jaringan Syaraf (*Neural Network*)

Jaringan Syaraf adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah perhitungan selama proses pembelajaran.



Gambar 3.3
Susunan Syaraf Manusia

Susunan sel syaraf manusia, setiap sel syaraf akan memiliki satu inti sel, sel ini nanti yang akan bertugas untuk melaksanakan pemrosesan informasi. yang datang akan diterima oleh dendrit. Selain menerima informasi, *dendrite* juga menyertai *axon* sebagai keluaran pemrosesan suatu informasi. informasi hasil olahan akan menjadi masukan bagi neuron lain yang mana antara dendrite kedua sel tersebut dipertemukan dengan *synapsis*. Informasi yang akan dikirimkan antar neuron ini berupa rangsangan yang dilewatkan melalui dendrit. informasi yang datang dan diterima oleh dendrite akan dijumlahkan dan dikirim melalui axon ke dendrite akhir yang bersentuhan dengan dendrite dari neuron lain. Informasi ini

akan diterima oleh neuron lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering dikenal dengan nama nilai ambang (*Threshold*). pada kasus ini, neuron tersebut dikatakan aktivasi. hubungan antar neuron terjadi secara adaptif, artinya struktur hubungan tersebut terjadi secara dinamis. Otak manusia slalu memiliki untuk belajar dengan melakukan adaptasi. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransfomasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya melalui neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertcntu pada bobot tersebut.



Gambar 3.4
Struktur Neuron Jaringan Syaraf

Neuron buatan ini bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron biologis. Informasi tersebut (disebut dengan input) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai bobot yang akan datang. Hasil penjumlah ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu ambang (*Thershold*) tertentu melalui fungsi aktifasi setiap neuron. Apabila input melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron akan diaktifkan, tapi kalau tidak maka neuron tersebut tidak akan diaktifkan. Apabila neuron tersebut diaktifkan, maka neuron tersebut akan

mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya, demikian seterusnya.

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan (*Layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*Neuron Layer*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan dengan lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan output). Informasi yang akan diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai lapisan output melalui lapisan yang lainnya, yang sering disebut dengan nama lapisan tersembunyi (*Hidden Layer*).

3.2.1. Fungsi Aktivasi

Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron lainnya. Hubungan ini disebut dengan bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Informasi input akan dikirim ke neuron dengan masukan tertentu, input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai bobot yang akan datang. Hasil penjumlahan ini akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*Threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan, tapi kalau tidak maka neuron tersebut tidak diaktifkan. Apabila neuron tersebut diaktifkan maka neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya, demikian seterusnya.

Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan antara lain:

- Fungsi undak Biner (*Hard Limit*)
- Fungsi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)
- Fungsi Bipolar dengan *Thershold*
- Fungsi Linier (Identitas)
- Fungsi *Saturating Linier*
- Fungsi *Symetric Saturating Linier*
- Fungsi *Sigmoid Biner*
- Fungsi *Sigmoid Bipolar*

Fungsi yang digunakan adalah *Fungsi Sigmoid Biner*. *Fungsi Sigmoid Biner* dirumuskan scbagai:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan $f(x) = \sigma f(x) [1-f(x)]$

σ : Adalah parameter kecuraman fungsi.

$f(x)$: x (untuk semua x , merupakan fungsi aktivasi untuk semua input unit)

Fungsi sigmoid biner berbentuk kurva S. Fungsi ini memiliki nilai pada interval 0 sampai 1. Fungsi tersebut digunakan jika output yang diinginkan (*Desired output*) terletak antara 0 dan 1.

3.2.2. Proses pembelajaran

Pada jaringan syaraf akan mencoba untuk mensimulasikan kemampuan otak manusia untuk belajar. Jaringan syaraf juga tersusun atas neuron-neuron dan dendrit. Tidak seperti model biologis, jaringan syaraf memiliki struktur yang tidak

dapat diubah, dibangun oleh sejumlah neuron dan memiliki nilai tertentu yang menunjukkan seberapa besar koneksi antar neuron (yang dikenal dengan nama bobot). Nilai bobot akan bertambah, jika informasi yang diberikan oleh neuron yang bersangkutan tersampaikan, sebaliknya jika informasi tidak tersampaikan oleh suatu neuron ke neuron lain, maka nilai bobot yang menghubungkan keduanya akan dikurangi. Pada saat pembelajaran dilakukan pada input berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai seimbangan. Apabila ini telah tercapai mengindikasikan bahwa tiap-tiap input telah berhubungan dengan output yang diharapkan.

Ada dua tipe proses pembelajaran:

- o Pembelajaran terawasi (supervised learning)
- o Pembelajaran tak terawasi (unsupervised learning)

Pembelajaran yang dipakai adalah pembelajaran terawasi. Metode ini disebut terawasi jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Pada proses pembelajaran ini, satu pola input akan diberikan satu neuron pada lapisan input. Pola ini akan dirambatkan disepanjang lapisan output lapisan output ini akan membangkitkan pola output yang nantinya akan dicocokkan dengan pola output target, maka disini akan muncul error. Apabila nilai error ini masih cukup besar, mengindikasikan bahwa masih perlu dilakukan lebih banyak pembelajaran lagi. Ada beberapa metode dalam proses belajar terawasi, diantaranya *Delta Rule*, *Backpropagation*, atau *Generalized Delta Rule* dan *Counterpropagation*. Yang dipakai dalam pembelajaran penelitian kali ini adalah *Backpropagation*.

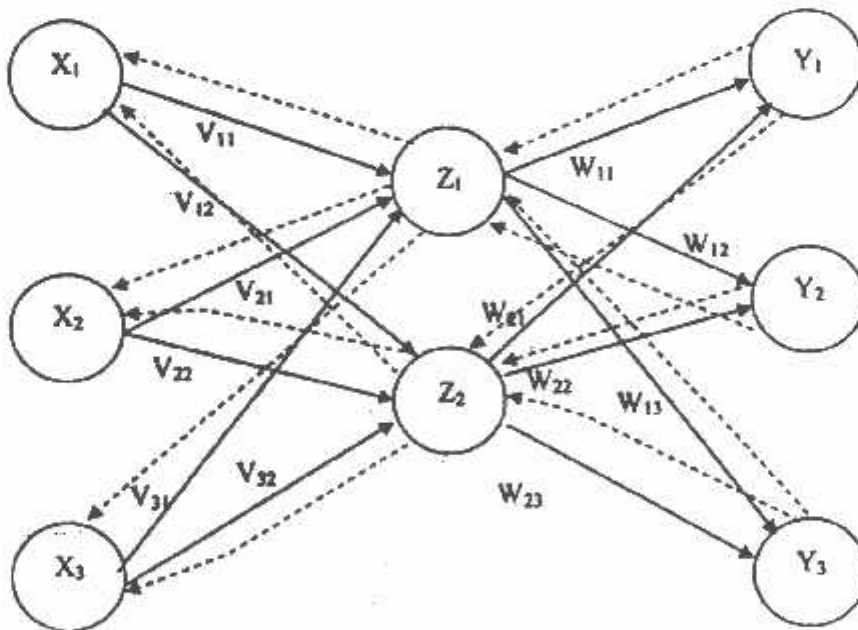
3.3. Backpropagation

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma Backpropagation menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, yaitu:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \dots \dots \dots (3.2)$$

$f(x)$ = fungsi aktivasi semua input unit.

Arsitektur jaringan Backpropagation seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.5
Arsitektur Jaringan Backpropagation

3.3.1. Pemrosesan Data Input

Pelatihan jaringan syaraf tiruan akan lebih efektif dan efisien apabila data-data input berada dalam suatu range tertentu. Menyajikan data mentah kedalam jaringan syaraf tiruan dapat membuat neuron mengalami saturasi dan gagal melakukan pembelajaran (learning). Data-data P, Q dan V akan dinormalisasi agar berada pada range yang dipilih yaitu 0-1 dengan persamaan berikut:

$$X_i(norm) = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \dots\dots\dots (3.3)$$

3.3.2. Pelatihan (training)

Pelatihan metode backproagation terdiri atas 3 langkah.

- Data yang dimasukkan ke input jaringan (feed forward)
- Perhitungan dan propagasi balik error dari error yang bersangkutan.
- Pembaharuan bobot dan bias.

Algoritma untuk melatih JST backproagation terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

- Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai random yang cukup kecil).
- Kerjakan langkah-langkah berikut selama kondisi berhenti bernilai FALSE.

3.3.3. Algoritma Pembelajaran

Untuk tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran, kerjakan:

Feedforward

- a. Tiap-tiap input ($X_i, i = 1,2,3,\dots,n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di atasnya (hidden layer).

X_i = unit input ke- i untuk unit input, sinyal yang masuk dan keluar pada satu unit yang dilambangkan dengan variabel yang sama yaitu x_i .

- b. Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan sinyal-sinyal input berbobot:

$$Z_{in_j} = V_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots (3.4)$$

Z = Hidden unit (unit tersembunyi).

V_{0j} = Bias unit hidden unit ke- j .

V_{ij} = Bobot antara unit input ke- i dan hidden unit ke- j .

V = Bobot antara X dan Z .

W = Bobot antara Z dan Y .

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$Z_j = f(z_{in_j}) \dots\dots\dots (3.5)$$

- c. Tiap-tiap unit output ($Y_k, k = 1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan sinyal-sinyal input berbobot:

$$y_{in_k} = W_{0k} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk} \dots\dots\dots (3.6)$$

W_{0k} = Bias unit output ke- k

W_{jk} = Bobot antara hidden unit ke- j dan unit output ke- k

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$y_k = f(y_{in_k}) \dots\dots\dots (3.7)$$

Kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan atasnya (unit-unit output).

y_k = Unit input ke-k. Sinyal input ke y_k dilambangkan y_{in_k} . Sinyal output (aktivasi) untuk y_k dilambangkan dengan y_k .

y_k = Sinyal output untuk y_k .

Backpropagation

- d. Tiap-tiap unit output (y_k , $k = 1,2,3,\dots,m$) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi errornya:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \dots\dots\dots (3.8)$$

t_k = Data training untuk output (target / desired output).

t_k = Telah diskalakan menurut fungsi aktivasi yang dipakai.

Kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai W_{jk}):

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \dots\dots\dots (3.9)$$

α = Learning rate yaitu parameter yang mengontrol perubahan bobot selama pelatihan. Jika learning besar, jaringan semakin cepat belajar, tetapi hasilnya kurang akurat. Learning rate biasanya dipilih antara 0 dan 1.

δ_k = Faktor koreksi error untuk bobot W_{jk} .

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai W_{ok}):

$$\Delta W_{ok} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots (3.10)$$

Kirimkan δ_k ini ke unit-unit yang ada dilapisan dibawahnya.

Nilai error adalah selisih antara nilai error target dengan nilai error training dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Error} = \frac{\text{Error Target} - \text{Error Training}}{\text{Error Target}} \times 100 \%$$

- e. Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta inputnya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di atasnya):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \dots\dots\dots(3.11)$$

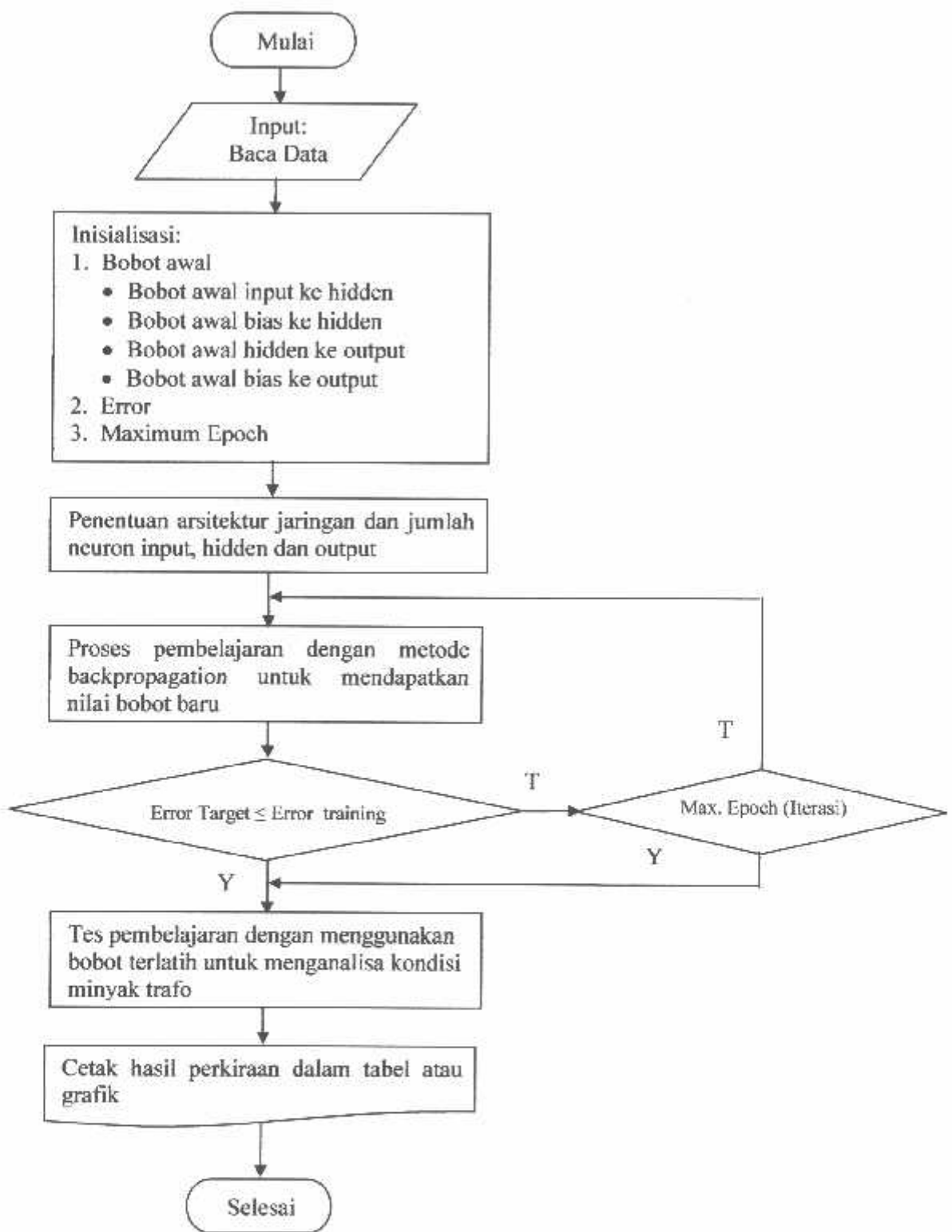
- f. Tiap-tiap unit output ($Y_k, k = 1,2,3,\dots,m$) memperbaiki bias dan bobotnya ($j = 0,1,2,3,\dots,p$)

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \dots\dots\dots(3.12)$$

Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1,2,3,\dots,p$) memperbaiki bias dan bobotnya ($i = 0,1,2,3,\dots,n$):

$$V_{ij}(\text{baru}) = V_{ij}(\text{lama}) + \Delta V_{ij} \dots\dots\dots(3.13)$$

3.6. Diagram Alir



BAB IV

ANALISA DATA

Reliabilitas sistem daya bisa diperbaiki ketika kesalahan baru transformator dideteksi dan dieliminir sebelum memburuk pada kondisi akut. Ini diketahui selama rentang waktu lama dan beberapa usaha dibuat dalam pengembangan teknik-teknik diagnostik transformator.

Kesalahan transformator baru menimbulkan tekanan listrik dan panas dalam material isolasi (pemancaran api, pengeluaran korona, pemercikan, pemanasan berlebih). Sebagai akibat dari tekanan-tekanan tersebut, material isolasi dapat terganggu dan beberapa gas akan keluar.

Analisa mengenai gas-gas tersebut memberikan informasi yang berguna mengenai kondisi-kondisi yang salah dan tipe material yang tercakup. Namun demikian, ini bukanlah tugas yang mudah sebab konsentrasi gas juga bergantung pada beberapa variabel transformator seperti sejarah muatan, tipe konstruksi, volume minyak, kondisi-kondisi pra-kesalahan, dan lain sebagainya.

DGA dalam minyak insulasi transformator adalah teknik diagnostik dan beberapa kriteria telah ditetapkan. Kriteria umum yang digunakan adalah *Doernenburg*, *modifikasi Roger*, *Rogers*, dan *IEC*. Prosedur deteksi kesalahan pada dasarnya mencakup sebuah proses hubungan data dan pengakuan pola dimana pengalaman dan kemampuan analisa adalah penting untuk diagnosis yang layak. Namun demikian, pengalaman lapangan menunjukkan bahwa kriteria tersebut dapat menimbulkan diagnosis kesalahan berbeda. Jaringan neural telah digunakan secara ekstensif dalam aplikasi-aplikasi dimana pengakuan pola

diperlukan. Dengan mengikuti pendekatan ini, deteksi kesalahan baru dalam transformator daya dengan menggunakan NN dapat direduksi pada proses hubungan input-input (pola-pola konsentrasi gas) dan output-output (tipe kesalahan).

Dalam makalah ini, jaringan neural untuk deteksi kesalahan baru dalam transformator daya dipresentasikan. Jaringan neural dilatih menurut lima kriteria DGA yang umumnya digunakan dalam industri, beberapa darinya dinormalisasi. Tujuannya adalah untuk menilai performa NN dengan menggunakan kriteria tersebut dan sampel-sampel DGA. Tahap-tahap dasar terhadap *problem solving* adalah definisi pola-pola input/output, latihan dan konfigurasi jaringan neural, dan akhirnya penilaian performa jaringan neural dengan pola-pola yang diketahui dan tidak diketahui.

4.1. Pola-Pola Input dan Output

Neural Network memerlukan definisi pola-pola input dan output. Pola-pola input diperoleh dari sampel-sampel DGA. Untuk tiap pola input, terdapat pola eksis yang menggambarkan tipe kesalahan untuk kriteria diagnosis tertentu. Kedua pola itu membentuk rangkaian NN. Dalam NN menggunakan lima gas kunci, yang semuanya mudah terbakar: Hidrogen (H_2), Metan (CH_4), Ethylene (C_2H_4), Ehtenc (C_2H_6), dan Acetylen (C_2H_2). Pola-pola input dan output untuk tiap kriteria diagnosis didefinisikan sebagai berikut:

- **Doernenburg:** Pola input adalah vektor yang memiliki empat elemen yang didefinisikan oleh hubungan-hubungan berikut ini:

$$[X] = [\text{CH}_4/\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2/\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_2\text{H}_2]^T \dots\dots\dots (4.1)$$

Pola output adalah sebuah vektor yang memiliki tiga elemen menurut kondisi-kondisi transformator.

- **Modifikasi Roger:** Pola input untuk kriteria diagnosis ini adalah sebuah vektor yang memiliki tiga elemen sebagai berikut:

$$[X] = [\text{CH}_4/\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6]^T \dots\dots\dots (4.2)$$

Vektor output dibangun dengan enam elemen menurut tipe kesalahan.

- **Roger:** Vektor input dalam kasus ini adalah sebuah vektor yang memiliki empat elemen sebagai berikut:

$$[X] = [\text{CH}_4/\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4]^T \dots\dots\dots (4.3)$$

Kriteria diagnosis ini mendefinisikan sebelas kondisi kesalahan. Namun diputuskan untuk hanya menggunakan sembilan tipe kesalahan.

IEC: Kriteria diagnosis ini pada dasarnya menggunakan vektor input Roger sebagai berikut:

$$[X] = [\text{CH}_4/\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6]^T \dots\dots\dots (4.4)$$

Tipe-tipe kesalahan untuk kriteria diagnosis ini, vektor output memerlukan sembilan elemen.

4.2. Analisa Data

Tabel 4.1
Data Gas Yang Terlarut Dalam Minyak Trafo (ppm)
(Data Inputan Proses Training)

No	H ₂	C ₂ H ₄	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂
1	10.1	11.3	12.47	10.2	12.8
2	19.3	15.5	21.9	15.1	15.5
3	23	20.1	34.5	19.3	16.1
4	27.8	23.6	41.5	24.9	18.6
5	31.2	28.4	48.1	29.8	20.2
6	40	30.2	56.7	32.5	21.8
7	48.2	33.5	62.5	37.2	23.2
8	53.9	38.7	71.9	44.6	24.5
9	59.8	39.9	79.3	48.4	26.1
10	64.3	40.2	85.8	51.5	28.4
11	70.1	42.5	94.2	55.1	30.9
12	77.2	45.8	102.5	59.3	32.6
13	85.1	47.3	113.8	64.2	34.3
14	101	50.4	121	65.7	36.1
15	108.4	53.5	123.9	66.3	38.3
16	121.3	54.7	126.3	67.9	40.2
17	135.2	55.3	129.5	70.2	41.9
18	198	57.9	130.5	72.4	42.1
19	254.02	61.1	132.3	75.2	43.5
20	293.05	65.3	133.9	78.5	44.7
21	341.01	70.8	134.3	81.1	45.3
22	402.03	76.5	135.9	85.3	46.2
23	476.07	81.2	136.5	88.2	46.6
24	502.04	87.9	137.1	92.6	47.1
25	558.01	98.7	138.7	95.1	48.8
26	650.08	99.1	139.5	98.4	49.3
27	703.11	109.3	140.3	101.3	51.2
28	730.23	128.6	154.2	106.7	52.4
29	796	147.4	201.7	109.1	53.6
30	872.9	153.9	273.4	111.2	55.3
31	953.6	160.2	359.1	115.5	57.8
32	1017.8	166.7	463.7	118.3	61.5
33	1308.2	171.3	588.5	122.4	64.2
34	1376.4	178.5	674.9	128.5	66.1
35	1453.7	183.1	726.3	131.2	68.9
36	1532.2	187.4	857.1	136.4	71.4
37	1598.9	192.3	893.2	144.3	73.6
38	1673.7	196.6	910.1	147.1	76.2
39	1785	198.2	987.2	149.6	78.8
40	1826.5	202.7	1002.1	152.1	81.5
41	1876.3	222.3	1005.3	153.8	82.1
42	1935	239.9	1008.7	156.3	82.7
43	1993.45	250.1	1011.5	158.7	83.3
44	2026.45	267.4	1018.1	161.4	84.9
45	2183	279.8	1023.8	165.9	86.5
46	2254.6	291.1	1034.3	167.2	87.2
47	2367.9	302.5	1039.5	169.8	88.3
48	2537	316.4	1044.6	172.3	89.1
49	2727.89	325.8	1059.2	176.5	90.6
50	2963.7	338.4	1065.4	183.2	91.4
51	3045.6	345.2	1071.9	187.9	93.1
52	3157.7	352.6	1077.2	195.2	94.5
53	3231.1	374.3	1083.4	199.5	97.2
54	3361.23	397.1	1092.7	203.4	99.7

Sumber: Data PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Bali

4.3. Hasil Analisa Data

Tabel 4.2
 Hasil Analisa Data Gas Yang Terlarut Dalam Minyak Trafo
 Dengan Menggunakan Kriteria Doernenburg

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₂ /CH ₄	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₂	Kondisi	Error	Tipe Kondisi
1	1.234653	1.132743	1.026464	0.796875	1	0.25	Thermal Decomposition
2	1.132743	1.107843	0.707763	0.974194	1	0.25	Thermal Decomposition
3	1.5	1.02649	0.466667	1.198758	1	3.49	Thermal Decomposition
4	0.800995	1.041451	0.448193	1.33871	1	0.21	Thermal Decomposition
5	0.788136	0.947791	0.419956	1.475248	1	1.15	Thermal Decomposition
6	0.711268	0.95302	0.38448	1.490826	1	3.84	Thermal Decomposition
7	0.721854	0.929231	0.3712	1.603448	1	0.50	Thermal Decomposition
8	0.692537	0.900538	0.340751	1.820408	1	1.59	Thermal Decomposition
9	0.633075	0.867713	0.32913	1.854406	1	10.85	Thermal Decomposition
10	0.654135	0.82438	0.331002	1.81338	1	3.69	Thermal Decomposition
11	0.706468	0.780583	0.328025	1.783172	1	2.84	Thermal Decomposition
12	0.727059	0.771325	0.318049	1.819018	1	0.84	Thermal Decomposition
13	0.711179	0.772344	0.301406	1.87172	1	1.18	Thermal Decomposition
14	0.725159	0.73676	0.298347	1.819945	1	1.09	Thermal Decomposition
15	0.71627	0.767123	0.30912	1.73107	1	2.12	Thermal Decomposition
16	0.715888	0.806938	0.31829	1.689055	1	1.35	Thermal Decomposition
17	0.734918	0.805596	0.323552	1.675418	1	0.00	Thermal Decomposition
18	0.757685	0.787749	0.322605	1.719715	1	0.48	Thermal Decomposition
19	0.727116	0.799724	0.328798	1.728736	2	2.99	Electric discharge
20	0.711948	0.8125	0.333831	1.756152	2	6.02	Electric discharge
21	0.684533	0.831847	0.337305	1.790287	2	1.01	Electric discharge
22	0.639831	0.872996	0.339956	1.84632	2	3.27	Electric discharge
23	0.603922	0.896835	0.341392	1.892704	2	2.45	Electric discharge
24	0.573892	0.920635	0.343545	1.96603	2	3.01	Electric discharge
25	0.535836	0.949244	0.351839	1.94877	2	0.00	Electric discharge
26	0.494428	1.037855	0.353405	1.995943	2	1.00	Electric discharge
27	0.497477	1.007114	0.364932	1.978516	2	1.32	Electric discharge
28	0.468435	1.078973	0.339818	2.03626	2	0.74	Electric discharge
29	0.407465	1.205248	0.265741	2.035448	2	2.05	Electric discharge
30	0.363636	1.351054	0.202268	2.01085	2	1.79	Electric discharge
31	0.359324	1.383993	0.160958	1.99827	2	1.24	Electric discharge
32	0.360799	1.387013	0.132629	1.923577	2	1.18	Electric discharge
33	0.368926	1.409129	0.109091	1.906542	2	3.55	Electric discharge
34	0.374781	1.39951	0.09794	1.944024	2	2.19	Electric discharge
35	0.370308	1.389105	0.094864	1.904209	2	1.65	Electric discharge
36	0.376297	1.395579	0.083304	1.910364	2	5.51	Electric discharge
37	0.381003	1.3739	0.0824	1.960598	3	1.48	Corona
38	0.382735	1.33264	0.083727	1.930448	3	1.27	Corona
39	0.387589	1.336506	0.079822	1.898477	3	0.56	Corona
40	0.397578	1.324866	0.081329	1.866258	3	3.73	Corona
41	0.402072	1.332676	0.081667	1.873325	3	2.39	Corona
42	0.369321	1.445384	0.081987	1.889964	3	2.10	Corona
43	0.344727	1.534869	0.082353	1.905162	3	1.84	Corona
44	0.333067	1.575929	0.083391	1.90106	3	0.23	Corona
45	0.317502	1.656753	0.084489	1.917919	3	0.09	Corona
46	0.309149	1.686558	0.084308	1.917431	3	1.16	Corona
47	0.299553	1.741029	0.084945	1.92299	3	0.43	Corona
48	0.291901	1.781508	0.085296	1.933782	3	0.25	Corona
49	0.281606	1.836332	0.085536	1.948124	3	0.38	Corona
50	0.278085	1.845892	0.085789	2.004376	3	0.22	Corona
51	0.270095	1.847162	0.086855	2.01826	3	0.83	Corona
52	0.269699	1.837147	0.087727	2.065608	3	1.54	Corona
53	0.268009	1.806352	0.089718	2.052469	3	1.42	Corona
54	0.259685	1.87619	0.091242	2.04012	3	4.39	Corona

Tabel 4.3
Doernenburg Codes For The Interpretations Or DGA Data

Fault Code	Fault Type	Ratio Of Characteristion Gases			
		CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₂ /CH ₄	C ₂ H ₆ /C ₂ H ₂
1	Thermal decomposition	1.0	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 1.0
2	Electrical discharge	1.0	≤ 1.0	≤ 0.1	0.3 – 0.7
3	Corona	≤ 1.0	0.5 – 3.0	0.1 - 2.0	0.1 – 2.0

Keterangan:

- o Kondisi 1 : Minyak trafo dalam keadaan panas < 100°C , sehingga kondisi operasional trafo masih dalam keadaan normal.
- o Kondisi 2 : Terdapat aliran listrik pada minyak trafo akibat gangguan tegangan tinggi maka untuk mengatasinya dengan cara mengionisasi kumparan didalam trafo.
- o Kondisi 3 : Minyak trafo dalam kondisi kritis yang diakibatkan oleh corona dan perlu dilakukan penggantian minyak trafo.

Tabel 4.4
Hasil Analisa Data Gas Yang Terlarut Dalam Minyak Trafo
Dengan Menggunakan Kriteria Modifikasi Rogers

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	Kondisi	Error	Tipe Kondisi
1	1.234653	1.132743	1.107843	1	0.90	No fault
2	1.132743	1.107843	0.817963	1	1.31	No fault
3	1.5	1.02649	0.689498	1	0.36	No fault
4	0.800995	1.041451	0.55942	1	7.74	No fault
5	0.788136	0.947791	0.95302	1	17.29	No fault
6	0.711268	0.95302	0.619543	1	5.78	No fault
7	0.721854	0.929231	0.573192	2	56.17	150 ^o C termal fault
8	0.692537	0.900538	0.5952	2	70.34	150 ^o C termal fault
9	0.633075	0.867713	0.620306	2	148.75	150 ^o C termal fault
10	0.654135	0.82438	0.61034	2	20.77	150 ^o C termal fault
11	0.706468	0.780583	0.600233	2	1.66	150 ^o C termal fault
12	0.727059	0.771325	0.584926	2	7.59	150 ^o C termal fault
13	0.71179	0.772344	0.578537	2	3.01	150 ^o C termal fault
14	0.725159	0.73676	0.564148	2	7.26	150 ^o C termal fault
15	0.71627	0.767123	0.542975	2	16.87	150 ^o C termal fault
16	0.715888	0.806938	0.535109	2	16.92	150 ^o C termal fault
17	0.734918	0.805596	0.537609	2	9.18	150 ^o C termal fault
18	0.757685	0.787749	0.542085	2	0.69	150 ^o C termal fault
19	0.727116	0.799724	0.554789	2	31.62	150 ^o C termal fault
20	0.711948	0.8125	0.568405	2	32.88	150 ^o C termal fault
21	0.684533	0.831847	0.586258	2	29.76	150 ^o C termal fault
22	0.639831	0.872996	0.603872	2	19.72	150 ^o C termal fault
23	0.603922	0.896835	0.627667	3	9.53	150 ^o C-300 ^o C termal fault
24	0.573892	0.920635	0.646154	3	1.17	150 ^o C-300 ^o C termal fault
25	0.535836	0.949244	0.675419	3	9.13	150 ^o C-300 ^o C termal fault
26	0.494428	1.037855	0.685652	3	12.65	150 ^o C-300 ^o C termal fault
27	0.497477	1.007114	0.705376	3	15.78	150 ^o C-300 ^o C termal fault
28	0.468435	1.078973	0.722024	4	11.60	300 ^o C-700 ^o C termal fault
29	0.407465	1.205248	0.691958	4	10.45	300 ^o C-700 ^o C termal fault
30	0.363636	1.351054	0.540902	4	12.01	300 ^o C-700 ^o C termal fault
31	0.359324	1.383993	0.40673	4	1.69	300 ^o C-700 ^o C termal fault
32	0.360799	1.387013	0.321637	4	4.11	300 ^o C-700 ^o C termal fault
33	0.368926	1.409129	0.255122	4	7.02	300 ^o C-700 ^o C termal fault
34	0.374781	1.39951	0.207986	4	0.87	300 ^o C-700 ^o C termal fault
35	0.370308	1.389105	0.190399	4	3.60	300 ^o C-700 ^o C termal fault
36	0.376297	1.395579	0.180642	5	13.40	700 ^o C termal fault
37	0.381003	1.3739	0.159141	5	1.05	700 ^o C termal fault
38	0.382735	1.33264	0.161554	5	6.40	700 ^o C termal fault
39	0.387589	1.336506	0.161631	5	3.17	700 ^o C termal fault
40	0.397578	1.324866	0.15154	5	1.53	700 ^o C termal fault
41	0.402072	1.332676	0.151781	5	1.03	700 ^o C termal fault
42	0.369321	1.445384	0.152989	5	0.04	700 ^o C termal fault
43	0.344727	1.534869	0.154952	5	1.84	700 ^o C termal fault
44	0.333067	1.575929	0.156896	5	3.18	700 ^o C termal fault
45	0.317502	1.656753	0.158531	5	9.11	700 ^o C termal fault
46	0.309149	1.686558	0.162043	6	8.04	Partial discharges
47	0.299553	1.741029	0.161655	6	4.46	Partial discharges
48	0.291901	1.781508	0.163348	6	2.04	Partial discharges
49	0.281606	1.836332	0.164944	6	1.25	Partial discharges
50	0.278085	1.845892	0.166635	6	0.69	Partial discharges
51	0.270095	1.847162	0.171954	6	0.12	Partial discharges
52	0.269699	1.837147	0.175296	6	2.07	Partial discharges
53	0.268009	1.806352	0.181211	6	4.66	Partial discharges
54	0.259685	1.87619	0.184143	6	2.55	Partial discharges

Tabel 4.5
Modifies Roger's Codes For The Interpretations Or DGA Data

Fault Code	Fault Type	Ratio Of Characteristion Gases		
		C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
1	No fault	≤ 1.0	≤ 1.0	0.1 – 1.0
2	150 ⁰ C termal fault	0.1	≤ 1.0	1.0 – 2.0
3	150 ⁰ C-300 ⁰ C termal fault	0.1	≤ 1.0	3.0
4	300 ⁰ C-700 ⁰ C termal fault	0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 3.0
5	700 ⁰ C termal fault	0.5 – 3.0	0.1 - 1.0	1.0 – 3.0
6	Partial discharges	2.5 – 3.0	0.7 - 1.0	3.0

Keterangan:

- o Kondisi 1 : Trafo masih dalam keadaan normal.
- o Kondisi 2 : Minyak trafo mengalami panas 150° C, kondisi operasional trafo masih normal.
- o Kondisi 3 : Minyak trafo mengalami panas 150° C - 300° C, kondisi operasional trafo masih normal.
- o Kondisi 4 : Minyak Trafo mengalami panas 300° C - 700° C, trafo perlu diberi pendingin pada bodinya agar panas trafo turun.
- o Kondisi 5 : Minyak trafo mengalami gangguan panas lebih dari 700° C, minyak trafo perlu dilakukan penyaringan untuk memisahkan gas dengan minyak trafo.
- o Kondisi 6 : Minyak mengalami tegangan tembus yang mengakibatkan busur api yang sangat berbahaya pada trafo dan perlu dilakukan penggantian minyak trafo.

Tabel 4.6
Hasil Analisa Data Gas Yang Terlarut Dalam Minyak Trafo
Dengan Menggunakan Kriteria Rogers

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	C ₂ H ₆ /CH ₄	Kondisi	Error	Tipe Kondisi
1	1.234653	1.132743	1.107843	0.817963	1	0.02	No fault
2	1.132743	1.107843	0.817963	1.026464	1	0.06	No fault
3	1.5	1.02649	0.689498	0.707763	1	1.17	No fault
4	0.800995	1.041451	0.55942	0.466667	1	0.48	No fault
5	0.788136	0.947791	0.95302	0.448193	1	0.03	No fault
6	0.711268	0.95302	0.619543	0.419958	1	3.17	No fault
7	0.721854	0.929231	0.573192	0.38448	2	0.01	Partial discharge
8	0.692537	0.900538	0.5952	0.3712	2	10.51	Partial discharge
9	0.633075	0.867713	0.620306	0.340751	2	4.80	Partial discharge
10	0.654135	0.82438	0.61034	0.32913	2	5.20	Partial discharge
11	0.706468	0.780583	0.600233	0.331002	2	4.51	Partial discharge
12	0.727059	0.771325	0.584926	0.328025	2	3.73	Partial discharge
13	0.711179	0.772344	0.578537	0.318049	3	7.94	Continuous discharge
14	0.725159	0.73676	0.564148	0.301406	3	7.74	Continuous discharge
15	0.71627	0.767123	0.542975	0.298347	3	0.03	Continuous discharge
16	0.715888	0.806938	0.535109	0.30912	3	0.01	Continuous discharge
17	0.734918	0.805596	0.537609	0.31829	3	0.02	Continuous discharge
18	0.757685	0.787749	0.542085	0.323552	3	0.97	Continuous discharge
19	0.727116	0.799724	0.554789	0.322605	4	2.84	Arching
20	0.711948	0.8125	0.568405	0.328798	4	7.12	Arching
21	0.684533	0.831847	0.586258	0.333831	4	0.43	Arching
22	0.639831	0.872996	0.603872	0.337305	4	0.01	Arching
23	0.603922	0.896835	0.627667	0.339956	4	0.33	Arching
24	0.573892	0.920635	0.646154	0.341392	4	4.04	Arching
25	0.535836	0.949244	0.675419	0.343545	5	3.93	Overheating 150-200°C
26	0.494428	1.037855	0.685652	0.351839	5	1.68	Overheating 150-200°C
27	0.497477	1.007114	0.705376	0.353405	5	3.14	Overheating 150-200°C
28	0.468435	1.078973	0.722024	0.364932	5	0.00	Overheating 150-200°C
29	0.407465	1.205248	0.691958	0.339818	5	0.00	Overheating 150-200°C
30	0.363636	1.351054	0.540902	0.265741	5	0.01	Overheating 150-200°C
31	0.359324	1.383993	0.40673	0.202268	6	0.44	Overheating 200-300°C
32	0.360799	1.387013	0.321637	0.160958	6	0.43	Overheating 200-300°C
33	0.368926	1.409129	0.255122	0.132629	6	0.44	Overheating 200-300°C
34	0.374781	1.39951	0.207986	0.109091	6	0.36	Overheating 200-300°C
35	0.370308	1.389105	0.190399	0.09794	6	1.78	Overheating 200-300°C
36	0.376297	1.395579	0.180642	0.094864	6	1.29	Overheating 200-300°C
37	0.381003	1.3739	0.159141	0.083304	7	2.37	General conductor overheating
38	0.382735	1.33264	0.161554	0.0824	7	1.65	General conductor overheating
39	0.387589	1.336506	0.161631	0.083727	7	2.49	General conductor overheating
40	0.397578	1.324866	0.15154	0.079822	7	2.28	General conductor overheating
41	0.402072	1.332676	0.151781	0.081329	7	1.41	General conductor overheating
42	0.369321	1.445384	0.152989	0.081667	7	2.79	General conductor overheating
43	0.344727	1.534869	0.154952	0.081987	8	2.28	Circulating currents in windings
44	0.333067	1.575929	0.156896	0.082353	8	0.47	Circulating currents in windings
45	0.317502	1.656753	0.158531	0.083391	8	0.26	Circulating currents in windings
46	0.309149	1.686558	0.162043	0.084489	8	0.33	Circulating currents in windings
47	0.299553	1.741029	0.161655	0.084308	8	0.35	Circulating currents in windings
48	0.291901	1.781508	0.163348	0.084945	8	0.36	Circulating currents in windings
49	0.281606	1.836332	0.164944	0.085296	9	0.01	Circulating currents core and tank
50	0.278085	1.845892	0.166635	0.085536	9	0.00	Circulating currents core and tank
51	0.270095	1.847162	0.171954	0.085789	9	0.00	Circulating currents core and tank
52	0.269699	1.837147	0.175296	0.086855	9	0.00	Circulating currents core and tank
53	0.268009	1.806352	0.181211	0.087727	9	0.01	Circulating currents core and tank
54	0.259685	1.87619	0.184143	0.089718	9	0.00	Circulating currents core and tank

Tabel 4.7
Roger's Codes For The Interpretations Or DGA Data

Fault Code	Fault Type	Ratio Of Characteristion Gases			
		CH_4/H_2	$\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$
1	No fault	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
2	Partial discharge	≤ 1.0	≤ 0.1	< 2	≤ 0.1
3	Continuous discharge	≤ 1.0	< 0.1	0.1 - 2.0	≤ 0.5
4	Arching	≤ 1.0	≤ 0.1	2.0 - 3.0	≤ 0.5
5	Overheating 150-200°C	≤ 1.0	≤ 0.1	3	≤ 0.5
6	Overheating 200-300°C	≤ 0.1	≤ 0.1	0.1 - 1.0	0.5 - 0.7
7	General conductor overheating	≤ 0.1	0,5	0.1 - 1.0	0.7 - 1.0
8	Circulating currents in windings	0.5 - 0.7	2.5 - 2.7	≤ 3.0	0.1 - 1.0
9	Circulating currents core and tank	0.7 - 1.0	2.5 - 3.0	≤ 3.0	≤ 3.0

Keterangan:

- Kondisi 1 : Minyak trafo dalam keadaan normal.
- Kondisi 2 : Timbul loncatan busur api dalam skala kecil di dalam trafo yang tidak menyebabkan kerusakan, sehingga minyak trafo dikatakan masih normal.
- Kondisi 3 : Timbul loncatan busur api yang terus menerus dalam skala kecil di dalam trafo yang tidak menyebabkan kerusakan, sehingga minyak trafo dikatakan masih normal.
- Kondisi 4 : Timbul loncatan busur api dalam skala besar di dalam trafo, sehingga minyak trafo harus dilakukan penyaringan.
- Kondisi 5 : Minyak Trafo mengalami panas 150° C - 200° C, kondisi operasional trafo masih normal.
- Kondisi 6 : Minyak Trafo mengalami panas 200° C - 300° C, trafo perlu diberi pendingin agar panas trafo turun dan minyak trafo masih bagus.
- Kondisi 7 : Kumputan trafo mengalami panas berlebih, dan minyak trafo perlu diganti.
- Kondisi 8 : Timbul sirkulasi aliran listrik dalam kumputan trafo yang menyebabkan kerusakan, sehingga minyak trafo perlu diganti.
- Kondisi 9 : Timbul sirkulasi aliran listrik pada bodi trafo yang menyebabkan kerusakan, sehingga minyak trafo harus diganti.

Tabel 4.8
 Hasil Analisa Data Gas Yang Terlarut Dalam Minyak Trafo
 Dengan Menggunakan Kriteria IEC

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	Kondisi	Error	Tipe Kondisi
1	1.234653	1.132743	1.107843	1	0.00	No fault
2	1.132743	1.107843	0.817963	1	0.00	No fault
3	1.5	1.02649	0.689498	1	0.00	No fault
4	0.800995	1.041451	0.55942	1	1.11	No fault
5	0.788136	0.947791	0.95302	1	2.83	No fault
6	0.711268	0.95302	0.619543	1	0.00	No fault
7	0.721854	0.929231	0.573192	3	28.61	150 ^o C-300 ^o C termal fault
8	0.692537	0.900538	0.5952	2	0.50	150 ^o C termal fault
9	0.633075	0.867713	0.620306	2	11.27	150 ^o C termal fault
10	0.654135	0.82438	0.61034	2	10.00	150 ^o C termal fault
11	0.706468	0.780583	0.600233	2	0.00	150 ^o C termal fault
12	0.727059	0.771325	0.584926	2	21.03	150 ^o C termal fault
13	0.711179	0.772344	0.578537	3	0.08	150 ^o C-300 ^o C termal fault
14	0.725159	0.73676	0.564148	4	18.35	300 ^o C-700 ^o C termal fault
15	0.71627	0.787123	0.542975	4	19.06	300 ^o C-700 ^o C termal fault
16	0.715888	0.806938	0.535109	3	12.99	150 ^o C-300 ^o C termal fault
17	0.734918	0.805596	0.537609	3	4.62	150 ^o C-300 ^o C termal fault
18	0.757685	0.787749	0.542085	3	2.61	150 ^o C-300 ^o C termal fault
19	0.727116	0.799724	0.554789	3	19.49	150 ^o C-300 ^o C termal fault
20	0.711948	0.8125	0.568405	3	17.17	150 ^o C-300 ^o C termal fault
21	0.684533	0.831847	0.586258	4	11.95	300 ^o C-700 ^o C termal fault
22	0.639831	0.872996	0.603872	4	3.71	300 ^o C-700 ^o C termal fault
23	0.603922	0.896835	0.627667	4	0.16	300 ^o C-700 ^o C termal fault
24	0.573892	0.920635	0.646154	4	0.00	300 ^o C-700 ^o C termal fault
25	0.535836	0.949244	0.675419	5	1.16	700 ^o C termal fault
26	0.494428	1.037855	0.685652	5	0.03	700 ^o C termal fault
27	0.497477	1.007114	0.705376	5	1.31	700 ^o C termal fault
28	0.468435	1.078973	0.722024	5	0.38	700 ^o C termal fault
29	0.407465	1.205248	0.691958	5	0.28	700 ^o C termal fault
30	0.363636	1.351054	0.540902	5	5.58	700 ^o C termal fault
31	0.359324	1.383993	0.40673	6	6.68	Low energi partial discharges
32	0.360799	1.387013	0.321637	6	2.43	Low energi partial discharges
33	0.368926	1.409129	0.255122	6	2.40	Low energi partial discharges
34	0.374781	1.39951	0.207986	6	1.84	Low energi partial discharges
35	0.370308	1.389105	0.190399	6	8.30	Low energi partial discharges
36	0.376297	1.395579	0.180642	6	7.34	Low energi partial discharges
37	0.381003	1.3739	0.159141	7	1.17	High energi partial discharges
38	0.382735	1.33264	0.161554	7	1.71	High energi partial discharges
39	0.387589	1.336506	0.161631	7	1.38	High energi partial discharges
40	0.397578	1.324866	0.15154	7	1.78	High energi partial discharges
41	0.402072	1.332676	0.151781	7	4.95	High energi partial discharges
42	0.369321	1.445384	0.152989	7	0.51	High energi partial discharges
43	0.344727	1.534869	0.154952	8	5.87	Low energi discharges
44	0.333067	1.575929	0.156896	8	2.28	Low energi discharges
45	0.317502	1.656753	0.158531	8	0.62	Low energi discharges
46	0.309149	1.686558	0.162043	8	2.04	Low energi discharges
47	0.299553	1.741029	0.161655	8	5.22	Low energi discharges
48	0.291901	1.781508	0.163348	9	6.38	Low energi discharges
49	0.281606	1.836332	0.164944	9	3.27	High energi discharges
50	0.278085	1.845892	0.166635	9	2.32	High energi discharges
51	0.270095	1.847162	0.171954	9	1.35	High energi discharges
52	0.269699	1.837147	0.175296	9	0.20	High energi discharges
53	0.268009	1.806352	0.181211	9	0.19	High energi discharges
54	0.259685	1.87619	0.184143	9	3.36	High energi discharges

Tabel 4.9
IEC Codes For The Interpretations Or DGA Data

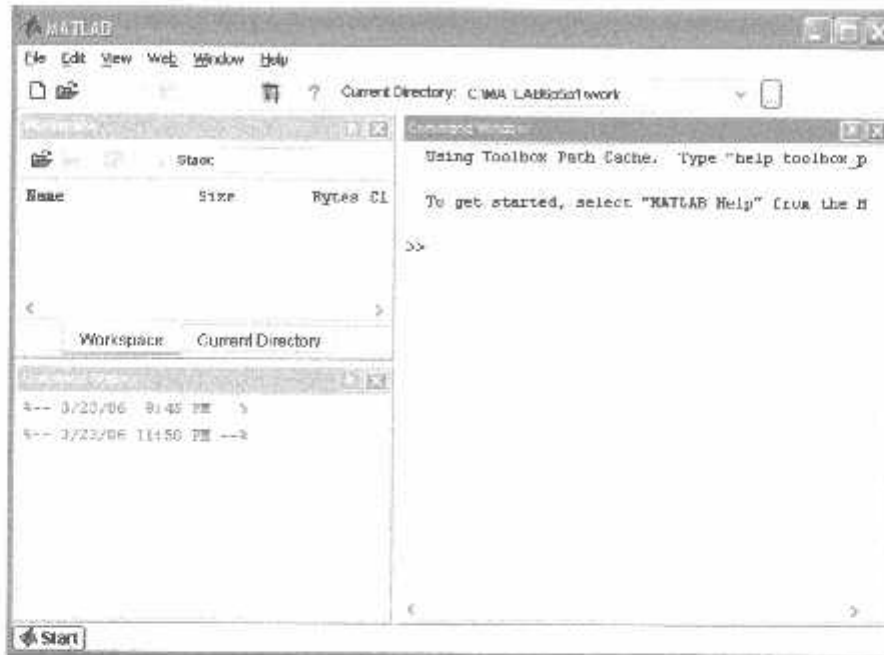
Fault Code	Fault Type	Ratio Of Characteristion Gases		
		C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
1	No fault	0.1	≤ 1.0	≤ 0.1
2	150 ⁰ C termal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	< 2
3	150 ⁰ C-300 ⁰ C termal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	0.1 - 2.0
4	300 ⁰ C-700 ⁰ C termal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	2.0 - 3.0
5	700 ⁰ C termal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	3
6	Low energi partial discharges	≤ 0.1	≤ 0.1	0.1 - 1.0
7	High energi partial discharges	0.5	≤ 0.1	0.1 - 1.0
8	Low energi discharges	2.5 - 2.7	0.5 - 0.7	≤ 3.0
9	High energi discharges	2.5 - 3.0	0.7 - 1.0	≤ 3.0

Keterangan:

- Kondisi 1 : Minyak trafo belum ada gangguan.
- Kondisi 2 : Minyak trafo mengalami panas 150° C, kondisi operasional trafo masih normal dan kondisi minyak masih baik.
- Kondisi 3 : Minyak trafo mengalami panas 150° C - 300° C, kondisi operasional trafo masih normal dan kondisi minyak masih baik.
- Kondisi 4 : Minyak Trafo mengalami panas 300° C - 700° C, trafo perlu diberi pendingin pada bodi trafo agar panasnya turun.
- Kondisi 5 : Minyak trafo mengalami gangguan panas lebih dari 700° C, minyak trafo perlu dilakukan penyaringan.
- Kondisi 6 : Terjadinya aliran listrik dalam skala kecil di dalam trafo, maka untuk mengatasinya dengan cara mengionisasi kumparan.
- Kondisi 7 : Timbulnya aliran listrik dalam skala besar di dalam trafo, maka untuk mengatasinya dengan cara mengionisasi kumparan.
- Kondisi 8 : Terjadinya busur api dalam skala kecil di dalam trafo yang menyebabkan kerusakan, sehingga minyak trafo sebaiknya diganti.
- Kondisi 9 : Terjadi busur api dalam skala besar di dalam trafo yang menyebabkan kerusakan, sehingga minyak trafo harus diganti.

4.4. Tampilan Program

1. Masuk Program Matlab 6.5.1.



Gambar 4.7
Tampilan Awal Program

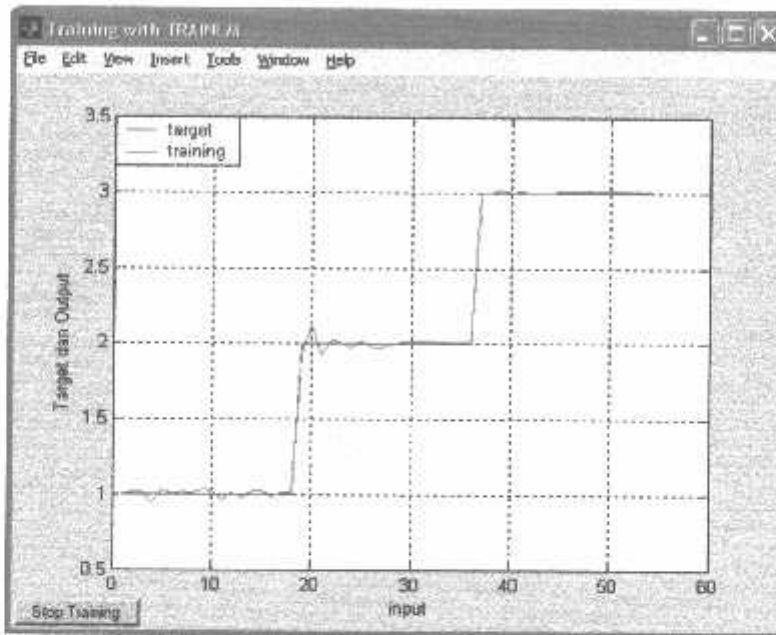
2. Buka file dan masukkan kriteria yang akan dijalankan.



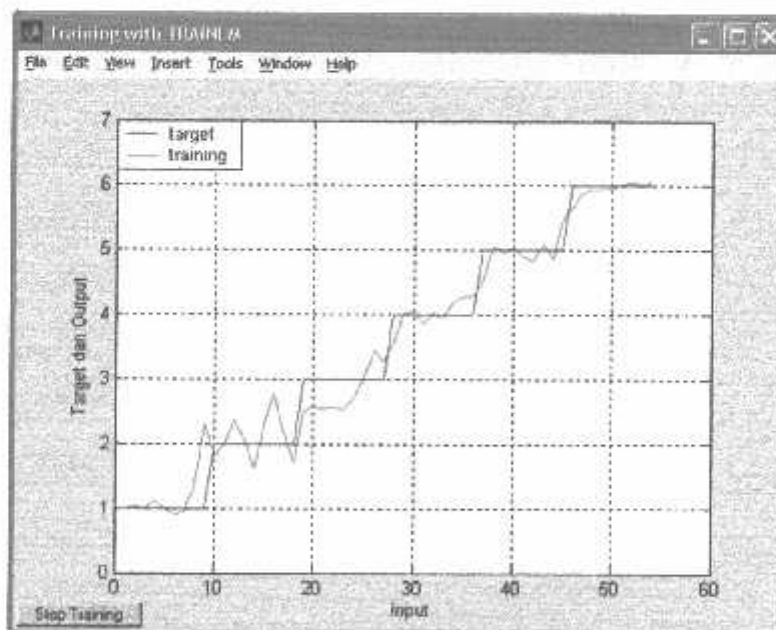
Gambar 4.8
Tampilan Program Utama

3. Untuk menjalankan pilih kriteria yang ada dibawah tampilan program utama, dan kemudian tekan F5 lalu tekan Enter, akan keluar tampilan hasil program.

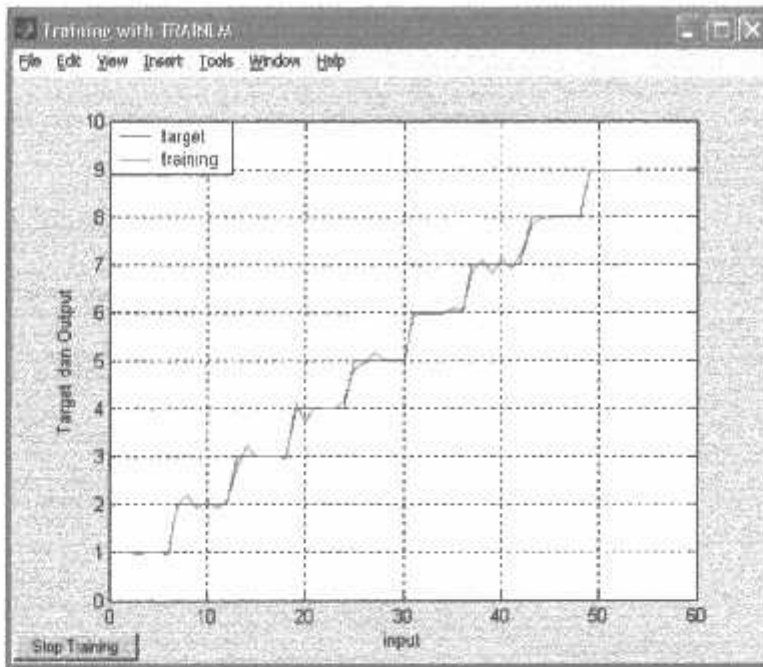
Grafik 4.1
Hasil Program Kriteria Doernenburg



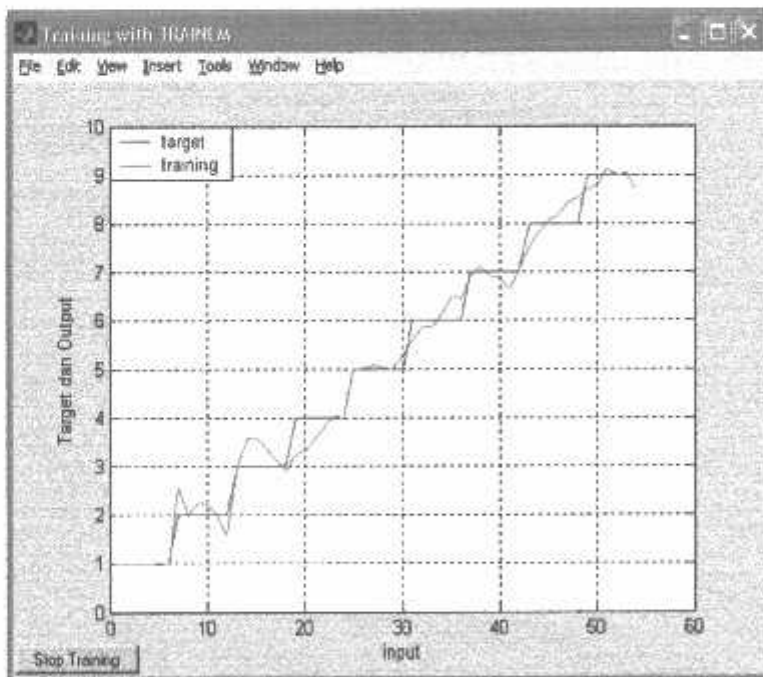
Grafik 4.2
Hasil Program Kriteria Modifikasi Rogers



Grafik 4.3
Hasil Program Kriteria Rogers



Grafik 4.4
Hasil Program Kriteria IEC



4.5. Data Hasil Validasi

Tabel 4.10
Data Hasil Validasi Kriteria Doernenburg

Doernenburg

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₂ / CH ₄	C ₂ H ₆ / C ₂ H ₂	Tipe Fault
1	0.800995	1.041451	0.448193	1.33871	1
2	0.497477	1.007114	0.364932	1.978516	2
3	0.376297	1.395579	0.083304	1.910364	2
4	0.270095	1.847162	0.086855	2.01826	3

Tabel 4.11
Data Hasil Validasi Kriteria Modified Rogers

Modified Rogers

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ / C ₂ H ₆	Tipe Fault
1	0.711268	0.95302	0.619543	1
2	0.573892	0.920635	0.646154	3
3	0.374781	1.39951	0.207906	4
4	0.270095	1.847162	0.171954	6

Tabel 4.12
Data Hasil Validasi Kriteria Rogers

Rogers

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ / C ₂ H ₆	C ₂ H ₆ /CH ₄	Tipe Fault
1	0.711268	0.95302	0.619543	0.419958	1
2	0.715888	0.806938	0.535109	0.30912	3
3	0.363636	1.351054	0.540902	0.265741	5
4	0.270095	1.847162	0.171954	0.085789	9

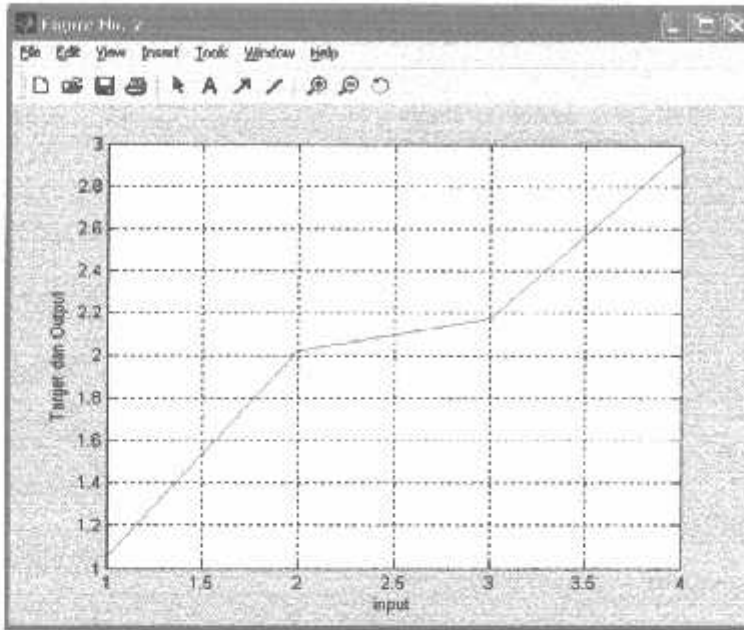
Tabel 4.13
Data Hasil Validasi Kriteria IEC

IEC

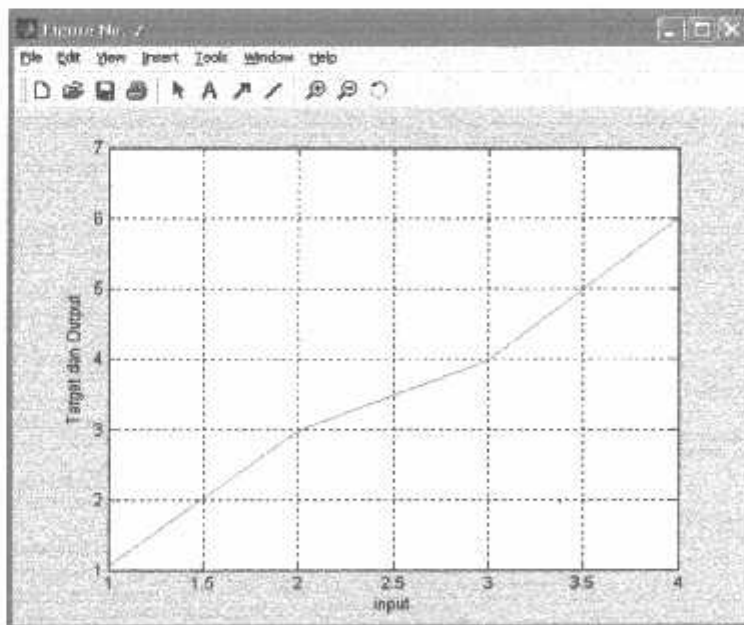
No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ / C ₂ H ₆	Tipe Fault
1	0.788136	0.947791	0.95302	1
2	0.725159	0.73676	0.564148	3
3	0.382735	1.33264	0.161554	7
4	0.270095	1.847162	0.171954	9

4.5. Uji Validasi

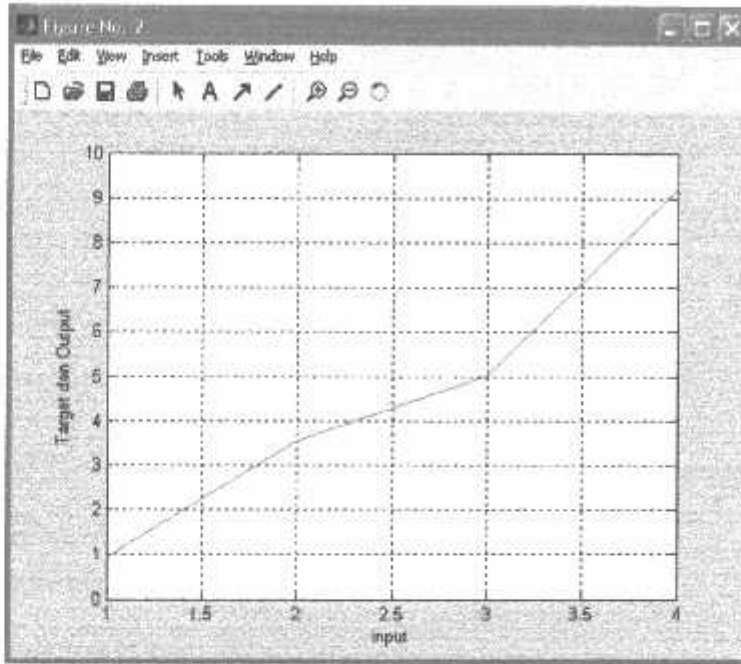
Grafik 4.5
Hasil Uji Validasi Kriteria Doernenburg



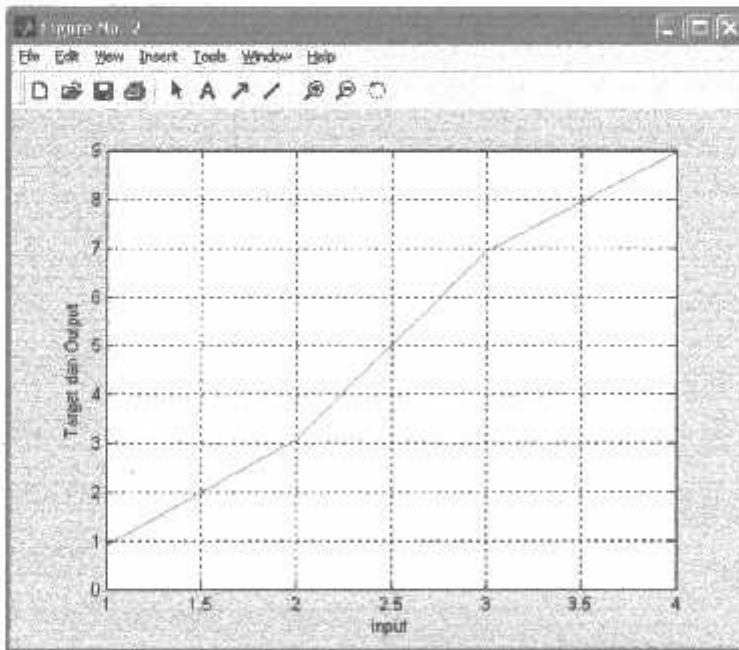
Grafik 4.6
Hasil Uji Validasi Kriteria Modified Rogers



Grafik 4.7
Hasil Uji Validasi Kriteria Rogers



Grafik 4.8
Hasil Uji Validasi Kriteria IEC



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa gas yang terlarut dalam minyak trafo dapat disimpulkan bahwa untuk tiap-tiap kriteria adalah sebagai berikut:

a. Kriteria Doernenburg:

Sampel No.1-18 dalam kondisi 1 (*thermal decomposition*) yang artinya timbul panas pada minyak trafo dan minyak trafo masih dalam kondisi normal.

Sampel No. 37-54 dalam kondisi 3 (*corona*) yang artinya terdapat gangguan efek corona dalam minyak trafo dan minyak tersebut dalam kondisi rusak dan harus diganti.

b. Kriteria Modifikasi Roger:

Sampel No. 1-8 dalam kondisi 1 (*No fault*) yang artinya minyak trafo masih dalam kondisi baik dan belum terdapat adanya gangguan.

Sampel No. 9,15,17 dan 18 dalam kondisi 2 (*150°C thermal fault*) artinya timbul gangguan panas dalam minyak trafo tetapi minyak dalam kondisi dapat digunakan.

Sampel No. 46-54 dalam kondisi 6 (*Partial Discharge*) yang artinya minyak trafo mengalami tegangan tembus dan minyak trafo harus diganti.

c. Kriteria Rogers:

Sampel No. 13-18 dalam kondisi 3 (*Continuous discharge*) maksudnya adalah bahwa minyak trafo mengalami gangguan aliran listrik dalam skala menengah tetapi tidak mengakibatkan kerusakan, sehingga minyak masih dapat digunakan.

Sampel No. 49-54 dalam kondisi 9 (*Circulating currents core and tank*) yang artinya bodi trafo mengalami sirkulasi aliran listrik yang menyebabkan kerusakan dan minyak tersebut harus diganti.

d. Kriteria IEC:

Sampel No. 7,8,11 dan 12 dalam kondisi 2 (*150^o C termal fault*) artinya timbul gangguan panas sampai 150°C pada minyak trafo tetapi minyak dalam kondisi dapat digunakan.

Sampel No. 31-36 dalam kondisi 6 (*Low energi partial discharges*) yang artinya trafo mengalami aliran listrik dalam skala kecil akan tetapi minyak masih dapat dipakai dan dilakukan pengawasan.

Sampel No. 49-54 dalam kondisi 9 (*High energi discharges*) mengakibatkan terjadinya busur api dalam skala besar di dalam trafo yang menyebabkan kerusakan sehingga minyak harus diganti.

5.2. Saran

1. PLN diharapkan memperhatikan dan melakukan pengawasan terhadap kualitas minyak trafo dalam OLTC.
2. PLN dalam melakukan pengawasan dalam pergantian minyak trafo diharapkan lebih tepat yang sesuai dengan kondisi minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sri Kusuma Dewi, "Artificial Intellegence", Graha Ilmu, Yogyakarta 2003.
 - [2]. ASTM D 3612-96, "Standart Test Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Cromatography".
 - [3]. "Annual Book of ASTM Standarts IEEE C57.104-1991", Philadelphia, USA, 1980.
 - [4]. Istigno MSc., "Analisa Gas Trafo Milik PLN Sektor Jakarta", Laporan Teknik No. 21. LTT.012..90, PLN-LMK, p-3, Jakata, 1990.
 - [5]. Dukam, James J., "Transformer Oil Diagnosis Using Fuzzy Logic and Neural Networks", Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Canada, 1993.
-

LAMPIRAN I

- ✦ *Berita Acara Ujian Skripsi*
 - ✦ *Formulir Perbaikan Skripsi*
 - ✦ *Lembar Bimbingan Skripsi*
 - ✦ *Formulir Bimbingan Skripsi*
-



BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : WELLY FIRNANDO
2. NIM : 9912208
3. NIRM : -
4. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO
5. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
6. Judul Skripsi : ANALISA PENENTUAN 4 KRITERIA KONDISI KIMIA GAS DALAM MINYAK TRAFODISTRIBUSI 150/20 KV DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK PADA GARDU INDUK KEBONAGUNG

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 22 Maret 2006
Dengan Nilai : 77,35 (B+)



Ir. Mochtar Asroni, MSME

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Irrine Budi S, ST, MT

Penguji Kedua

Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : WELLY FIRNANDO
NIM : 9912208
Masa Bimbingan : 13 Januari 2006 – 13 Juni 2006
Judul Skripsi : ANALISA PENENTUAN 4 KRITERIA KONDISI KIMIA GAS DALAM MINYAK TRAF0 DISTRIBUSI 150/20 KV DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK PADA GARDU INDUK KEBONAGUNG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	22 Maret 2006	Hasil analisa dilengkapi !	
2.	22 Maret 2006	Grafik analisa data !	
3	22 Maret 2006	Dari mana, bagaimana cara menghitung Error ?	
4	22 Maret 2006	Uji Validasi program (hasilnya) dimasukkan di Bab IV	

Disetujui

Penguji Pertama

Irrine Budi S, ST. MT

Penguji Kedua

Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : WELLY FIRNANDO
2. NIM : 9912208
3. NIRM : -
4. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO
5. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
6. Judul Skripsi : Analisa Penentuan 4 Kriteria Kondisi Kimia Gas Dalam Minyak Trafo Distribusi 150/20 KV Dengan Menggunakan Metode Neural Network Pada Gardu Induk Kebonagung
7. Pengajuan Skripsi : 13 Januari 2006
8. Penyelesaian Skripsi : 3 April 2006
9. Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT
10. Dievaluasi Dengan Nilai : 85 (Delapan Puluh Lima)

Malang, April 2006

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro









Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 103 9500 274

Disetujui
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. 103 8900 209

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : WELLY FIRNANDO
 Nim : 99.12.208
 Masa Bimbingan : 13 JANUARI 2006 – 13 JUNI 2006
 Judul Skripsi : ANALISA PENENTUAN 5 KRITERIA KONDISI KIMIA GAS
 DALAM MINYAK TRAF0 DISTRIBUSI 150/20 kV DENGAN
 MENGGUNAKAN NEURAL NETWORK PADA GARDU INDUK
 KEBONAGUNG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	23/01-2006	Konsultasi match isi & tujuan	
2.	27/01-2006	Konsultasi bab I & II	
3.	30/01-2006	Revisi bab I & II	
4.	4/02-2006	Konsultasi bab III	
5.	11/02-2006	Revisi bab III	
6.	18/02-2006	Konsultasi bab IV & V	
7.	27/02-2006	Revisi bab IV & V	
8.	02/03-2006	Acc seminar	
9.	16/03-2006	Acc Ujian	
10.			

Malang, 2006
 Dosen Pembimbing,


 (Ir. TEGUH HERBASUKI, MT)
 NIP. 1038900209

Form.S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : WELLY FIRNANDO
Nim : 99.12.208
Masa Bimbingan : 13 JANUARI 2006 - 13 JUNI 2006 *perubahan*
Judul Skripsi : ANALISA PENENTUAN 4 KRITERIA KONDISI KIMIA GAS
DALAM MINYAK TRAFODISTRIBUSI 150/20 kV DENGAN
MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK PADA
GARDU INDUK KEBONAGUNG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 2006
Dosen Pembimbing,

(Ir. TEGUH HERBASUKI, MT)
NIP. 1038900209

LAMPIRAN 2

- ✦ *Listing Program*
 - ✦ *Hasil Program*
-

Program Welly untuk Skripsi
pada Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang

```
lc
interface=ddeinit('excel','DataTA2.xls');
rain=ddereq(interface,'r4c2:r57c6');
amal=ddereq(interface,'r63c2:r66c6');
in1=0.260;
ax1=1.500;
in2=0.737;
ax2=1.876;
in3=0.090;
ax3=1.026;
in4=0.797;
ax4=2.066;
=rain(:,1);
rowT=length(x);
=train(1,:);
colT=length(x);
=ramal(:,1);
rowR=length(x);
=ramal(1,:);
colR=length(x);
inp=zeros(rowT,4);
out=zeros(rowT,1);
ram=zeros(rowR,4);
for i=1:rowT
    nnInp(i,1)=NilaiToNN(train(i,1),min1,max1);
    nnInp(i,2)=NilaiToNN(train(i,2),min2,max2);
    nnInp(i,3)=NilaiToNN(train(i,3),min3,max3);
    nnInp(i,4)=NilaiToNN(train(i,4),min4,max4);
    nnOut(i,1)=NilaiToNN(train(i,5),1,3);
end
for i=1:rowR
    nnRam(i,1)=NilaiToNN(ramal(i,1),min1,max1);
    nnRam(i,2)=NilaiToNN(ramal(i,2),min2,max2);
    nnRam(i,3)=NilaiToNN(ramal(i,3),min3,max3);
    nnRam(i,4)=NilaiToNN(ramal(i,4),min4,max4);
end
Inp=nnInp';
Out=nnOut';
Ram=nnRam';
-----
t1=newff(minmax(nnInp),[6 1],('logsig','purelin'),'trainlm');
t1.trainParam.epochs=20000;
t1.trainParam.goal=0.0001;
t1.trainParam.lr=0.3;
-----
et1.IW(1,1)={...
    };
et1.b(1,1)={...
    };
et1.LW(2,1)={...
    14.8929   -3.0147   -5.3744    1.7137    3.3007   -9.3812};
et1.b(2,1)={...
    0.9928};
-----
et1=newff(minmax(nnInp),[6 1],('logsig','purelin'),'traingdm','learnqdm');
et1.trainParam.epochs=5000;
et1.trainParam.goal=0.001;
et1.trainParam.lr=0.7;
```

```
net1.trainParam.lr_inc=1.01;  
net1.trainParam.lr_dec=0.99;  
net1.trainParam.mc=0.3;  
net1, tr]=train(net1,nnInp,nnOut);  
a=tr.epoch(end)  
=tr.perf(end)  
melihat bobot input, lapisan dan bias  
wigh_input=net1.IW(1,1)  
wigh_Bias_Input=net1.b(1,1)  
wigh_Layer=net1.LW(2,1)  
wigh_Bias_Layer=net1.b(2,1)  
=sim(net1,nnInp);  
=a';  
=NNTonilai(a,1,3);  
=zeros(rowT,1);  
for i=1:rowT  
    ta(i)=i;  
end  
target=train(:,5);  
plot(ta,target,'b-',ta,a,'r-');  
xlabel('input');  
xlabel('Target dan Output');  
legend('target','training');  
id;  
k=ddepoke(interface,'r4c7:r57c7',a);  
%amal Procedure  
sim(net1,nnRam);  
a';  
NNTonilai(a,1,3);  
=zeros(rowR,1);  
for i=1:rowR  
    ta(i)=i;  
end  
figure(2);  
plot(ta,a,'r-');  
xlabel('input');  
xlabel('Target dan Output');  
legend('target','training');  
id;  
k=ddepoke(interface,'r63c7:r66c7',a);
```

Program Welly untuk Skripsi
pada Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang

```
clc
interface=ddeinit('excel','DataTA2.xls');
train=ddereq(interface,'r72c2:r125c5');
ramal=ddereq(interface,'r131c2:r134c5');
min1=0.260;
max1=1.500;
min2=0.737;
max2=1.876;
min3=0.152;
max3=1.108;
train(:,1);
rowT=length(x);
train(1,:);
colT=length(x);
ramal(:,1);
rowR=length(x);
ramal(1,:);
colR=length(x);
Inp=zeros(rowT,3);
Out=zeros(rowT,1);
Ram=zeros(rowR,3);
for i=1:rowT
    nnInp(i,1)=NilaiToNN(train(i,1),min1,max1);
    nnInp(i,2)=NilaiToNN(train(i,2),min2,max2);
    nnInp(i,3)=NilaiToNN(train(i,3),min3,max3);
    nnOut(i,1)=NilaiToNN(train(i,4),1,6);
end
for i=1:rowR
    nnRam(i,1)=NilaiToNN(ramal(i,1),min1,max1);
    nnRam(i,2)=NilaiToNN(ramal(i,2),min2,max2);
    nnRam(i,3)=NilaiToNN(ramal(i,3),min3,max3);
end
Inp=nnInp';
Out=nnOut';
Ram=nnRam';
-----
l=newff(minmax(nnInp),[5 1],{'logsig','purelin'},'trainlm');
l.trainParam.epochs=20000;
l.trainParam.goal=0.0001;
l.trainParam.lr=0.3;
-----
l.IW{1,1}=[...
    -10.8   -6.6    3.9
    5109.4  -0.3550   2.7883
    -10.6   -6.6    4.1
    -10.5   -7.1    4.3
    43.8    13.3   -19.3];
l.b{1,1}=[...
    5.0
    -5692.4
    4.8
    4.7
    -35.1];
l.LW{2,1}=[...
    784.2    2   -1593.8   809.1   -6];
l.b{2,1}=[...
    0.8044];
-----
```

```
net1=newff(minmax(nnInp),[6 1],{'logsig','purelin'},'traingdm','learngdm');
net1.trainParam.epochs=5000;
net1.trainParam.goal=0.001;
net1.trainParam.lr=0.7;
net1.trainParam.lr_inc=1.01;
net1.trainParam.lr_dec=0.99;
net1.trainParam.mc=0.3;
net1, tr]=train(net1,nnInp,nnOut);
e=tr.epoch(end)
=tr.perf(end)
melihat bobot input, lapisan dan bias
eigh_Input=net1.IW{1,1}
eigh_Bias_Input=net1.b{1,1}
eigh_Layer=net1.LW{2,1}
eigh_Bias_Layer=net1.b{2,1}
=sim(net1,nnInp);
'a';
=NNTToNilai(a,1,6);
i=zeros(rowT,1);
for i=1:rowT
    ta(i)=i;
end
urget=train(:,4);
ot(ta,target,'b-',ta,a,'r-');
abel('input');
abel('Target dan Output');
gend('target','training');
'id;
k=ddepoke(interface,'r72c6:r125c6',a);
lamaI Procedure
sim(net1,nnRam);
'a';
NNTToNilai(a,1,6);
=zeros(rowR,1);
r i=1:rowR
    ta(i)=i;
end
gure(2);
ot(ta,a,'r-');
abel('input');
abel('Target dan Output');
gend('target','training');
'id;
k=ddepoke(interface,'r131c6:r134c6',a);
```

rogram Welly untuk Skripsi
da Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang

```
interface=ddeinit('excel','DataTA2.xls');
in=ddereq(interface,'r140c2:r193c6');
al=ddereq(interface,'r199c2:r202c6');
l=0.260;
l=1.500;
2=0.737;
2=1.876;
3=0.152;
3=1.108;
4=0.080;
4=1.026;
rain(:,1);
T=length(x);
rain(1,:);
T=length(x);
amal(:,1);
R=length(x);
amal(1,:);
R=length(x);
np=zeros(rowT,4);
ut=zeros(rowT,1);
am=zeros(rowR,4);
i=1:rowT
nnInp(i,1)=NilaiToNN(train(i,1),min1,max1);
nnInp(i,2)=NilaiToNN(train(i,2),min2,max2);
nnInp(i,3)=NilaiToNN(train(i,3),min3,max3);
nnInp(i,4)=NilaiToNN(train(i,4),min4,max4);
nnOut(i,1)=NilaiToNN(train(i,5),1,9);

i=1:rowR
nnRam(i,1)=NilaiToNN(ramal(i,1),min1,max1);
nnRam(i,2)=NilaiToNN(ramal(i,2),min2,max2);
nnRam(i,3)=NilaiToNN(ramal(i,3),min3,max3);
nnRam(i,4)=NilaiToNN(ramal(i,4),min4,max4);

ip=nnInp';
it=nnOut';
am=nnRam';
-----
l=newff(minmax(nnInp),[6 1],('logsig','purelin'),'trainlm');
l.trainParam.epochs=20000;
l.trainParam.goal=0.0001;
..trainParam.lr=0.3;
-----

i1=newff(minmax(nnInp),[6 1],('logsig','purelin'),'traingdm','learnqdm');
i1.trainParam.epochs=5000;
i1.trainParam.goal=0.001;
i1.trainParam.lr=0.7;
i1.trainParam.lr_inc=1.01;
i1.trainParam.lr_dec=0.99;
i1.trainParam.mc=0.3;
[i,tr]=train(net1,nnInp,nnOut);
x.epoch(end)
i.perf(end)
lihat bobot input, lapisan dan bias
```

```
High_Input=net1.IW{1,1}
High_Bias_Input=net1.b{1,1}
High_Layer=net1.LW{2,1}
High_Bias_Layer=net1.b{2,1}
=sin(net1,nnInp);
=a';
NNTONilai(a,1,9);
=zeros(rowT,1);
for i=1:rowT
    ta(i)=i;
end
d
rget=train(:,5);
plot(ta,target,'b-',ta,a,'r-');
abel('input');
abel('Target dan Output');
gend('target','training');
id;
k=ddepoke(interface,'r140c7:r193c7',a);
ama Procedure
sim(net1,nnRam);
a';
NNTONilai(a,1,9);
=zeros(rowR,1);
for i=1:rowR
    ta(i)=i;
end
1
figure(2);
plot(ta,a,'r-');
abel('input');
abel('Target dan Output');
gend('target','training');
d;
=ddepoke(interface,'r199c7:r202c7',a);
```

Program Welly untuk Skripsi
pada Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang

```

lc
interface=ddeinit('excel','DataTA2.xls');
rain=ddereq(interface,'r208c2:r261c5');
amal=ddereq(interface,'r267c2:r270c5');
in1=0.260;
ax1=1.500;
in2=0.737;
ax2=1.876;
in3=0.152;
ax3=1.108;
=train(:,1);
rowT=length(x);
=train(1,:);
colT=length(x);
=ramal(:,1);
rowR=length(x);
=ramal(1,:);
colR=length(x);
Inp=zeros(rowT,3);
Out=zeros(rowT,1);
Ram=zeros(rowR,3);
for i=1:rowT
    nnInp(i,1)=NilaiToNN(train(i,1),min1,max1);
    nnInp(i,2)=NilaiToNN(train(i,2),min2,max2);
    nnInp(i,3)=NilaiToNN(train(i,3),min3,max3);
    nnOut(i,1)=NilaiToNN(train(i,4),1,9);
end
for i=1:rowR
    nnRam(i,1)=NilaiToNN(ramal(i,1),min1,max1);
    nnRam(i,2)=NilaiToNN(ramal(i,2),min2,max2);
    nnRam(i,3)=NilaiToNN(ramal(i,3),min3,max3);
end
Inp=nnInp';
Out=nnOut';
Ram=nnRam';
-----
:1=newff(minmax(nnInp),[5 1],{'logsig','purelin'},'trainlm');
:1.trainParam.epochs=20000;
:1.trainParam.goal=0.0001;
:1.trainParam.lr=C.3;
-----
:1.IW{1,1}=[...
    -91.2827  -20.8223   0.8907
     7.4280   5.9718   9.5909
    -9.6069   1.5454  -11.1042
    -1.2817  -3.9976  -2.1008
    32.8629  -7.0006   8.5476];
:1.b{1,1}=[...
     72.3425
    -8.3246
     10.2945
     1.8598
    15.4417];
:1.LW{2,1}=[...
    -5.9354  -14.6598  -12.9075  -2.9991   6.0688];
:1.b{2,1}=[...
     15.6850];
-----

```


Results may be inaccurate. RCOND = 5.573509e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.550213e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.549998e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.527136e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.526914e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.504149e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.503932e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.481726e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 5.481517e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.443861e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.458943e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.437503e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.437282e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.437258e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.436780e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.434613e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65

```
TRAINLM, Epoch 4125/20000, MSE 0.00456339/0.0001, Gradient 0.114601/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.413068e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.412865e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.391564e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.391361e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.370348e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.370152e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.335895e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.349141e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
```

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.328632e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.328446e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.303980e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.307874e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.282465e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.287726e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.265632e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.267517e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.248165e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.247979e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.228176e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.227997e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.227978e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.227996e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.226094e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.206886e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

```
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.206724e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.179734e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.187647e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
TRAINLM, Epoch 4150/20000, MSE 0.00456338/0.0001, Gradient
0.0992186/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.168840e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.168662e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.150227e-019.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.150058e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.131559e-019.
```

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.131396e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.110354e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.113332e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.095027e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.094861e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.094843e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.094853e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.093091e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.045586e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.074837e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.057640e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.057481e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.036870e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.039897e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.022804e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.022643e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.005493e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 5.005339e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 4.988706e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 4.988557e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 4.971577e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 4.971425e-018.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
TRAINLM, Epoch 4175/20000, MSE 0.00456338/0.0001, Gradient
0.0634251/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 4.955417e-019.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65

```
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 4.955262e-018.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 4.955246e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\Doernenburg.m at line 65
TRAINLM, Epoch 4187/20000, MSE 0.00456338/0.0001, Gradient 1.81748e-
006/1e-010
TRAINLM, Maximum MU reached, performance goal was not met.
```

ke =

4187

E =

0.0046

Weigh_Input =

5.0026	5.8898	1.0122	-2.0784
13.2148	-0.0833	3.0808	7.4727
11.8852	6.2371	-0.9955	-13.5586
10.1083	-8.8411	-19.8999	7.5945
13.0774	-0.1296	3.0931	7.4936
9.9600	7.1730	-4.8192	-9.0062

Weigh_Bias_Input =

-1.3906
-8.2993
1.2101
-12.6058
-8.2738
2.5964

Weigh_Layer =

1.0e+003 *

Columns 1 through 5

0.0048 1.8597 0.0093 1.8669 -1.8689

Column 6

-0.0127

Weigh_Bias_Layer =

7.8025

>>

Hasil Listing Kriteria Modifikasi Rogers

TRAINLM, Epoch 0/20000, MSE 27.5447/0.0001, Gradient 80767.3/1e-010
TRAINLM, Epoch 25/20000, MSE 0.00681935/0.0001, Gradient 0.0007638/1e-010

Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 6.768871e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)

> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278

In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69

TRAINLM, Epoch 50/20000, MSE 0.00681935/0.0001, Gradient 0.000877539/1e-010

Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 6.751394e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)

> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278

In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69

TRAINLM, Epoch 75/20000, MSE 0.00681935/0.0001, Gradient 0.00055418/1e-010

Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 6.282136e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)

> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278

In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69

Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 6.264405e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)

> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278

In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69

TRAINLM, Epoch 100/20000, MSE 0.00681934/0.0001, Gradient 0.000514053/1e-010

Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 6.686479e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)

> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278

In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69

Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.

Results may be inaccurate. RCOND = 6.676581e-017.

(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)

> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318

In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278

In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69

```
TRAINLM, Epoch 125/20000, MSE 0.00681934/0.0001, Gradient
0.00751529/1e-010
TRAINLM, Epoch 150/20000, MSE 0.00681934/0.0001, Gradient
0.000446669/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.211621e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
TRAINLM, Epoch 175/20000, MSE 0.00681933/0.0001, Gradient
0.000803065/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.630532e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.611897e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
TRAINLM, Epoch 200/20000, MSE 0.00681933/0.0001, Gradient
0.000174048/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.602521e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
TRAINLM, Epoch 225/20000, MSE 0.00681933/0.0001, Gradient
0.00013622/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.577447e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.559478e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
TRAINLM, Epoch 250/20000, MSE 0.00681932/0.0001, Gradient 0.0126637/1e-
010
```

```
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.541317e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
TRAINLM, Epoch 275/20000, MSE 0.00681932/0.0001, Gradient
0.000137214/1e-010
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.525993e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
Warning: Matrix is close to singular or badly scaled.
Results may be inaccurate. RCOND = 6.508316e-017.
(Type "warning off MATLAB:nearlySingularMatrix" to suppress this warning.)
> In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\trainlm.m at line 318
In C:\MATLAB6p5p1\toolbox\nnet\nnet\@network\train.m at line 278
In G:\My Privacy\DGA Asli\ModifiedRogers.m at line 69
TRAINLM, Epoch 300/20000, MSE 0.00681932/0.0001, Gradient
0.000119233/1e-010
TRAINLM, Epoch 301/20000, MSE 0.00681932/0.0001, Gradient
0.000120991/1e-010
TRAINLM, User stop.
```

ke =

301

E =

0.0068

Weigh_Input =

1.0e+003 *

-0.0126	-0.0061	0.0068
5.1094	-0.0004	0.0028
-0.0127	-0.0063	0.0071
-0.0129	-0.0065	0.0074
0.0419	0.0130	-0.0200

Weigh_Bias_Input =

1.0e+003 *

0.0043

-5.6924

0.0043

0.0044

-0.0366

Weigh_Layer =

1.0e+003 *

0.8051 0.0020 -1.6265 0.8217 -0.0048

Weigh_Bias_Layer =

0.3385

>>

Hasil Listing Kriteria Rogers

TRAINLM, Epoch 0/20000, MSE 0.721857/0.0001, Gradient 79.3325/1e-010
TRAINLM, Epoch 25/20000, MSE 0.00305772/0.0001, Gradient 0.182338/1e-010
TRAINLM, Epoch 50/20000, MSE 0.00198887/0.0001, Gradient 0.005201/1e-010
TRAINLM, Epoch 75/20000, MSE 0.00115229/0.0001, Gradient 0.0582282/1e-010
TRAINLM, Epoch 100/20000, MSE 0.000625499/0.0001, Gradient 0.0318157/1e-010
TRAINLM, Epoch 125/20000, MSE 0.000422649/0.0001, Gradient 0.00671686/1e-010
TRAINLM, Epoch 150/20000, MSE 0.000338558/0.0001, Gradient 0.00717397/1e-010
TRAINLM, Epoch 151/20000, MSE 0.000338334/0.0001, Gradient 0.00667356/1e-010
TRAINLM, User stop.

ke =

151

E =

3.3833e-004

Weigh_Input =

-2.6885	25.4470	11.3653	5.1881
-2.9865	6.3326	12.2185	-16.3176
-8.4351	12.7658	-15.5547	36.6186
-5.6716	5.7901	9.9796	-12.5486
-8.1136	4.5998	-15.7451	-28.3490
29.1346	28.7295	30.2786	-1.5260

Weigh_Bias Input =

-12.7929
-3.8112
-5.1284
-3.1513
37.5133
-50.3847

Weigh_Layer =

Columns 1 through 5

-1.2771 14.9457 1.1763 -13.6432 -17.4763

Column 6

-17.3722

Weigh_Bias_Layer =

17.4692

>>

Hasil Listing Kriteria IEC

TRAINLM, Epoch 0/20000, MSE 6.57328/0.0001, Gradient 167.17/1e-010
TRAINLM, Epoch 25/20000, MSE 0.00359998/0.0001, Gradient 0.572683/1e-010
TRAINLM, Epoch 50/20000, MSE 0.00293653/0.0001, Gradient 0.865673/1e-010
TRAINLM, Epoch 75/20000, MSE 0.00236698/0.0001, Gradient 0.0544243/1e-010
TRAINLM, Epoch 100/20000, MSE 0.00176468/0.0001, Gradient 0.0926751/1e-010
TRAINLM, Epoch 125/20000, MSE 0.00173605/0.0001, Gradient 0.0172053/1e-010
TRAINLM, Epoch 150/20000, MSE 0.0016893/0.0001, Gradient 0.00234253/1e-010
TRAINLM, Epoch 175/20000, MSE 0.00117359/0.0001, Gradient 0.344825/1e-010
TRAINLM, Epoch 176/20000, MSE 0.00112514/0.0001, Gradient 0.184327/1e-010
TRAINLM, User stop.

ke =

176

E =

0.0011

Weigh_Input =

-482.3854 -423.1042 -65.2504
11.5968 12.1836 3.1355
-39.3692 -47.0705 -18.4780
-31.4855 -38.0770 3.4330
-51.1544 -13.5116 -107.3336

Weigh_Bias_Input =

431.2556
-12.1638
45.5716
32.0420
101.2733

Weigh_Layer =

-0.3034 -2.4455 -0.7933 -0.7390 0.2283

Weigh_Bias_Layer =

2.4428

>>

LAMPIRAN 3

- ✦ *Referensi Journal*
 - ✦ *Surat balasan Survei dari PT. PLN (Persero) P3B
Region Jawa Timur dan Bali*
 - ✦ *Surat Pernyataan*
 - ✦ *Dan Lain-lain*
-

A Comparative Study of Neural Network Efficiency in Power Transformers Diagnosis Using Dissolved Gas Analysis

J. L. Guardado, J. L. Naredo, *Member, IEEE*, P. Moreno, and C. R. Fuerte, *Member, IEEE*

Abstract—This paper presents a comparative study of neural network (NN) efficiency for the detection of incipient faults in power transformers. The NN was trained according to five diagnosis criteria commonly used for dissolved gas analysis (DGA) in transformer insulating oil. These criteria are Doernenburg, modified Rogers, Rogers, IEC and CSUS. Once trained, the neural network was tested by using a new set of DGA results. Finally, NN diagnosis results were compared with those obtained by inspection by an analyst. The study shows that NN rate of successful diagnosis is dependant on the criterion under consideration, with rates in the range of 87–100%.

Index Terms—Fault diagnosis, neural networks, power transformer testing.

I. INTRODUCTION

POWER system reliability improves when transformer incipient faults are detected and eliminated before they deteriorate to a severe state. This has been acknowledged for a long time and several efforts have been made in the development of transformer diagnostic techniques [1]–[4].

Incipient transformer faults lead to electrical and thermal stresses on insulating materials (arcing, corona discharges, aging, overheating). As a result of these stresses insulating materials can breakdown and several gases are released. The analysis of these gases provides useful information about fault conditions and the type of materials involved [5]. However, this is not an easy task because gases concentration is dependant on several transformer variables like loading, construction type, oil volume, pre-fault conditions, etc. DGA in transformer insulating oil is a well-known diagnostic technique in the industry and several criteria have been established. In México, the more common criteria used are Doernenburg [6], modified Rogers [6], Rogers [7], IEC [1] and CSUS. The fault detection procedure basically involves a process of association and pattern recognition on which the analyst's experience and ability are important for a reliable diagnosis. However, field experience has shown that these criteria can lead to different fault diagnosis. Therefore, the search for a reliable method for incipient fault detection in power transformers using DGA is still a topic of interest in many utilities.

Neural networks have been used extensively in applications where pattern recognition is needed [9]–[11]. They are adaptive, capable of handling highly nonlinear relationships and also to generalize solutions for a new set of data [12]. In fact, a NN does not need a predefined correspondence function, which means that there is no need for a physical model. Following this approach, incipient fault detection in power transformers using NN can be reduced to an association process of inputs (patterns of gases concentration) and outputs (fault type).

Some studies have reported the use of neural networks and DGA samples for incipient fault detection in power transformers [13], [14]. These initial experiences are based on a neural network trained with a fixed diagnosis criterion and a few DGA samples. As far as the authors are concerned, there is no study about neural network efficiency using several diagnosis criteria.

In this paper, a comparative study of neural network efficiency for incipient fault detection in power transformer is presented. The neural network was trained according to five DGA criteria commonly used in the industry, some of them normalized. The aim is to assess NN performance using these criteria and samples of DGA. The results of this study are useful in the development of a reliable transformer diagnostic system using NN. The basic steps for problem solving are the definition of input/output patterns, neural network training and configuration, and finally the assessment of neural network performance with known and unknown patterns.

II. INPUT AND OUTPUT PATTERNS

Neural network training requires the definition of input and output patterns. Input patterns are obtained from samples of DGA. For each input pattern there exists an output pattern which describes the fault type for a given diagnosis criterion. Both patterns constitute a NN training set. In case NN training is slow or shows little convergence, then both patterns are poorly correlated or they are not correct. This study used five key gases, all of them combustible: Hydrogen (H_2), Methane (CH_4), Ethylene (C_2H_4), Ethene (C_2H_6) and Acetylene (C_2H_2). Input and output patterns for each diagnosis criterion are defined as follows:

Doernenburg: The input pattern is a vector with four elements defined by the following relationships:

$$[x] = [CH_4/H_2, C_2H_2/C_2H_4, C_2H_2/CH_4, C_2H_6/C_2H_2]^T$$

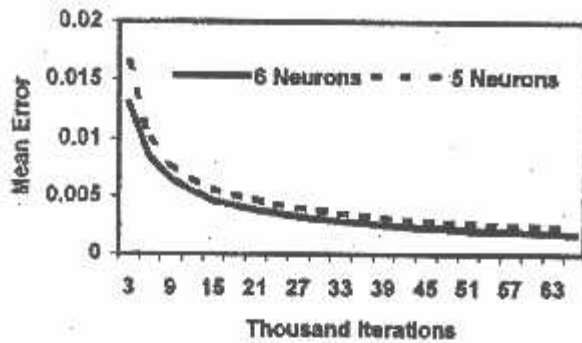
The output pattern is a vector with five elements according to the transformer conditions shown in Table I. For example,

Manuscript received December 7, 1999.

J. L. Guardado and C. R. Fuerte are with ITM, PO Box 262, Morelia Mich., México (e-mail: lguarda@prodigy.net.mx).

J. L. Naredo and P. Moreno are with CINVESTAV, CP 45090 Gualajuato Jal., México.

IEEE Paper Identifier S 0885-8977(01)08497-7.



5. Mean error trend for CSUS criterion during NN training.

relationships but on individual concentrations in ppm. This facilitates NN pattern recognition because input/output relationships are less nonlinear.

IV. POWER TRANSFORMER DIAGNOSIS

An assessment of neural network performance for the five diagnosis criteria was carried out. Initially, input vectors were so used during training and therefore the neural network knew them. Later, a new set of 33 unknown input vectors was used. In both cases the neural network generates an output vector with the fault type according to the diagnosis criterion under consideration. In order to determine neural network success, these results were compared with those obtained by a section and an analyst.

Neural Network Assessment for Known Input Vectors

The number of samples was variable during NN training. The input vectors that better describe fault types for each diagnosis criterion were selected for training and later for testing with known data. Table I shows the results of transformer diagnosis using the Doernenburg criterion. For this particular case efficiency for known data is 100%. The high rate of success can be explained by the fact that the neural network knew these

Table II shows neural network results using the modified Rogers criterion. In this case neural network efficiency is 98.88%. It is clear that the undetermined fault condition improved on increasing neural network success rate. This is defined as a fault condition whose pattern is not clearly identified by the neural network, but however exists. Table III shows neural network results using Rogers criterion. In this case neural network efficiency is also high, around 98.88%.

On the other hand, Tables IV and V show neural network results using IEC and CSUS criteria respectively. In both cases neural network efficiency is 100%. In the CSUS criterion the undetermined fault condition was not defined in the list of fault types. Nevertheless, a high rate of transformer diagnosis success was obtained for this criterion.

Neural Network Assessment for Unknown Input Vectors

Thirty-three new input vectors were used for neural network training. The neural network did not know these vectors. Table VI shows neural network efficiency for the five diagnosis criteria under consideration. Neural network diagnosis was not considered

TABLE VI
NEURAL NETWORK EFFICIENCY FOR THE FIVE DIAGNOSIS CRITERIA UNDER STUDY

Diagnosis Criteria	Number of Samples	Successful Diagnosis		Efficiency (%)
		Yes	No	
Doernenburg	33	30	3	90.91
Modified Rogers	33	29	4	87.88
Rogers	33	30	3	90.91
IEC	33	31	2	93.94
CSUS	33	33	0	100

TABLE VII
GASES CONCENTRATION FOR EACH CASE UNDER CONSIDERATION IN PPM

Gases	Case 1	Case 2
Hydrogen, H ₂	9474	97
Methane, CH ₄	4066	95
Ethylene, C ₂ H ₄	6552	164
Ethane, C ₂ H ₆	353	44
Acetylene, C ₂ H ₂	12997	0

TABLE VIII
NEURAL NETWORK DIAGNOSIS

Diagnosis Criteria	Case 1	Case 2
Doernenburg	Arc PD high intensity	Normal unit
Modified Rogers	Arc PD high energy	Overheating low temp.
Rogers	Arc sustained	Circulant currents in core and tank
IEC	Arc high energy	Overheating < 150 °C
CSUS	Arc	Severe overheating

accurate when: output vector presents two different diagnosis, diagnosis is not correct and when there is no clear trend on neural network output vector.

Table VI shows that neural network efficiency for this set of input vectors is in the range of 87–100%, which is considered acceptable. In this sense, the network is capable of handling unknown samples (generalization). The CSUS diagnosis criterion obtained the highest efficiency, which may be due to the fact that this criterion is based on gases individual concentrations in ppm. It seems to be that the neural network recognizes easily this type of representation. This result was also expected because of the low mean error during training.

Regarding neural network unsuccessful diagnosis they presented the following characteristics: four of them did not present a clear trend on neural network output vector, another one presented two different diagnosis and seven presented an incorrect diagnosis.

C. Transformer Diagnosis Examples

Two particular cases are presented in this paper. Table VII shows gases concentrations for both examples. On the other hand, Table VIII shows neural network results for each case using the five diagnosis criteria under consideration.

In the first case the five diagnosis criteria under consideration agree: an arc fault. This unique result is obtained when gases

concentrations are inside boundaries clearly defined on each diagnosis criterion.

In the second case only four criteria are coincident. The diagnosis is overheating between low and severe. This is due to the fact that Ethylene, a key gas, reaches a high concentration, which indicates severe overheating. On the other hand, neural network diagnosis using Doernenburg criterion does not agree and indicates a normal unit condition. This situation arises when gas concentrations are close to the boundary between two faults, or a fault and a normal condition. Under these circumstances the neural network gets confused and selects an output that is not correct, at least for this particular case.

V. CONCLUSION

A comparative study on neural network efficiency for incipient fault detection on power transformer has been presented. A neural network was trained on five diagnosis criteria commonly used in the industry. It is shown that a neural network configuration based on three layers and a few neurons in the hidden layer is suitable for incipient fault detection in power transformers. The number of neurons is dependant on the diagnosis criterion under consideration. In order to reach a high rate of success, reliable information during training and testing is needed.

The comparative study shows that neural network efficiency dependant on the criterion under consideration with values in range of 87–100%. NN diagnosis based on the CSUS criterion reached the highest efficiency for unknown data, 100%. It seems to be that this is due to the fact that this diagnosis criterion is based on individual gases concentrations, which leads to nonlinear relationships between input and output vectors. This facilitates neural network training and pattern recognition. IEC criterion also obtained a high rate of success, 93.94%. These results have to be considered in the development of future transformer diagnostic system based on neural networks.

A transformer diagnostic system based on neural networks trained on several diagnosis criteria is quite useful for large plants with a great number of power transformers. The neural network can be used as a tool to analyze DGA samples using several diagnosis criteria in a short period of time. An abnormality in transformer diagnosis can be detected easily and the operator can dedicate additional time to solve difficult cases. The overall scheme of transformer diagnosis using NN and several DGA criteria would increase system reliability.

Several topics have to be addressed in the future in order to develop a transformer diagnosis system based on NN and DGA. First, an assessment of neural network efficiency with a greater number of samples is needed. It is expected that this study will increase NN efficiency during testing. In addition, difficult cases require some of the several diagnosis criteria do not coincide requires additional research work. Finally, the evolution of gases concentration with time has to be incorporated in future neural networks schemes.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the national utility Comisión Federal de Electricidad, CFE, for providing useful information for the development of this paper.

REFERENCES

- [1] IEC Publication 599, "Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service," First Edition 1978.
- [2] E. P. Dick and C. C. Ervon, "Transformer diagnostic testing by frequency response analysis," *IEEE Trans. PAS*, vol. 97, no. 6, Nov./Dec. 1978.
- [3] L. E. Lundgard, W. Hansen, and K. Durson, "Location of discharges in power transformers using external acoustic sensors," in *ISH Conference, New Orleans, 1989*, Paper 15.05.
- [4] Y. C. Huang, H. T. Yang, and C. L. Huang, "Developing a new transformer fault diagnosis system through evolutionary fuzzy logic," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 12, no. 2, Apr. 1997.
- [5] J. Kelly, "Transformer fault diagnosis by dissolved gas analysis," *IEEE Trans. Industry Applications*, vol. 16, no. 6, Nov./Dec. 1980.
- [6] *IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers*, ANSI/IEEE Standard C57.104-1991.
- [7] *IEEE Guide for the Detection and Determination of Gases in Oil-Immersed Transformers and Their Relationship to the Serviceability of the Equipment*, ANSI/IEEE Standard C57.104-1978.
- [8] S. D. Myers, J. Kelly, and R. H. Parrish, *A Guide to Transformer Maintenance*. Ohio, USA, 1981, ch. 4, pp. 323-388.
- [9] Sánchez and Lau, *Artificial Neural Networks*. New York, USA: IEEE Press, 1992.
- [10] L. Haykin, *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*. Montreal, Canada: Macmillan College Publishing Company Inc., 1994.
- [11] J. Hillera and V. Martinez, *Redes Neuronales Artificiales*. Addison-Wesley Iberoamérica, RA-MA, 1995.
- [12] P. Hammestrom, "Neural networks at work," *IEEE Spectrum*, June 1993.
- [13] S. K. Bhattacharya, R. E. Smith, and T. A. Huskev, "A neural network approach to transformer fault diagnosis using dissolved gas analysis data," in *North America Power Symposium*, 1993.
- [14] X. Ding, E. Yao, Y. Liu, and P. J. Griffin, "ANN based transformer fault diagnosis using gas-in-oil analysis," in *North America Power Symposium (NAPS)*, 1994.
- [15] R. Aggrawal and Y. Song, "Artificial neural networks in power systems," *Power Engineering Journal*, June 1997.

J. L. Guardado was born in Los Mochis, México, in 1959. He received the B.Sc. degree from UMSNH in 1983, the M.Sc. (1986) and Ph.D. (1989) degrees in electrical engineering from UMIST, Manchester, UK. He joined the IIE (Instituto de Investigaciones Eléctricas) in 1983 working in the modeling of switching transients in transmission lines and electrical equipment. He is actually with ITM, Morelia Mich., México.

J. L. Naredo was born in Puebla, México, in 1953. He received the B.Sc. degree from Universidad Anáhuac in 1984, the M.Sc. (1987) and Ph.D. (1992) degrees in electrical engineering from UBC, Vancouver, Canada. From 1978 to 1982, Dr. Naredo was with the IIE. Since July 1994, he is with CINVESTAV, Guadalajara, México.

P. Moreno was born in Cuernavaca, México, in 1961. He received the B.Sc. degree (1985) from UNAM, the M.Sc. degree (1988) from ITESM and the Ph.D. (1997) degree in electrical engineering from Washington State University, Seattle, USA. From 1985 to 1998, Dr. Moreno was with the IIE. Since 1998, he is with CINVESTAV, Guadalajara, México.

C. R. Fuerte received his B.Sc. degree (1990) from the Instituto Tecnológico de Morelia (ITM), México, the M.Sc. degree (1993) from the Instituto Politécnico Nacional (IPN), México and his Ph.D. degree (1997) from the University of Glasgow, Scotland, UK. Since 1993, he is a lecturer at the ITM.



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunling) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN- 724 /III.TA/2/06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 14 Januari 2006

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. PLN (Persero) Distribusi Jatim
Area Pelayanan Malang
Jl. Basuki Rahmat No. 100
Di - Malang

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan Judul : Analisa Penentuan 5 Kriteria Kondisi Kimia Gas Dalam Minyak Trafo Distribusi 150/20KV Dengan Menggunakan Metode Neural Network Pada Gardu Induk Kebon Agung


Mahasiswa tersebut Adalah :

Welly Firnando Nim. 99.12.208

Adapun lamanya Survey adalah : 14 Hari

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

DEKAN
Fakultas Teknologi Industri



IF. Mochtar Asroni, MSME
Nip. Y.1018100036

PT. PLN (PERSERO)

DISTRIBUSI JAWA TIMUR

AREA PELAYANAN & JARINGAN MALANG

JL. BASUKI RAHMAD NO. 100 MALANG 651111



Certificate No.: QSC

00475

0341 - 326034 (Hunting)

Facsimile : 0341 - 362046

Nomor : 0127 / 330 / APJ-MLG / 2006
Surat Sdr.No : ITN - 724 / III.TA / 2 / 06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 26 Januari 2006

Kepada
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Jl. RAYA KARANGLO, Km 2
Di
MALANG

Menjawab surat Saudara nomor ITN - 724 / III.TA / 2 / 06 pada tanggal 14 Januari 2006 perihal tersebut diatas, dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengizinkan siswa Saudara atas nama :

WELLY FIRNANDO

NIM 99.12.208

Untuk melaksanakan Survey di PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang mulai tanggal 26 Januari 2006 sampai dengan 03 Februari 2006 dengan catatan PLN hanya memberikan data yang **TIDAK BERSIFAT RAHASIA**.

Sebelumnya diminta agar siswa tersebut mengisi surat pernyataan, dilengkapi dengan pas photo ukuran 3 X 4 Cm di SDM & Administrasi PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang.

Demikian agar menjadikan maklum.



Tembusan :

1. Supervisor terkait
2. Manajer Unit Jaringan Malang



**PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI
REGION JAWA TIMUR & BALI**

Jalan Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257
Telepon : (031) 7882113, 7882114
Kotak Pos : 4119 SBS

Facsimile : (031) 7882578, 7881024
E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

Website : www.pln-jawa-bali.co.id

Nomor : *478* /330/RJTB/2006
Surat Sdr. No. : ITN- 663/III.TA/2/2006
Lampiran : 1 (satu) Lampiran
Perihal : Ijin survey

14 FEB 2006

Kepada

Yth. : Dekan Fakultas Teknik
Institut Teknologi Nasional Malang
di
MALANG .-

Menunjuk surat Saudara Nomor : ITN- 663/III.TA/2/2006 tanggal 28 Desember 2005 Perihal : Survey, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

- ARDI ARIYANTO Nim : 99.12.141
- ARMANSYAH Nim : 99.12.191
- WELLY FIRNANDO Nim : 99.12.208

Untuk melakukan survey pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali UPT Malang, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermaterai Rp. 6.000.-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan / ketentuan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jatim & Bali UPT Malang, sehingga faktor-faktor kerahasiaan harus benar - benar diutamakan.
3. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
4. Buku Laporan Kerja Praktek Mahasiswa tersebut agar dikirimkan kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali 1 (satu) buah.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang SDM & Administrasi.

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

*ibu R telah dibantu seperlunya dan koordinasi dg P. Waljubi Rusli
Sa GI Kebonagung*



Tembusan Yth. :

1. M.SDMO PLN P3B.
2. M.UPT Malang
3. Sdr. Ardi Ariyanto Cs.

SURAT PERNYATAAN

bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : WELLY FIRNANDO
Wanita : PRIA
Tempat / Tanggal lahir : JAKARTA, 3 OKTOBER 1979
Alamat / No. telepon : JL PONDOK ALAM SIGURA - GURA B 5/4
MALANG, (0341) 7723452
Pekerjaan : MAHASISWA

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang terjadi pada instalasi peralatan milik PLN selama melakukan Training/ Praktek Kerja/ Riset pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, yang telah mendapat ijin dari PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;

Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya, semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan, karena kelalaian saya ;

Saya akan segera mematuhi semua petunjuk - petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;

Saya sanggup tidak membocorkan hal - hal yang bersifat rahasia perusahaan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan yang saya peroleh dalam Training/ Praktek Kerja/ Riset, dan tidak saya pergunakan untuk hal - hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali

5. Saya sanggup menanggung sendiri segala sesuatu untuk keperluan Training/ Praktek Kerja/ Riset termasuk biaya perjalanan, penginapan makan dan sebagainya ;
6. Saya sanggup menyerahkan 1 (satu) buah buku laporan Training/ Praktek Kerja/ Riset kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang SDMAD PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas Training/ Praktek Kerja/ Riset.
7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, dan saya sanggup tidak meninggalkan tugas kedinasan selama Training/ Praktek Kerja/ Riset.

Surabaya, 8 Februari 2006
Yang membuat pernyataan



WELLY FIRNANDO