

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK (S-1)**



**ANALISA GAS KIMIA DALAM MINYAK TRAFODAYA
150/20 KV MENGGUNAKAN METODE INTELLIGENT
NEURAL NETWORK**

SKRIPSI

**Disusun Oleh :
ARDI ARISYANTO
NIM : 99.12.141**

MARET 2006



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSERVASI TEKNIK ENERGI LISTRIK (S-1)

ANALISA GAS KIMIA DALAM MINYAK TRATO DAYA
15020 KA MENGGUNAKAN METODE INTELLIGENT
NEURAL NETWORK

SKRIPSI

Dibaca oleh :

ARDI ARISYANTO

NIM : 22.12.141



MARET 2024

LEMBAR PERSETUJUAN

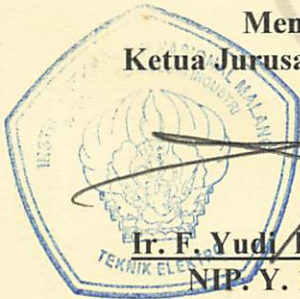
ANALISA GAS KIMIA DALAM MINYAK TRAFODAYA 150/20 KV MENGGUNAKAN METODE *INTELLIGENT NEURAL NETWORK*

SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :
ARDI ARISYANTO
NIM : 99.12.141

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 103 8900 209

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat karunia dan hidayah serta izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :

“ANALISA GAS KIMIA DALAM MINYAK TRAFODAYA 150/20 KV MENGUNAKAN METODE INTELLIGENT NEURAL NETWORK”

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan program studi strata satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Dan penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, tiada gading yang tak retak. Tidak ada sesuatu di dunia ini yang sempurna, demikian juga buku ini. Namun demikian penulis tetap berharap semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat diharapkan.

Malang, Maret 2006

Penulis

ABSTRAKSI

ANALISA GAS KIMIA DALAM MINYAK TRAF0 DAYA 150/20 KV MENGUNAKAN METODE INTELLIGENT NEURAL NETWORK

(Ardi Arisyanto, 99.12.141, Teknik Elektro Energi Listrik, Maret 2006)

(Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT)

Kata Kunci : Transformator, Dissolved Gas Analysis (DGA), Artificial Neural Network (ANN), Evolutionary Algorithm (EA).

Analisis gas terlarut (DGA) dalam minyak trafo merupakan sebuah teknik yang bermanfaat untuk mendeteksi kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam minyak trafo. Beragam standar konvensional terus dikembangkan untuk menginterpretasikan hasil-hasil gas terlarut yang diperoleh dari sebuah alat khromatograf. Skripsi ini memperkenalkan sebuah metode kecerdasan baru yaitu *Intelligent Neural Network* yang merupakan gabungan dari Artificial Neural Network (ANN) dan Evolutionary Algorithm (EA). Disini EA berfungsi sebagai kontrol parameter bobot dan bias ANN untuk memperbaiki dan meningkatkan performanya dalam mengidentifikasi kandungan gas terlarut dan menggolongkan sesuai dengan tipe kesalahannya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAKSI.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Pembahasan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Pembahasan	3
1.6. Kontribusi	3
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II TRANSFORMATOR DAYA DAN KONTRUKSINYA	
2.1. Pengertian Transformator	5
2.2. Konstruksi Bagian-Bagian Transformator.....	6
2.2.1. Bagian Utama.....	6
2.2.1.1. Inti Besi.....	6
2.2.1.2. Kumparan Transformator.....	7

2.2.1.3. Minyak Transformator	8
2.2.1.4. Bushing	8
2.2.1.5. Tangki Konservator	10
2.2.2. Peralatan Bantu	10
2.2.2.1. Pendingin	10
2.2.2.2. Perubahan Tap (<i>Tap Changer</i>)	13
2.2.2.3. Alat Pernafasan	16
2.2.2.4. Indikator	17
2.2.3. Peralatan Proteksi.....	17
2.2.3.1. Rele <i>Bucholz</i>	17
2.2.3.2. Pengaman Tekanan Lebih.....	18
2.2.3.3. Rele Tekanan Lebih (<i>Sudden Pressure Relay</i>)	19
2.2.4. Peralatan Tambahan untuk Pengaman Transformator	20
2.2.4.1. Pemadam Kebakaran	20
2.2.4.2. Rele <i>Differensial</i>	22
2.2.4.3. Rele Arus Lebih (<i>Over current Relay</i>).....	23
2.2.4.4. Rele Hubung Tanah (<i>Ground Fault Relay</i>)	23
2.2.4.5. Rele Tangki Tanah.....	23
2.2.4.6. Rele <i>Termis</i>	23

**BAB III TEORI DASAR MINYAK TRAF0 DAN METODE INTELLIGENT
NEURAL NETWORK**

3.1. Sistem Sampling Dan Analisa Gas	28
--	----

3.1.1. Pengambilan Sampel.....	28
3.1.2. Ekstrasi Gas Pada Minyak	29
3.1.3. Analisa Gas	30
3.2. Interpretasi Gangguan.....	31
3.3. <i>Intelligent Neural Network</i> (INN)	37
3.3.1. Teori Dasar.....	37
3.3.2. Komponen Jaringan Syaraf	37
3.3.3. Struktur Jaringan Syaraf	38
3.3.4. Fungsi Aktifasi.....	40
3.3.5. Pembelajaran Dengan <i>Backpropagation</i>	42
3.4. Arsitektur <i>Intelligent Neural Network</i> (INN)	43
3.4.1 Jaringan Syaraf Dengan <i>Three Layer Feed Forward</i>	43
3.4.2. <i>Evolutionary Algorithm</i> (EA)	46
3.5. Algoritma Pemecahan Masalah	50
3.5.1. <i>Backpropagation</i>	50
3.5.2. <i>Evolutionary Algorithm</i>	53
3.6. Flowchart Program.....	54

BAB IV ANALISA DATA

4.1. Data Input.....	57
4.2. Analisa Program.....	58
4.3. Tampilan Program	59
4.4. Analisa Hasil Training	64

4.5. Hasil Analisa Data	65
-------------------------------	----

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	67
-----------------------	----

5.2. Saran	68
------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Inti Besi Dan Laminasi yang Diikat Fiber Glass Dalam Transformer....	7
2.2 Kumparan Phasa RST	7
2.3 Model Bushing Transformator.....	8
2.4 Konstruksi Bushing Transformator.....	9
2.5 Konservator Trafo	10
2.6 Susunan Motor Blower Sebagai	13
2.7 Perubahan Tap Tegangan Tinggi (OLTC).....	15
2.8 Rangkaian Skema Perubahan Tap	15
2.9 Tabung berisi kristal zat <i>Hygroskopis</i>	16
2.10 Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak	17
2.11 Rele <i>Bucholz</i>	18
2.12 Rele Bucholz Bekerja Akibat Minyak Kurang Dalam Transformer	18
2.13 Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Akumulasi	19
2.14 Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Flow minyak	19
2.15 Pengaman Tekanan Lebih.....	19
2.16 Bekerjanya pengaman ledakan	21
2.17 Bekerjanya <i>Shutter</i>	21
2.18 Jalan Kerja Pemadam Api.....	22
3.1 Untuk Ekstrasi Gas dari Minyak Isolasi	29

3.2	Diagram Sistem Kromatografi Gas.....	30
3.3	Rasio Gas Dornenburg Roger's	32
3.4	Struktur Neuron Jaringan Syaraf	37
3.5	Jaringan Syaraf Dengan Lapisan Tunggal.....	39
3.6	Jaringan Syaraf Dengan Banyak Lapisan	40
3.7	Fungsi Aktifasi Sigmoid Biner	41
3.8	Jaringan Syaraf Dengan <i>ThreeLayer Feedforward</i>	43
4.1	Tampilan Program Utama.....	59
4.2	Tampilan Proses Training	59
4.3	Tampilan Hasil Proses Training.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Macam dan jenis Bushing.....	9
2.2 Macam-macam Sistem Pendingin Pada Trafo	12
3.1 <i>Dielectric Strength</i> dari Minyak Untuk Tegangan Operasi	25
3.2 Batasan Pengusaha Minyak Transformator Sesuai Metoda ASTM.....	26
3.3 Petunjuk untuk Melihat Minyak Trafo.....	27
3.4 Kelarutan Gas-gas Dalam Minyak Trafo	33
3.5 Diagnosa Gangguan Trasformator Diagram Sistem Kromatografi	34
3.6 Jenis-jenis Kemungkinan Gangguan.....	35
3.7 <i>IEC/IEEE Codes For The Interpretation DGA Data</i>	36
4.1 Data Gas Yang Terlarut Dalam Minyak Trafo	57
4.2 Hasil Analisa Gas Terlarut Dalam Minyak Trafo.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan dalam penyaluran tenaga listrik. Faktor dominan dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi terutama transformator adalah pada sistim isolasinya, dengan demikian isolasi merupakan bagian yang sangat penting dan sangat menentukan umur dari sebuah transformator.

Salah satu gangguan pada transformator adalah timbulnya gas sebagai akibat kerusakan dari sistem isolasi, baik isolasi keras (padat) maupun isolasi cair (minyak). Gas yang dihasilkan dari isolasi padat antara lain gas karbonmonoksida (CO) dan karbondioksida (CO₂). Sedangkan gas yang berasal dari kerusakan isolasi cair antara lain gas hidrogen (H₂), asetilen (C₂H₂), etilen (C₂H₄), metana (CH₄), etana (C₂H₆), dan propana (C₂H₆) 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. Gas-gas terlarut (*dissolved gases*) yang terjadi akan menurunkan kualitas minyak isolasi pada transformator.

1.2 Rumusan Masalah

Pembebanan yang berlebih pada trafo menyebabkan kondisi kualitas minyak trafo menurun, sehingga kandungan gas kimia pada minyak trafo tidak lagi normal. Hal ini mengakibatkan trafo mengalami :

- *thermal degradation*
- *partial discharge*
- *arcing*

Dari tiga keadaan diatas akan dapat diketahui kandungan gas terlarut dalam minyak trafo untuk mendiagnosa kondisi sebuah transformator.

1.3 Tujuan Pembahasan

Tujuan pembahasan didalam skripsi ini adalah :

1. Menganalisa gas kimia pada minyak isolasi trafo menggunakan metode *Intelligent Neural Network* dengan standar IEC DGA.
2. Mengetahui kondisi dari minyak trafo sebagai upaya perawatan, pemeliharaan dan antisipasi terhadap gangguan yang mungkin terjadi akibat menurunnya kualitas isolasi minyak trafo.

1.4 Batasan Masalah

Banyaknya permasalahan yang terjadi didalam trafo, sehingga penulis membatasi masalah pada :

1. Mengabaikan faktor historis, konstruksi transformator dan kondisi cuaca yang buruk.

2. Penurunan kualitas minyak trafo berdasarkan gas kimia dengan mengambil sampel melalui proses ekstraksi gas dari minyak trafo di laboratorium PLN dengan jenis minyak Diala B SAE 10.
3. Standar minyak trafo IEC/IEEE DGA.
4. Menggunakan metode *Intelligent Neural Network*.

1.5 Metodologi Pembahasan

Parameter yang digunakan untuk mengetahui (mengukur) tingkat kandungan gas terlarut dalam minyak trafo berdasarkan ASTM D 3613.

- pengambilan sampel
- ekstraksi gas pada minyak
- analisa gas untuk evaluasi menggunakan *Intelligent Neural Network*

1.6 Kontribusi

Adapun kontribusi dari hasil penulisan skripsi ini adalah :

1. Memperkenalkan sebuah metode analisis yang lebih praktis dan efisien.
2. Tulisan ini mampu membantu PLN dalam menghadapi tuntutan keandalan kebutuhan penyediaan energi listrik yang terus meningkat.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam laporan skripsi ini penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan, batasan masalah, kontribusi, metode pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB II : TRANSFORMATOR DAYA DAN KONSTRUKSINYA

Berisi pengertian transformator dan konstruksi bagian-bagian dari transformator.

BAB III : TEORI DASAR MINYAK TRAFU DAN METODE INTELLIGENT NEURAL NETWORK

Berisi teori dasar, pengertian, minyak trafo dan metode *Intelligent Neural Network*.

BAB IV : ANALISA DATA

Berisi tampilan program, analisa program dan evaluasi hasil analisa kimia gas menggunakan *Intelligent Neural Network* dengan standar konvensional IEC/IEEE DGA 1978, minyak yang diteliti adalah minyak isolasi transformator daya 150/20 kV.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TRANSFORMATOR DAYA DAN KONTRUKSINYA

2.1 Pengertian Transformator

Transformator tenaga adalah salah satu dari peralatan tenaga listrik yang berfungsi sebagai penyalur tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.

Transformator merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada jaringan transmisi dan distribusi, dengan kondisi ini suatu transformator dituntut dapat beroperasi secara maksimal terus menerus dan tanpa berhenti. Oleh karena itu mengingat kerja dan fungsi dari transformator yang sangat vital maka diharapkan agar transformator dapat bekerja sebaik mungkin dan memiliki umur operasi yang panjang dengan menggunakan sistem pemeliharaan peralatan yang benar dan tepat. Untuk itu divisi pemeliharaan harus mengetahui komponen transformator serta bagian-bagian utama mana yang rentan terhadap gangguan, kerusakan dan perlu mendapat perhatian ekstra dari pada bagian yang lainnya.

Berdasarkan tegangan operasinya transformator dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan transformator 150/70 kV atau yang biasa disebut *Interbus Transformator* (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV lebih dikenal sebagai trafo distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan atau proteksinya, sebagai contoh transformator 150/20 kV ditanahkan secara langsung disisi netral 150 kV dan

transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung ditanahkan pada sisi netral 20 kV nya.

Transformator menurut fungsi atau pemakaiannya dibagi menjadi :

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

Transformator dibagi menurut kapasitas dan tegangannya :

- Transformator Besar
- Transformator Sedang
- Transformator Kecil

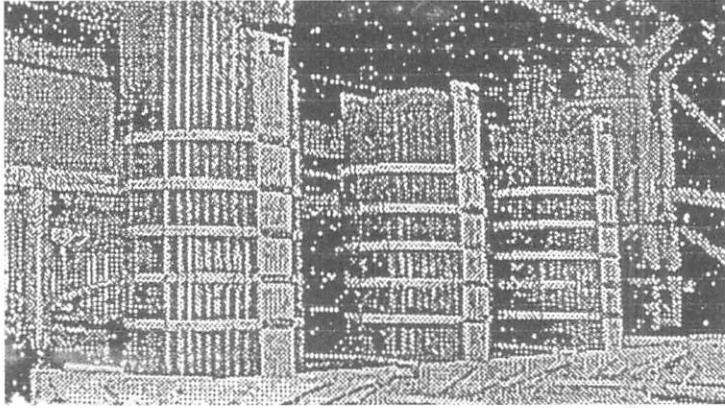
2.2. Konstruksi Bagian-Bagian Transformator

2.2.1. Bagian Utama

2.2.1.1. Inti Besi

Berfungsi untuk mempermudah jalannya *fluksi*, yang ditimbulkan oleh arus listrik melalui kumparan transformator.

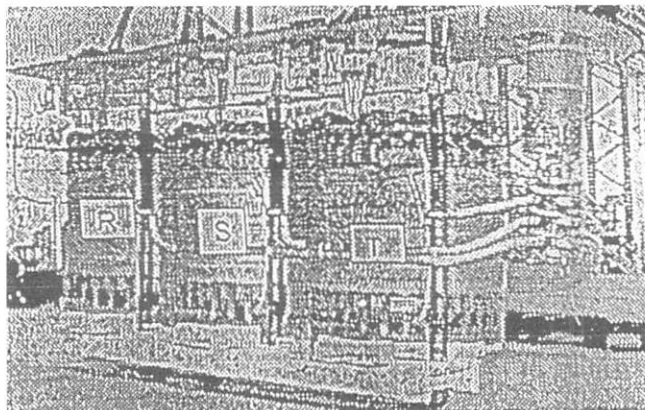
Inti besi tersebut dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas sebagai rugi-rugi besi yang ditimbulkan oleh arus eddy (*Eddy Current*).



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

2.2.1.2 Kumparan Transformator

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



Gambar 2.2
Kumparan Phasa RST

2.2.1.3 Minyak Transformator

Pada transformator sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo tenaga atau daya terendam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga atau daya yang memiliki kapasitas 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

Bushing adalah penghubung antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Haefly Type
COT 650

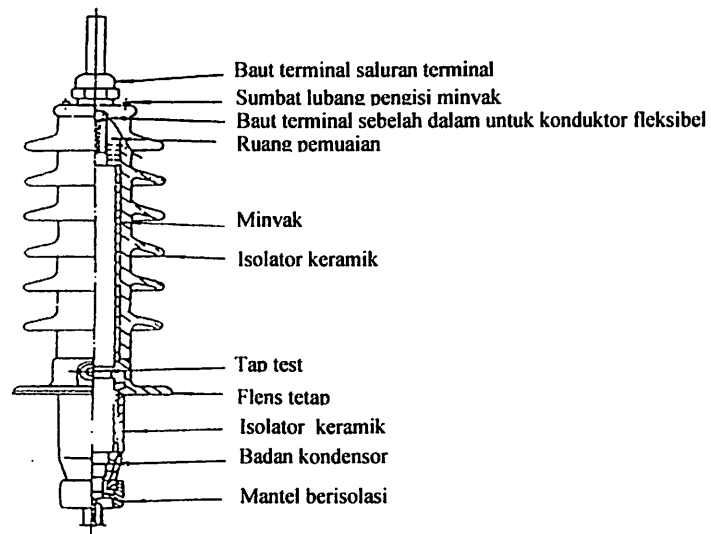


Haefly Type
COT 1050



Haefly Type
COT 125

Gambar 2.3
Contoh *Bushing* Transformator dengan Merk Haefly



Gambar 2.4
Konstruksi Bushing Transformator

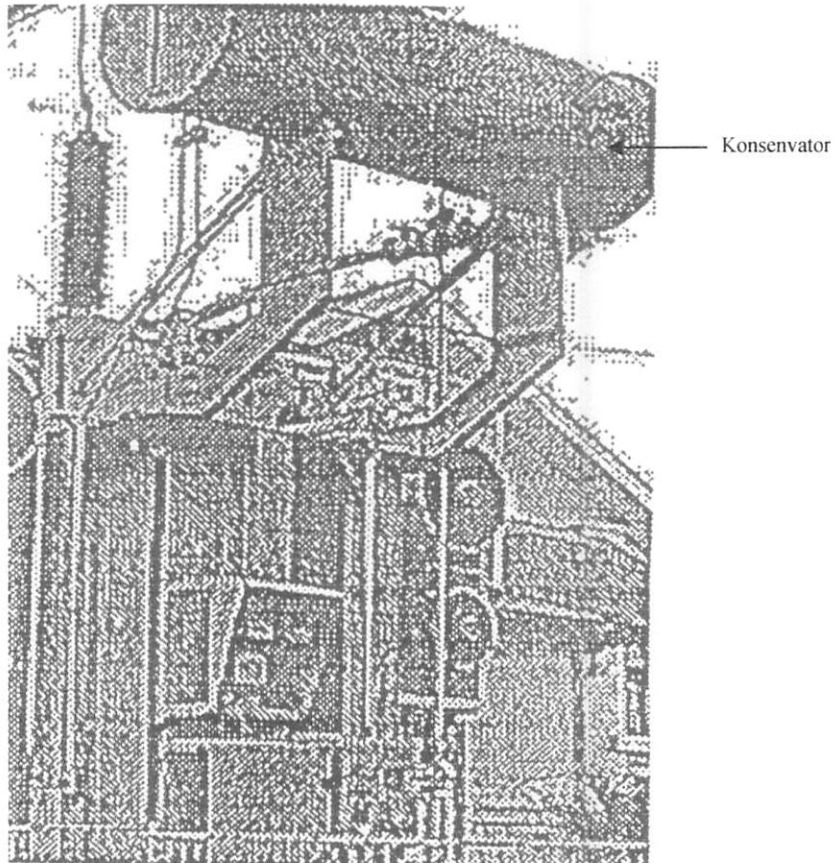
Tabel contoh beberapa merk tentang kelengkapan fasilitas *tap test* dan *venting*

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	
Merk : Haefely Trench Type : COT 650 – 800 Un : 170 kV In : 800 A, 600 – 275 kV	ADA	ADA	ADA	ADA	ADA
Merk : Haefely St. Louis France Type : 18 6326 Un : 150/275 kV In : 800 A	ADA	TIDAK ADA	ADA	ADA	ADA
Merk : ASEAN SWEDEN Type : GOB - 650 Un : 145 kV In : 1250 A	TIDAK ADA	TIDAK ADA	ADA	ADA	ADA

2.2.1.5 Tangki Konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari transformator yang terendam minyak trafo berada atau ditempatkan didalam tangki dan untuk menampung pemuaian minyak trafo tangki tersebut dilengkapi dengan konservator.



Gambar 2.5
Konservator Trafo

2.2.2 Peralatan Bantu

2.2.2.1 Pendingin

Pada inti besi dan kumparan-kumparan transformator akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga yang terjadi, panas tersebut

mengakibatkan peningkatan suhu yang berlebihan dan jika hal itu sampai terjadi maka isolasi didalam transformator akan rusak. Untuk mengurangi kenaikan suhu transformator yang berlebihan, maka perlu dilengkapi dengan alat atau suatu sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator.

Beberapa media yang dipakai dalam sistem pendingin :

- udara
- minyak
- air
- dan lain sebagainya

Sedangkan pengaliran (sirkulasi) dapat dengan cara :

- alamiah / natural
- tekanan / paksaan

Pada cara alamiah atau natural akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat proses sirkulasi perpindahan panas dari media tersebut ke udara luar diperlukan bidang perpindahan panas yang lebih luas antara media (minyak, udara dan gas) dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip yang biasa disebut *Radiator*.

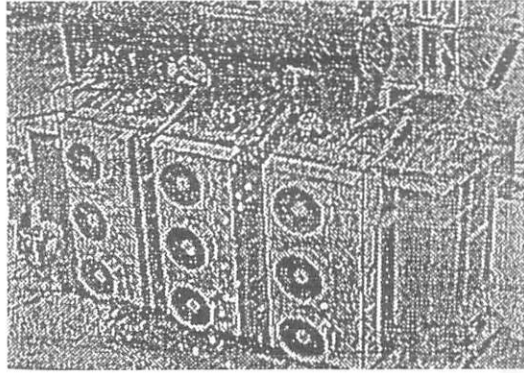
Jika proses penyaluran panas yang diinginkan lebih cepat lagi, cara natural atau alamiah tersebut dapat dilengkapi dengan peralatan tambahan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin yaitu dengan pompa-pompa sirkulasi minyak, udara dan air dan cara ini disebut pendingin paksa (*Force*).

Macam-macam sistem pendingin transformator berdasarkan media dan cara pengalirannya dapat diklasifikasikan seperti tabel 2.2.

Tabel 2.2
Macam 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 Perubah Tap (*Tap Changer*)

Tap Changer adalah suatu alat perubah perbandingan transformasi dari tegangan jaringan primer yang berubah-ubah untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang diinginkan lebih baik.

Ada dua cara kerja *tap changer* :

1. Tap changer yang hanya bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator tidak berbeban disebut “*Off Load Tap Changer*” dan hanya dapat dioperasikan secara manual.
2. Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator berbeban disebut “*On Load Tap Changer*” dan dapat dioperasikan secara manual atau otomatis.

Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayanan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen, tegangan keluar (sekunder) transformator harus dapat dirubah sesuai keinginan dan kebutuhan.

Untuk memenuhi hal tersebut maka pada salah satu atau pada kedua sisi belitan transformator dibuat tap (panyadap) untuk merubah perbandingan transformasi (rasio) trafo.

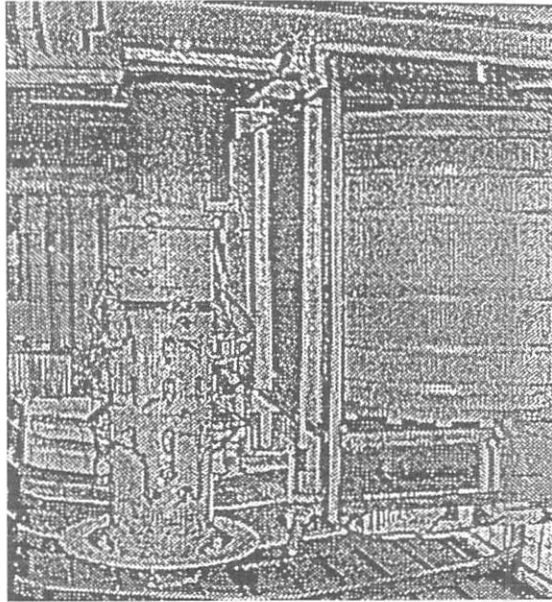
Transformator yang terpasang di gardu induk pada umumnya menggunakan tap changer yang dapat dioperasikan dalam keadaan trafo berbeban dan dipasang disisi primer. Sedangkan transformator penaik tegangan di pembangkit atau trafo kapasitas kecil, umumnya menggunakan *tap changer* yang dioperasikan hanya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

OLTC terdiri dari :

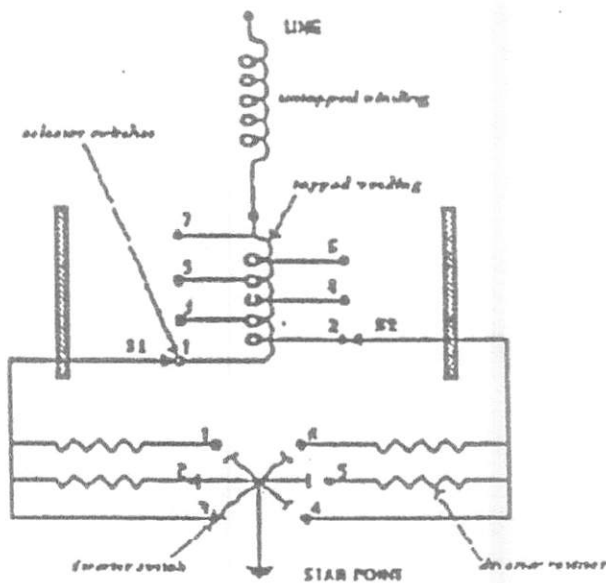
1. *Selector Switch*
2. *Diverter Switch*
3. *Transisi Resistor*

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 *compartemen*-nya menjadi satu dengan *main tank*).

Karena pada proses perpindahan hubungan tap didalam minyak terjadi fenomena listrik, mekanis kimia dan panas. Oleh karena itu minyak isolasi OLTC kualitasnya akan cepat menurun, tergantung dari jumlah kerjanya dan adanya kelainan didalam OLTC.



Gambar 2.7
Perubahan Tap Tegangan Tinggi (OLTC)



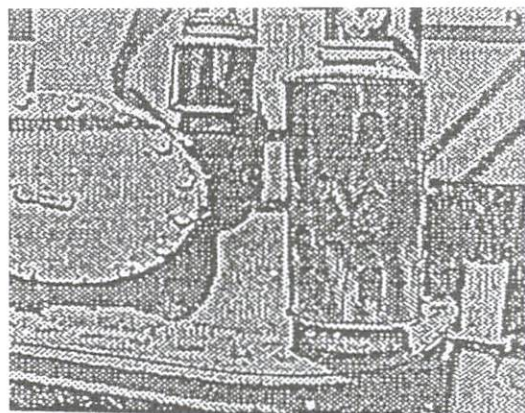
Gambar 2.8
Rangkaian Skema Perubahan Tap

2.2.2.3 Alat Pernafasan

Naik turunnya beban transformator maupun suhu udara diluar akan mempengaruhi suhu minyak didalam transformator, yang akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut.

Apabila suhu minyak tinggi maka minyak memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak untuk keluar dari tangki, sebaliknya apabila suhu minyak turun minyak menyusut dan udara luar akan masuk ke dalam tangki (proses pernafasan transformator).

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

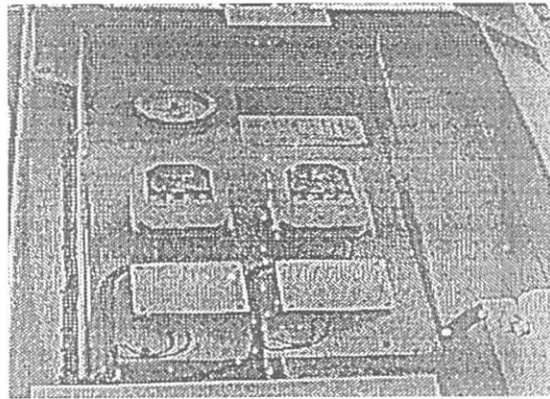


Gambar 2.9
Tabung Berisi Kristal Zat *Hygroskopis*

2.2.2.4 Indikator

Dalam melakukan pengawasan selama transformator beroperasi 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

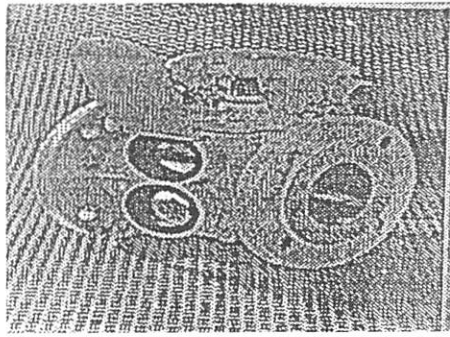
2.2.3 Peralatan Poteksi

2.2.3.1 Rele *Bucholz*

Rele *Bucholz* adalah suatu alat atau rele untuk mendeteksi serta mengamankan gangguan didalam transformator yang menimbulkan gas yang timbul diakibatkan oleh :

1. Hubung singkat antar lilitan / dalam phasa
2. Hubung singkat antar phasa

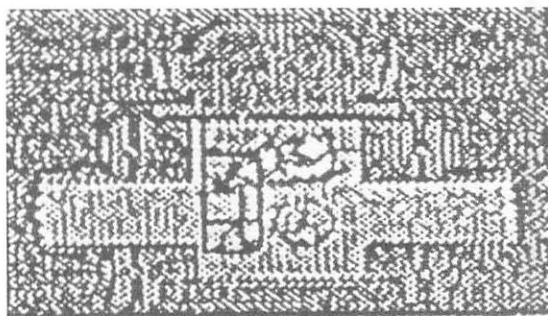
3. Hubung singkat antar phasa ke tanah
4. Busur api listrik antar laminasi
5. Busur api listrik karena kontak yang kurang baik



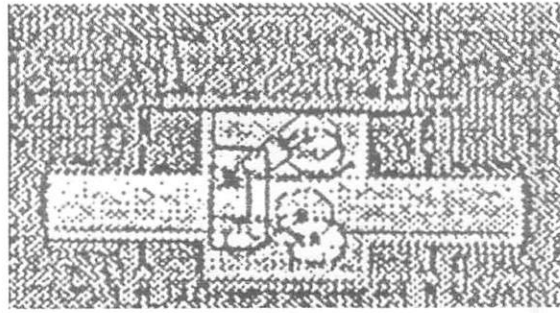
Gambar 2.11
Rele Bucholz

2.2.3.2 Pengaman Tekanan Lebih (*Explosive Membrane / Bursting Plate*)

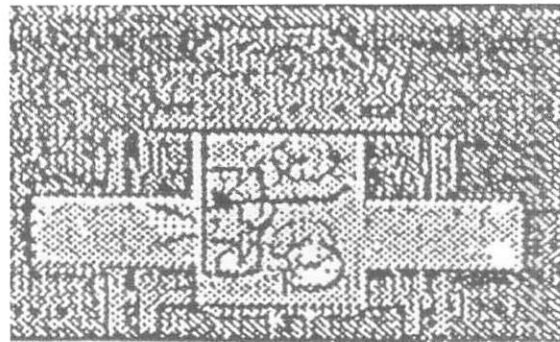
Alat ini berfungsi sebagai pengaman tangki transformator terhadap kenaikan tekanan gas yang timbul di dalam tangki (yang akan pecah pada tekanan tertentu) dan kekuatannya lebih rendah dari tangki transformator. Alat ini berupa lembaran yang dibuat dari kaca, plastik, tembaga atau katup berpegas.



Gambar 2.12
Rele Bucholz Saat Bekerja
Akibat Minyak Kurang Dalam Transformer

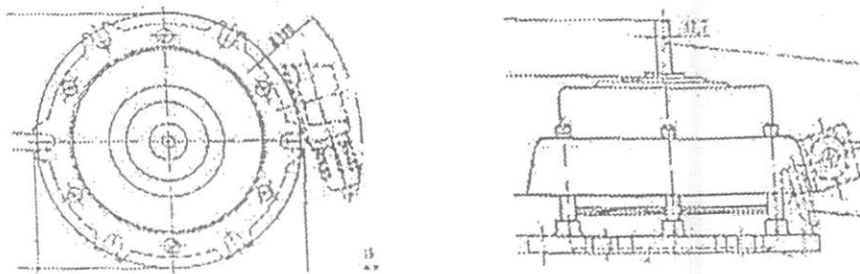


Gambar 2. 13
Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Akumulasi Gas
Yang Timbul Dalam Transformmer



Gambar 2. 14
Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Flow Minyak
Karena Gangguan Dalam Transformmer

2.2.3.3 Rele Tekanan Lebih (*Sudden Pressure Relay*)



Gambar 2.15
Pengaman Tekanan Lebih

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

2.2.4 Peralatan Tambahan untuk Pengaman Transformator

2.2.4.1 Pemadam Kebakaran

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

Pada setiap trafo tenaga 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.

Terjadinya kegagalan-kegagalan trafo tenaga 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.

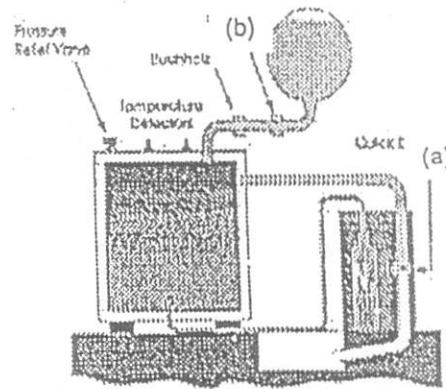
Terbakarnya minyak pada jumlah tertentu dapat mengakibatkan tekanan yang sangat tinggi kearah luar melalui kisaran bidang tertentu dan dapat langsung diikuti nyala api. Salah satu peralatan proteksi yang dapat mencegah api dan ledakan yang merusak trafo adalah "SERGI" yang metode pengamannya disebut sebagai pengaman trafo dari ledakan dan kebakaran.

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

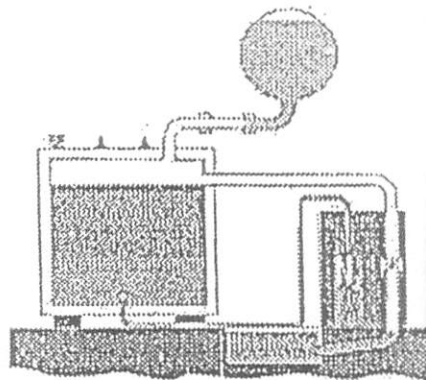
1. Sinyal PMT trip yang bersumber dari peralatan pengaman tekanan lebih.
2. Sinyal temperatur tinggi dari temperatur detector dan beroperasinya rele bucholz.

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

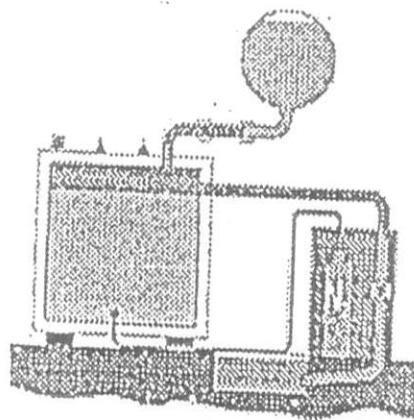


Gambar 2.17
Bekerjanya *Shutter*

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 Differensial

Rele Differensial berfungsi sebagai pengaman dari gangguan didalam transformator yang diakibatkan oleh, *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*)

Rele arus lebih berfungsi sebagai pengaman transformator dari arus yang melebihi dari arus yang telah ditetapkan dan arus lebih ini dapat terjadi oleh karena adanya beban yang berlebihan atau gangguan hubungan singkat.

2.2.4.4 Rele Hubung Tanah (*Ground Fault Relay*)

Rele hubung tanah berfungsi untuk mengamankan transformator bila terjadi gangguan satu fasa ke tanah.

2.2.4.5 Rele Tangki Tanah

Rele tangki tanah berfungsi untuk mengamankan transformator bila ada hubung singkat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan pada transformator.

2.2.4.6 Rele Termis

Rele termis berfungsi untuk mencegah dan mengamankan transformator dari kerusakan isolasi kumparan, akibat terjadinya panas berlebihan yang ditimbulkan oleh arus berlebihan. Kenaikan temperatur yang terjadi diukur dengan menggunakan rele termis.

BAB III

TEORI DASAR MINYAK TRAFU DAN METODE

INTELLIGENT NEURAL NETWORK (INN)

Minyak trafo sebagai salah satu bagian dari sistem isolasi pada transformator juga perlu untuk dipelihara. Adalah suatu fakta bahwa usia transformator ditentukan oleh usia dari sistem isolasinya. Untuk menentukan jenis pemeliharaan minyak trafo kita perlu kondisi dari minyak tersebut, untuk itu maka diperlukan suatu pengujian atas minyak isolasi vtrafo dan dari hasil pengujian minyak trafo dapat diketahui kondisi dari minyak trafonya.

Berikut ini fungsi-fungsi dari minyak trafo, yaitu :

1. Sebagai *insulator*, yaitu mengisolasi kumparan di dalam trafo agar tidak terjadi loncatan bunga api listrik atau hubungan pendek yang diakibatkan dari tegangan tinggi.
2. Sebagai pendingin, minyak trafo mengambil panas yang ditimbulkan saat trafo diberi beban dan melepaskannya.
3. Sebagai pelindung komponen-komponen di dalam trafo dari proses korosi dan oksidasi.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi minyak isolasi trafo adalah :

- Memiliki kekuatan isolasi yang tinggi, dengan kualitas 1 dan 2 (tinggi). Untuk minyak baru dan belum difilter > 30 kV/2,5 mm dan setelah difilter > 50 kV/2,5 mm.

- Memiliki berat jenis kecil dan penyalur panas yang baik sehingga partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
- Memiliki *viskositas* yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi sehingga kemampuannya sebagai pendingin menjadi lebih baik.
- Memiliki titik nyala yang tinggi agar tidak mudah menguap karena dapat membahayakan.
- Tidak merusak bahan isolasi padat atau tidak menimbulkan korosi dan ionisasi.

Jika isolasi minyak isolasi transformator didatangkan dengan tangki tersendiri, besar *moisture* yang terdapat dalam minyak tidak boleh lebih besar dari 10 ppm dan dalam proses pengangkutan minyak tidak boleh terkontaminasi oleh udara.

Tabel 3.1
***Dielectric Strength* Minyak Untuk Tegangan Operasi**

Tegangan Tembus Minyak Transformator		
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 Minyak Transformator Sesuai Metoda ASTM

Jenis Test	ASTM	Batasan Tegangan		
		≤ 69	$> 69 < 288 \text{ kV}$	$\geq 345 \text{ kV}$
<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 88	12	12	12

Tabel 3.3
Petunjuk Untuk Melihat Minyak Trafo

Warna dan Kelompok	Angka Asam	Kekuatan kertas (IFT) dynes/cm	Akibat Pada Transformer
Bagus Kuning pucat # 0,5	0,03 0,10	45 30	Menggambarkan bahwa pendingin bagus isolasi bagus
Contoh A Kuning muda # 10	0,05 0,10	27 29	Terjadi endapan (<i>sluge</i>) yang membur dalam minyak yang akan menyebabkan IFT menurun
Umum Kuning terang # 2,5	0,11 0,15	24 27	Terjadi endapan asam tipis pada lilitan (<i>sluge</i>). Hal ini akan menjadi penyebab gangguan. Agar dihindari kandungan <i>sluge</i> yang menebal
Jelek Kuning sawo # 2,5	0,16 0,40	18 24	Hampir semua trafo pada keadaan ini terdapat endapan <i>sluge</i> pada lilitan dan inti
Amat jelek Kuning sawo # 3,0 – 5,0	0,41 1,65	14 18	Endapan <i>sluge</i> akan beroksida kemudian mengeras dan terjadi juga diisolasi (kertas) mudah terjadi kerusakan
Sangat jelek Coklat kehitaman # 5,0 – 7,0	0,66 1,50	9 14	<i>Sluge</i> menyumbat sirip-sirip pendingin yang menyebabkan kenaikan temperatur sampai 20 °C
Minyak kelas (<i>crude oil</i>) hitam # 7,0 – 8,0	1,5 dan lebih	6 9	Perlu suatu cara untuk menghilangkan <i>sluge</i> (yang lebih baik 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 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 3612.

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

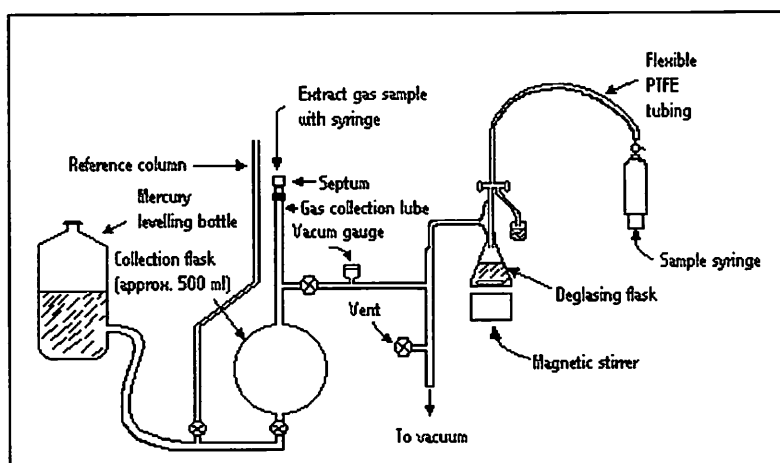
3.1.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel minyak harus dilakukan dalam waktu kurang dari lima menit dengan menggunakan wadah yang memenuhi syarat, untuk menghindari terjadinya kontaminasi. Selain kondisi tersebut, hal-hal berikut yang harus diperhatikan adalah :

- Mengembalikan satuan (jumlah) sampel yang diambil pada kondisi tekanan dan temperatur normal (760 mmhg dan 25 °C).
- Menghindarkan gelembung udara dan membilas wadah dengan sampel.
- Membawa sampel ke laboratorium 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 proses *sampling vacuum* seperti gambar 3.1.



Gambar 3.1
Ekstraksi Gas Minyak Isolasi

Tahap-tahap dasar ekstraksi gas :

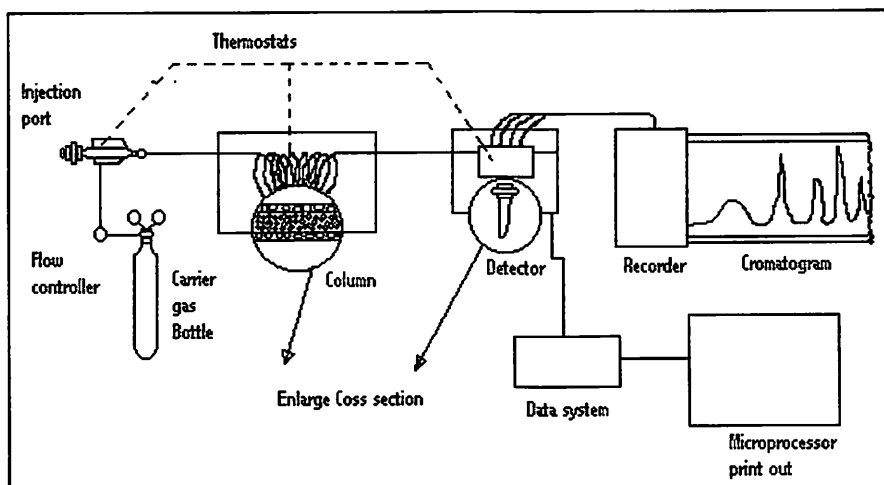
- Menginjeksikan sampel kedalam sistem alat ekstraktor tanpa ada bagian gelembung udara dengan cara diisi sampel minyak.
- Mendidihkan dan mengaduk sampel minyak, sehingga gas akan dibebaskan dalam kondisi *vacum* (1×10^{-3} torr atau lebih kecil).
- Mengumpulkan gas pada tabung pengumpul dan tekanan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

3.1.3 Analisa Gas

Sampel gas yang telah dipisahkan dari minyak trafo dianalisis terhadap komposisi gas baik secara kualitatif maupun kuantitatif untuk di evaluasi.

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 yang diinjeksikan kedalam alat dialirkan oleh gas pembawa sehingga gas yang mempunyai perbedaan sifat penyerapan akan terpisah.

Pada proses 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 membandingkan terhadap gas standar yang telah diketahui komposisinya. Diagram proses analisa gas dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2
Diagram Sistem Kromatografi Gas

3.2. Interpretasi Gangguan

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

Dua kategori analisa gas diuraikan sebagai berikut :

a. Total Combustible Gases

Gas yang mudah terbakar yaitu hidrogen (H_2), karbonmonoksida (CO), metana (CH_4), etana (C_2H_6), asetilen (C_2H_2), dan etilen (C_2H_4) dalam jumlah konsentrasi (ppm V/V) dari masing masing gas tersebut merupakan kandungan *total combustible gases* (TCG). Dari *total combustible gases* yang didapat akan diketahui kondisi transformator sesuai batasan-batasan dibawah.

- | | |
|-----------------|--|
| 0 – 500 ppm | : Indikasi normal. |
| 501 – 1500 ppm | : Indikasi adanya sedikit dekomposisi 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 banyak terjadi dekomposisi dari sistem isolasi yang menyeluruh dan akan menjadikan suatu gangguan. Laju pembentukan gas dan penyebabnya harus disentifikasi dan diambil tindakan perbaikan. |

b. Komposisi Gas

Ada lima jenis gas utama hasil dekomposisi minyak, yaitu : hidrogen (H₂), metana (CH₄), etana (C₂H₆), etilen (C₂H₄) dan asetilen (C₂H₂) sebagai akibat dari gangguan-gangguan yang terjadi. Beberapa analisa yang digunakan untuk menginterpretasi gangguan transformator adalah metode gas kunci.

Metode ini digunakan untuk menentukan jenis gangguan yang terjadi yang dikembangkan oleh Dornenburg dan Roger's dikenal dengan "metode rasio".

Rasio Roger's

$$\frac{\text{CH}_4}{\text{H}_2}$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_6}{\text{CH}_4}$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_4}{\text{C}_2\text{H}_2}$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{C}_2\text{H}_4}$$

Rasio Dornenburg

$$\frac{\text{CH}_4}{\text{H}_2}$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_6}{\text{C}_2\text{H}_2}$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{CH}_4}$$

$$\frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{CH}_4}$$

Gambar 3.3
Rasio Gas Dornenburg Roger's

Kelebihan metode rasio ini secara kuantitatif tidak tergantung pada volume minyak dan dapat dikembangkan secara komputerisasi. Sedangkan kerugiannya adalah tidak dapat langsung diperoleh dari lapangan (harus dianalisa di laboratorium).

Metode rasio Dornenburg dan Rogers ditemukan dari data gas pada jenis transformator berkonsefator dengan tangki yang berhubungan atmosfer. Menurut pengalaman transformator dengan jenis ini menyebabkan gas mudah larut secara perlahan dan hilang. Faktor koreksi biasanya hanya penting untuk hilangnya gas yang mudah larut, yaitu rasio CH_4/H_2 . Dornenburg mengembangkan rasio untuk gas-gas terlarut dalam minyak dan gas bebas dalam *bucholz* dengan hubungan antara keduanya yang didasarkan pada kelarutan setiap gas dalam minyak seperti tabel 3.4.

Tabel 3.4
Kelarutan Gas-Gas Dalam Minyak Trafo
(Tekanan 760 MmHg dan Temperatur 25⁰C)

No.	Jenis gas	Senyawa	Kelarutan
1	Hidrogen	H_2	7,0
2	Nitrogen	N_2	8,6
3	Karbonmonoksida	CO	9,0
4	Oksigen	O_2	16,0
5	Metana	CH_4	30,0
6	Karbondioksida	CO_2	120,0
7	Etana	C_2H_6	280,0
8	Etilen	C_2H_4	280,0
9	Asetin	C_2H_2	400,0

Sedangkan jenis diagnosa gangguan transformator berdasarkan metode rasio dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5
Diagnosa Gangguan Transformator
Diagram Sistem Kromatografi

Nilai Rasio				Diagnosa
$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_6}{CH_4}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	
> 0,1 < 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,5	<i>Normal</i>
≤ 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,5	<i>Partial discharge-corona</i>
≤ 1,0	< 1,0	< 1,0	≥ 0,5 atau ≥ 3,0 dan < 3,0	<i>Partial discharge-corona with tracking</i>
> 0,1 < 1,0	< 1,0	≥ 3,0	≥ 3,0	<i>Continous discharge</i>
> 0,1 < 1,0	< 1,0	≥ 1,0 atau ≥ 3,0 dan < 3,0	≥ 0,5 ≥ 3,0 < 3,0	<i>Arc-with power follow through</i>
> 0,1 < 1,0	< 1,0	< 1,0	≥ 0,5 < 3,0	<i>Arc-no power follow through</i>
≥ 1,0 atau ≥ 3,0 dan < 3,0	< 1,0	< 1,0	< 0,5	<i>Slight overheating to 150⁰C</i>
≥ 1,0 atau ≥ 3,0 dan < 3,0	≥ 1,0	< 1,0	< 0,5	<i>Overheating 150⁰C – 200⁰C</i>
> 0,1 < 1,0	≥ 1,0	< 1,0	< 0,5	<i>Overheating 200⁰C – 300⁰C</i>
> 0,1 < 1,0	> 1,0	≥ 1,0 < 3,0	< 0,5	<i>General conductor overheating</i>
≥ 1,0 < 3,0	< 1,0	≥ 1,0 < 3,0	< 0,5	<i>Circulating currents in windings</i>
≥ 1,0 < 3,0	< 1,0	≥ 3,0	< 0,5	<i>Circulating currents core and tank; overload joints</i>

Interpretasi gangguan pada transformator berdasarkan data gas yang terdeteksi dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6
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 dan 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 etena dan etilen	<i>Sparking or other minor fault some break down of oil</i>
Nitrogen, hidrogen, metana dengan karbondioksida dan sejumlah kecil hidrokarbon lain. 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>

2. Metode IEC/ IEEE DGA

Teknik analisis gas terlarut IEC DGA tahun 1978 dalam “*Guide For Interpretation Of Gases In Transformer and Other Oil Filled Electrical Equipment Service*” telah digunakan didunia selama beberapa dekade sebagai standar untuk menganalisa kesalahan-kesalahan yang terjadi didalam transformator dengan konsentrasi lima gas yang mudah terbakar, dengan unsur hidrogen (H_2), metan (CH_4), ethilen (C_2H_4), etan (C_2H_6) dan asetilen (C_2H_2).

Tabel 3.7
IEC/IEEE Codes for The Interpretation DGA Data

Fault Code	Fault Type	Ratio of Characteristic Gases		
		C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
NF	No fault	≤ 0.1	≤ 1.0	≤ 0.1
LT ⁻	$< 150^{\circ}C$ thermal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	< 2
LT ⁺	$150^{\circ}C$ - $300^{\circ}C$ thermal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	0.1 - 2.0
MT	$300^{\circ}C$ - $700^{\circ}C$ thermal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	2.0 - 3.0
HT	$700^{\circ}C$ thermal fault	≤ 0.1	≤ 1.0	3
LP	Low energi partial discharges	≤ 0.1	≤ 0.1	0.1 - 1.0
HP	High energi partial discharges	0,5	≤ 0.1	0.1 - 1.0
LD	Low energi discharges	2.5 - 2.7	0.5 - 0.7	≤ 3.0
HD	High energi discharges	2.5 - 3.0	0.7 - 1.0	≤ 3.0

Sumber : IEC/IEEE DGA 1978

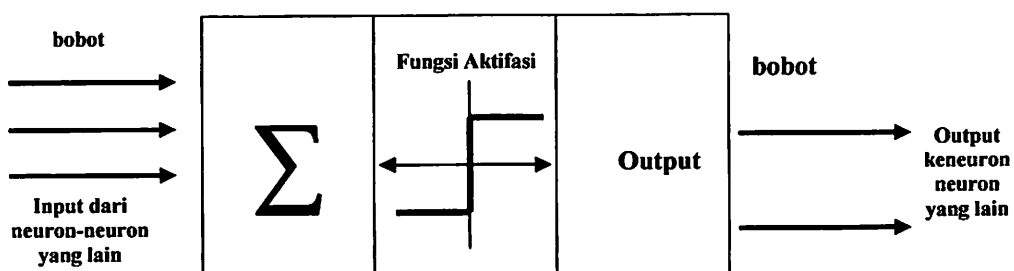
3.3 *Intelligent Neural Network* (INN)

3.3.1. Teori Dasar

Intelligent Neural Network (INN) adalah sebuah metode baru yang merupakan gabungan dari dua buah metode kecerdasan buatan yaitu *Artificial Neural Network* (ANN) atau dikenal juga dengan Jaringan Syaraf Tiruan dan *Evolutionary Algorithm* (EA). Disini EA digunakan sebagai algoritma pendukung yang berfungsi untuk mengatasi menurunnya performa Jaringan Syaraf selama proses pembelajaran dimana jika nilainya terlalu besar algoritma menjadi tidak stabil dan sebaliknya jika nilainya terlalu kecil maka algoritma akan sangat lambat dalam mencapai nilai yang konvergen.

3.3.2 Komponen Jaringan Syaraf

Jaringan Syaraf terdiri dari beberapa *neuron* dan ada hubungan antara *neuron* tersebut. Neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke *neuron* yang lain. Pada Jaringan Syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut.



Gambar 3.4
Struktur Neuron Jaringan Syaraf

Cara kerja *neuron* buatan ini mirip dengan sel *neuron* biologis, informasi (masukan) akan dikirim ke *neuron* dengan bobot kedatangan tertentu. Masukan ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang.

Hasil penjumlahan ini akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. Apabila masukan melewati suatu nilai ambang tertentu *neuron* tersebut tersebut akan diaktifkan, tapi jika tidak maka tidak akan diaktifkan. Apabila *neuron* tersebut diaktifkan, maka akan mengirimkan keluaran melalui bobot bobot keluarannya ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya, demikian seterusnya.

Pada Jaringan Syaraf, *neuron* akan dikumpulkan dalam lapisan yang disebut dengan lapisan *neuron*, biasanya dalam satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan masukan dan keluaran). Informasi yang diberikan pada Jaringan Syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan masukan sampai dengan lapisan keluaran melalui lapisan yang lainnya, yang sering disebut dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*).

3.3.3 Struktur Jaringan Syaraf

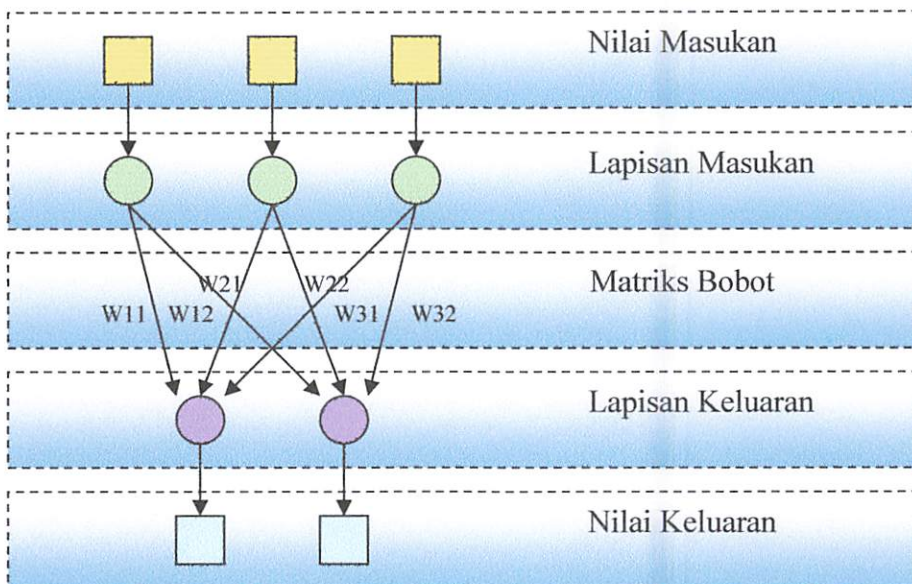
Setiap *neuron* dikelompokkan dalam lapisan yang sama, umumnya *neuron* yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama dan pada setiap lapisan yang sama, *neuron* akan memiliki fungsi aktivasi yang sama. Apabila *neuron* dalam suatu lapisan akan dihubungkan dengan *neuron* pada

lapisan yang lain maka *neuron* pada setiap lapisan tersebut juga harus dihubungkan dengan setiap lapisan pada lapisan lainnya.

Ada beberapa struktur Jaringan Syaraf, antara lain :

1. Jaringan Dengan Lapisan Tunggal (*Single Layer*)

Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima masukan kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi keluaran tanpa harus melalui lapisan tersembunyi.

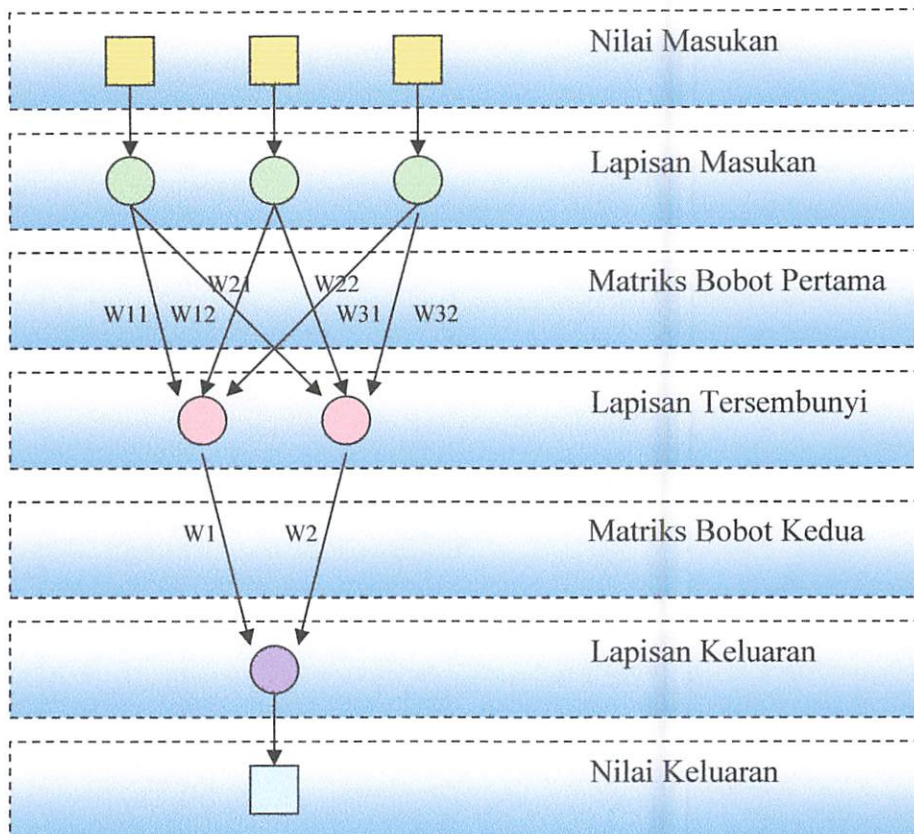


Gambar 3.5
Jaringan Syaraf Dengan Lapisan Tunggal

2. Jaringan Dengan Banyak Lapisan (*Multi Layer*)

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan masukan dan lapisan keluaran (lapisan tersembunyi). Umumnya, ada lapisan bobot yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit

daripada lapisan dengan lapisan tunggal, dan tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit. Namun demikian, pada banyak kasus pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah.



Gambar 3.6
Jaringan Syaraf Dengan Banyak Lapisan

3.3.4 Fungsi Aktivasi

Fungsi ini biasanya berupa fungsi pemampat (*Squashing Function*). Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan pada Jaringan Syaraf, antara lain :

- Fungsi Undak Biner (*Hard Limit*)
- Fungsi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)

- Fungsi Linear (Identitas)
- Fungsi Saturating Linear
- Fungsi Symmetric Saturating Linear
- Fungsi Sigmoid Bipolar, dan
- Fungsi Sigmoid Biner

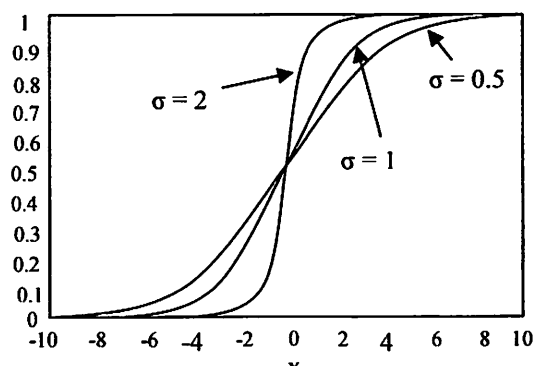
Fungsi sigmoid biner ini digunakan untuk jaringan syaraf *multilayer* yang akan dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai :

$$Y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}$$

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)



Gambar 3.7
Fungsi Aktivasi *Sigmoid Biner*

Pada MATLAB, fungsi aktivasi *sigmoid biner* dikenal dengan nama *logsig*, *syntax* $Y = \text{logsig}(a)$.

3.3.5 Pembelajaran Dengan *Backpropagation*

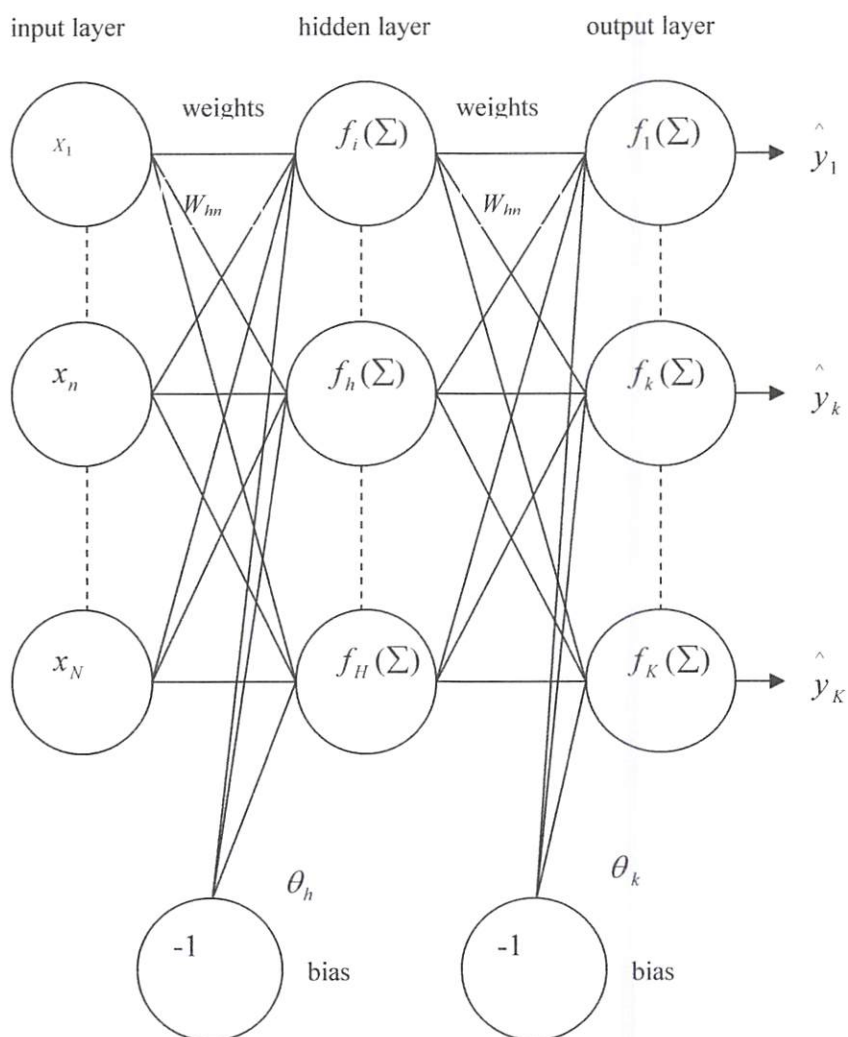
Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma *backpropagation* menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya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

Algoritma *backpropagation* terdiri atas tahapan propagasi maju dan tahapan propagasi balik. Tahapan propagasi maju dimulai dengan memberikan suatu pola (sinyal) masukan pada lapisan input pada jaringan. Pada lapisan input, pola masukan hanya dilewatkan untuk kemudian dikalikan dengan pebobot yang menghubungkan dengan lapisan hidden. Jadi lapisan input merupakan lapisan pasif karena tidak mengolah pola masukan. Dalam tiap lapisan yang berurutan (kecuali lapisan input), setiap elemen pengolah (*neuron*) menjumlahkan setiap masukan dan melewatkannya pada fungsi aktivasi untuk mendapatkan outputnya. Output ini disebar maju ke lapisan selanjutnya secara berurutan, untuk kemudian mengalami proses yang sama sampai pada lapisan output. Lapisan output jaringan kemudian menghasilkan keluaran jaringan secara keseluruhan. Jadi arah sebaran informasi adalah lapisan *input-hidden-output*. Perbedaan yang terjadi atau *error*nya kemudian dipergunakan untuk memperbaiki harga pembobot jaringan.

3.4 Arsitektur *Intelligent Neural Network* (INN)

3.4.1 Jaringan Syaraf Dengan *Three Layer Feed Forward*

Dalam skripsi ini Jaringan Syaraf yang digunakan dibangun dengan konstruksi *threelayer feedforward*. Node tiap lapisan menerima sinyal input dari lapisan sebelumnya dan memberikan output pada *sublayer* yang berikutnya.



Gambar 3.8
Jaringan Syaraf dengan *Three layer feedforward*

Input didalam jaringan menandakan jumlah bobot yang telah diproses dari pengurangan sebuah sinyal bias yang masuk.

Input jaringan node h (net_h) didalam *hidden layer* dinyatakan dengan :

$$net_h = \sum_n w_{hn} y_n - \theta_h \dots\dots\dots(1)$$

Sebuah fungsi aktivasi *sigmoid* digunakan untuk mengolah data input menjadi data output :

$$y_h = f_h(net_h) = \frac{1}{1 + e^{-net_h}} \dots\dots\dots(2)$$

$f_h(net_h)$ = output h (y_h) didalam *hidden layer*

h = *hidden* unit (unit tersembunyi)

θ_h = bias pada *hidden layer*

w_{hn} = output *layer* didalam *hidden layer*

Y_n = bobot antara unit input dan output pada *hidden layer*

$n, h,$ dan k adalah node-node pada *input, hidden* dan *output layer*

Output node pada *hidden layer* kemudian dikirim kembali pada node oleh lapisan output yang lain melalui set bobotnya, dengan :

$$net_k = \sum_h w_{kh} y_h - \theta_k \dots\dots\dots(3)$$

Sebuah fungsi aktivasi *sigmoid* digunakan untuk mengolah data input menjadi data output :

$$y_k = f_k(net_h) = \frac{1}{1 + e^{-net_k}} \dots\dots\dots(4)$$

θ_k = bias node pada *output layer*

W_{kh} = bobot antara *hidden* unit dan unit output

Perintah aturan dilakukan untuk menghasilkan bobot tiap node dengan meminimalkan fungsi errornya menggunakan :

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (d_k - y_k)^2 \dots\dots\dots(5)$$

dimana d_k = output node k

y_k = output node k pada *output layer*

Bobot w_{kh} diperbaiki dengan proses iterasi untuk meminimalkan E melalui teknik *gradient descent*, yaitu sebuah pembelajaran yang menggunakan object jaringan, kumpulan data input dan target sebagai input pelatihan object jaringan, bobot-bobot akhir dan informasi selama pelatihan sebagai nilai outputnya.

$$\begin{aligned} w_{kh}(i+1) &= w_{kh}(i) + \Delta w_{kh}(i) \\ \Delta w_{kh}(i) &= \eta \delta_k y_k + \alpha \Delta w_{kh}(i-1) \dots\dots\dots(6) \\ \delta_k &= (d_k - y_k) y_k (1 - y_k) \end{aligned}$$

dimana i = jumlah iterasi

η = *learning rate*

α = momentum konstan.

Persamaan untuk node h pada *hidden layer*, dengan bobot w_{hn} dapat diturunkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 w_{hm}(i+1) &= w_{hm}(i) + \Delta w_{hm}(i) \\
 \Delta w_{hm}(i) &= \eta \delta_h y_h + \alpha \Delta w_{hm}(i-1) \dots\dots\dots(7) \\
 \delta_h &= Y_h(1 - y_h) \sum_h \delta_k w_{hm}
 \end{aligned}$$

Node bias dapat dicermati sebagai bobot-bobot pada proses iterasi yang berjalan. Output y_k pada node k didalam output *layer* secara implisit adalah parameter-parameter yang bisa memebengkok didalam jaringan (jumlah bobot dan bias di tiap node). Disini hubungan bobot dan bias pada Jaringan Syaraf ditentukan oleh EA untuk menghindari lokal *konvergen* pemusatan parameter yang terjadi.

3.4.2 Evolutionary Algorithm (EA)

Evolutionary Algorithm adalah suatu metode strategi optimasi stokastik untuk menemukan solusi yang optimal. Prosesnya diawali dengan membentuk populasi awal secara acak, setelah inialisasi semua N individu dipilih sebagai *parent* kemudian dengan operasi mutasi *gaussian mutation* N *parent* tersebut menghasilkan N *offspring*. Tiap *parent* menghasilkan *offspring* tunggal sehingga ukuran populasi berikutnya berlipat dua (2N). *Offspring* kemudian dievaluasi berdasarkan pada fungsi *tak layak* dan N yang bertahan (*survive*) dipilih dari individu 2N untuk membentuk generasi berikutnya.

$T^i = [t_1^i, \dots, t_d^i, \dots, t_p^i]$ digambarkan sebagai sebuah faktor percobaan yang menghadirkan individu ke- i , dimana $i = 1, 2, \dots, I$, adalah populasi yang terevolusi dari jumlah populasi I .

Elemen dari t_d , dimana $d = 1, 2, \dots, D$ adalah nilai target bobot dan bias pada jaringan syaraf yang diinginkan.

Sebuah fungsi tak layak digunakan untuk menentukan individu T^i pada masing-masing individu yang terevolusi. Individu-individu dengan nilai taklayak yang rendah memiliki peluang yang besar untuk bertahan dan yang akan memenangkan kompetisi. Disini *least-squared* fungsi error E_i digunakan untuk mencari nilai tak layak pada INN yang berhubungan dengan individu T^i dengan persamaan :

$$E_i = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K (d_{kp} - y_{kp})^2 \dots\dots\dots(8)$$

E_i = error

y_{kp} = output k yang digunakan sebagai sampel individu ke- p berhubungan dengan fungsi aktivasi jaringan syaraf

P = total sampel

d_{kp} = *fault* indikator output k

Langkah-langkah proses *Evolutionary Algorithm* yaitu :

a. Inisialisasi

Inisialisasi *parent* T^i , $i = 1, 2, \dots, I$, pengambilan secara acak dengan batas setting komponen T^i sebagai :

$$td^i \sim U(\delta_{d,\min} \delta_{d,\max}), \text{ untuk } d = 1, 2, \dots, D, \text{ dan } i = 1, 2, \dots, I,$$

dimana $U(\delta_{d,\min}, \delta_{d,\max})$ menggambarkan distribusi keseragaman variabel sampel observasi secara random dengan batas atas dan batas bawah ($\delta_{d,\min}$ dan $\delta_{d,\max}$) dalam hubungan bobot dan bias jaringan syaraf.

b. *Offspring*

Dengan menambahkan variasi random Gaussian dengan *mean* nol dan standar penyimpangan yang proporsional untuk tiap-tiap *parent* T^i membentuk sebuah keturunan, yaitu :

$$T^{i+1} = T^i + N(0, \sigma_i^2) \dots\dots\dots(9)$$

$N(0, \sigma_i^2)$ = desain sebuah gaussian random dengan nilai tengah dan nilai

standar proporsional $\sigma_i = s E_i + F$

E_i = fungsi tak layak percobaan T^i

s = faktor skala

F = nilai penyeimbang

Offspring T^{i+1} dihasilkan berdasar pada nilai relatif E_i dengan meminimalisasi, jika E_i relatif rendah (*high*) maka solusi percobaan menghasilkan solusi akhir yang mendekati.

c. **Kompetisi dan Seleksi**

Kompetisi untuk *survival* adalah nilai stockastic pada EA. Individu $2I$ adalah *parent* yang membentuk *offspring* secara acak saling berkompetisi memilih atau menyeleksi individu yang paling kuat.

Ukuran kemenangan dari tiap individu adalah :

$$W_i = \sum_{i=1}^{N_c} W_i \dots\dots\dots(10)$$

$$W_i = 1, \text{ jika } u_1 < \frac{f_k}{f_k + f_i}$$

$$W_i = 0, \text{ jika } u_1 < \frac{f_k}{f_k + f_i}$$

W_i = nilai individu ke- i

N_c = banyaknya pesaing yang terpilih secara acak

f_i = nilai tak layak individu ke- i

f_k = nilai error dari lawan, $k = [2lu_2 + 1 \llbracket y \rrbracket]$ menggambarkan integer terbaik yang lebih rendah atau sama dengan y

$u_1 \sim U(0,1)$ = keseragaman nilai sesungguhnya dari proses random dengan batas [0,1]

Setelah semua individu mengalami proses kompetisi, individu $2I$ yang terpilih disesuaikan dengan nilai W_i . Kemudian individu I yang pertama yang sesuai terpilih menjadi parent pada generasi yang berikutnya.

d. Aturan Penghentian

Saat aturan penghentian pada generasi maksimum atau ukuran minimum nilai-nilai E telah terpenuhi maka proses evolusi berhenti dengan solusi penentuan generasi terburuk yang dipilih sebagai hasil akhir yang terbaik.

3.5 Algoritma Pemecahan Masalah

3.5.1 Backpropagation

- Inisialisasi bobot.
- Tetapkan maksimum Epoch, Target Error.
- Inisialisasi Epoch = 0, MSE = 1.
- Kerjakan langkah-langkah berikut (Epoch < Maksimum Epoch) dan (MSE > Target Error).

1. 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*).
- b. Tiap-tiap unit tersembunyi ($\theta_h, h = 1,2,3,\dots,p$), jumlahkan sinyal-sinyal input berbobot:

$$net_h = \sum_n w_{hn} y_n - \theta_h \dots\dots\dots(1)$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_h = f_h(net_h) = \frac{1}{1 + e^{-net_h}} \dots\dots\dots(2)$$

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit lapisan di atasnya (unit-unit output)

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

$$net_k = \sum_h w_{kh} y_h - \theta_k \dots\dots\dots(3)$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_k = f_k(net_h) = \frac{1}{1 + e^{-net_k}} \dots\dots\dots(4)$$

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

Backward

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

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (d_k - y_k)^2 \dots\dots\dots(5)$$

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

$$\Delta w_{kh}(i) = \eta \delta_k y_k + \alpha \Delta w_{kh}(i-1) \dots\dots\dots(6.2)$$

kirimkan ke unit-unit yang ada dilapisan dibawahnya.

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

$$\Delta W_{hm}(i+1) = W_{hm}(i) + \Delta W_{hm}(i) \dots\dots\dots(7.2)$$

kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktifasinya untuk menghitung informasi error :

$$\delta_h = y_h(1 - y_h) \sum_h \delta_k w_{hm} \dots\dots\dots(7.3)$$

δ_h = faktor koreksi untuk bobot W_{hm}

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

$$\delta_k = (d_k - y_k)y_k(1 - y_k) \dots\dots\dots(6.3)$$

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

$$W_{kh}(i+1) = W_{kh}(i) + \Delta W_{kh}(i) \dots\dots\dots(6.1)$$

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

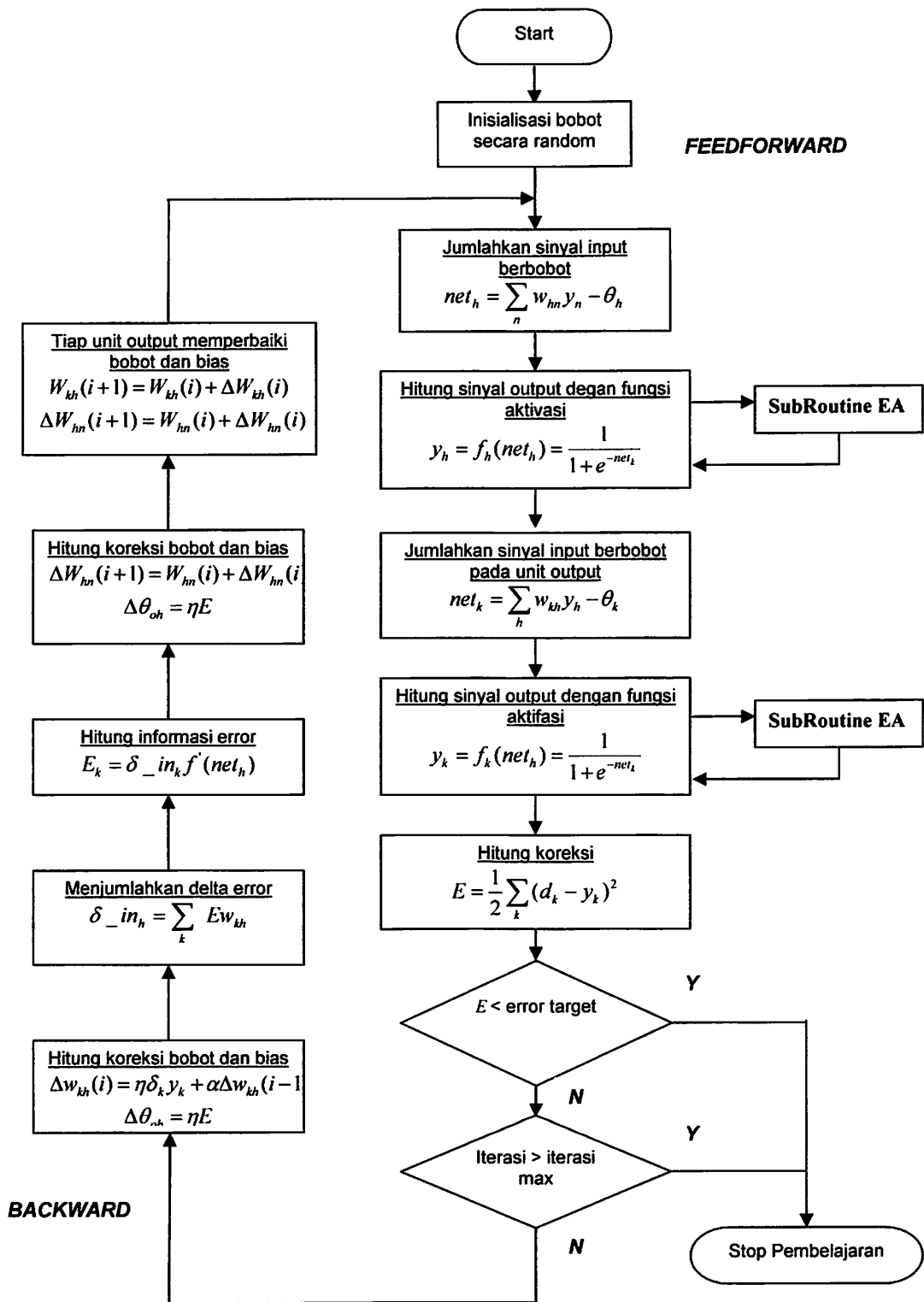
$$W_{hn}(i+1) = W_{hn}(i) + \Delta W_{hn}(i) \dots\dots\dots(7.1)$$

2. Tes kondisi berhenti.

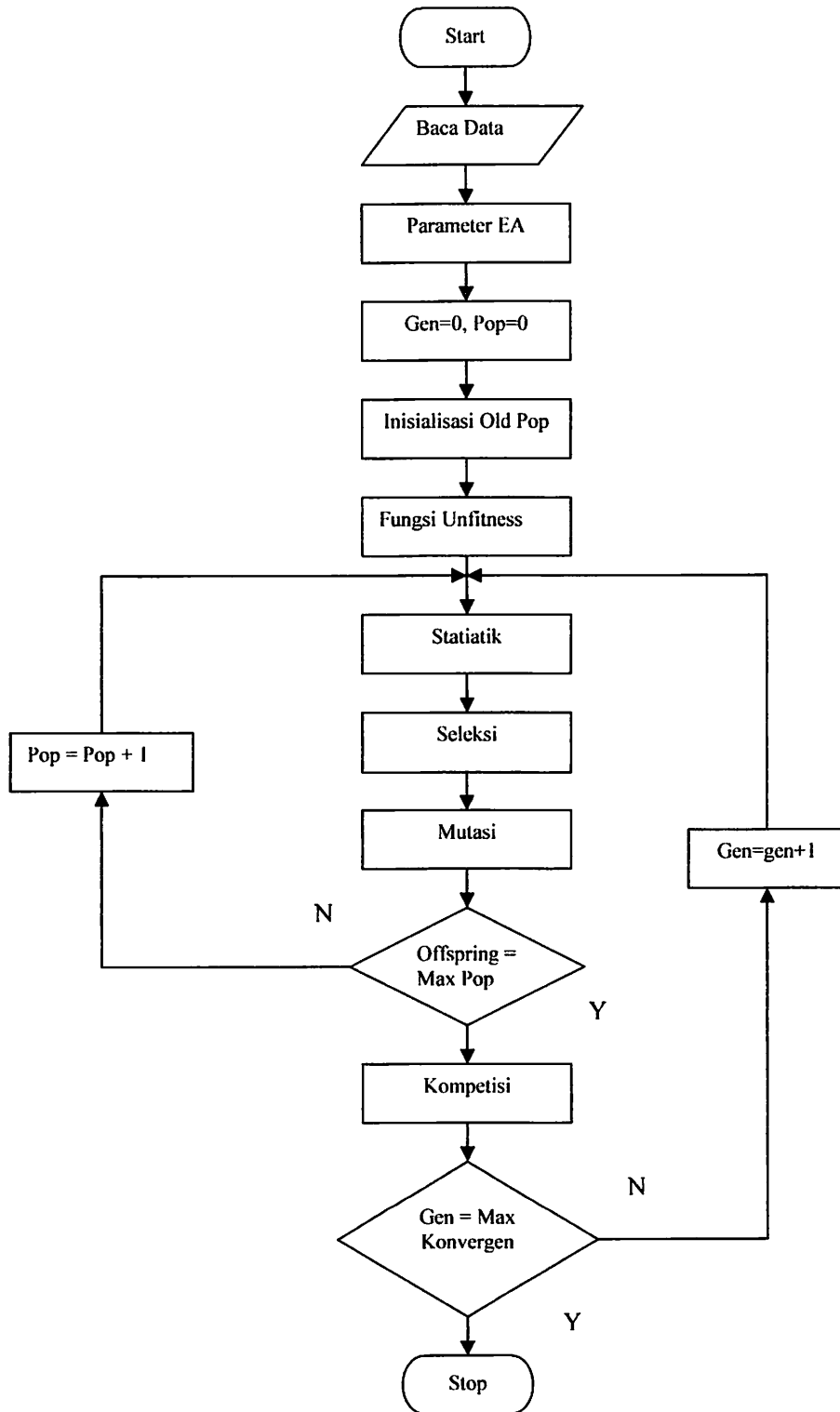
3.5.2 Evolutionary Algorithm

1. Masukkan input data parameter.
2. Menentukan populasi awal ($pop=0$) dan menentukan generasi awal ($Gen= 0$).
3. Menginisialisasi populasi awal.
4. Menghitung nilai unfitness tiap individu.
5. Melakukan proses statistik.
6. Melakukan proses seleksi.
7. Melakukan proses mutasi.
8. Apakah Offspring sudah terpenuhi (Max Pop)
 - a. Jika "Tidak" maka $Populasi = Pop + 1$, kembali kelangkah 5.
 - b. Jika "Ya" lanjut ke langkah 9.
9. Melakukan proses kompetisi.
10. Apakah generasi yang diinginkan sudah terpenuhi (max Gen) atau konvergen
 - a. Jika "Tidak" maka $Generasi = gen + 1$, kembali kelangkah 5.
 - b. Jika "Ya" maka perhitungan selesai.

3.6 Flowchart Program



- **Flowchart Sub Routine EA**



BAB IV

ANALISA DATA

Beberapa metode gas kunci (*key gases*) telah dikembangkan didunia baik yang konvensional seperti metode rasio *Roger, Doernenburg* maupun metode metode kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) lainnya seperti *Intelligent Neural Network* dengan teknik analisis gas terlarut IEC/IEEE DGA dapat digunakan untuk menganalisa konsentrasi lima gas yang mudah terbakar (tabel 3.7), dengan unsur hidrogen (H₂), metan (CH₄), ethilen (C₂H₄), etan (C₂H₆) dan asetilen (C₂H₂) sebagai sampel parameter input INN menghasilkan output tiga kombinasi rasio gas yaitu :

$$[X] = [CH_4/H_2, C_2H_2/C_2H_4, C_2H_4/C_2H_6]$$

Program ini menggunakan bahasa pemrograman Matlab 6.5.1 yang merupakan bahasa pemrograman yang terstruktur, relatif mudah untuk dipelajari dan sangat berguna untuk mempercepat proses perhitungan yang membutuhkan ketelitian tinggi dan sering melibatkan iterasi yang memerlukan waktu yang lama bila dikerjakan secara manual.

4.1 Data Input

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

No	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆
1	27.8	41.5	23.6	24.9	18.6
2	31.2	48.1	28.4	29.8	20.2
3	40	56.7	30.2	32.5	21.8
4	48.2	62.5	33.5	37.2	23.2
5	53.9	71.9	38.7	44.6	24.5
6	59.8	79.3	39.9	48.4	26.1
7	64.3	85.8	40.2	51.5	28.4
8	70.1	94.2	42.5	55.1	30.9
9	77.2	102.5	45.8	59.3	32.6
10	85.1	113.8	47.3	64.2	34.3
11	101	121	504	65.7	36.1
12	108.4	123.9	53.5	66.3	38.3
13	121.3	126.3	54.7	67.9	40.2
14	135.2	129.5	39.6	70.2	67.9
15	198	130.5	39.7	72.4	78.6
16	254.02	132.3	42.1	75.2	78.9
17	293.05	133.9	44.6	78.5	84.2
18	341.01	134.3	44.9	81.1	86.6
19	402.03	135.9	48.5	85.3	89.4
20	476.07	136.5	49.4	88.2	89.6
21	502.04	137.1	87.9	92.6	47.1
22	558.01	138.7	98.7	95.1	48.8
23	650.08	139.5	99.1	98.4	49.3
24	703.11	142.3	52.1	101.3	101.8
25	730.23	154.2	54.2	106.7	124.2
26	796	201.7	54.4	109.1	122.2
27	872.9	273.4	58.5	111.2	126.4
28	953.6	359.1	58.9	115.5	138.3
29	1017.8	463.7	64.4	118.3	139.3
30	1308.2	588.5	72.1	122.4	142.1
31	1376.4	674.9	74.3	128.5	144.5
32	1453.7	726.3	78.5	131.2	147.4
33	1532.2	857.1	79.3	136.4	149.3
34	1673.7	910.1	196.6	147.1	76.2
35	1785	987.2	198.2	149.6	78.8
36	1826.5	1002.1	202.7	234.2	188.2
37	1876.3	1005.3	222.3	268	188.6
38	1935	1008.7	239.9	288	198.4
39	1993.45	1011.5	250.1	349.2	252.5
40	2026.45	1018.1	267.4	365.6	289.5
41	3045.6	1071.9	345.2	187.9	93.1
42	3157.7	1077.2	352.6	195.2	94.5
43	2727.89	1059.2	325.8	176.5	90.6
44	2963.7	1065.4	338.4	183.2	91.4
45	2183	1023.8	279.8	524.6	275.2
46	2254.6	1034.3	291.1	543.2	221.3
47	2367.9	1039.5	302.5	653.1	332.4
48	2537	1044.6	316.4	672.9	352
49	3231.1	1083.4	374.3	199.5	97.2
50	3361.23	1092.7	397.1	203.4	99.7

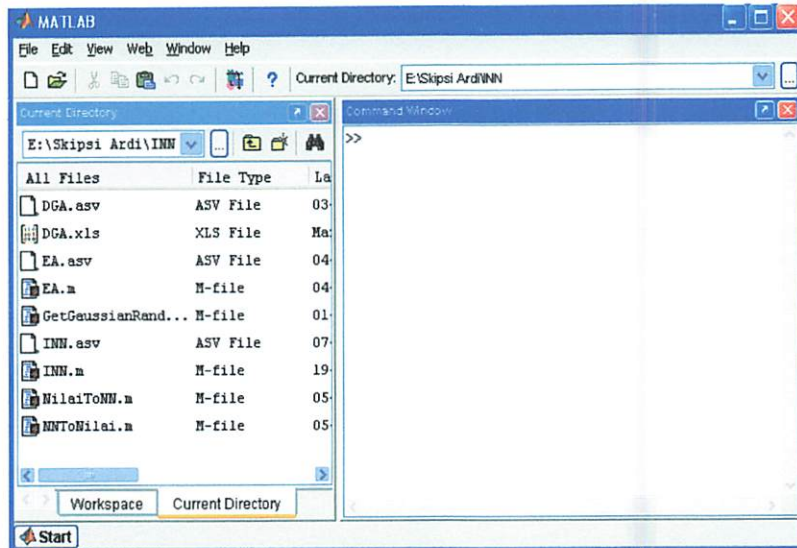
Sumber : Data PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Bali

4.2 Analisa Program

1. Matlab mengambil variabel file dari Excel, dengan mengambil baris dan kolom excel sebagai masukan variabel *train* dan *ramal*.
2. Menentukan nilai minimal dan nilai maksimal.
3. Pembentukan matrik untuk *nnInput*, *nnOutput* dan *nnRamal*.
4. Membentuk jaringan (*net*) *feedforward*.
5. Menentukan maksimum epoch, yang merupakan jumlah iterasi untuk melatih jaringan, dengan set maksimum epoch sebanyak 10000.
6. Menentukan kinerja tujuan (*Goal*). Iterasi akan dihentikan bila nilai fungsi kinerja kurang dari atau sama dengan kinerja tujuan yaitu 0,001.
7. Menentukan *learning rate* dengan laju pembelajaran diset pada 0,3.
8. Menentukan rasio untuk menaikkan *learning rate*, digunakan sebagai faktor pengali untuk menaikkan laju pembelajaran apabila nilai yang ada terlalu rendah dan diset pada nilai 1,01.
9. Menentukan rasio untuk menurunkan *learning rate*, apabila nilai yang ada terlalu tinggi akan menuju ke ketidakstabilan dan diset pada 0,99.
10. Menentukan jumlah epoch.
11. Proses *training* pada net untuk *nnInput* dan *nnOutput*.
12. Simulasi hasil.
13. Grafik perbandingan target dan output.

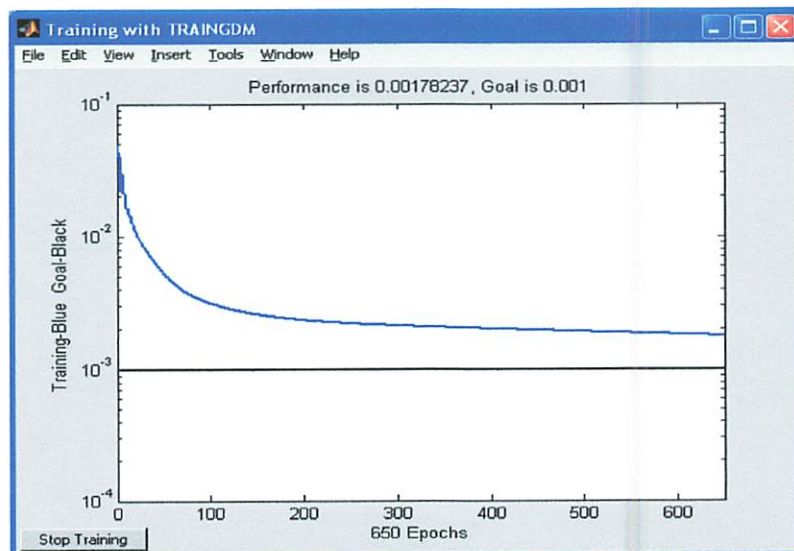
4.3 Tampilan Program

- Tampilan utama Matlab, buka file DGA dan data input dalam excel, untuk menjalankan tekan F5.

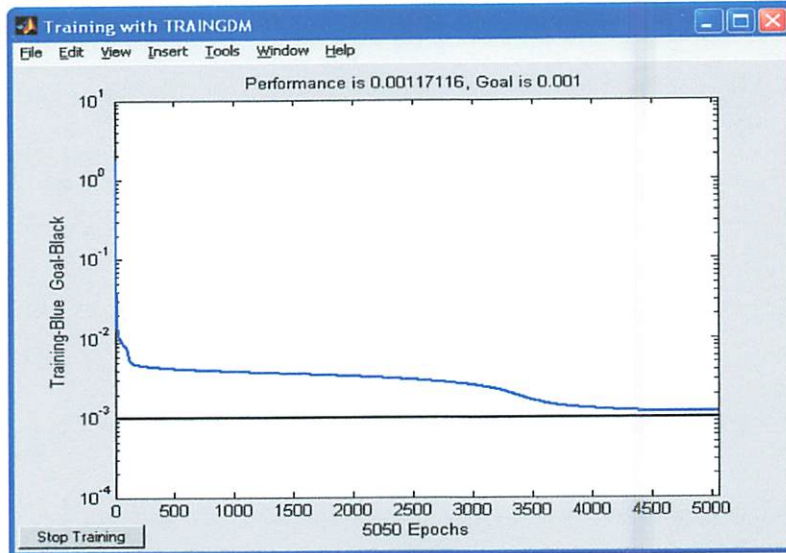


Gambar 4.1
Tampilan Program Utama

- Tampilan proses training.



Gambar 4.2.a
TRAINGDM, Epoch 1650/10000, MSE 0.00178237/0.001
Gradient 0.000916753/1e-010



Gambar 4.2.b
TRAINGDM, Epoch 5050/10000, MSE 0.00117116/0.001
Gradient 0.000302771/1e-010

- Setelah proses training, akan diperoleh grafik hasil perbandingan antara target dan output.



Gambar 4.3
Hasil Proses Training
Perbandingan Antara Target Dan Output

- Tampilan *Command Window* Matlab pada proses training :

TRAINING PROCESS INN
 NAMA : ARDI ARISYANTO
 NIM : 99.12.141
 JURUSAN : T. ELEKTRO/ENERGI LISTRIK
 ITN MALANG

TRAININGDM, Epoch 0/10000, MSE 0.0486006/0.001, Gradient 0.491211/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 50/10000, MSE 0.00528715/0.001, Gradient 0.0172462/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 100/10000, MSE 0.00315453/0.001, Gradient 0.00754308/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 150/10000, MSE 0.00259846/0.001, Gradient 0.00476512/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 200/10000, MSE 0.00235137/0.001, Gradient 0.00336005/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 250/10000, MSE 0.00222005/0.001, Gradient 0.00257553/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 300/10000, MSE 0.00213614/0.001, Gradient 0.00217268/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 350/10000, MSE 0.0020719/0.001, Gradient 0.00197662/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 400/10000, MSE 0.00201632/0.001, Gradient 0.00187698/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 450/10000, MSE 0.00196513/0.001, Gradient 0.00181854/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 500/10000, MSE 0.00191663/0.001, Gradient 0.00177715/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 550/10000, MSE 0.00187014/0.001, Gradient 0.00174243/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 600/10000, MSE 0.0018254/0.001, Gradient 0.00170953/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 650/10000, MSE 0.00178237/0.001, Gradient 0.00167582/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 700/10000, MSE 0.00174108/0.001, Gradient 0.00163977/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 750/10000, MSE 0.00170164/0.001, Gradient 0.00160073/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 800/10000, MSE 0.00166413/0.001, Gradient 0.00155877/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 850/10000, MSE 0.00162865/0.001, Gradient 0.00151454/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 900/10000, MSE 0.0015952/0.001, Gradient 0.001469/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 950/10000, MSE 0.00156378/0.001, Gradient 0.00142317/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1000/10000, MSE 0.0015343/0.001, Gradient 0.00137795/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1050/10000, MSE 0.00150667/0.001, Gradient 0.00133397/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1100/10000, MSE 0.00148078/0.001, Gradient 0.0012916/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1150/10000, MSE 0.0014565/0.001, Gradient 0.00125092/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1200/10000, MSE 0.00143371/0.001, Gradient 0.00121186/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1250/10000, MSE 0.00141233/0.001, Gradient 0.00117423/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1300/10000, MSE 0.00139225/0.001, Gradient 0.00113783/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1350/10000, MSE 0.00137339/0.001, Gradient 0.00110256/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1400/10000, MSE 0.00135569/0.001, Gradient 0.00106839/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1450/10000, MSE 0.00133906/0.001, Gradient 0.00103542/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1500/10000, MSE 0.00132344/0.001, Gradient 0.00100373/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1550/10000, MSE 0.00130876/0.001, Gradient 0.000973389/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1600/10000, MSE 0.00129495/0.001, Gradient 0.000944413/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1650/10000, MSE 0.00128194/0.001, Gradient 0.000916753/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1700/10000, MSE 0.00126967/0.001, Gradient 0.000890323/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1750/10000, MSE 0.0012581/0.001, Gradient 0.00086502/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1800/10000, MSE 0.00124718/0.001, Gradient 0.00084074/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1850/10000, MSE 0.00123685/0.001, Gradient 0.00081739/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1900/10000, MSE 0.00122709/0.001, Gradient 0.000794888/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 1950/10000, MSE 0.00121785/0.001, Gradient 0.000773169/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2000/10000, MSE 0.00120912/0.001, Gradient 0.000752179/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2050/10000, MSE 0.00120084/0.001, Gradient 0.000731874/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2100/10000, MSE 0.00119301/0.001, Gradient 0.000712223/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2150/10000, MSE 0.0011856/0.001, Gradient 0.000693197/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2200/10000, MSE 0.00117857/0.001, Gradient 0.000674775/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2250/10000, MSE 0.00117191/0.001, Gradient 0.000656939/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2300/10000, MSE 0.00116559/0.001, Gradient 0.000639675/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2350/10000, MSE 0.00115961/0.001, Gradient 0.000622972/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2400/10000, MSE 0.00115393/0.001, Gradient 0.000606819/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2450/10000, MSE 0.00114854/0.001, Gradient 0.000591209/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2500/10000, MSE 0.00114342/0.001, Gradient 0.000576133/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2550/10000, MSE 0.00113856/0.001, Gradient 0.000561586/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2600/10000, MSE 0.00113394/0.001, Gradient 0.000547561/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2650/10000, MSE 0.00112955/0.001, Gradient 0.000534052/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2700/10000, MSE 0.00112537/0.001, Gradient 0.000521053/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2750/10000, MSE 0.00112139/0.001, Gradient 0.000508558/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2800/10000, MSE 0.00111759/0.001, Gradient 0.000496561/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2850/10000, MSE 0.00111398/0.001, Gradient 0.000485055/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2900/10000, MSE 0.00111052/0.001, Gradient 0.000474033/1e-010
 TRAININGDM, Epoch 2950/10000, MSE 0.00110722/0.001, Gradient 0.000463487/1e-010

TRAININGDM, Epoch 3000/10000, MSE 0.00110407/0.001, Gradient 0.000453408/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3050/10000, MSE 0.00110105/0.001, Gradient 0.000443787/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3100/10000, MSE 0.00109815/0.001, Gradient 0.000434613/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3150/10000, MSE 0.00109537/0.001, Gradient 0.000425877/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3200/10000, MSE 0.0010927/0.001, Gradient 0.000417567/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3250/10000, MSE 0.00109013/0.001, Gradient 0.00040967/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3300/10000, MSE 0.00108766/0.001, Gradient 0.000402174/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3350/10000, MSE 0.00108527/0.001, Gradient 0.000395066/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3400/10000, MSE 0.00108297/0.001, Gradient 0.000388331/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3450/10000, MSE 0.00108074/0.001, Gradient 0.000381955/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3500/10000, MSE 0.00107858/0.001, Gradient 0.000375923/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3550/10000, MSE 0.0010765/0.001, Gradient 0.000370221/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3600/10000, MSE 0.00107447/0.001, Gradient 0.000364833/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3650/10000, MSE 0.0010725/0.001, Gradient 0.000359744/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3700/10000, MSE 0.00107058/0.001, Gradient 0.000354937/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3750/10000, MSE 0.00106871/0.001, Gradient 0.000350399/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3800/10000, MSE 0.00106689/0.001, Gradient 0.000346113/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3850/10000, MSE 0.00106512/0.001, Gradient 0.000342064/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3900/10000, MSE 0.00106338/0.001, Gradient 0.000338238/1e-010
TRAININGDM, Epoch 3950/10000, MSE 0.00106168/0.001, Gradient 0.00033462/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4000/10000, MSE 0.00106002/0.001, Gradient 0.000331196/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4050/10000, MSE 0.00105839/0.001, Gradient 0.000327953/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4100/10000, MSE 0.00105679/0.001, Gradient 0.000324876/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4150/10000, MSE 0.00105522/0.001, Gradient 0.000321955/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4200/10000, MSE 0.00105368/0.001, Gradient 0.000319176/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4250/10000, MSE 0.00105216/0.001, Gradient 0.000316529/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4300/10000, MSE 0.00105067/0.001, Gradient 0.000314001/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4350/10000, MSE 0.0010492/0.001, Gradient 0.000311585/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4400/10000, MSE 0.00104776/0.001, Gradient 0.000309268/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4450/10000, MSE 0.00104633/0.001, Gradient 0.000307044/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4500/10000, MSE 0.00104493/0.001, Gradient 0.000304902/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4550/10000, MSE 0.00104354/0.001, Gradient 0.000302837/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4600/10000, MSE 0.00104217/0.001, Gradient 0.000300884/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4650/10000, MSE 0.00104082/0.001, Gradient 0.000298904/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4700/10000, MSE 0.00103949/0.001, Gradient 0.000297025/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4750/10000, MSE 0.00103818/0.001, Gradient 0.000295195/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4800/10000, MSE 0.00103688/0.001, Gradient 0.000293412/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4850/10000, MSE 0.00103559/0.001, Gradient 0.000291669/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4900/10000, MSE 0.00103432/0.001, Gradient 0.000289963/1e-010
TRAININGDM, Epoch 4950/10000, MSE 0.00103307/0.001, Gradient 0.00028829/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5000/10000, MSE 0.00103183/0.001, Gradient 0.000286647/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5050/10000, MSE 0.0010306/0.001, Gradient 0.000285031/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5100/10000, MSE 0.00102939/0.001, Gradient 0.000283441/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5150/10000, MSE 0.00102819/0.001, Gradient 0.000281872/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5200/10000, MSE 0.00102701/0.001, Gradient 0.000280325/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5250/10000, MSE 0.00102583/0.001, Gradient 0.000278797/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5300/10000, MSE 0.00102467/0.001, Gradient 0.000277287/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5350/10000, MSE 0.00102353/0.001, Gradient 0.000275793/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5400/10000, MSE 0.00102239/0.001, Gradient 0.000274316/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5450/10000, MSE 0.00102127/0.001, Gradient 0.000272854/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5500/10000, MSE 0.00102016/0.001, Gradient 0.000271406/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5550/10000, MSE 0.00101906/0.001, Gradient 0.000269973/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5600/10000, MSE 0.00101797/0.001, Gradient 0.000268553/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5650/10000, MSE 0.00101689/0.001, Gradient 0.000267147/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5700/10000, MSE 0.00101583/0.001, Gradient 0.000265755/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5750/10000, MSE 0.00101477/0.001, Gradient 0.000264377/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5800/10000, MSE 0.00101373/0.001, Gradient 0.000263012/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5850/10000, MSE 0.0010127/0.001, Gradient 0.000261661/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5900/10000, MSE 0.00101168/0.001, Gradient 0.000260324/1e-010
TRAININGDM, Epoch 5950/10000, MSE 0.00101067/0.001, Gradient 0.000259001/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6000/10000, MSE 0.00100966/0.001, Gradient 0.000257691/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6050/10000, MSE 0.00100867/0.001, Gradient 0.000256396/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6100/10000, MSE 0.00100769/0.001, Gradient 0.000255116/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6150/10000, MSE 0.00100672/0.001, Gradient 0.00025385/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6200/10000, MSE 0.00100576/0.001, Gradient 0.000252598/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6250/10000, MSE 0.0010048/0.001, Gradient 0.000251361/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6300/10000, MSE 0.00100386/0.001, Gradient 0.000250139/1e-010
TRAININGDM, Epoch 6350/10000, MSE 0.00100293/0.001, Gradient 0.000248932/1e-010

TRAINGDM, Epoch 6400/10000, MSE 0.001002/0.001, Gradient 0.00024774/1e-010
 TRAINGDM, Epoch 6450/10000, MSE 0.00100108/0.001, Gradient 0.000246562/1e-010
 TRAINGDM, Epoch 6500/10000, MSE 0.00100018/0.001, Gradient 0.000245399/1e-010
 TRAINGDM, Epoch 6510/10000, MSE 0.000999997/0.001, Gradient 0.000245169/1e-010
 TRAINGDM, Performance goal met.

ke =

6510

E =

1.0000e-003

Weigh_Input =

5.3094	0.0513	-0.3596	-0.1599	1.4544
3.6411	-0.7769	9.7682	-0.4760	-0.9807
-1.9913	-0.1948	-3.2113	-2.1006	-0.9889
-5.8632	0.2589	8.5029	-1.2830	0.0283
-5.0890	-0.1989	-13.7118	0.6770	0.2570
4.0308	-0.1878	9.3999	1.3404	0.5872
0.2380	0.2750	9.0377	-1.8328	-0.6124
-3.2659	-0.0681	12.1421	1.0288	-0.7857
-1.4192	0.0726	-10.1883	-1.4840	-1.1937

Weigh_Bias_Input =

-11.6179
 -8.0455
 9.6371
 -5.4257
 13.9359
 -7.9050
 -6.0815
 -7.9894
 8.1115

Weigh_Layer =

Columns 1 through 5

0.2612 -0.6349 0.4389 -0.8108 -0.6636

Columns 6 through 9

0.2782 0.5760 -0.4161 -0.4471

Weigh_Bias_Layer =

0.8785

STOP TRAINING

WAKTU PERHITUNGAN ADALAH =24.25 detik

>>

4.4 Analisa Hasil Training

Proses training pada Epoch 1650 nilai MSE adalah 0.00178237/0.001 dan pada Epoch 5050 nilai MSE adalah 0.00117116/0.001, ini artinya nilai MSE mendekati *Goal* (target), dimana nilai MSE adalah sebesar $= 0.001$, (pada *command windows Matlab*) tertulis Grafik 4.1 : TRAINGDM, Epoch 1650/10000, MSE 0.00178237/0.001, Gradient 0.000916753/1e-010 dan Grafik 4.2 : TRAINGDM, Epoch 5050/10000, MSE 0.00117116/0.001, Gradient 0.000302771/1e-010.

Pada gambar 4.2.a dan grafik 4.2.b terlihat bahwa turunnya grafik sangat terlihat jelas menandakan bahwa program berjalan stabil menuju kekonvergenan, ini terlihat pada gambar 4-3 yaitu perbandingan antara target dan training, tidak jauh beda. Setelah proses training selanjutnya dapat disimpulkan hasil akhir analisa diagnosa seperti pada tabel 4.2.

4.5 Hasil Analisa Data

Tabel 4.2
Hasil Analisa Gas Terlarut Dalam Minyak Trafo
(Data Output Proses Training)

No	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	Tipe	Ramal	IEC Fault Codes
1	0.800995	1.041451	0.55942	0	0	NF
2	0.788136	0.947791	0.95302	0	0	NF
3	0.711268	0.95302	0.619543	0	0	NF
4	0.721854	0.929231	0.573192	1	1	LT ⁻
5	0.692537	0.900538	0.5952	1	1	LT ⁻
6	0.633075	0.867713	0.620306	2	2	LT ⁺
7	0.654315	0.82438	0.61034	2	2	LT ⁺
8	0.706468	0.780583	0.600233	1	1	LT ⁻
9	0.727059	0.771325	0.584926	1	1	LT ⁻
10	0.71179	0.772344	0.578537	2	2	LT ⁺
11	0.725159	0.73676	0.564148	2	2	LT ⁺
12	0.71627	0.767123	0.542975	3	3	MT
13	0.71588	0.806938	0.535109	3	3	MT
14	0.734917	0.805596	0.537609	2	2	LT ⁺
15	0.757685	0.787749	0.542085	2	2	LT ⁺
16	0.727116	0.799724	0.554789	2	2	LT ⁺
17	0.711948	0.8125	0.568405	2	2	LT ⁺
18	0.684533	0.831847	0.586258	2	2	LT ⁺
19	0.639831	0.872996	0.603872	2	2	LT ⁺
20	0.603922	0.896835	0.627667	3	3	MT
21	0.573892	0.920635	0.646154	3	3	MT
22	0.535836	0.949244	0.675419	3	3	MT
23	0.494428	1.037855	0.685652	4	4	HT
24	0.497477	1.007114	0.705376	4	4	HT
25	0.468435	1.078973	0.722024	4	4	HT
26	0.407465	1.205248	0.691958	4	4	HT
27	0.363636	1.351054	0.540902	4	4	HT
28	0.359324	1.383993	0.40673	5	5	LP
29	0.360799	1.387013	0.321637	5	5	LP
30	0.368926	1.409129	0.255122	5	5	LP
31	0.374781	1.39951	0.207986	5	5	LP
32	0.370308	1.389105	0.190399	5	5	LP
33	0.376297	1.395579	0.180642	5	5	LP
34	0.382735	1.33264	0.161554	6	6	HP
35	0.387589	1.336506	0.161631	6	6	HP
36	0.397578	1.324866	0.15154	6	6	HP
37	0.402072	1.332676	0.151781	6	6	HP
38	0.369321	1.445384	0.152989	6	6	HP
39	0.344727	1.534869	0.154952	7	7	LD
40	0.333067	1.575929	0.156896	7	7	LD
41	0.270095	1.847162	0.171954	8	8	HD
42	0.269699	1.837147	0.175296	8	8	HD
43	0.281606	1.836332	0.164944	8	8	HD
44	0.278085	1.845892	0.166635	8	8	HD
45	0.317502	1.656753	0.158531	7	7	LD
46	0.309149	1.686558	0.162043	7	7	LD
47	0.299553	1.741029	0.161655	7	7	LD
48	0.291901	1.781508	0.163348	7	7	HD
49	0.268009	1.806352	0.181211	8	8	HD
50	0.259685	1.87619	0.184143	8	8	HD

Keterangan : IEC 1978 Codesfor

- 0 : NF : *No fault.*
- 1 : LT⁻ : *Partial discharges of low energy density <150° C.*
- 2 : LT⁺ : *Partial discharges of low energi density, 150°C-300°C.*
- 3 : MT : *Discharges of low energy, 300°C-700°C.*
- 4 : HT : *Thermal fault > 700°C.*
- 5 : LP : *Low energy of partial discharge.*
- 6 : LD : *Low energy discharge.*
- 7 : HP : *High energy partial discharge.*
- 8 : HD : *High energy discharge.*



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisa gas terlarut dalam minyak transformator menggunakan metode *Intelligent Neural Network* dengan standar IEC berhasil mendeteksi 9 tipe keadaan, 1 kondisi normal dan 8 kondisi gangguan.

- Sampel data ke 1 sampai 3 kondisi minyak trafo normal atau no fault (kondisi 0).
- Sampel data ke 4, 5, 7 dan 8 terjadi pelepasan parsial energi rendah pada suhu dibawah 150°C (kondisi 1).
- Sampel data ke 6,7,10,11,14,15,16,17,18 dan19 terjadi pelepasan parsial energi tinggi, suhu antara 150°C-300°C (kondisi 2).
- Sampel data ke 12,13,20,21 dan 22 minyak trafo mengalami pelepasan energi rendah, suhu antara 300°C-700°C (kondisi3).
- Sampel data ke 23 sampai 27 terjadi gangguan panas lebih pada minyak trafo, suhu mencapai 700°C (kondisi 4).
- Pada sampel data ke 28 sampai 33 timbul busur api didalam minyak trafo tetapi tidak signifikan (kondisi5).
- Sampel data ke 34 sampai 38 timbul busur api dalam skala cukup besar pada minyak trafo(kondisi 6).
- Sampel data ke 39,40,45,46,47 dan 48 timbul busur api meski dalam skala yang kecil tetapi dapat mengakibatkan kerusakan (kondisi7).

- Sampel data ke 42,43,44,49 dan 50 busur api yang terjadi didalam minyak trafo berada dalam skala yang cukup besar (kondisi 8).

Dari kesimpulan umum hasil analisa dapat diperoleh suatu kondisi bahwa minyak trafo dalam keadaan sangat kritis dimana pada kondisi ini rentan terjadi gangguan bahkan kerusakan yang akan memperpendek umur kerja transformator, oleh karena itu minyak trafo harus segera diganti.

5.2 Saran

1. Pihak PLN secepatnya melakukan penggantian minyak trafo.
2. PLN selalu terbuka dengan diadakannya penelitian dan melakukan pembaruan dengan mengikuti perkembangan teknologi sebagai upaya meningkatkan keandalan penyediaan energi listrik di indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sri Kusuma Dewi, "Artificial Intellegence", Graha Ilmu, Yogyakarta 2003.
- [2]. Sri Kusuma Dewi, "Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan EXCEL LINK", Graha Ilmu, Yogyakarta 2004.
- [3]. ASTM D 3612-96, "Standart Test Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Cromatography".
- [4]. "Intepretation of the analysis of gases in transformer and other oil-filled electrical equipment service", *IEC Publication 599, 1978.*
- [5]. *Istigno MSc.*, "Analisa Gas Trafo Milik PLN Sektor Jakarta", *Laporan Teknik No. 21. LTT. 012. 90, PLN-LMK, p-3, Jakata, 1990.*
- [6]. Y.C Huang, H.T Yang, C.L Huang., "Developing a New Transformer Fault Diagnosis System Through Evolutionary Fuzzy Logic", *IEEE Trans. Power Delivery, Vol.12, No.4, pp.761-767, April 1997.*
- [7]. Guardado,J.L.,Neredo,J.L.,"A Comparative Study of Neural Network Efficiency in Power Transformer Diagnosis Using Dissolved Gas Analysis", *IEEE Trans. Power Delivery, Vol.16, no. 4, October 2001.*
- [8]. Y. Zhang, X. Ding, Y. Liu, P. J. Griffin "An Artificial Neural Network Approach to Transformer Fault Diagnosis", *IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 11, no. 4, pp. 1224-1229, October 1996.*



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ARDI ARISYANTO
Nim : 99.12.141
Masa Bimbingan : 28 Desember 2005 – 28 Mei 2006
Judul Skripsi : ANALISA METODE INTELLIGENT NEURAL NETWORK UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN PADA TRAF0 DAYA 150/20 KV AKIBAT KIMIA GAS DALAM MINYAK TRAF0

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	02/01 06	Konsultasi Isi & Judul skripsi	
2.	07/01 06	Konsultasi bab Pendahuluan	
3.	15/01 06	Konsultasi Teori Dasar.	
4.	25/01 06	Revisi bab I & II	
5.	03/02 06	Konsultasi bab III	
6.	08/02 06	Revisi bab III.	
7.	20/02 06	Konsultasi bab IV & V.	
8.	01/03 06	Revisi kesimpulan	
9.	10/03 06	Konsultasi makalah seminar	
10.	13/03 06	Acc seminar.	

Malang,
Dosen Pembimbing

Ir. TEGUH HERBASUKI, MT
NIP. Y 1308900209



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : ARDI ARISYANTO
2. NIM : 99.12.141
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA GAS KIMIA DALAM
MINYAK TRAF0 DAYA 150/20 KV
MENGUNAKAN METODE
INTELLIGENT NEURAL NETWORK
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 10 Agustus 2006
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 22 Maret 2006
8. Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT
9. Telah Dievaluasikan Dengan Nilai : 85 (A) *Sm*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

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

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 103 8900 209



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : ARDI ARISYANTO
NIM : 99.12.141
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISA GAS KIMIA DALAM MINYAK
TRAFO DAYA 150/20 KV MENGGUNAKAN
METODE INTELLIGENT NEURAL NETWORK

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

Hari : Kamis
Tanggal : 23 Maret 2006
Dengan Nilai : 79.6 (B+) *Sm*



Ketua Majelis Penguji

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP. Y. 101 8100 036

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris Majelis Penguji

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

Penguji Pertama

(Ir. Widodo Puji, MT)
NIP. Y. 102 8700 171

Anggota Penguji

Penguji Kedua

(Ir. Choirul Shaleh, MT)
NIP. Y. 101 8800 190