

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



**ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK TRAF0 DENGAN
MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK**

SKRIPSI

Disusun oleh :

**AMRIL AMIN
99.12.178**

SEPTEMBER 2005



LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK
TRAFO DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL
NETWORK**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro S-1*

**Disusun Oleh :
AMRIL AMIN
99.12.178**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**



**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP. 1039500274**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



**(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
Nip P.130 8900 209**

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

LEMBAR PERSEMBAHAN



Terima kasih yang pertama kali dan yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :



Karena atas Rahmad, Hidayah serta Inayah-NYA lah sehingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik. Serta Rosul yang membawa Umat Manusia dari Zaman Jahiliyah Ke Zaman Terang-benderang.

Terima kasih banyak kepada Bpk. Ir. Teguh Herbasuki, MT terima kasih atas waktu, tenaga serta fikirannya yang bapak berikan dengan sabar untuk membimbing penulis. Pada seluruh staf (pegawai) yang berada di ITN Malang.

Terima Kasih kepada kedua orangtua ku, Ayahanda Ibunda tercinta yang selalu memberikan kasih sayangnya, dedikasinya, do'anya serta dukungannya selama ini. Terima kasih kepada Mbak Ina, Mas Andi, adekku (Rival) serta keponakanku (shelsa), terima kasih atas segala bantuan sukungan serta do'anya.

Terima kasih kepada Pak Dhe Yan (Alm) atas do'a dan dukungannya semasa hidup, terima kasih kepada keluarga besar Bu' Cimpi, Man Jib, Man Tobe, dan Cak Mok atas segala do'anya. Terima Kasih kepada keluarga Besar di Malang dan keluarga Besar di Blimbing Lamongan atas dukungan dan do'nya.

Untuk Vita Ramadhani dan Aziz Elektro UM, terima kasih atas bimbingan dan masukannya kepada penulis sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Allah swt selalu melimpahkan kesejahteraan bagi kita semua. Amin.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Terima kasih kepada DiMENSi Crew (Mas Didien Patakaid, Mbak Endang Lia, Mas O'on, Mas Lukman, Cak Tri, Jaghasi, Ewank, Refyh) serta teman-teman KSTI, terima kasih atas dukungan, do'a serta bantuannya kepada penulis selama ini.

Terima Kasih kepada G-NET Crew Dan #Aregresik Community (Boss Yudi, Alit, Kang Yono, Boeboe, Gresie, Heri, Biper, Fendi, Dini) serta teman-teman G-net lainnya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, saya haturkan banyak terima kasih atas dukungan baik secara moril maupun meteriil.

Special Thanks to Sofiatul Yusro : Terima kasih sudah mau repot-repot datang menemani dalam acara wisuda, aku tak pernah lupa apa yang pernah kita alami bersama, itu merupakan hal-hal terindah dalam hidupku.

My college friends, Zulhan, Duki, Dony Choki, Irwan Karyo, Dany Mince, Wawan Shinto, Rhoma Cemeng, Sapi'i, Teguh, Lutfi, Dimas, Ruslan, Daeng, Doni Aris, Arie GL, Agus Gogon, Warlim, Edi Sujarwo, kapan kita bisa bercanda dan berkumpul kembali. Dan seluruh teman-teman Elektro S-T'99 lainnya yang belum disebutkan satu persatu, sekali lagi terima kasih penulis ucapkan. *I dedicated this paper for the most i love.....all of you.*

My AGP Fiends Mas Deni beserta istri (Pemilik AGP), Cora, Memet, Nda, Basar, Saig, Mbek O'on, Adi Caceng, Afif Ceking, Paini, Pak D, Ndas Tenk. Dan Semua teman-teman yang lainnya yang tidak bias penulis sebutkan satu-persatu, terima kasih atas segala kesetiiaannya menemani penulis dalam menikmati kopi dan bangatnya obrolan dan guyonan selama ini.

If One Day

If one day you feel like crying... Call me.

I don't promise that i'll make you laught, but i can cry with u.

If one day you want to run away....don't be afraid to call me

I don't promise to ask you to stop, but i can run with you

If one day you don't want to listen to anyone...call me

I promise to be there for you. And i promise to be very quite

But if one day you call.....

And there is no answer.....

Come fast to see me.

Perhaps i need you.....☺

*created by : Amril Amin.
e-Mail: nd3mo@yahoo.com.*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, maka penulisan skripsi yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi program strata satu (S-1) jurusan Teknik Elektro/Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang ini dapat terselesaikan.

Sebelum dan selama penulisan skripsi, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak DR. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Energi listrik Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT, selaku Dosen Pembimbing penulisan skripsi ini.
4. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen jurusan Teknik Elektro Energi Listrik.
5. Bapak dan ibuku, kakakku yang sangat berarti dalam kehidupan penulis, dimana do'a serta keridhaannya senantiasa penulis harapkan.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya akan segala kekurangan yang ada dalam penulisan skripsi ini, maka dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi ini.

Malang, Maret 2005

Penulis

ABSTRAKSI

ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK TRAF0 DENGAN MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK

(Amril Amin, NIM : 99.12.178, Teknik Elektro Energi Listrik)
Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki,MT.
Institut Teknologi Nasional Malang

Kata Kunci : Transformator, Dissolved Gas Analysis, Evolutionary Programming,
Fuzzy Diagnosis System

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

Pendeteksian dan interpretasi minyak trafo merupakan langkah awal untuk mengetahui kondisi trafo, pengembangan Metode Roger's Ratio menggunakan Metode Neural Network dapat mengetahui jenis gangguan (Fault) secara lebih akurat untuk penanganan yang tepat

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAKSI.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5. Kontribusi	3
1.6 Metode Pembahasan	3
1.7 Siatematika Penulisan.....	4
BAB II TRANSFORMATOR DAN KONSRUKSINYA	
2.1 Pengertian Transformator	6
2.2 Konstruksi Bagian – Bagian Transformator	7
2.2.1 Bagian Utama	7
2.2.1.1 Inti Besi.....	7
2.2.1.2 Kumparan trnsformator.....	8
2.2.1.3 Minyak Transformator.....	8
2.2.1.4 Bushing.....	9

2.2.1.5 Tangki Konverter.....	12
2.2.2 Peralatan Bantu.....	12
2.2.2.1 Pendingin.....	12
2.2.2.2 Perubahan Tap (Tap Changer).....	15
2.2.2.3 Alat Pernafasan.....	18
2.2.2.4 Indikator.....	19
2.2.3 Peralatan Proteksi.....	19
2.2.3.1 Rele Bucholz.....	19
2.2.3.2 Pengaman Tekanan Lebih (Explosive Membrane / Bursting Plate)	
2.2.3.3 Rele Tekanan Lebih (Sudden Pressure Relay).....	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 (Over Current Relay).....	26
2.2.4.4 Rele Hubung Tanah (Ground Fault Relay).....	26
2.2.4.5 Rele Tangki Tanah.....	26
2.2.4.6 Rele Termis.....	26

BAB III LANDASAN TEORI DASAR MINYAK TRAF0

3.1 Sistem Sampling Dan Analisa Gas.....	31
3.1.1 Pengambilan Sampel.....	31
3.1.2 Eksraksi Gas Pada Minyak.....	32
3.1.3 Analisa Gas Untuk Evaluasi.....	33
3.2 Interpretasi Gangguan.....	33
3.2.1 Total Combustible Gases.....	33

3.2.2 Komposisi Gas	35
3.3. Jaringan Syaraf Tiruan.....	39
3.4. Fungsi Aktivasi.....	41
3.5 Proses Pembelajaran	43
3.5.1. Pemrosesan Data Input	46
3.5.2. Pelatihan (training)	46

BAB IV SIMULASI DAN ANALISA DATA

4.1. Metode Key Gas.....	52
4.2. Metode Ratio	52
4.3. Jaringan Syaraf Tiruan	54
4.3.1. Analisa Data	54
4.3.2 Inputan Data	54
4.3.3. Testing Data	55
4.3.4. Hasil Analisa Program ANN.....	56

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1 Inti Besi Dan Laminasi yang Diikat Fiber Glass Dalam Transformator	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	15
2.7 Perubahan Tap Tegangan Tinggi (OLTC).....	17
2.8 Rangkaian Skema Perubahan Tap	17
2.9 Tabung Berisi Kristal Zat Hygroskopis.....	18
2.10 Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak.....	19
2.11 Rele Bucholz.....	20
2.12 Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Minyak Kurang Dalam Transformator	21
2.13 Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Akumulasi.....	21
2.14 Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Flow Minyak.....	21
2.15 Pengaman Tekanan Lebih.....	22
2.16 Bekerjanya Pengaman Ledakan	24
2.17 Bekerjanya Shutter.....	24
2.18 Jalan Keja Pemadam Api	25
3.1 Untuk Ekstraksi Gas dari Minyak Isolasi.....	32
3.2 Diagram Sistem Kromatografi Gas.....	33
3.3. Triangular Membership Function	41
3.4. Mutasi Gaussian.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai perangkat utama dalam sistem tenaga, trafo daya merupakan peralatan yang sangat penting untuk sistem operasi. Teknik untuk mendiagnosa dan mendeteksi kesalahan yang baru (*incipient-fault*) sangat berharga.

Trafo adalah subjek kelistrikan dan tekanan panas. Dua tekanan ini bisa menyebabkan rusaknya bahan isolasi dan pelepasan hasil pembusukan berupa gas. Kelebihan panas, corona dan busur lingkaran merupakan tiga penyebab utama kesalahan hubungan gas. Terutama kesalahan hubungan gas yang biasa digunakan adalah hidrogen (H_2), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), methane (CH_4), accetylene (C_2H_2) dan ethylene (C_2H_4). Analisa pada gas terlarut adalah suatu alat kuat untuk mengembangkan diagnosa kesalahan-kesalahan pada trafo-trafo daya. Banyak kriteria diagnosa telah dikembangkan untuk penafsiran pada gas terlarut. Metode-metode ini akan menemukan hubungan antara gas dan kondisi-kondisi kesalahan, yang beberapa diantaranya jelas nyata dan beberapa diantaranya mungkin tidak nyata (hubungan yang tersembunyi). Bagaimanapun juga banyak dari diagnosa yang bersandar pada tenaga ahli untuk menginterpretasikan hasil secara tepat. Teknik pertolongan menghitung yang baru dapat mendiagnosa secara konsisten kondisi-kondisi kesalahan yang baru untuk pemula dan dalam beberapa kasus mungkin menyediakan lebih jauh wawasan untuk para ahli. *Expert system* dan pendekatan *fuzzy-set* telah dikembangkan untuk membeberkan beberapa dari hubungan yang tersembunyi didalam diagnosa

kesalahan trafo. *Expert system* memperoleh kaidah pengambilan keputusan dari pengalaman sebelumnya, sewaktu mengajukan *fuzzy-set* sebagai kaidah pengambilan keputusan dengan menggunakan jumlah yang tidak jelas. Metode jaringan syaraf tiruan (ANN) juga telah digunakan untuk tujuan tersebut sejak hubungan-hubungan yang tersembunyi diantara tipe-tipe kesalahan dan gas-gas terlarut dapat dikenali oleh jaringan syaraf tiruan (ANN) sampai proses pelatihan.

Dua langkah pendekatan jaringan syaraf tiruan (ANN) disajikan dalam skripsi ini. Ketelitian dari jaringan syaraf tiruan (ANN) dibuktikan secara hati-hati. Dengan dua langkah system jaringan syaraf tiruan (ANNs) tinggi ketepatan diagnosa diperoleh.

Pada skripsi ini akan dibahas mengenai sebuah pendekatan jaringan syaraf tiruan untuk mendiagnosa dan mendeteksi kesalahan-kesalahan didalam *oil-filled* transformator daya berdasarkan pada analisa *gas-in-oil* (gas dalam minyak).

1.2 Rumusan Masalah

Tekanan panas dan 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 :

1. *Overheating*
2. *Corona*
3. *Arcing*

Karena ketiga hal tersebut maka akan dapat diketahui kandungan gas terlarut dalam minyak trafo, untuk mendeteksi dan mendiagnosa kondisi transformator yang sedang beroperasi.

1.3 Tujuan Pembahasan

Tujuan dari pembahasan skripsi ini adalah :

1. Untuk menganalisis gas kimia pada minyak trafo dengan menggunakan metode Neural Network.
2. Menganalisis kondisi dari minyak trafo, apakah masih dapat digunakan atau harus diganti, sehingga dapat melakukan perawatan trafo dengan tepat dan mengantisipasi gangguan yang menyebabkan menurunnya kualitas minyak trafo.

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 sample, Ekstrasi gas dan Analisa gas untuk evaluasi yang dilakukan dilaboratorium.
2. Mengembangkan metode *Roger's Ratio* dengan menggunakan metode pendekatan jaringan syaraf tiruan (ANN).
3. Jenis minyaknya Diala B SAE 10 standard dari PLN.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini digunakan metode :

1. Studi literatur, buku, makalah, jurnal ilmiah
2. Dalam studi literatur dikumpulkan sebanyak mungkin bahan – bahan pokok bahasan dari buku, makalah, jurnal.

3. Metode sistem sampling dan analisa gas berdasarkan metode ASTM D 3613
4. Metode interpretasi diagnosis dengan Neural Network

1.6 Kontribusi

Adapun kontribusi dari hasil penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk memperkenalkan metode analisis yang lebih praktis pada pembaca khususnya teknik listrik.
2. Penulis mengharapkan tulisan ini tidak hanya sebatas skripsi tetapi mampu membantu penyediaan listrik yang lebih baik kepada masyarakat luas.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam laporan skripsi ini penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TRANSFORMATOR DAN KONSTRUKSINYA

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

BAB III : LANDASAN TEORI DASAR MINYAK TRAFU

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

BAB IV : SIMULASI DAN ANALISA DATA

Berisikan analisa kegagalan gas kimia pada minyak trafo dengan menggunakan *Metode Neural Network* disini minyak yang diteliti adalah minyak trafo pada transformator distribusi 150/20kv, untuk membandingkan dengan standart yang ada dan cara yang biasanya digunakan sehingga kita akan mengetahui kelebihan dari Metode Neural Network dalam menganalisis kegagalan gas kimia pada minyak trafo.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TRANSFORMATOR DAN KONTRUKSINYA

2.1. Pengertian Transformator

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik 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.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 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 dapat dibagi menurut fungsi / pemakaian seperti:

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

Transformator dapat juga dibagi menurut kapasitas dan tegangan seperti:

- o Transformator Besar
- o Transformator Sedang
- o Transformator Kecil

2.2. Konstruksi bagian-bagian transformator

2.2.1 Bagian Utama

2.2.1.1. Inti besi

Berfungsi untuk mempermudahnya jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus melalui kumparan.

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

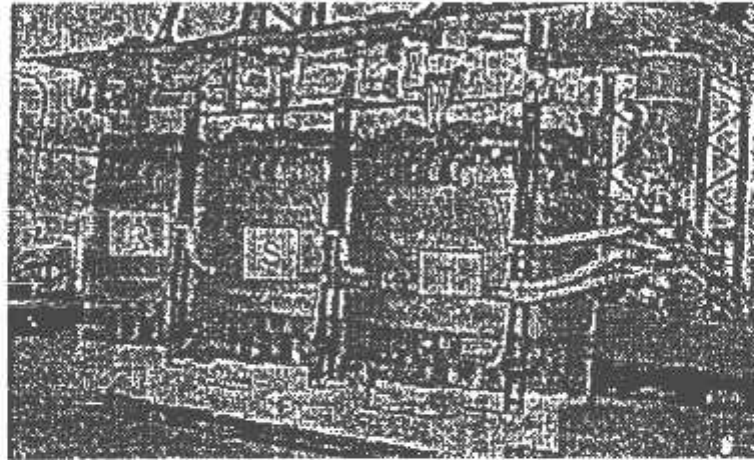


Gambar 2.1

Inti Besi Dan Laminasi yang Diikat Fiber Glass Dalam Transformator^[4]

2.2.1.2. Kumparan Transformator

Adalah 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 Phasa RST¹⁴¹

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.



Merk Haefy Type
COT 1050



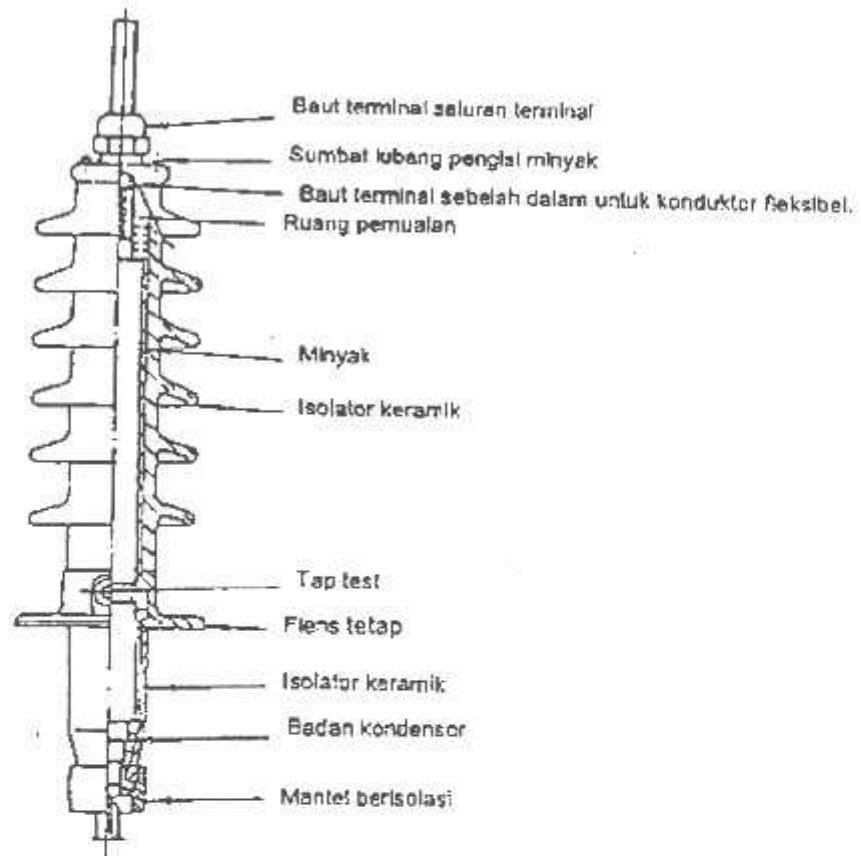
Merk Haefy Type
COT 650



Merk Haefy Type
COT 125

Gambar 2.3

Model Bushing Transformator^[4]



Gambar 2.4
Konstruksi Bushing Transformator^[4]

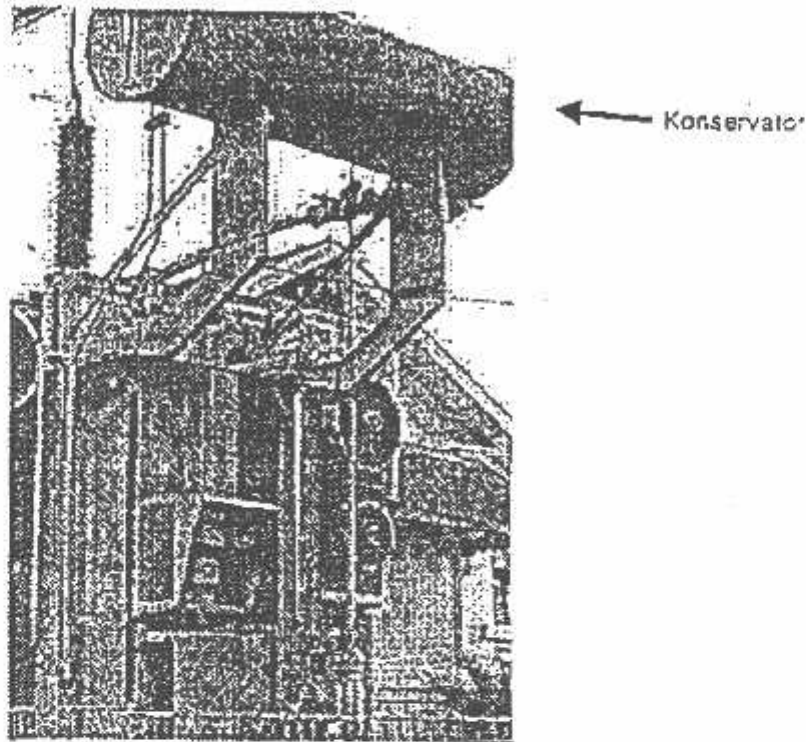
Tabel kelengkapan fasilitas tap test dan venting

Tabel 2.1
Macam dan jenis Bushing^[4]

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 JOB - 650 Un : 145 kV 250 A	TIDAK ADA	TIDAK ADA	ADA	ADA	ADA

2.2.1.5. Tangki Konservator

Pada 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^[4]

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.

Sedangkan pengaliran (sirkulasi) dapat dengan cara:

1. Alamiah (natural)
2. Tekanan / paksaan

Pada 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*).

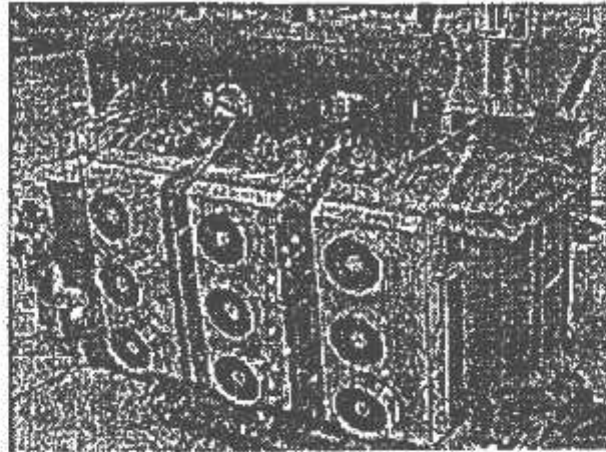
Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara natural / alamiah tersebut dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa-pompa sirkulasi minyak, udara dan air. Cara ini disebut pendingin paksa (*Force*).

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

Tabel 2. 2
Macam-macam sistem pendingin pada trafo¹⁴⁾

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^[4]

2.2.2.2 Perubahan Tap (*Tap Changer*)

Tap Changer adalah 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 *tap changer*

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

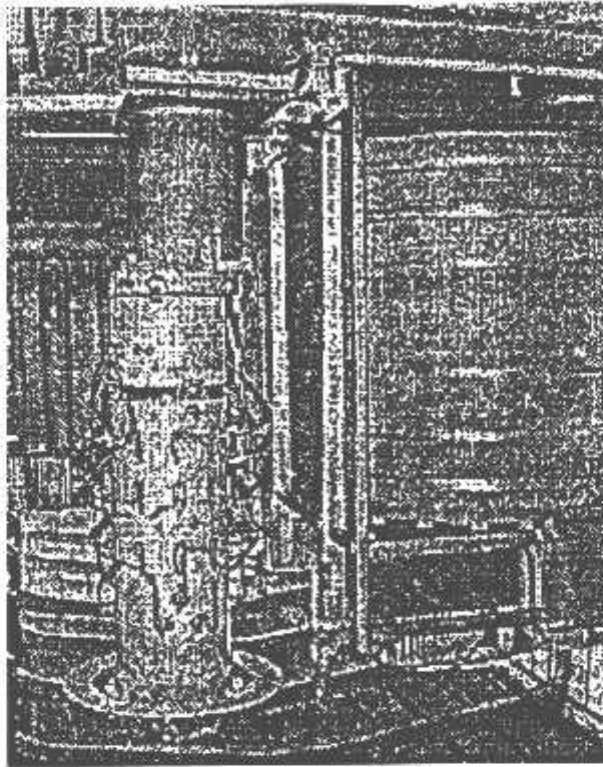
Transformator yang terpasang di gardu induk pada umumnya menggunakan tap changer yang dapat dioperasikan dalam keadaan trafo berbeban dan dipasang disisi primer. Sedangkan transformator penaik tegangan di pembangkit atau trafo kapasitas kecil, umumnya menggunakan *tap changer* yang dioperasikan hanya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

OLTC terdiri dari :

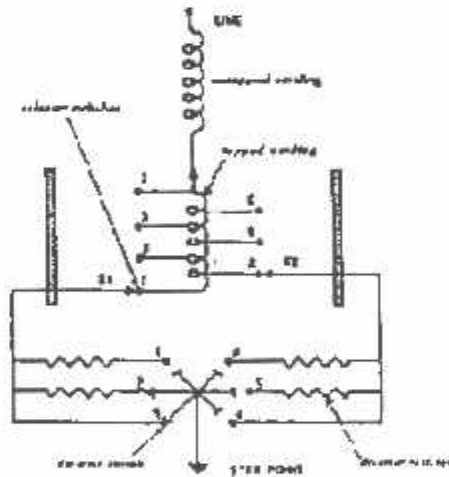
1. *Selector Switch*,
2. *Diverter Switch*, dan
3. *Transisi Resistor*.

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 *compartememya* menjadi satu dengan *main tank*).

Karena pada proses perpindahan hubungan tap di dalam minyak terjadi fenomena elektris, 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)^[4]



Gambar 2.8
Rangkaian Skema Perubahan Tap^[4]

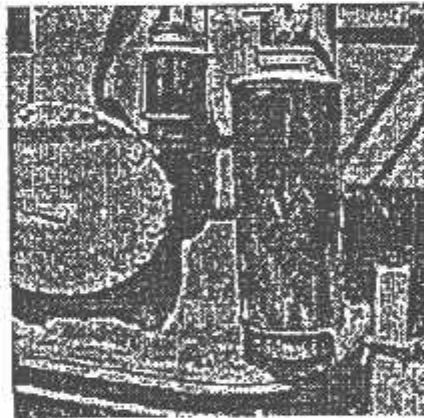
2.2.2.3 Alat pernafasan

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

Bila 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*.



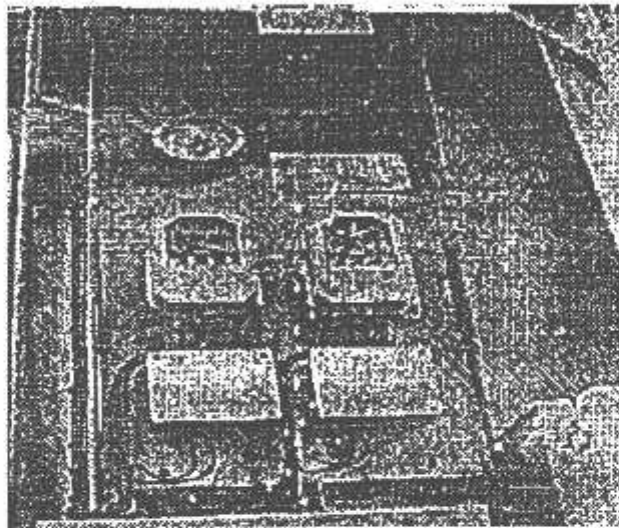
Gambar 2.9

Tabung berisi kristal zat *Hygroskopis*¹⁴⁾

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^[4]

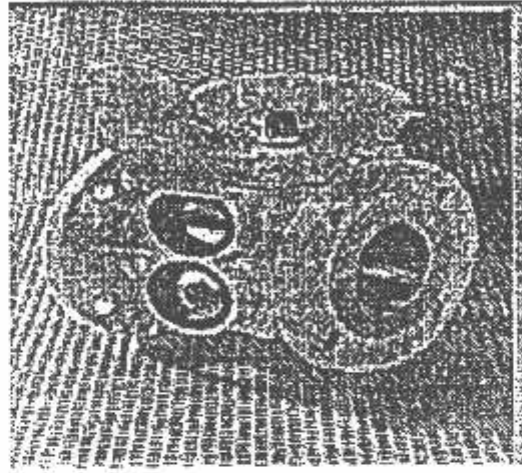
2.2.3 Peralatan Poteksi

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

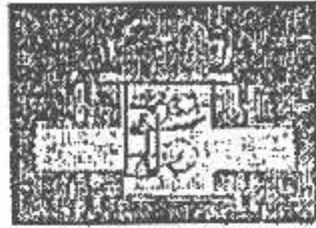
2. Hubung singkat antar phasa
3. Hubung singkat antar phasa ke tanah
4. Busur api listrik antar laminasi
5. Busur api listrik karena kontak yang kurang baik



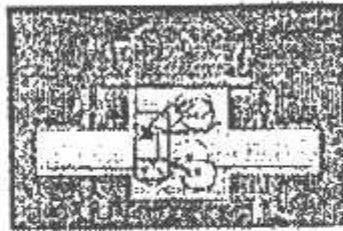
Gambar 2.11
Rele *Bucholz*¹⁴¹

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

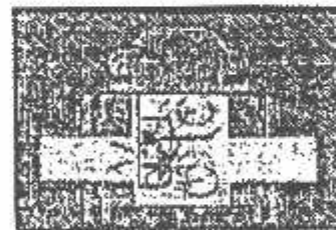
Alat ini berupa lembaran yang dibuat dari kaca, plastik, tembaga atau katup berpegas, berfungsi sebagai pengaman tangki transformator terhadap kenaikan tekanan gas yang timbul di dalam tangki (yang akan pecah pada tekanan tertentu) dan kekuatannya lebih rendah dari tangki transformator.



Gambar 2.12
Rele Bucholz Saat Bekerja
Akibat Minyak Kurang Dalam Transformer^[4]



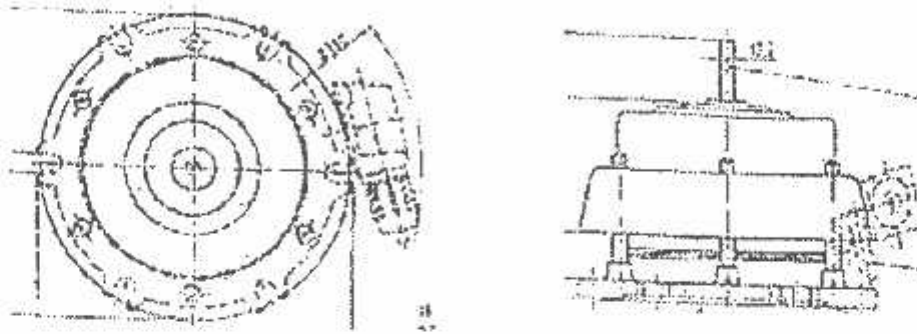
Gambar 2.13
Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Akumulasi Gas
yang Timbul Dalam Transformer^[4]



Gambar 2.14
Rele Bucholz Saat Bekerja Akibat Flow minyak
Karena Gangguan Dalam Transformer^[4]

2.2.3.3 Rele Tekanan Lebih (*Sudden Pressure Relay*)

Rele ini berfungsi hampir sama seperti rele *bucholz*, yakni 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^[4]

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.

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.

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.

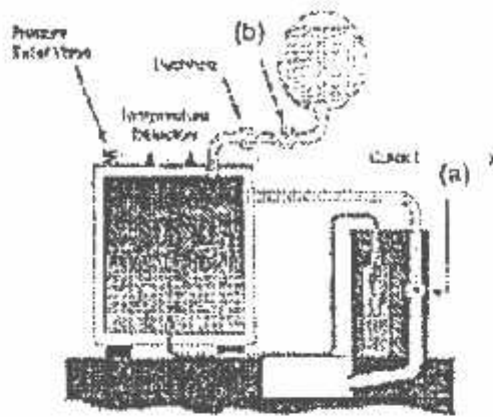
Salah satu peralatan proteksi yang dapat mencegah api dan ledakan yang merusak trafo adalah "SERGI" yang metode pengamannya disebut sebagai pengaman trafo dari ledakan dan kebakaran.

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

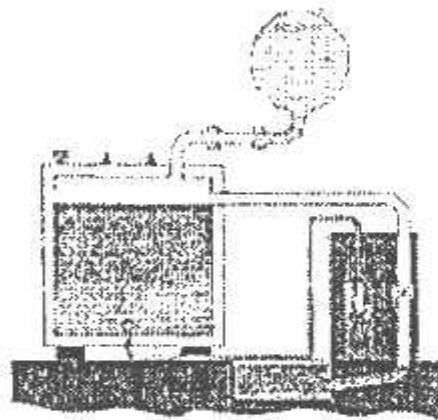
1. Sinyal PMT trip yang bersumber dari peralatan pengaman tekanan lebih.
2. Sinyal temperatur tinggi dari temperatur detector dan beroperasinya rele bucholz.

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^[4]

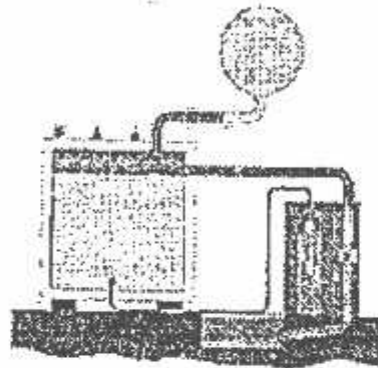


Gambar 2.17
Bekerjanya Shutter^[4]

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^[4]

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 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 untuk mengamankan transformator bila terjadi gangguan satu phasa ke tanah.

2.2.4.5. 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*

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.

BABA III

LANDASAN TEORI DASAR MINYAK TRAFU

Dalam transformator, minyak trafo adalah salah satu bagian yang sangat penting dan serta mendapat perhatian yang cukup teliti, selain itu perawatan minyak trafo harus seksama, mengingat fungsi dari minyak adalah:

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

Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Kekuatan 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 difilter yaitu > 50 KV/2,5 mm.
- Penyalur panas yang baik, berat jenis kecil, sehingga partikel dalam minyak dapat mengendap dengamn 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^o C dan pour point adalah dibawah – 30^o C.
- Tidak merusak bahan isolasi padat.

Spesifikasi dan metode pengetesan minyak yang digunakan untuk minyak isolasi transformers adalah menggunakan standar IEC pulbl 296 “ *Spesification faorumuse mineral insulating oil for transformers and switchgear*”.

Jika isolasi minyak transformers didatangkan dengan tangki tersendiri, besar *moisteru* yang terdapat dalam minyak tidak boleh lebih besar dari 10 ppm dan dalam masa pengangkutan minyak tidak boleh terkontaminasi oleh udara. Maka sebelum minyak dipompakan kedalam tangki transformer perlu dilakukan penyaringan dan pemurnian (*Treatment*).

Tabel 3.1

Dielectric Strength dari Minyak Untuk Tegangan Operasi⁽⁴⁾

Tegangan tembus minyak minyak transformers		
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 Metode ASTM⁽⁴⁾

Jenis test	ASTM no	Batasan Tegangan		
		≤ 69	> 69 < 288 KV	≥ 345 Kv
<i>Dielectric Str</i>	D 877	6	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>	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 Petunjuk untuk Melihat Minyak Trafo⁽⁴⁾

Warna dan Kelompok	Angka asam	Kekuatan kertas (IFT) dynes/cm	Akibat pada Transformator
Bagus	0,03	45	Menggambarkan bahwa: pendingin bagus isolasi bagus
Kuning	0,10	30	
Pucat # 0,5			
Contoh A	0,05	27	Terjadi Endapan (sluge) yang akan menyebabkan IFT menurun
kuning muda # 2,5	0,10	29	
Umum	0,11	24	Terjadi endapan asam tipis pada lilitan, sluge. Hal ini akan sebabkan gangguan. Agar dihindari kandungan sluge yang menebal
Kuning terang # 2,5	.0,15	27	
Jelek Kuning	0,16	18	Hampir semua trafo pada keadaan ini terdapat endapan sluge pada lilitan dan inti
Sawo # 2,5	0,40	24	
Amat Jelek	0,41	14	Endapan sluge 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	Sluge menyumbat sirip – sirip pendingin yang menyebabkan kenaikan temperature sampai 20 ⁰
Coklat	1,50	14	
Kehitaman # 5,0 – 7,0			
Minyak Kelas (crude oil) Hitam # 7,0 – 8,0	1,5 Dan lebih	6 9	Diperlukan suatu cara untuk menghilangkan sluge (yang lebih bagus dari “ Sluge Purge”). Pada kondisi ini transformator harus dioverhaul (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 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 sample minyak yang memenuhi syarat
- Eksraksi gas pada minyak
- Analisa gas untuk evaluasi

3.1.1 Pengambilan Sampel

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

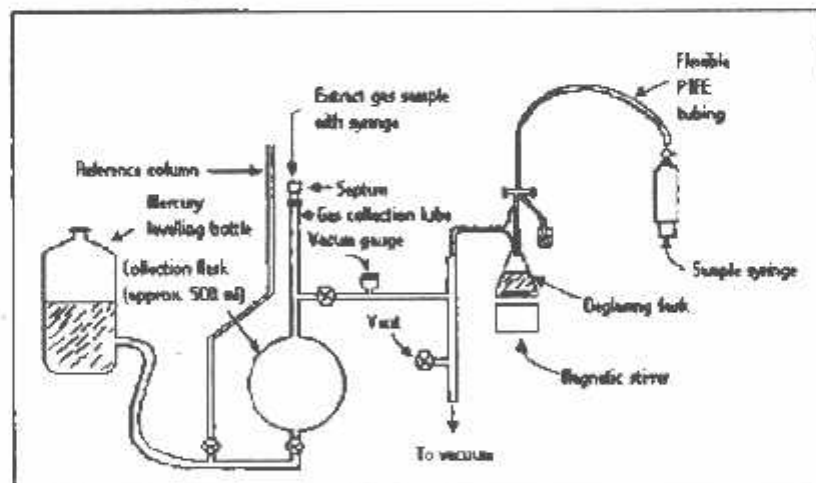
- a. Mengembalikan satuan (jumlah) sampel yang diambil pada kondisitekanan dan temperatur normal (760 mmhg dan 25⁰).
- b. Menghindari gelembung udara dan melibas wadah dengan sampel.
- c. Membawa sampel ke laboratorium harus secepat mungkin untuk menghindari hilangnya gas terlarut.

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 (presentase) 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

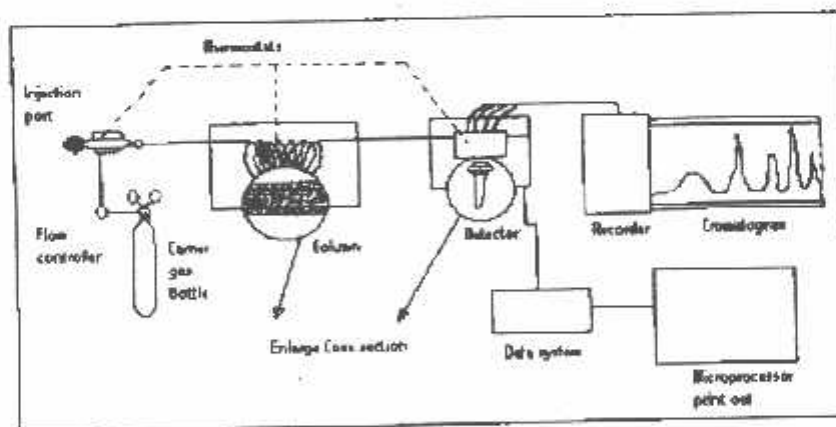
3.1.3 Analisa Gas Untuk Evaluasi

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 system kolom kromatografi gas terhadap sampel gas. Sampel gas (campuran gas) yang diinjeksikan kedalam alat, dialirkan oleh gas pembawa sehingga gas mempunyai perbedaan sifat penyerapan akan terpisah.

Pemisahan gas – gas tersebut, masing – masing akan dideteksi oleh suatu detector 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 untuk analisa gas dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2

Diagram Sistem Kromatografi Gas⁽⁴⁾

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 comustible gases (TCG). Dari data total combustable gases ini akan dapat diketahui kondisi transformator sesuai batasan dibawah ini.

0 – 500 ppm	: indikasi normal
501 – 1500 ppm	: Indikasi adanya sedikit komposisi dari system isolasi dan harus dilakukan suatu tindakan terhadap gangguan yang baru terjadi agar tidak berkelanjutan
1501 – 2500ppm	: Indikasi terjadi dekomposisi tingkat tinggi dari system isolasi berarti ada gangguan, dan harus segera dilakukan tindakan agar tidak menjadi lebih buruk lagi.
> 2500 ppm	: Indikasi banyak terjadi dekomposisi dari system 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 : hydrogen, metana, etana, dan asetilen sebagai akibat beberapa gangguan

Yang terjadi. Beberapa analisa data yang telah dikembangkan dan dipakai untuk menginterpretasiakan gangguan transformator adalah metode gas kunci.

Metode ini digunakan untuk menenyuakan jenis gangguan yang terjadi dan dikembangkan oleh Dornenburg dan Roger's dikenal dengan " metode rasio". Keuntungan " metode rasio" ini adalah dapat secara kuantitatif, tidak tergantung pada volume minyak dan dapat dikembangkan secara komputerisasi. Sedangkan Kerugiannya adalah tidak dapat langsung diperoleh dari lapangan (harus analisa laboratorium) " Metode Rasio" Dornenburg dan Rogers ditemukan dari data gas pada jenis transformator berkonservator dengan tangki yang berhubungan atmosfer. Menurut pengalaman trnsformator dengan jenis ini menyebabkan gas mudah larut secara perlahan dan hilang. Selanjutnya Ommen menentukan factor koreksi metode ini yang berdasarkan pada kelarutan gas dalam minyak. Faktor koreksi biasanya hanya penting untuk hilangnya gas yang mudah larut. Yaitu rasio CH_4/ H_2 . Dornenburg mengembangkan rsio 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 berikut:

Tabel 3.4

Kelaurutan Gas – Gas Dalam Minyak Trafo⁽⁴⁾
 (tekanan 760 mmHg dan temperature 25⁰ C)

	Jenis Gas	Senyawa	Kelaurutan
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 ₂ H ₆	280,0
8	Etilin	C ₂ H ₄	280,0
9	Asctin	C ₂ H ₂	400,0

Rasio gas yang dikemukakan oleh Dormenburg dan Roger's digambarkan sebagai berikut:

Rasio Roger's Rasio domenburg

$$\frac{CH_4}{H_2}$$

$$\frac{CH_4}{H_2}$$

$$\frac{C_2H_6}{CH_4}$$

$$\frac{C_2H_6}{C_2H_2}$$

$$\frac{C_2H_4}{C_2H_2}$$

$$\frac{C_2H_2}{CH_4}$$

$$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$$

$$\frac{C_2H_2}{CH_4}$$

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

Tabel 3.5

Jenis – Jenis Kemungkinan Gangguan⁽⁴⁾

Gas – gas terdeteksi	Interpretsi
Nitrogen ± 5% oksigen	Normal operation of sealed transformer
Nitrogen plus > 5% oksigen	Check of tightness of sealed transformer
Nitrogen, karbondioksida, atau karbonmonoksida atau keduanya	Transformer overload or operating hot, causing some cellulose breakdown. Check operating condition
Nitrogen dan hydrogen	Coronadischarge, electrolysis of water, or rusting
Nitrogen, hydrogen, karbondioksida dan karbonmonoksida	Corona discharge involving cellulose of severe overloading of transformer
Nitrogen, hydrogen, metana dengan sejumlah kecil etana dan etilen	Sparking or other minor fault some break down of oil
Nitrogen, hydrogen, metana, dengan karbondioksida, dan sejumlah kecil hidrokarbon lain, serta asetolen biasanya tidak ada	Sparking or other minor fault some break down of oil
Nitrogen dengan hydrogen yang besar dan hidrokarbon lain termasuk asetilen	High energy arc causing rapid deterioration of oil
Nitrogen dengan hydrogen yang besar dan hydrocarbon lain termasuk asetilen	High Temperature arcing of but in a confined area, poor connecties or turn-to-turn short are examples
Sama seperti diatas kecuali adanya karbondioksida dan karbonmonoksida	Same as above except arcing in combination with cellulose

SEdangkan jenis diagnosa gangguan transformator berdasarkan metode rasio dapat dilihat pada table berikut:

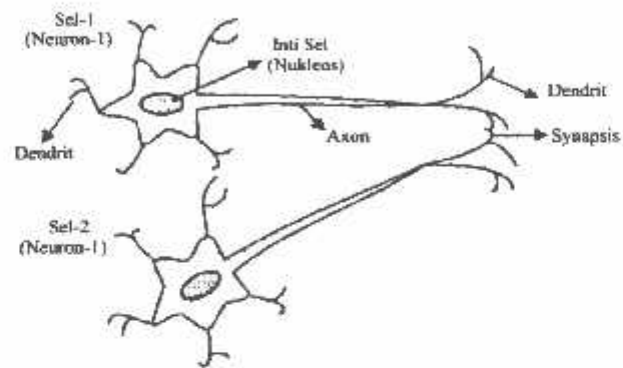
Tabel 3.6
Diagnosa Gangguan Transformator⁽⁴⁾

Diagram Sistem Krematografi

Nilai Rasio				Diagnosa
$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_6}{CH_4}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	
$> 0,1 < 1,0$	$< 1,0$	$< 1,0$	$< 0,5$	Normal
$\leq 1,0$	$< 1,0$	$< 1,0$	$< 0,5$	Partial discharge-corona
$\leq 1,0$	$< 1,0$	$< 1,0$	$\geq 0,5$ atau $> 3,0$ dan $< 3,0$	Partial discharge-corona with tracking
$> 0,1 < 1,0$	$< 1,0$	$\geq 3,0$	$\geq 3,0$	Continous discharge
$> 0,1 < 1,0$	$< 1,0$	$\geq 1,0$ atau $\geq 3,0 < 3,0$	$\geq 0,5$ atau $\geq 3,0$ dan $< 3,0$	Arc-with power follow through
$> 0,1 < 1,0$	$< 1,0$	$< 1,0$	$\geq 0,5 < 3,0$	Arc-on power follow through
$\geq 1,0$ atau $\geq 3,0$ dan $< 3,0$	$< 1,0$	$< 1,0$	$< 0,5$	Slight overheating to 150^0 C
$\geq 1,0$ atau $\geq 3,0$ dan $< 3,0$	$\geq 1,0$	$< 1,0$	$< 0,5$	Overheating to 150^0 C - 200^0 C
$> 0,1 < 1,0$	$\geq 1,0$	$< 1,0$	$< 0,5$	overheating to 200^0 C - 300^0 C
$> 0,1 < 1,0$	$\geq 1,0$	$\geq 1,0 < 3,0$	$< 0,5$	General conductor overheating
$\geq 1,0 < 3,0$	$< 1,0$	$\geq 1,0 < 3,0$	$< 0,5$	Circulating current in windings
$\geq 1,0 < 3,0$	$< 1,0$	$\geq 3,0$	$< 0,5$	Circulating current core and tank overload joints

3.3 Jaringan Syaraf Tiruan.^[5]

Jaringan syaraf tiruan 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 diimplementasi dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah perhitungan selama proses pembelajaran.



Gambar 3.1

Susunan Syaraf Manusia^[5]

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



Gambar 3.2

Struktur Neuron Jaringan Syaraf⁵¹

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 penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu hasil ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi 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 tiruan, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layers*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan input dan lapisan output). Informasi yang 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*).

3.4 Fungsi aktivasi

Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf tiruan juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Hubungan ini disebut dengan bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Informasi (input) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan 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:

- a). Fungsi Undak Biner (*Hard Limit*)
- b). Fungsi Undak Biner (*Threshold*)
- c). Fungsi Bipolar (*Symetric Hard Limit*)
- d). Fungsi Bipolar(dengan *threshold*)
- e). Fungsi Linier (identitas)
- f). Fungsi Saturating Linier
- g). Fungsi Symetric Saturating Linier
- h) Fungsi Sigmoid Biner.
- i). Fungsi Sigmoid Bipolar.

Fungsi yang digunakan adalah fungsi sigmoid biner. Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai:

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

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.

3.5 Proses Pembelajaran

Pada jaringan syaraf akan mencoba untuk mensimulasikan kemampuan otak manusia untuk belajar. Jaringan syaraf tiruan 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). Perubahan yang terjadi selama proses pembelajaran adalah perubahan 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 yang berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai suatu nilai yang seimbang. Apabila nilai ini telah tercapai mengindikasikan bahwa tiap-tiap input telah berhubungan dengan output yang diharapkan. Ada dua tipe pembelajaran :

- a). Pembelajaran terawasi (*supervised learning*)
- b). 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 targetnya. Apabila terjadi perbedaan antara pola output hasil pembelajaran dengan pola 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*.

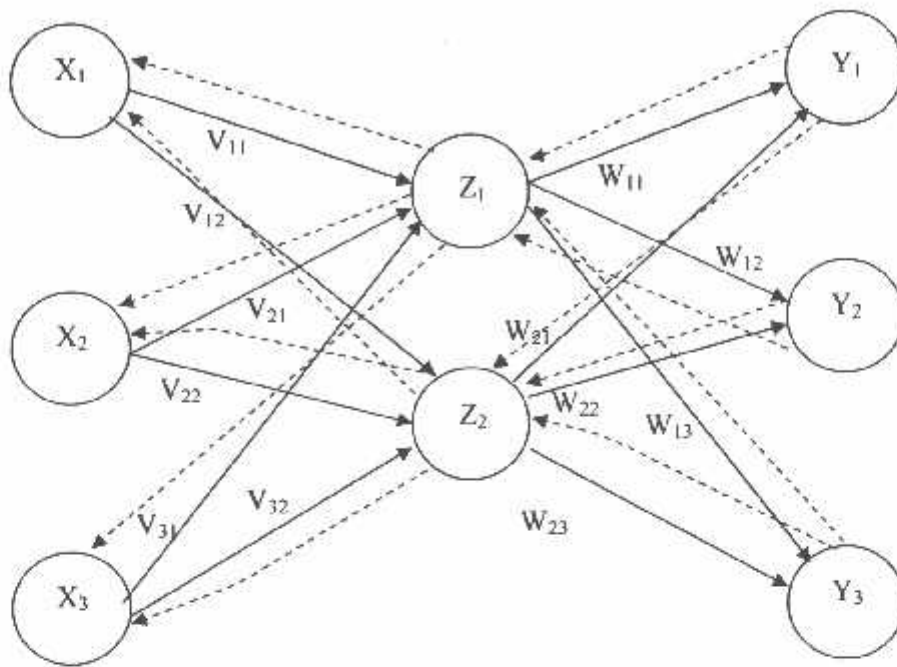
3.5 Backpropagation.^[5]

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:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots(2)$$

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

Arsitektur jaringan Backpropagation seperti pada gambar berikut :



Gambar 3.3

Arsitektur Jaringan Backpropagation

3.5.1 Pemrosesan Data Input

Pelatihan jaringan syaraf tiruan akan lebih efektif dan efisien apabila data-data input berada dalam satu range tertentu. Menyajikan data mentah kedalam jaringan syaraf tiruan dapat membuat neuron mengalami satu rasi 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 :

$$X_i(norm) = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \dots\dots\dots(3)$$

3.5.2 Pelatihan (training) ^[5]

Pelatihan metode backpropagation 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 *Backpropagation* 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
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*).

X_i = unit input ke- i untuk unit input, sinyal yang masuk dan keluar pada suatu 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 :

$$Z_in_j = V_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots (4)$$

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 :

$$Z_j = f(z_in_j) \dots\dots\dots (5)$$

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

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

$$y_in_k = W_{0k} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk} \dots\dots\dots (6)$$

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

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

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_k = f(y_in_k) \dots\dots\dots (7)$$

dan 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 :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (8)$$

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

y_k = telah diskalakan menurut fungsi aktivasi yang dipakai.

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

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \dots\dots\dots (9)$$

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}):

$$\Delta W_{ok} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots (10)$$

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

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

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \dots\dots\dots (11)$$

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

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(Z_{in_j}) \dots\dots\dots (12)$$

δ_j = faktor koreksi error untuk bobot v_{ij} .

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

$$\Delta V_{jk} = \alpha \delta_j x_i \dots\dots\dots(13)$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai V_{oj}) :

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \dots\dots\dots(14)$$

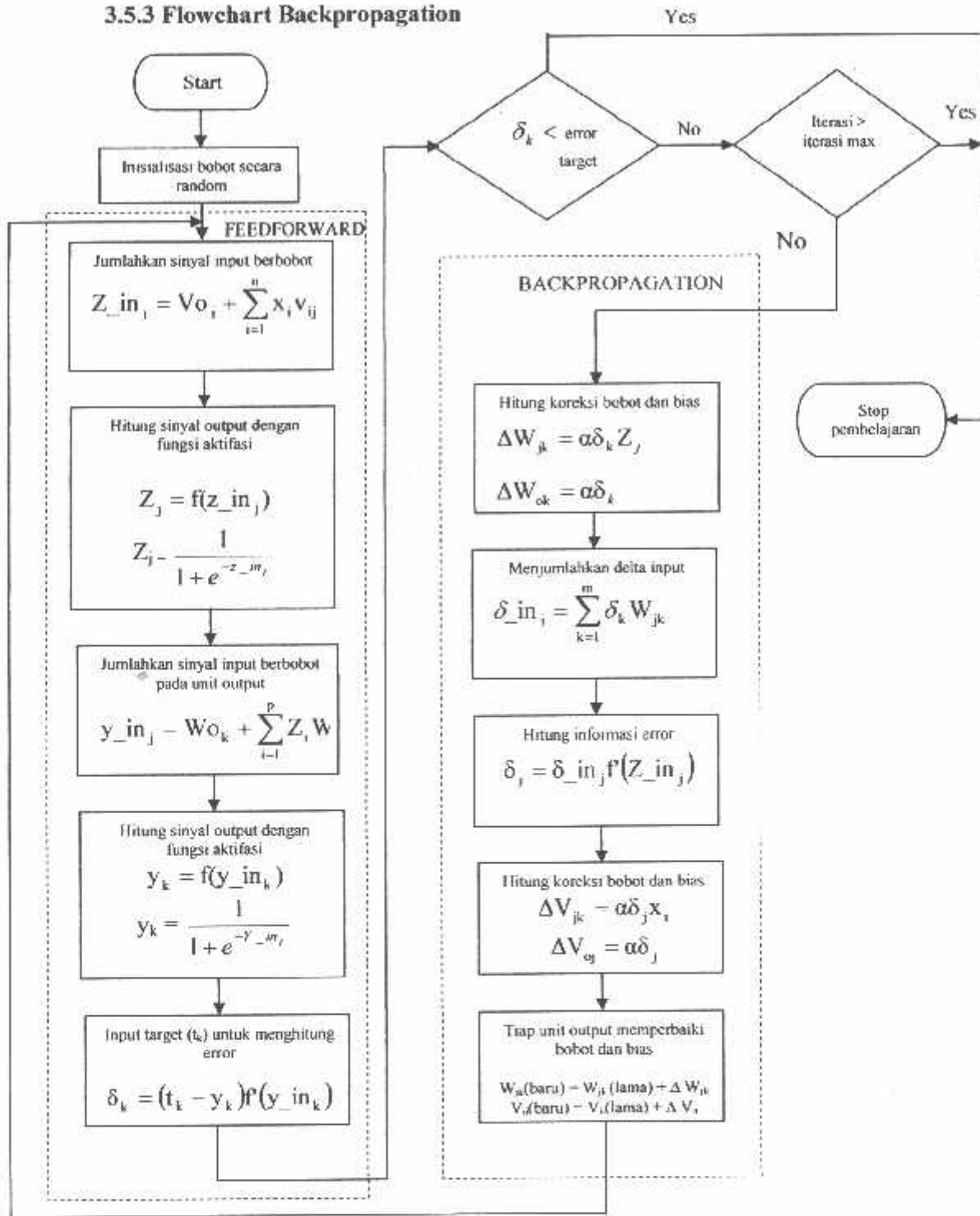
- f. Tiap-tiap unit output (Y_k , $k = 1,2,3,\dots,m$) memperbaiki bias dan bobotnya ($j=0,1,2,3,\dots,p$)

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) - \Delta W_{jk} \dots\dots\dots(15)$$

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

$$V_{ij}(\text{baru}) = V_{ij}(\text{lama}) + \Delta V_{ij} \dots\dots\dots(16)$$

3.5.3 Flowchart Backpropagation



Gambar 3.5
Flowchart Backpropagation

BAB IV

SIMULASI DAN ANALISA DATA

Sebagai perangkat utama dalam sistem tenaga, trafo daya merupakan peralatan yang sangat penting untuk sistem operasi. Teknik untuk mendiagnosa dan mendeteksi kesalahan yang baru (*incipient-fault*) sangat berharga.

Trafo adalah subjek kelistrikan dan tekanan panas. Dua tekanan ini bisa menyebabkan rusaknya bahan isolasi dan pelepasan hasil pembusukan berupa gas. *Overheating*, *Corona* dan *Arcing* merupakan tiga penyebab utama kesalahan hubungan gas. Dalam skripsi ini metode diagnosa analisis yang digunakan adalah dengan cara membawa minyak trafo yang sudah terpakai untuk dibawa ke laboratorium, kemudian dianalisis dengan ekstrasi gas untuk mendeteksi dan memisahkan kandungan gas dari minyak. Kemudian dilanjutkan dengan Chromotograph, yaitu untuk mengekstrak gas yang kemudian diinterpretasikan menjadi *Hydrogen* (H_2), *Methana* (CH_4), *Ethylene* (C_2H_6), *Carbon Monoxide* (CO), *Carbon Dioxide* (CO_2).

Untuk mengimplementasikan Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) dalam aplikasi untuk mendiagnosa gas kimia pada minyak trafo, maka langkah-langkah dalam mendiagnosa yang dapat digunakan seperti dibawah ini :

1. Menentukan input sebagai ciri masukan untuk proses training.
2. Menentukan topologi Jaringan Syaraf Tiruan (ANN) untuk proses training dan pembelajaran dalam mendiagnosa gas kimia pada minyak trafo.
3. Melakukan pembelajaran (*learning rate*) apakah toleransi kesalahan *MSE* sudah lebih kecil dari kesalahan sebelumnya.

4.1 Metode Key Gas

Karakteristik “*Key Gas*” telah digunakan untuk mengidentifikasi tipe-tipe kesalahan. Hubungan yang diusulkan antara *Key Gas* dan tipe-tipe kesalahan diringkas seperti pada table 4.1.

Tabel 4.1

The Key Gasses and its relations to the fault type

Key Gas	Related Fault
H ₂	<i>Corona</i>
O ₂ & N ₂	<i>Non-Fault related gases</i>
CO & CO ₂	<i>Cellulose insulation Breakdown</i>
CH ₄ & C ₂ H ₆	<i>Low temperature oil breakdown</i>
C ₂ H ₄	<i>High temperature oil breakdown</i>
C ₂ H ₂	<i>Arcing</i>

Selain O₂ dan N₂ ada tujuh kesalahan gas yang terhubung. Kesalahan kondisi ditandai oleh pembangkitan berlebih pada gas ini. Sejak metode ini tidak memberikan korelasi yang kuantitatif, hasil diagnosa sangat bergantung pada pengalaman dan oleh karena itu teknik ini masih sederhana namun bekerja intensif.

4.2. Metode Ratio

Metode ratio diperkenalkan oleh Roger dengan menginterpretasikan tingkatan gas untuk mengidentifikasi tipe kesalahan pada korelasi hubungan gas kimia yang di tunjukkan pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2

Ratio Range Codes

FAULT GAS RATIO		
Ratio	Range	Code
CH ₄ /H ₂	<= 0.1	5
	> 0.1 < 1	0
	>= 1 < 3	1
	>= 3	2
C ₂ H ₆ /CH ₄	< 1	0
	>= 1	1
C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	< 1	0
	>= 1 < 3	1
	>= 3	2
C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	< 0.5	0
	>= 0.5 < 3	1
	>= 3	2

Dari tabel diatas dapat diketahui kondisi kesalahan yang terjadi pada trafo dengan melihat nilai range dan code hasil perbandingan gas kimia dengan melihat pada tabel 4.3 seperti dibawah ini :

Tabel 4.3

Diagnostic Codes and Diagnostics Fault

Diagnostic Code				Diagnostic Fault
0	0	0	0	Normal
5	0	0	0	Partial discharge
1,2	0	0	0	Slight overheating < 150°C
1,2	1	0	0	Slight overheating 150 - 200°C
0	1	0	0	Slight overheating 200 - 300°C
0	0	1	0	General conductor overheating
1	0	1	0	Winding circulating currents
1	0	2	0	Core and tank circulating currents, overheated joints
0	0	0	1	Flashover, no-power follow through
0	0	1,2	1,2	Arc, with power follow through
0	0	2	2	Continuous sparking to floating potential
5	0	0	1,2	Partial discharge with tracking (note CO)

4.3. Jaringan Syaraf Tiruan (ANN)

Dalam studi, 5 gas penting yaitu H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , dan C_2H_6 dipilih sebagai data masukan. CO dan CO_2 diperlukan sebagai masukan karena merupakan gas-gas utama yang dibentuk untuk memisahkan pendeteksian kondisi selulosa dari diagnosis jenis kesalahan utama

4.3.1 Analisa Data

Analisa data minyak trafo dilakukan pada GI Kebonagung pada Trafo Distribusi 150/20 KV - 30 MVA

4.3.2 Inputan Data

Untuk memulai analisis kegagalan gas kimia pada minyak trafo menggunakan metode Neural Network terlebih dulu kita tentukan data inputan sebagai proses training yaitu sebagai pembelajaran untuk menjalankan analisis, topologi jaringan serta keluaran untuk hasil training.

Tabel 4.4

Data Masukan Proses Training

No	H_2	CH_4	C_2H_2	C_2H_4	C_2H_6	CO	CO_2
1	37,34	0	0	8,59	138,89	42,86	2872
2	80	14	25	16,75	40	24	56
3	19	30	12	11	14	53	42
4	49	12	11	14	53	42	125
5	12	2	3	24	51	150	400
6	11	5	4,5	30	32	120	212
7	15	45	20	45	24	21	219
8	55	108	21	38	3	126	245
9	45	5	25	12	21	168	329
10	11	5	10	24	26	160	268
11	126	134	45	63	70	520	952

12	102	132	42	98	96	550	760
13	142	139	42	89	69	359	1019
14	120	135	36	72	75	420	757
15	136	121	39	98	92	543	689
16	256	134	39	65	92	392	794
17	365	126	36,9	92,9	91,5	452	620
18	180	122	36	99,2	95	550	782
19	123	138	37	90	95,9	568	550
20	129	132	39	92	97	380	920
21	1320	169	59	192	142	620	980
22	1514	235	70	120	110	620	989
23	1432	423	56	124	142	598	897
24	1421	200	79	186	130	654	1024
25	1000	970	78	128	146	586	756
26	1690	240	59	126	135	650	956
27	1564	156	62	135	142	650	965
28	1560	250	59	180	142	612	918
29	1542	350	56	130	143	598	895
30	1523	214	68	156	135	620	967
31	2504	1102	89	202	156	1465	1024
32	1850	1653	92	398	169	1659	1256
33	1952	1753	95	250	210	1560	1134
34	2256	1230	152	256	194	1457	1211
35	2400	1800	92	269	169	1520	1129
36	3500	1236	453	450	300	1652	1234
37	2100	1029	151	235	241	1596	1356
38	2412	1600	163	213	265	1426	1268
39	2195	1762	161	245	423	1520	1623
40	2314	1825	180	321	196	1632	1124

4.3.3 Testing Data

Testing data merupakan proses menjalankan data untuk memperoleh hasil analisa dari inputan data yang berupa 10 inputan data baru dari nilai gas kimia dalam minyak trafo.

Tabel 4.5
Testing Data

No	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂
1	80	14	25	16,75	40	24	56
2	37,34	0	0	8,59	138,89	42,86	2872
3	280	132	36	65	80	420	800
4	256	134	39	65	92	392	794
5	1200	156	60	120	146	680	1250
6	1421	200	79	186	130	654	1024
7	1925	1200	99	250	195	1423	1026
8	2400	1800	92	269	169	1520	1129
9	50	105,5	22	43	21	230	1500
10	2000	1200	100	240	200	2000	2100

4.3.4 Hasil Analisa Program ANN

Setelah melalui proses testing data maka dapat diperoleh hasil diagnosis akhir yaitu berupa nilai kandungan gas kimia dalam minyak trafo dan kondisi yang terkandung dalam minyak sesuai pada table 4.6

Tabel 4.6
Hasil Akhir Perhitungan ANN

No	Normal	Arcing	Overheating	Corona	Cellulose	ANN Diagnosis
1	0,9924	0,0146	0,0004	0,0000	0,0123	Normal
2	0,9999	0,0005	0,0104	0,0000	0,0182	Normal
3	0,0015	0,9791	0,0000	0,0842	0,0139	Arcing
4	0,0026	0,9942	0,0000	0,0261	0,0140	Arcing
5	0,0117	0,0107	0,9964	0,0001	0,0126	Overheating
6	0,0083	0,0082	0,9960	0,0003	0,0134	Overheating
7	0,0000	0,0111	0,0010	0,9996	0,0126	Corona
8	0,0000	0,0042	0,0009	0,9999	0,0128	Corona
9	0,0008	0,9550	0,0000	0,3095	0,0171	Arcing
10	0,0000	0,0113	0,0013	0,9995	0,0115	Corona

Keterangan :

output "1" menyatakan terjadinya gangguan, sedangkan "0" tidak terjadi gangguan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis gas kimia pada minyak trafo dengan menggunakan metode Neural Network dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Dengan menggunakan metode Neural Network dapat diketahui hasil analisis gas kimia pada minyak trafo yaitu output “1” mengindikasikan terjadinya gangguan , sedangkan “0” menggambarkan tidak adanya gangguan, seperti hasil analisa berikut dinyatakan dalam kondisi normal dengan nilai 0,9924 pada indikator normal, sedangkan hasil berikut dinyatakan arcing dengan nilai 0,9791 pada indikator arcing.
2. Dapat mengantisipasi gangguan yang menyebabkan terjadinya gangguan dan melakukan perawatan secara berkala dengan metode ANN ,karena dengan melihat seringnya terjadi beberapa gangguan diantaranya arcing, overheating dan corona yang muncul pada minyak trafo.

5.2 Saran

1. PLN segera menangani minyak pada trafo.
2. PLN lebih terbuka untuk menerima teknologi yang berguna untuk penyediaan listrik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. "An Artificial Neural network Approach to Transformaer fault Diagnosis", Y. Zhang, X. Ding, Y. Liu and P. J. Griffin, IEEE Trans on PWRD, Vol. 11, No. 4, Oktober 1996
 2. " Developiong a new transformer fault diagnosis system trhough evolutionary fuzzy logic , Y.C. Huang, H.T. Yang and C.L. Huang, IEEE Trans on PWRD, Vol, 12, No. 2, pp. 761-767, 1997
 3. Buku Panduan Pemeliharaan Trafo Sumber dari PLN
 4. D.B. Fogel, " an introduction to simulated evolutionary optimazion," IEEE Trans on Neural Network, Vol 5, No 1, pp, 3-14, 1994
 5. D.B. Fogel," System Identifikasion Through Simulated Evolution: A Mechine Learning Approacg to Modelling, Ginn Press, Needham, MA, 1991
 6. IEC Publication 599, Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service, First Edition, 1978
-



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama Mahasiswa : AMRIL AMIN
2. NIM : 99.12.178
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

**ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK TRAF0 DENGAN
MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK**

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

- Hari : Jumat
Tanggal : 4 Oktober 2005
Dengan Nilai : 79 (B +)



Panitia Ujian Skripsi

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
Ketua

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
Sekretaris

Anggota Penguji

(Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT)
Penguji Pertama

(Ir. Eko Nurcahyo, MT)
Penguji Kedua



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama Mahasiswa : AMRIL AMIN
2. NIM : 99.12.178
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK TRAF0 DENGAN
MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK

6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 7 Februari 2005
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 7 Agustus 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 85 (Delapan Puluh Lima)

Menyetujui

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
Nip Y. 103 9500 0274

Dosen Pembimbing

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
Nip P.130 8900 209



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang Strata Satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 4 Oktober 2005

Telah dilakukan perbaikan Skripsi oleh :

1. Nama Mahasiswa : AMRIL AMIN
2. NIM : 99.12.178
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK TRAF0 DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK

Perbaikan meliputi :


No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	Supaya ditambahkan sub bab tentang uji validasi program	E
2	Flowchart untuk Neural Network agar ditampilkan	G

Anggota Penguji


(Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT)
Penguji Pertama


(Ir. Eko Nurcahyo, MT)
Penguji Kedua

Dosen Pembimbing


(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
Nip P.130 8900 209



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

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

(PERSERO) MALANG
 PERUM PERUM NIAGA MALANG

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

Malang, 14 Februari. 2005

Nomor : ITN-216/I.SKP /2/05
 Lampiran : satu lembar
 Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. TEGUH HERBASUKI, MT**
 Dosen Institut Teknologi Nasional
 di -
 Malang

Dengan Hormat,
 Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama : AMRIL AMIN
 Nim : 9912178
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro
 Konsentrasi : T. Energi Listrik (S-1)

Dengan ini pembimbingan skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara/I selama masa waktu **6 (enam) bulan** terhitung mulai tanggal:

07 Februari 2005 s/d 07 Agustus 2005

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro.
 Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih



Ketua
 Jurusan Teknik Elektro

H. I Made Wartana, MT
 Nip. 131 991 182

Tindakan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



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

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

PERSERO) MALANG
C NIAGA MALANG

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

Nomor : ITN-862/III.TA/2/2005
Lampiran : -
Perihal : SURVEY / Permintaan Data
Malang, 01 Februari 2005

Kepada : Yth. Bapak Pimpinan
PT. PLN (persero) UBS P3B Jawa - Bali
Region Jawa Timur dan Bali
Jl. Suningrat No.45 Taman
di-
Sidoarjo 651256

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Bapak agar mahasiswa/i kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik S-I dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada Gardu Induk Kebon Agung Malang untuk mendapatkan data - data guna menyusun skripsi dengan judul :

ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK TRAFU DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK

Mahasiswa tersebut adalah :

1. Amril Amin Nim. 99.12.178

Adapun lama survey 1 (Satu) Bulan

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



DEKAN
Fakultas Teknologi Industri,

[Signature]
G. J. Mochtar Asroni, MSME
NIP. Y. 1018100036



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. PLN (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor : ITN-862 /III.TA/2/2005
ampiran : -
Perihal : SURVEY / Permintaan Data

Malang, 01 Pebruari 2005

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. PLN (persero) P3B Jawa - Bali
Region Jawa Timur dan Bali
Jl. Suningrat No.45 Taman
di-
Sidoarjo 651256

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Bapak agar mahasiswa/i kami dari **Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik S-1** dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang Bapak pimpin untuk mendapatkan data – data guna menyusun skripsi dengan judul :

ANALISA KEGAGALAN GAS KIMIA PADA MINYAK TRAFO DENGAN MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK

Mahasiswa tersebut adalah :


1. Amril Amin Nim. 99.12.178

Adapun lama survey 1 (Satu) Bulan

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



DEKAN
Teknologi Industri
d. b. Wakil Dekan I


Ir. I Made Wartana, MT
Nip. 131 991 182



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

Jl. Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257

Telepon : (031) 7882113, 7882114
Facsimile : (031) 7882578, 7881024

Kotak Pos : 199 SBS
Bank : Bank Mandiri

Nomor : *988* / 330/ RJTB/ 2005.
Surat Sdr. No. : ITN-862/III.TA/2/2005.
Lampiran : 1 (satu) lampiran.
Perihal : Ijin Survey/ Permintaan Data.

22 FEB 2005

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik,
Institut Teknologi Nasional Malang
Di
MALANG

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-862/III.TA/2/2005 tanggal 01 Pebruari 2005 perihal : Survey/ Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

• **AMRIL AMIN NIM : 99.12.178.**

Untuk melakukan survey/ pengambilan data 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 bernomorer Rp. 6.000,-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan/ketentuan yang berlaku di PT. PLN (PERSERO) 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 Enjiniring

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

amu & P. Wasnyol (Kaxo. 65 KAAJ)

*untuk data/informasi yg diijinkan
dikembalikan ke Dept. Enjiniring*

[Handwritten signature]



Tembusan Yth.:

1. MSDM PLN P3B.
2. MI PE Malang PLN P3B RJTB.
3. SA Amril Amin



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : AMBIL AMIN
 Pria/ Wanita : Pria
 Tempat / Tanggal lahir : Gresik / 18 Nopember 1980
 Alamat / no telepon : Jl Raya Pieng No 27 Maling
(0341) 576210
 Pekerjaan : Mahasiswa ITN Malang

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. 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 ;
2. Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya , semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan , karena kelalaian saya ;
3. Saya akan segera mematuhi semua petunjuk –petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
4. 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 Enjiniring 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.

Mengetahui
Manager Bidang SDM & AD

Ir. ZAENAL ARIFIN

Surabaya, 16 - 02 - 2005
 Yang membuat pernyataan




(AMBIL AMIN)