

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN T. ELEKTRO / T. ENERGI LISTRIK S-1**



**PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN  
METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

**SKRIPSI**

*Disusun Oleh :*

**RUSLAN NURHADI  
NIM. 99.12.174**

**MARET 2005**

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI  
PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL  
NEURAL NETWORK***

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :  
RUSLAN NURHADI  
NIM. 99.12.174**



**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
NIP. Y. 1039500274

**Disetujui,  
Dosen Pembimbing**

**Ir. Eko Nurcahyo**  
NIP. 102 8700172

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

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada Jurusan Teknik Elektro

Disusun oleh:  
NAMA: ...  
NIM: ...

Dibimbing oleh:  
Nama Pembimbing



Jakarta, ...  
2023

Jakarta, ...  
2023

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO

## *KU Persembahkan*

Segala Puji Bagi Allah Sang Maha Ilmu Tuhan Penguasa Alam atas rahmat dan hidayah-Mu, Ruslan dapat Menyelesaikan skripsi ini. Dan semoga kesuksesan dan keberhagian ku selalu dalam naungan-Mu ya Robbi

Bapak (H. Rubiman), Ibu (Hj. Juwarni), dua Adikku (Ristiawan dan Rias Bimantoro) yang selalu mewarnai Kebahagiaan dan Kesuksesan setiap jengkal langkahku di Mana dan saMpai kapanpun. Mak,.....Babe Aye LULUS Neh!

Pak Ir. Eko Nurcahyo yang telah membimbing atas pembuatan skripsi ini, pak Made, pak Taufik, pak Yusuf, pak Almizan, pak Choirul, pak Widi, dan semua dosen2 elektro ITN//// teima kasih atassemuayangtelahkauberikan. Mas Jayenk yang ngebantu urus2suratku. Mas Ugro.....the best programmer of elektro ^ ^ ^ ^ ^

Keluarga Besar di TUREN \*\*mBaH SUMI (makasih nek atas perhatiannya selama ini), Semua Bu le\_ku dan pak le\_ku yang telah memberikan perhatiannya. Adik-adik sePUPU\_ku yang keRen Dan FUNKY. Terutama adik KECIL-ku (TARIS NABILLA DHAVI) yang lucu, NAKAL and paling DiSaYaNG sama SeMUa Orang.

*"RURI\_KU" yang selalu memberikan semangat, perhatian dan kasih sayangnya yang lulus dan atas semua pengorbanannya selama ini. Ma kasih ya T. A. B. A. H.*

Pren seperlulusan ....(Wisuda)\*Ari GL, Dadang GL, Vicky, Meidi, Ikhsan (acong), Dedi (RZ-R), Hanafi, Herman, BoBY, Eko, joko, Warsito, Rofik, Dwi, Arif, Tita (kocot), Agus, Ina, Andri, Ali, Hari\*.....Intinye semua yang lulus APRIL05.

Gang poharin c-334.....Ari GL, Agus "gogon"(teruskan perjuanganmu), Daeng"kojes"(jangan patah sayapmu eh semangatmu), Dimas, Roni, Ibad, Aris, Dayat makasih atas semuanya >>>>>>>>>>

All MY friend yang telah ngebantu gue: Ari (PC) makasih atas buku yang lo pinjemin, Irwan (karyo) atas informasi & bantuannya selama ini, Aris (ndut), Goki "doni"(cepat maju lagi dah ga ada yg antri), Amin "ndemo"(janGAN putus ASA), Diana (na cepet seminar), Ipung (ayo pung do it again), Robby (jgn takut tuk maju lagi), Ndok (jgn lelah tuk berusaha), Gundul (idem) & all my pren yang gue gak bisa sebutin satu2. "Makasi tuk semuanya"

Tuk semua orang yang kenal ama RUslan selama dimalang, makasih tuk semuanya & maafin k-lo gue punya salah\*\*\*\*\*!

LOVE FOR U ALL  
RUSLAN



## ABSTRAKSI

### **PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

( Ruslan Nurhadi, 99 12 174, Teknik Elektro Energi Listrik S-1, 48 Hal, 2005)

(Dosen Pembimbing : Ir. Eko Nurcahyo)

**Kata Kunci :** Kompensasi Daya Reaktif, Jaringan Distribusi, *Artificial Neural Network*, *Backpropagation*.

Pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi sebagai kompensasi daya reaktif merupakan salah satu upaya untuk mereduksi rugi daya dan rugi energi, perbaikan faktor daya dan perbaikan profil tegangan. & umumnya system distribusi memiliki banyak titik beban dengan beban bervariasi dari waktu ke waktu. Metode *artificial neural network* ( ANN ) dengan proses pembelajaran algoritma *backpropagation* digunakan untuk mengatur tap kapasitor pada sistem distribusi. Perhitungan aliran daya *Newton Raphson* diterapkan untuk mengetahui perubahan hasil dari pengaturan tap kapasitor serta rugi daya dalam saluran. Dengan menggunakan data jaringan dari P.T PLN (persero) Distribusi cabang Surabaya pada penyulang Kalisko, diperoleh hasil pengaturan tap kapasitor pada node 6, node 20, node 23 dan node 24. Sehingga pengurangan rugi daya total sebesar 3,085 kW.

## KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT karena hanya dengan lindungan, rahmat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini, sebagai syarat untuk melengkapi dan memenuhi syarat mencapai gelar sarjana.

Skripsi yang berjudul “PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*” ini tersusun juga atas bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu maka penulis merasa sangat perlu menghaturkan terima kasih yang mendalam kepada :

1. Bapak DR. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Energi Listrik S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
5. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan dukungan lahir maupun batin kepada penulis.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu terselesaikannya penyusunan Skripsi ini.

7. Bapak-bapak karyawan Gardu Induk Kalisko dan UPT Surabaya yang telah membantu penulis mendapatkan data guna penelitian Skripsi ini.
8. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Elektro Energi Listrik yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Skripsi ini.

Dengan seluruh bantuan dari semua pihak diatas, penulis telah berusaha menyusun Skripsi ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis menyadari kesempurnaan hanyalah milik-Nya. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka penulis merasa sangat membutuhkan saran dan kritik dari semua pihak.

Akhirnya, sebagai puncak dari tujuan penulisan Skripsi ini adalah semoga Skripsi ini bisa bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Maret 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman :</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAKSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I        PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang Masalah.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Masalah .....	2
1.4    Batasan Masalah.....	2
1.5    Metodologi Pembahasan .....	3
1.6    Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II       SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI</b>	
2.1.    Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	6
2.2.    Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	7
2.3.    Faktor Daya .....	10
2.4.    Kapasitor Daya.....	11



2.5.	Kompensasi Daya Reaktif .....	12
2.6.	Pengurangan rugi-rugi dengan kapasitor shunt.....	13
2.7.	Perbaikan Tegangan .....	14
2.8.	Sistem Per-Unit .....	15

**BAB III      TEORI METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DAN  
METODE ALIRAN DAYA *NEWTON RAPHSON***

3.1.	Analisa Aliran Daya Dengan Metode <i>Newton Raphson</i> ...	17
3.2.	Metode <i>Artificial Neural Network</i> .....	22
3.3.	Fungsi Aktivasi.....	24
3.4.	Proses Pembelajaran.....	26
3.5.	Backpropagation.....	27

**BAB IV      ANALISIS PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN METODE  
*ARTIFICIAL NEURAL NETWORK***

4.1	Analisa Penggunaan Metode <i>Artificial Neural Network</i> ...	34
4.2	Diagram Alir Proses .....	34
4.3	Flowchart Pengaturan Tap Kapasitor Dengan Menggunakan Metode <i>Artificial Neural Network</i> .....	36
4.4	Data Perhitungan .....	37
4.5	Data Saluran .....	37
4.6	Analisa Proses .....	41

**BAB V KESIMPULAN..... 53**  
**DAFTAR PUSTAKA ..... 54**  
**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar :</b>	<b>Halaman :</b>
2-1 Skema Gardu Induk yang dihubungkan Melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) hingga ke Pelanggan .....	6
2-2 Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	8
2-3 Sistem Jaringan Distribusi Loop .....	9
2-4 Sistem Jaringan Distribusi Mesh.....	10
2-5 Segitiga Daya .....	10
2-6 Kapasitor Shunt Yang Dipasang Pada Saluran .....	12
2-7 Saluran Primer Dengan Beban Terpusat .....	13
2-8 Vektor Diagram Sebelum (a) dan Sesudah (b) Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan .....	15
3-1 Susunan Syaraf Manusia .....	22
3-2 Struktur Neuron Jaringan Syaraf.....	23
3-3 Arsitektur Jaringan Backpropagation.....	28
3-4 Blok Diagram Pengaturan Tap Kapasitor .....	28
4-1 Diagram Segaris Jaringan Distribusi Penyulang Kalisko.....	38
4-2 Hasil pelatihan ANN 1 sampai pada <i>epochs</i> 2231 .....	47
4-3 Hasil Pelatihan ANN 2 sampai pada <i>epochs</i> 977 .....	48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman :</b>
4-1 Data Saluran Penyulang Kalisko .....	39
4-2 Data Pembebanan Daya Penyulang Kalisko .....	40
4-3 Data Rating Kapasitor Bank.....	40
4-4 Tap Kapasitor Sebelum Pengaturan Tap Kapasitor .....	41
4-5 Hasil Perhitungan Aliran Daya Sebelum Kompensasi.....	42
4-6 Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Sebelum Kompensasi .....	43
4-7 Hasil Perhitungan Rugi Antar Saluran Sebelum Kompensasi .....	44
4-8 Nilai Target Untuk Proses Training .....	45
4-9 Nilai Hasil Dari ANN.....	48
4-10 Hasil Perhitungan Aliran Daya Sesudah Kompensasi .....	49
4-11 Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Sesudah Kompensasi .....	50
4-12 Hasil Perhitungan Rugi Antar Saluran Sesudah Kompensasi.....	51

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik</b>	<b>halaman :</b>
4-1 Tegangan Tiap-Tiap Node Terhadap Asumsi Tegangan Awal Sebelum dan Sesudah Kompensasi .....	52
4-2 Perbandingan Total Rugi-Rugi Sebelum dan Sesudah Kompensasi.....	52

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dengan meningkatnya usaha di sektor industri dan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat pula, sehingga diperlukan penyediaan energi listrik beserta jaringan dan penyaluran yang baik. Bertambahnya industri-industri menyebabkan peran penggunaan alat-alat listrik akan semakin luas, misalnya motor-motor listrik, trafo, AC, lampu-lampu penerangan dan lain lain. Beban industri sangat banyak membutuhkan daya reaktif induktif. Dengan meningkatnya beban-beban induktif, peningkatan komponen rugi-rugi daya, disamping itu dapat memperburuk profil tegangan pada jaringan.

Permasalahan tersebut telah menjadi perhatian utama khususnya pada saluran distribusi. Alternatif yang sering dipakai untuk memperbaiki kondisi jaringan adalah dengan pengaturan daya reaktif melalui penentuan tap kapasitor.

Banyaknya metode saat ini yang menjadi pilihan bagi kita dalam menyelesaikan permasalahan optimasi daya reaktif. Hal ini sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan terhadap beberapa kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode yang ada. Pada skripsi ini digunakan metode 2 langkah *artificial neural network* dimana pada bagian pertama *artificial neural network* digunakan untuk menghasilkan profil beban dan pada bagian yang kedua

menghasilkan pengaturan posisi tap kapasitor yang optimal berdasarkan profil beban pada bagian *artificial neural network* yang pertama<sup>[4]</sup>.

## 1.2. Rumusan Masalah

Mengingat pentingnya pemakaian kapasitor yang optimum pada jaringan distribusi primer, maka permasalahan yang timbul pada pengaturan tap kapasitor adalah apakah metode *artificial neural network* dapat digunakan untuk mengatur tap kapasitor pada jaringan distribusi primer 20 kV.

Sehubungan dengan permasalahan diatas, maka skripsi ini mengambil judul:

PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV  
MENGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

## 1.3. Tujuan Masalah

Tujuan penulisan skripsi ini adalah menganalisa penggunaan metode *artificial neural network* untuk mengatur daya reaktif dengan mengatur variabel tap kapasitor dalam mereduksi rugi-rugi saluran dan perbaikan profil tegangan.

## 1.4. Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini dibatasi pada :

1. Sistem yang ditinjau adalah jaringan distribusi primer 20 kV GI RUNGKUT PENYULANG KALISCO.
2. Perhitungan aliran daya menggunakan metode *Newton-Raphson (NR)* dan tidak dibahas secara detail.

3. Beban merupakan beban tiga fasa yang seimbang.
4. Tidak membahas masalah ekonomis.
5. Perhitungan dilakukan dengan program komputer (Bahasa Pemrograman MATLAB 6.5.1).
6. Metode yang digunakan adalah *artificial neural network* dengan metode pembelajaran *backpropagation*.
7. Tidak membahas proteksi yang digunakan pada kapasitor tersebut.

### **1.5. Metodologi Pembahasan**

- Studi Literatur : Yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan
- Data : Pengambilan data yang sebenarnya berupa data saluran dan data pembebanan sebagai data masukan program perhitungan aliran daya.
- Analisa data dengan proses pemasukan data yang didapat dari data sebenarnya untuk diolah dengan bahasa pemrograman MATLAB 6.5.1. menggunakan metode *Artificial Neural Network*.
- Pengambilan kesimpulan dan hasil analisis.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka skripsi ini disusun sebagai berikut:



**BAB I : PENDAHULUAN.**

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, batasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

**BAB II : SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI .**

Pada bab ini akan diuraikan masalah sistem jaringan distribusi, penjelasan teori tentang kapasitor shunt dan pengaruh pengaturan tap kapasitor terhadap sistem.

**BAB III : TEORI METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DAN METODE ALIRAN DAYA *NEWTON RAPHSON*.**

Pada bab ini akan dibahas teori metode aliran daya *Newton Raphson*, teori-teori metode *artificial neural network* dengan algoritma pembelajaran *backpropagation*..

**BAB IV: ANALISIS PENGATURAN TAP KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*.**

Pada bab ini akan dibahas pengaturan tap kapasitor dengan menggunakan metode *artificial neural network*, perbaikan profil tegangan, serta pengurangan rugi daya sebelum dan sesudah kompensasi.

**BAB V: KESIMPULAN.**

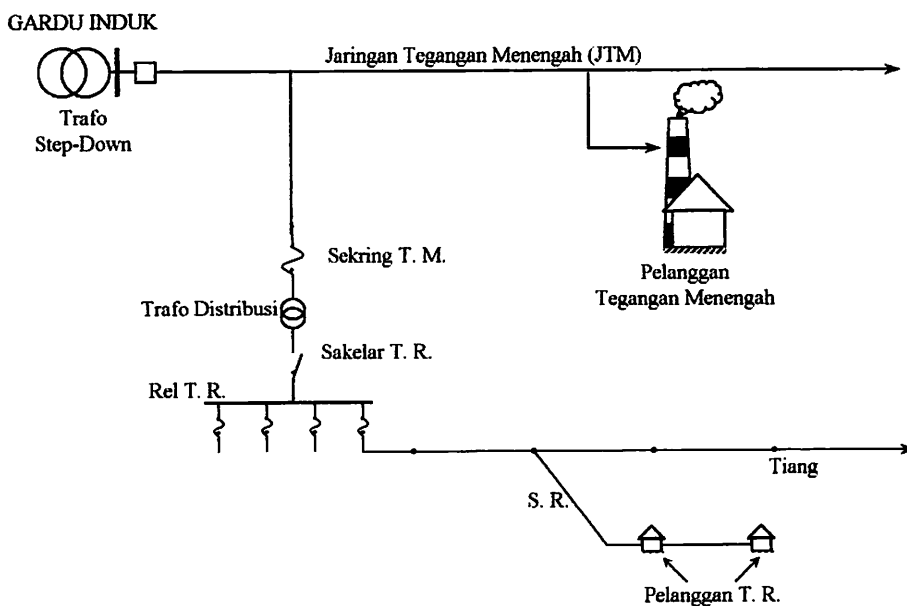
Merupakan intisari dari hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan yang dapat digunakan sebagai pertimbangan pengembangan penulisan selanjutnya.

## BAB II

### SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI

#### 2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, perannya mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk ke konsumen melalui Gardu Distribusi.



**Gambar 2-1** Skema Gardu Induk yang dihubungkan melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) hingga ke Pelanggan

Sumber : Djiteng Marsudi, "Operasi Sistem Tenaga Listrik," Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990.

Jaringan setelah keluar dari G.I biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah atau pelanggan (konsumen) PLN melalui sambungan rumah.

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV. Sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

## **2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik**

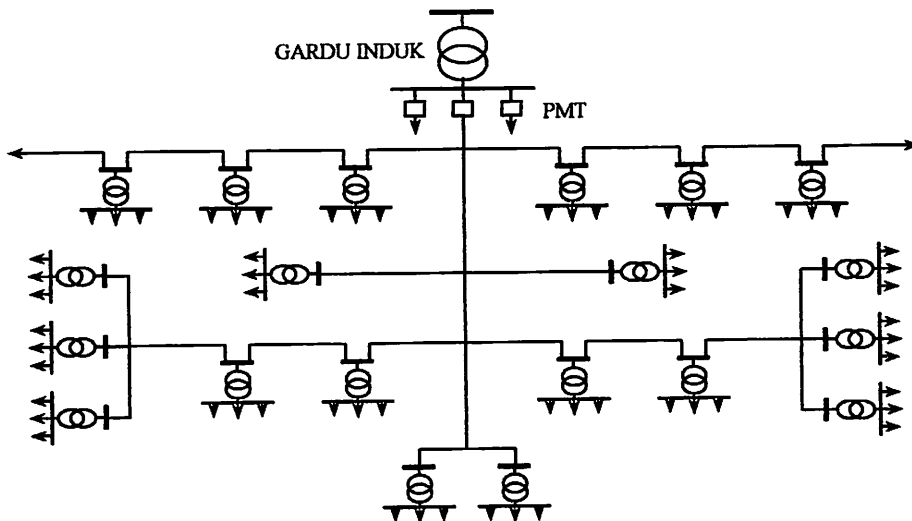
Ada beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik, yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*)
3. Sistem jaringan distribusi mesh

### **2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial**

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari GI ke pusat-pusat beban/konsumen

yang dilayanannya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*tunk line*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2-2.



**Gambar 2-2** Sistem Jaringan Distribusi Radial

Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

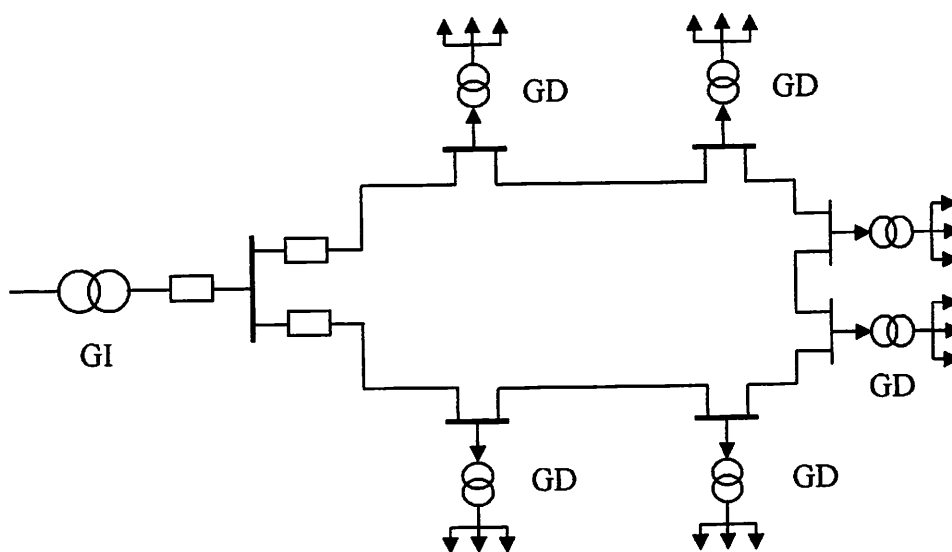
Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator pada sembarang titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada salah satu *feeder* maka semua pelanggan yang terhubung pada *feeder* tersebut akan terganggu.

### 2.2.2. Struktur Jaringan Distribusi *Loop*

Struktur jaringan *loop* merupakan gabungan dari dua struktur jaringan radial, dimana pada ujung kedua jaringan dipasang sebuah pemutus atau pemisah.

Pada saat terjadi gangguan, setelah terjadi gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Dalam kondisi normal, struktur jaringan *loop* ini merupakan dua struktur jaringan radial. Struktur jaringan ini mempunyai keandalan yang cukup, sehingga biaya pembangunannya lebih mahal dibandingkan dengan biaya pembangunan struktur jaringan radial.

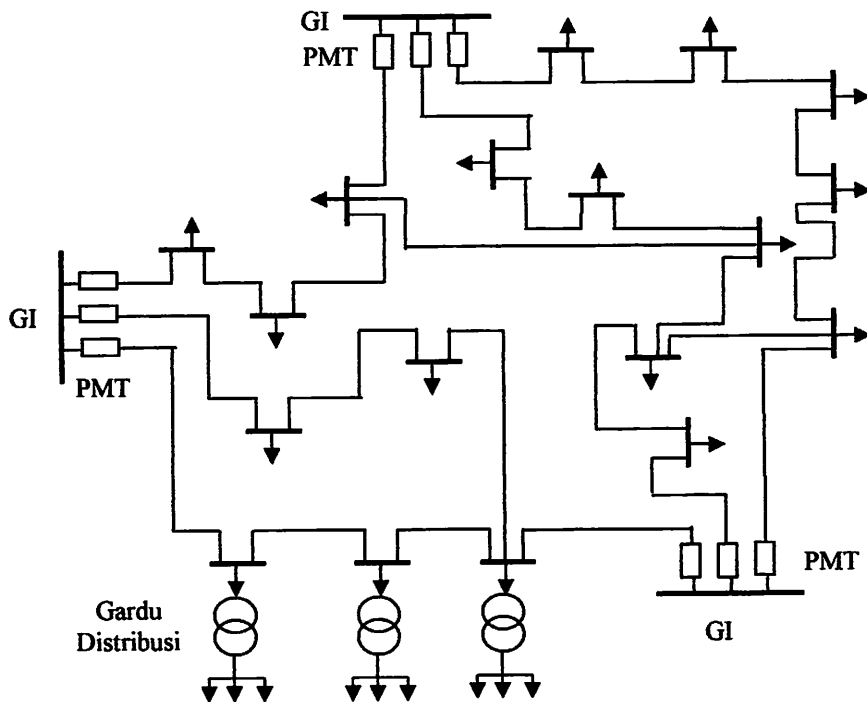


**Gambar 2-3** Sistem Jaringan Distribusi *Loop*

Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

### 2.2.3. Struktur Jaringan Distribusi *Mesh*

Struktur jaringan ini merupakan kombinasi antara struktur jaringan radial dengan struktur jaringan *loop*. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu maka dengan segera dapat digantikan oleh penyulang yang lain. Dengan demikian kontinuitas penyaluran daya sangat terjamin. Gambar 2-4 menunjukkan bentuk dari struktur jaringan *mesh*.



**Gambar 2-4** Sistem Jaringan Distribusi *Mesh*

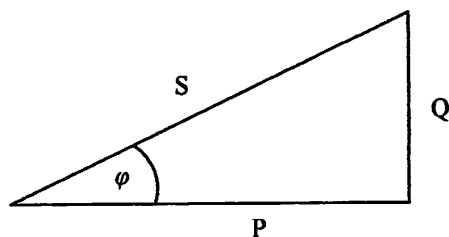
Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

### 2.3. Faktor Daya

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dan daya semu, dinyatakan oleh persamaan :

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Dayanyata}(kW)}{\text{Dayasemu}(kVA)}$$

Untuk daya sendiri dibentuk oleh dua komponen daya nyata (P) dan komponen daya reaktif (Q). Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2-5** Segitiga Daya

Daya aktif merupakan daya yang terpakai, yaitu daya yang melakukan usaha atau energi yang sebenarnya. Daya reaktif merupakan daya yang tidak dibutuhkan dalam instalasi listrik, melainkan timbul karena pembentukan medan magnet pada beban induktif. Dan, daya semu (S) merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif. Dimana:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{kW}) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (\text{kVAR}) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{kVA}) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\varphi = \frac{P}{S} \quad (\text{sudut fasa}) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

## 2.4. Kapasitor Daya

Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua buah plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik dan kapasitor ini mempunyai sifat menyimpan muatan listrik. Pada beberapa tahun yang lalu kebanyakan kapasitor terbuat dari dua plat aluminium murni yang dipisahkan oleh tiga atau lebih lapisan kertas yang dilapisi oleh bahan kimia. Kapasitor daya telah mengalami perkembangan yang begitu cepat selama 30 tahun terakhir. Karena bahan dielektrik yang digunakan lebih efisien serta teknologi pembuatan kapasitor lebih baik.

### 2.4.1. Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah kapasitor yang dihubung seri dengan impedansi saluran yang bersangkutan, pemakaiannya amat dibatasi pada saluran distribusi,

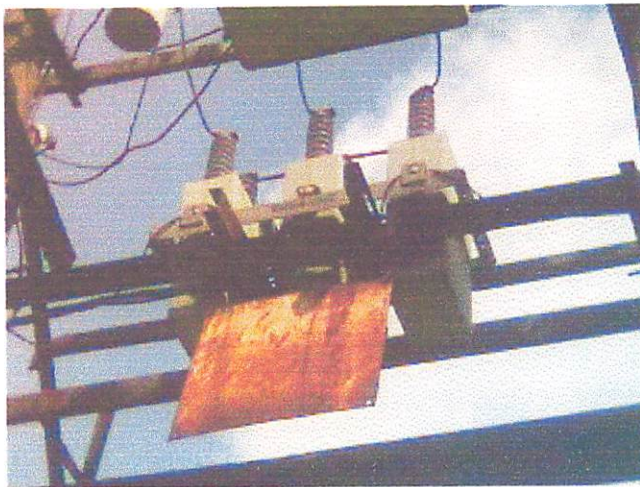


karena peralatan pengamannya cukup rumit. Jadi secara umum dikatakan biaya untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal daripada biaya pemasangan kapasitor paralel atau biasa disebut kapasitor shunt.

#### **2.4.2. Kapasitor Shunt**

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensif digunakan pada saluran distribusi. Kapasitor shunt mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif.

Dengan dipasangnya kapasitor shunt pada jaringan distribusi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi saluran.



**Gambar 2-6** Kapasitor shunt yang dipasang pada saluran

#### **2.5. Kompensasi Daya Reaktif**

Pengaturan tegangan dan daya reaktif merupakan permasalahan dalam sistem tenaga listrik yang memegang peranan sangat penting dalam mendukung semakin kompleksnya sistem tenaga listrik yang semakin modern. Pengaturan ini

perlu dilakukan untuk menyediakan tingkat tegangan yang konstan kepada konsumen.

Jika pada sistem tenaga listrik terjadi kekurangan daya reaktif atau tegangan kurang dari batas normal yang diijinkan, kestabilan sistem itu akan terganggu. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah menginjeksikan daya reaktif pada titik-titik beban tertentu

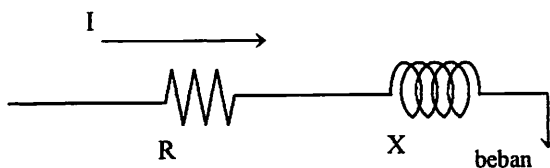
## 2.6. Pengurangan Rugi-rugi Dengan Kapasitor Shunt

Rugi-rugi saluran per fasa dari saluran 3 fasa seimbang dengan beban terpusat seperti pada gambar 2-6 adalah  $I^2 (R-jX)$  atau dapat dibedakan menjadi :

- rugi daya aktif ( $I^2R$ ) =  $(I_R^2 + I_X^2)R$
- rugi daya reaktif ( $I^2X$ ) =  $(I_R^2 + I_X^2)X$

dimana :  $I_R$  adalah arus aktif

$I_X$  adalah arus reaktif



**Gambar 2-7** Saluran Primer Dengan Beban Terpusat

Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

Rugi-rugi daya ( $I^2R$ ) dapat dibagi menjadi dua komponen yaitu komponen arus aktif dan komponen arus reaktif. Rugi-rugi karena komponen arus aktif tidak akan mempengaruhi penempatan kapasitor shunt pada saluran. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Diasumsikan bahwa rugi-rugi daya ( $I^2R$ ) disebabkan oleh arus saluran (lagging)  $I$ , yang mengalir pada resistansi  $R$ , sehingga :

$$I^2R = (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R \dots\dots\dots (2.5)$$

Setelah dipasang kapasitor shunt dengan arus  $I_c$ , didapat arus saluran baru  $I_1$ , dan rugi-rugi daya  $I_1R$  sebagai berikut :

$$I_1^2R = (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \dots\dots\dots (2.6)$$

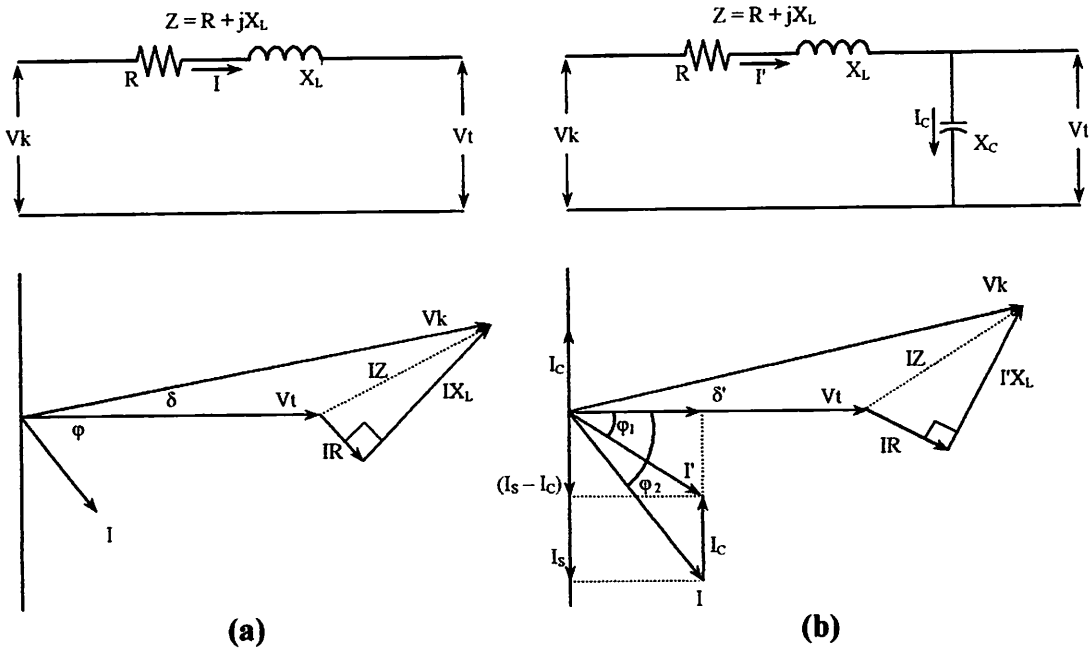
Sehingga pengurangan rugi daya sebagai akibat pemasangan kapasitor shunt didapat :

$$\begin{aligned} \Delta \text{pls} &= I^2R - I_1^2R \\ &= (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R - (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \\ &= 2 (I \sin \theta) I_cR - I_c^2R \dots\dots\dots (2.7) \end{aligned}$$

maka hanya komponen arus reaktif ( $I \sin \theta$ ) saja yang berpengaruh terhadap pengurangan rugi daya  $I^2R$  akibat pemasangan kapasitor shunt pada saluran distribusi.

## 2.7. Perbaikan Tegangan

Pemakaian kapasitor shunt dalam sistem tenaga listrik selain untuk perbaikan faktor daya juga bertujuan menaikkan tegangan. Dan secara vektoris dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2-8** Vektor Diagram Sebelum (a) dan Sesudah (b) Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan

Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

Kerugian tegangan disebabkan arus beban I sebelum kapasitor dipasang :

$$\delta V = I_R R + I_x X_L \quad \text{Volt} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Kerugian tegangan setelah kapasitor dipasang :

$$\delta V = I_R R + I_x X_L - I_c X_C \quad \text{Volt} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

**2.8. Sistem Per-Unit**

Untuk memudahkan perhitungan-perhitungan dalam sistem tenaga listrik digunakan p.u (per unit) yang didefinisikan sebagai perbandingan harga yang sebenarnya dengan harga dasar (base value), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{besaran sesungguhnya} \quad \dots\dots\dots(2.10)}{\text{besaran dasar dengan dimensi yang sama}}$$

Rumus-rumus yang digunakan untuk penentuan arus dasar dan impedansi dasar adalah :

- o Untuk data 1 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 1 fasa}}{\text{kV dasar L-N}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L-N})^2 \times 1000}{\text{kVA dasar 1 fasa}}$$

$$= \frac{(\text{kVA dasar L-N})^2}{\text{MVA dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots(2.12)$$

- o Untuk data 3 fasa

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 3 fasa}}{\sqrt{3} \text{ kV dasar L-L}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L-L})^2 \times 1000}{\text{kVA dasar 3 fasa}}$$

$$= \frac{(\text{kV dasar L-L})^2}{\text{MVA dasar 3 fasa}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dalam persamaan diatas nilai-nilai besaran diberikan untuk rangkaian satu fasa. Jadi tegangannya adalah tegangan antara fasa ke tanah dan daya setiap fasa. Setelah besaran-besaran dasar telah ditentukan maka besaran-besaran itu dinormalisasikan terhadap besaran dasar. Dengan demikian impedansi per satuan didefinisikan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya } Z(\Omega)}{\text{Impedansi dasar } Z_d} \text{ pu} \dots\dots\dots(2.15)$$

## BAB III

# TEORI METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DAN METODE ALIRAN DAYA *NEWTON RAPHSON*

### 3.1. Analisa Aliran Daya Dengan Metode Newton Raphson

Tujuan dari analisa aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik adalah untuk menghitung besar tegangan  $V$  dan sudut fasa tegangan  $\delta$  setiap rel serta daya nyata  $P$  dan daya reaktif  $Q$  yang mengalir pada setiap saluran. Aliran daya yang digunakan dalam skripsi ini adalah menggunakan metode *Newton Raphson*.

Berdasarkan pada parameter yang diketahui, bus pada sistem dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori bus, yaitu<sup>[2]</sup> :

- Bus Beban

Parameter-parameter yang diketahui adalah  $P$  dan  $Q$ , sedangkan parameter-parameter yang tidak diketahui adalah  $|V|$  dan  $\delta$ .

- Bus Generator

Parameter-parameter yang diketahui adalah  $P$  dan  $|V|$ , sedangkan parameter-parameter yang tidak diketahui adalah  $Q$  dan  $\delta$ . Kendala untuk bus ini adalah bila dalam perhitungan integrasinya tidak dipenuhi, maka bus ini diganti menjadi bus beban.

- Bus Referensi (*Slack Bus*)

Parameter-parameter yang diketahui adalah  $|V|$  dan  $\delta$ . Biasanya sudut fasa

pada bus  $i$  ( $\delta_i$ ) ditentukan = 0, sehingga merupakan sudut referensi bagi tegangan dalam sistem. Pada umumnya dalam analisa aliran daya hanya ada sebuah bus referensi.

Persamaan yang menggambarkan hubungan antara besarnya arus di simpul  $i$  yaitu  $I_i$  dengan tegangan di semua simpul dalam sistem (simpul) melalui matriks admitansi  $Y_{ij}$  :

$$I_i = \sum_{j=1}^{j=n} V_j \cdot Y_{ij} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana :  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ .  $n$  adalah jumlah simpul yang ada dalam sistem.

$$P_i - jQ_i = V_i \cdot I_i \dots \dots \dots (3.2)$$

Nilai  $I_i$  dari persamaan (9) dimasukkan ke dalam persamaan (8) menjadi :

$$P_i - jQ_i = V_i \cdot V_j \cdot Y_{ij} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Jika bagian riil ( $R_i$ ) dan bagian imajiner ( $Im$ ) dipisahkan maka diperoleh :

$$P_i \text{ (daya nyata)} = R_i (V_i \cdot V_j \cdot Y_{ij}) \dots \dots \dots (3.4)$$

$$Q_i \text{ (daya nyata)} = Im (V_i \cdot V_j \cdot Y_{ij}) \dots \dots \dots (3.5)$$

Dalam bentuk polar

$$V_i = |V_i| e^{j\delta_i} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$V_j = |V_j| e^{j\delta_j} \dots \dots \dots (3.7)$$

Selanjutnya daya nyata dan daya reaktif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_i \text{ (daya nyata)} = |V_i| \sum_{j=1}^{j=n} |V_j| |Y_{ij}| \cos (\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \dots \dots \dots (3.8)$$

$$Q_i \text{ (daya reaktif)} = - |V_i| \sum_{j=1}^{j=n} |V_j| |Y_{ij}| \sin (\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \dots \dots \dots (3.9)$$

dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitudo tegangan  $|V|$  dan sudut fasa  $\delta$  disetiap simpul, dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.8) dan (3.9) yang dilinierkan dengan metode *Newton Raphson* seperti persamaan berikut ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.10)$$

dimana :  $\Delta P$  = selisih injeksi bersih daya nyata dengan penjumlahan aliran daya nyata tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan  $V$  yang didapat dari perhitungan iterasi ke- $k$ .

$\Delta Q$  = selisih injeksi bersih daya nyata dengan penjumlahan aliran daya nyata tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan  $V$  yang didapat dari perhitungan iterasi ke- $k$ .

$\Delta \delta$  = vektor koreksi sudut fasa tegangan.

$\Delta |V|$  = vektor koreksi magnetude tegangan.

$H, L, M, N$ , merupakan elemen-elemen off-diagonal dari sub matriks Jacobian yang dibentuk dengan mendiferensialkan persamaan-persamaan (3.8) dan (3.9)

dimana :

$$H_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_j}; \quad N_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} \dots\dots\dots (3.11)$$

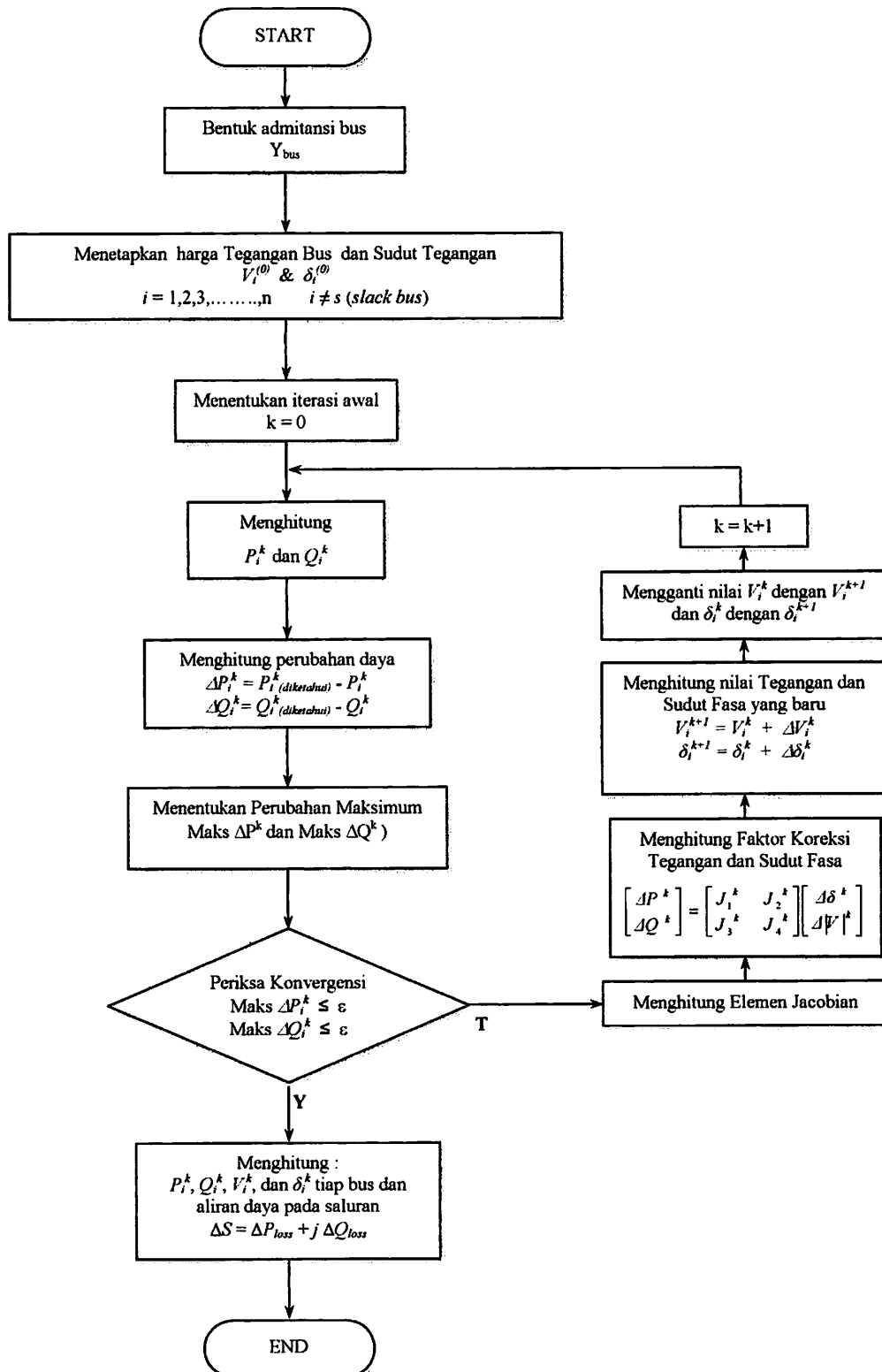
$$M_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j}; \quad L_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} \dots\dots\dots (3.12)$$



Algoritma perhitungan aliran daya dengan metode *Newton Raphson* dapat diringkas dalam langkah-langkah sebagai berikut :

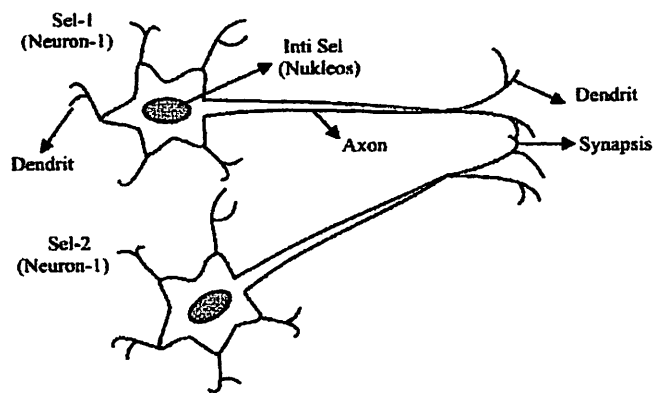
1. Tentukan nilai  $P_i$  (diketahui) dan  $Q_i$  (diketahui) yang mengalir ke dalam system pada setiap rel untuk nilai yang ditentukan atau diperkirakan dari tegangan nyata dan tegangan reaktif untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya.
2. Hitung  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  pada setiap rel.
3. Hitung nilai-nilai untuk Jacobian dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari tegangan nyata dan tegangan reaktif dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan diferensiasi persamaan (3.8) dan (3.9).
4. Balikkan Jacobian itu dan hitung koreksi magnitude tegangan  $\Delta|V_i|$  dan sudut fasa  $\Delta\delta_i$  pada setiap rel.
5. Hitung nilai baru dari  $|V_i|$  dan  $\delta_i$  dengan menambahkan  $\Delta|V_i|$  dan  $\Delta\delta_i$  pada nilai sebelumnya.
6. Kembali ke langkah 1 dan ulangi proses di atas dengan menggunakan nilai untuk tegangan nyata dan tegangan reaktif yang ditentukan paling akhir sehingga semua nilai  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  lebih kecil atau sama dengan nilai toleransi yang telah ditetapkan.

### Flow Chart aliran daya dengan metode *Newton Raphson*



### 3.2. Metode *Artificial Neural Network*

*Artificial neural network* 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.

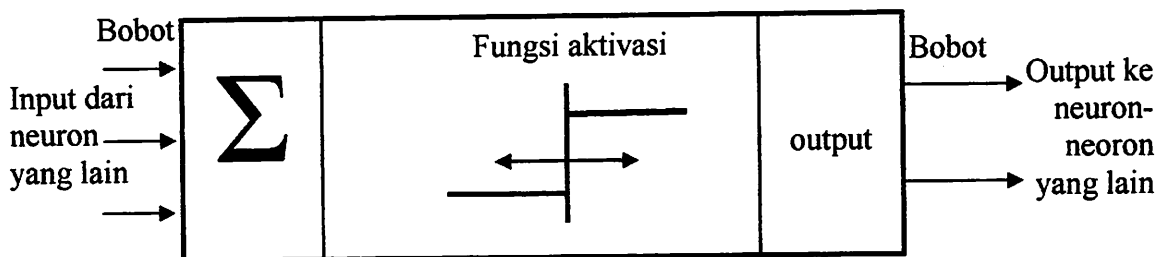


**Gambar 3-1** Susunan Syaraf Manusia

Sumber : Artifisial intelligent, Sri kusuma Dwi , hal 207.

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 rangsangan 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 Syaraf

Sumber : Artificial intelligent, Sri kusuma Dwi , hal 210

*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 *output*nya ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya.

Pada *artificial neural network 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*).

### 3.3 Fungsi Aktivasi

Seperti halnya otak manusia, *artificial neural network* 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 *output*-nya ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya. Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam *artificial neural network* antara lain:

- a). Fungsi Undak Biner (*Hard Limit*)
- b). Fungsi Undak Biner (*Thereshold*)
- 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:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \dots\dots\dots (3.13)$$

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

$\sigma$  = 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.

### 3.4 Proses Pembelajaran

Pada jaringan syaraf akan mencoba untuk mensimulasikan kemampuan otak manusia untuk belajar. *Artificial Neural Network* 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.<sup>[5]</sup>

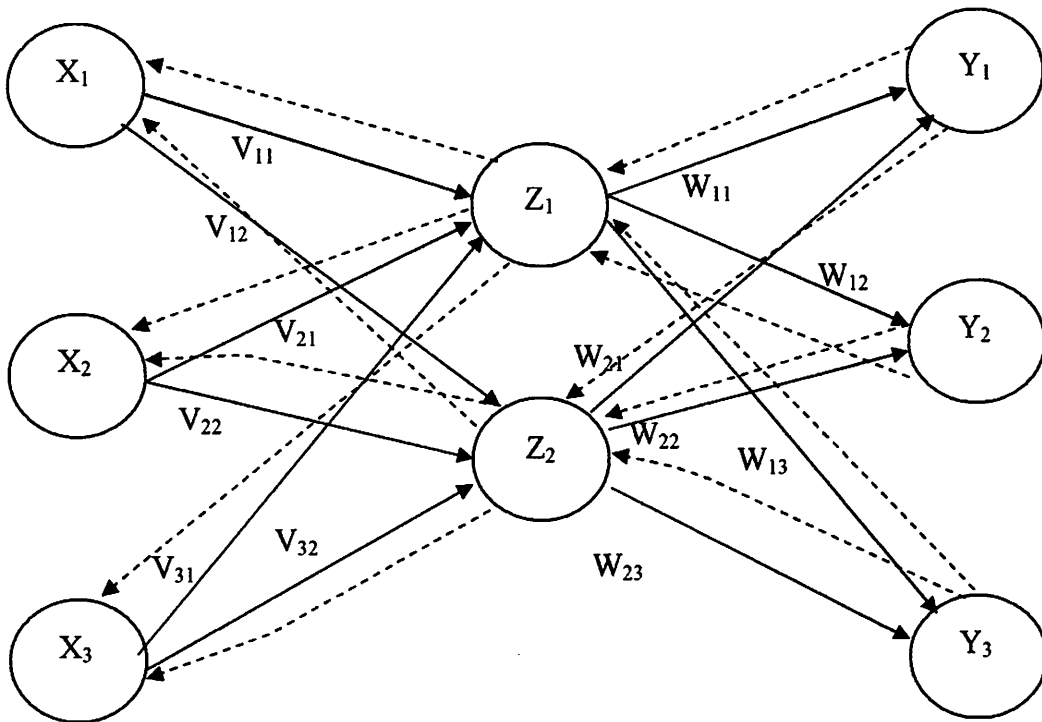
Algoritma Backpropagation menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan dahulu. Pada saat perambatan maju, *neuron-neuron* diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, yaitu:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots(3.14)$$

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

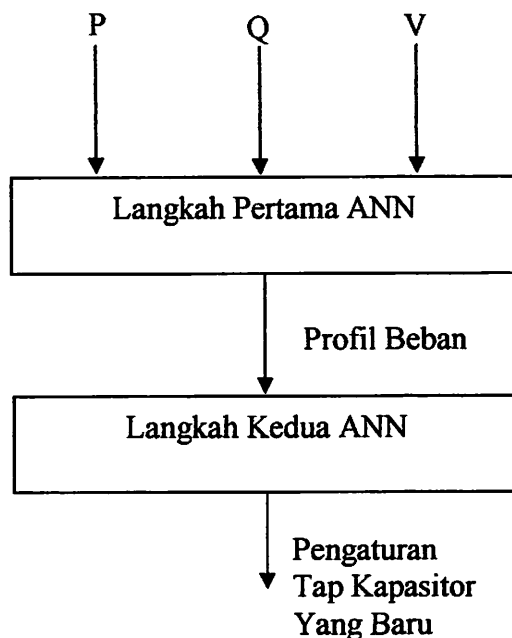


Arsitektur jaringan *Backpropagation* seperti pada gambar berikut:



**Gambar 3-3** Arsitektur Jaringan Backpropagation

Sumber : Artificial intelligent, Sri kusuma Dwi , hal 236



**Gambar 3-4** Blok Diagram Pengaturan Tap Kapasitor<sup>[4]</sup>

Sumber : pengaturan tap kapasitor pada sistem distribusi dengan metode *artificial neural network*, N. Iwan Santoso, Owen T.Tan IEEE January 1990.

### a. Pemrosesan Data Input

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

$$X_i(\text{norm}) = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \dots\dots\dots(3.15)$$

### b. Pelatihan (Training)

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 ANN *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 :

$$Z_{in_j} = V_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots \dots \dots (3.16)$$

$Z$  = hidden unit (unit tersembunyi)

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

$V_{ij}$  = bobot antara unit input ke- $I$  dan hidden unit ke- $j$

$V$  = bobot antara  $X$  dan  $Z$ .

$W$  = bobot antara  $Z$  dan  $Y$ .

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$Z_j = f(z_{in_j}) \dots \dots \dots (3.17)$$

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 :

$$y_{in_k} = W_{0k} + \sum_{i=1}^p Z_i W_{ik} \dots \dots \dots (3.18)$$

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

$W_{jk}$  = bobot antar *hidden* unit ke- $j$  dan unit *output* ke- $k$ .

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*-nya :

$$y_k = f(y_{in_k}) \dots \dots \dots (3.19)$$

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 *error*-nya :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \dots \dots \dots (3.20)$$

$t$  = Data training untuk *ouput* (target / *desired output*).

$t_k$  = telah diskalakan menurut fungsi aktivasi yang dipakai.

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

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \dots \dots \dots (3.21)$$

$\alpha$  = *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.

$\delta_k$  = faktor koreksi *error* untuk bobot  $W_{jk}$ .

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

$$\Delta W_{ok} = \alpha \delta_k \dots \dots \dots (3.22)$$

kirinkan  $\delta_k$  ini ke unit-unit yang ada dilapisan dibawahnya.

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

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \dots\dots\dots(3.23)$$

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

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(Z_{in_j}) \dots\dots\dots(3.24)$$

$\delta_j$  = faktor koreksi *error* untuk bobot  $v_{ij}$ .

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

$$\Delta V_{jk} = \alpha \delta_j x_k \dots\dots\dots(3.25)$$

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

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \dots\dots\dots(3.26)$$

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

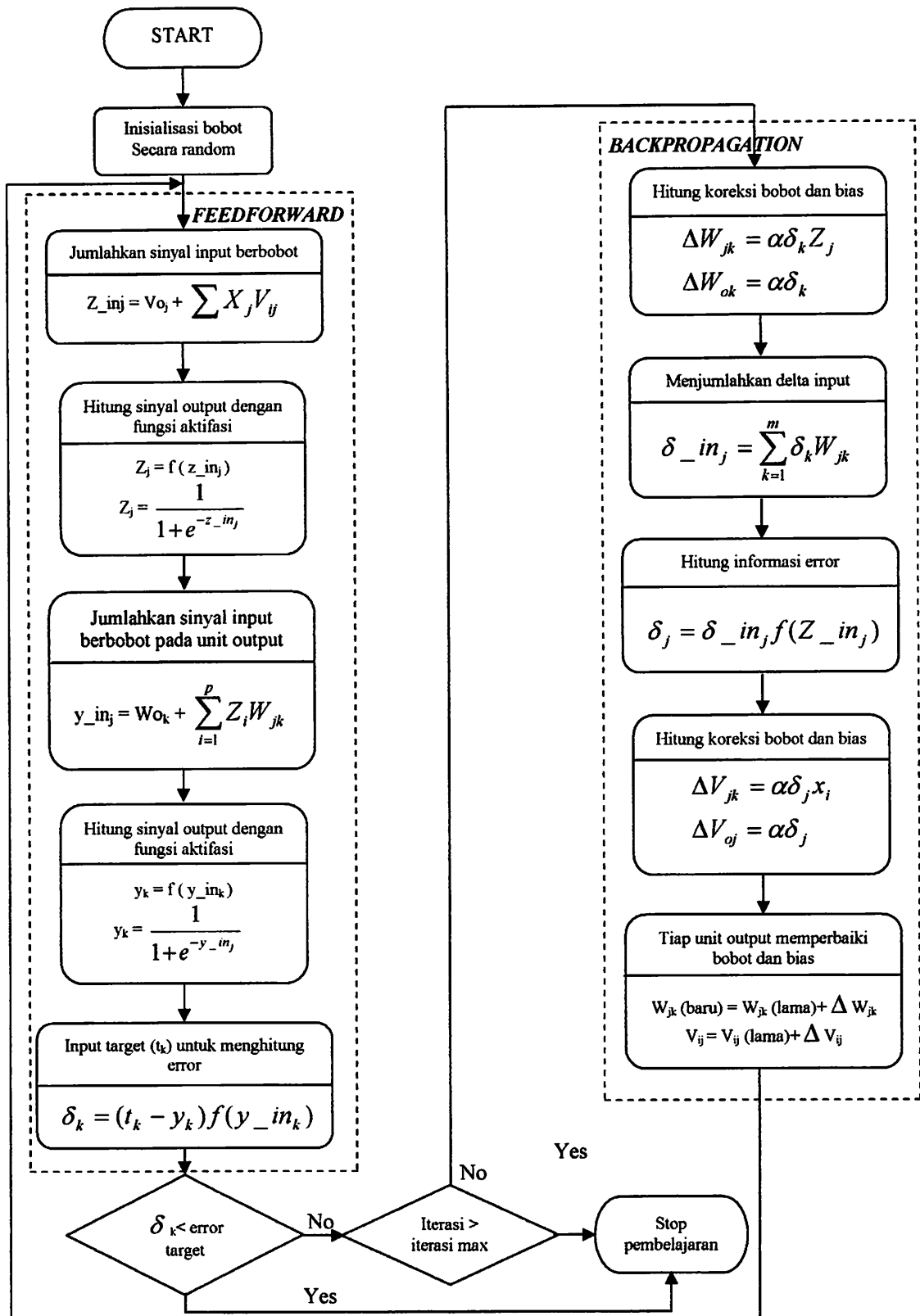
$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \dots\dots\dots(3.27)$$

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

$$V_{ij}(\text{baru}) = V_{ij}(\text{lama}) + \Delta V_{ij} \dots\dots\dots(3.28)$$

## 2. Tes kondisi berhenti

### Flowchart *Backpropagation*



## BAB IV

# ANALISIS PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*.

### 4.1. Analisa Penggunaan Metode *Artificial Neural Network*.

Untuk mengatasi permasalahan pengaturan tap kapasitor dalam penelitian ini digunakan metode *artificial neural network*. dan proses pembelajarannya menggunakan algoritma *backpropagation* dimana analisa perhitungannya menggunakan program matlab 6.5.1. Proses perhitungan pembelajaran jaringan distribusi sistem radial kalisko nantinya dapat sesuai dengan kemampuan memori pada komputer.

### 4.2. Diagram Alir Proses

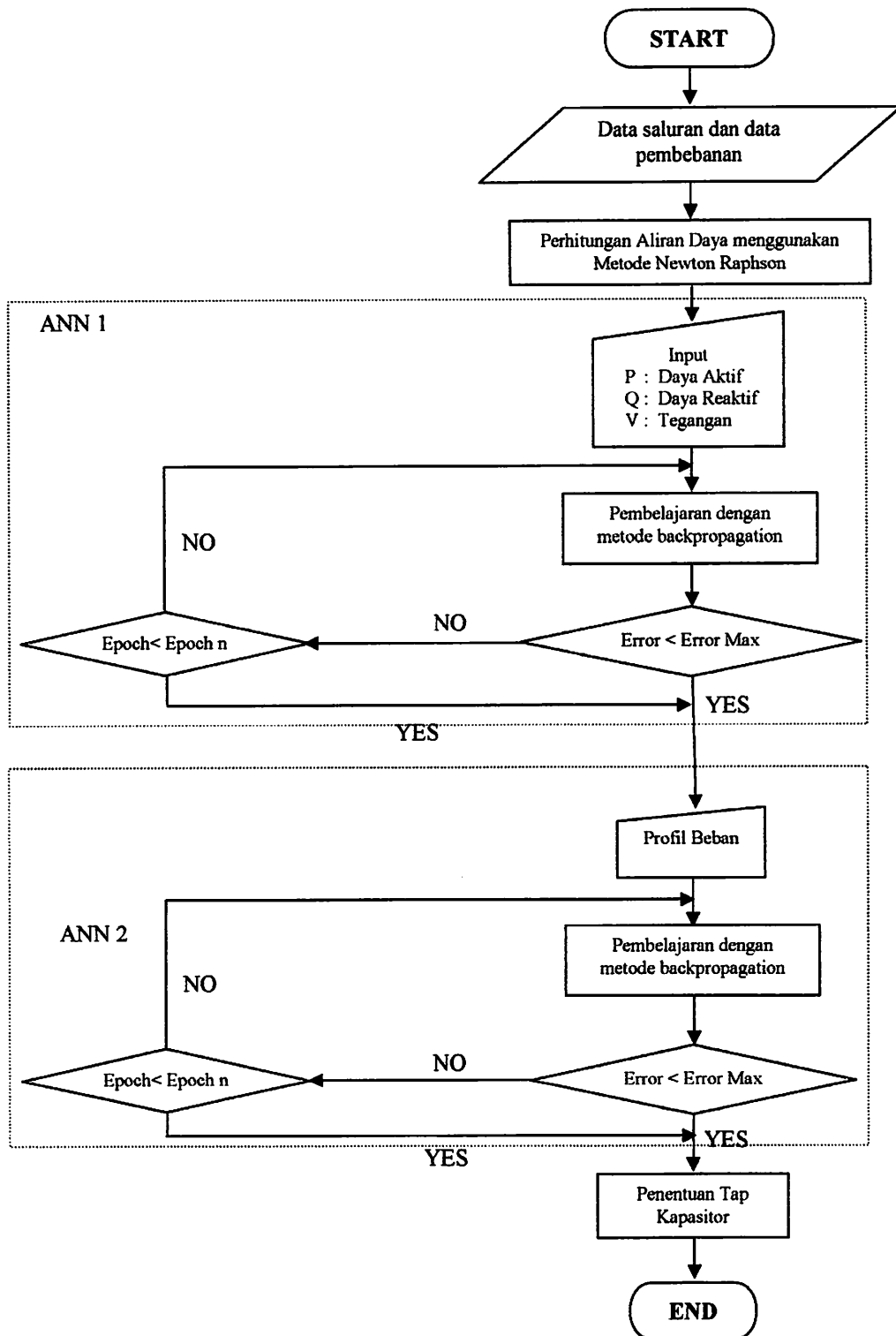
Algoritma ANN dalam pengaturan tap kapasitor secara umum adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan data saluran dan data pembebanan yang didapat dari data sebenarnya.
2. Melakukan perhitungan Aliran Daya menggunakan metode *Newton Raphson*.
3. Proses pembelajaran dengan metode *backpropagation* menggunakan inputan P, Q dan V hasil dari perhitungan aliran daya untuk mendapatkan bobot.
4. Hasil dari proses menghasilkan *error*, dan apabila nilai *error* masih lebih besar dari *error max*, maka proses pembelajaran akan diulang kembali.

5. Jika *error* telah sampai pada nilai yang lebih kecil dari *error max*, maka diperoleh profil beban.
6. Proses pembelajaran metode *backpropagation* yang kedua menggunakan inputan profil beban untuk mendapatkan bobot.
7. Hasil dari proses menghasilkan *error*, dan apabila nilai *error* masih lebih besar dari *error max*, maka proses pembelajaran akan diulang kembali.
8. Jika *error* telah sampai pada nilai yang lebih kecil dari *error max*, maka diperoleh tap kapasitor yang baru.



### 4.3. Flowchart Pengaturan Tap Kapasitor Dengan Menggunakan Metode ANN



#### 4.4. Data Perhitungan

Penyulang kalisko yang merupakan keluaran dari gardu induk rungkut Surabaya memakai tegangan 20 kV. Untuk menyelesaikan perhitungan terlebih dahulu ditunjukkan single line diagram dari penyulang kalisko yang akan di analisa. Dimana dasar yang digunakan :

❖ Tegangan dasar : 20 kV

❖ Daya dasar : 100 kVA

Selanjutnya node-node yang diklasifikasikan, yaitu busbar GI Rungkut diasumsikan sebagai slack bus, sedangkan node-node yang lain sepanjang saluran radial sebagai load bus. Dalam hal ini tidak ada bus generator karena sepanjang saluran tidak terdapat pembangkit.

#### 4.5. Data Saluran.

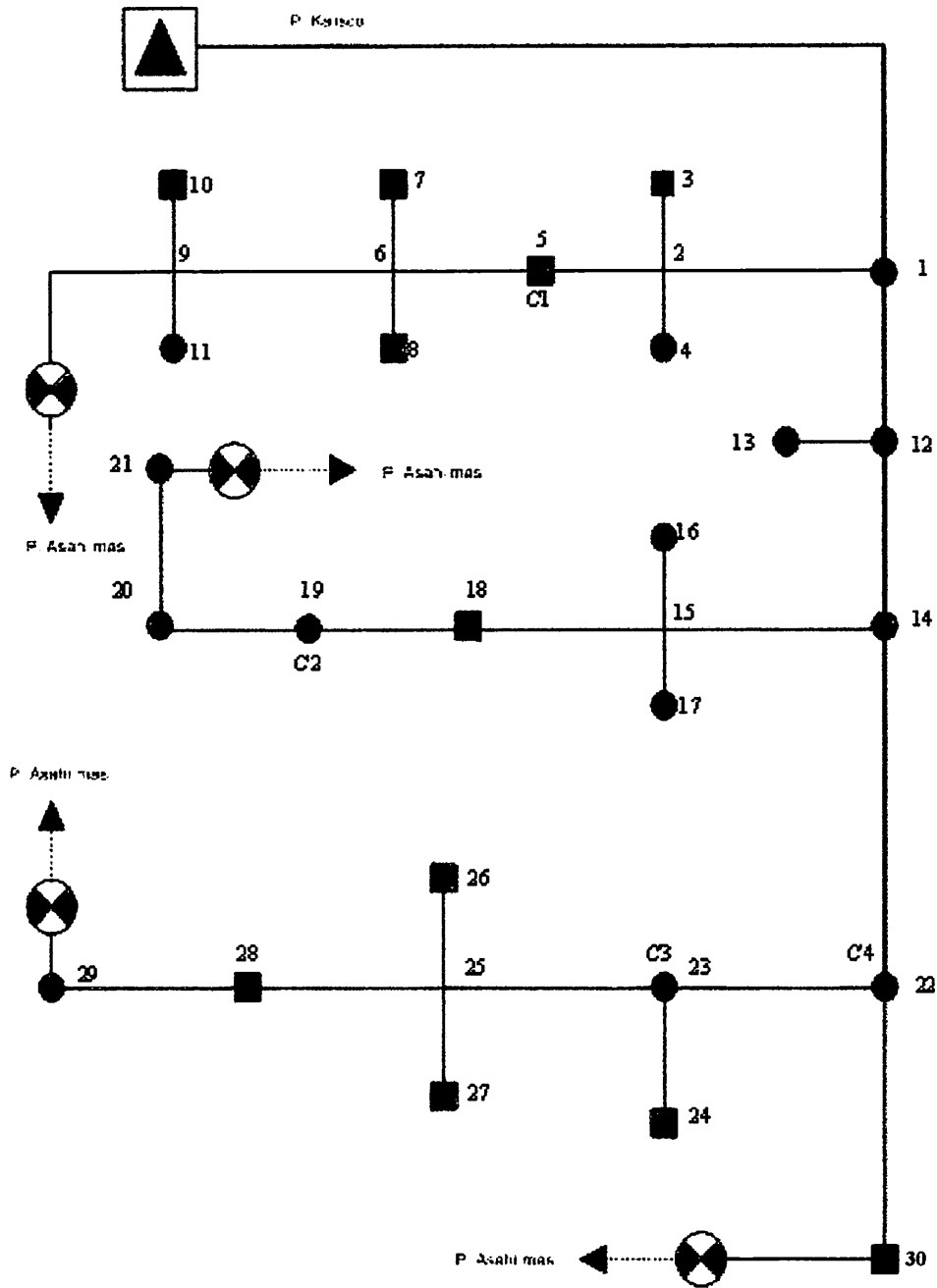
Analisis diawali dengan menampilkan *single line diagram* dari penyulang kalisko yang mewakili keadaan sistem sesungguhnya. *Single line diagram* dari penyulang kalisko dapat dilihat pada gambar 4-1. Pada penyulang kalisko ini terdapat data:

❖ Slack bus = 1

❖ Load bus = 30

❖ Jumlah saluran = 30

Saluran penyulang kalisko berbentuk sistem radial. Jaringan distribusi primer penyulang kalisko GI Rungkut menggunakan saluran kabel udara. Data saluran penyulang kalisko.



**Gambar 4-1** Diagram Segaris Jaringan Distribusi Penyulang Kalisko

**Tabel 4-1** Data saluran penyulang kalisko

BUS1	BUS2	ELEMEN	R(pu)	X(pu)
0	1	1	0.641	0.324
1	2	2	0.073	0.037
2	3	3	0.022	0.011
2	4	4	0.03	0.015
2	5	5	0.089	0.045
5	6	6	0.074	0.037
6	7	7	0.03	0.015
6	8	8	0.037	0.019
6	9	9	0.103	0.052
9	10	10	0.03	0.015
9	11	11	0.037	0.019
1	12	12	0.475	0.24
12	13	13	0.03	0.015
12	14	14	0.147	0.074
14	15	15	0.066	0.034
15	16	16	0.03	0.015
15	17	17	0.022	0.011
15	18	18	0.022	0.011
18	19	19	0.037	0.019
19	20	20	0.067	0.034
20	21	21	0.044	0.022
14	22	22	0.191	0.096
22	23	23	0.037	0.019
23	24	24	0.03	0.015
23	25	25	0.059	0.03
25	26	26	0.028	0.014
25	27	27	0.03	0.015
25	28	28	0.022	0.011
28	29	29	0.03	0.15
22	30	30	0.089	0.045

Sumber: PT. PLN (persero) Unit Bisnis Strategis P3B Jawa Bali

**Tabel 4-2** Data pembebanan daya penyulang kalisko

NO	Node	Trafo (KVA)	P (kW)	Q (kVar)	Type Bus
1	1	0	0	0	Slack
2	2	630	126	94,2	load
3	3	0	0	0	load
4	4	250	76,5	45,92	load
5	5	630	126	94,2	load
6	6	500	142,2	110,36	load
7	7	0	0	0	load
8	8	350	100,8	75,6	load
9	9	300	86,4	64,8	load
10	10	0	0	0	load
11	11	160	46,08	34,56	load
12	12	630	129,15	90,15	load
13	13	630	126,15	90,15	load
14	14	1000	200	150	load
15	15	0	0	0	load
16	16	0	0	0	load
17	17	400	75	66,14	load
18	18	1250	250	187,5	load
19	19	100	28,8	21,6	load
20	20	2500	518,75	348,6	load
21	21	1600	320	240	load
22	22	250	46,88	41,34	load
23	23	1250	250	187,5	load
24	24	1000	187,5	165,34	load
25	25	210	60,48	45,36	load
26	26	0	0	0	load
27	27	200	57,6	43,2	load
28	28	160	48,08	34,56	load
29	29	200	57,6	43,2	load
30	30	630	126	94,2	load
31	31	300	86,4	64,8	load

sumber: PT. PLN (persero) Unit Bisnis Strategis P3B Jawa Bali

**Tabel 4-3** Data Rating Kapasitor Bank

POSIS TAP	Ukuran Kvar Kapasitor Bank			
	C1	C2	C3	C4
1	100	200	75	75
2	150	300	150	125
3	200	400	225	175
4	250	500	300	225

#### 4.6. Analisa Proses

Perhitungan pengaturan tap kapasitor diawali dengan melakukan pengumpulan data-data. Kemudian melakukan *load flow* dengan menggunakan metode Newton Raphson. Adapun dalam proses ini hanya membutuhkan hasil perhitungan P,Q, dan  $|V|$  pada sumber yaitu pada GI. Data hasil tersebut, digunakan sebagai *input* pada ANN.

**Tabel 4-4** Tap Kapasitor Sebelum Pengaturan Tap Kapasitor

No	Kapasitor	Tap Posisi (kVar)
1	C1	300
2	C2	300
3	C3	150
4	C4	150

**Tabel 4-5** Hasil Perhitungan Aliran Daya Sebelum Kompensasi

Hasil Perhitungan Aliran Daya  
Dengan Metode Newton-Raphson

Jumlah Bus = 31

Jumlah Iterasi = 2

Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
	(pu)	rad	P (kW)	Q (kVar)	P (kW)	Q (kVar)
1	1.00000	0.00000	3309.108	1550.338	0.000	0.000
2	0.99344	-0.01130	0.000	0.000	126.000	94.200
3	0.99329	-0.01282	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.99329	-0.01279	0.000	0.000	76.500	45.920
5	0.99328	-0.01268	0.000	0.000	126.000	94.200
6	0.99317	-0.01514	0.000	300.000	142.200	110.360
7	0.99308	-0.01424	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.99307	-0.01413	0.000	0.000	100.800	75.600
9	0.99307	0.01413	0.000	0.000	86.400	64.800
10	0.99302	-0.01369	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.99301	-0.01364	0.000	0.000	46.080	34.560
12	0.99300	-0.01357	0.000	0.000	129.150	90.150
13	0.98976	-0.01203	0.000	0.000	129.150	90.150
14	0.98974	-0.01181	0.000	0.000	200.000	150.000
15	0.98880	-0.01376	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.98854	-0.01408	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.98853	-0.01395	0.000	0.000	75.000	66.140
18	0.98852	-0.01388	0.000	0.000	250.000	187.500
19	0.98848	-0.01442	0.000	0.000	28.800	21.600
20	0.98838	-0.01510	0.000	300.000	518.750	348.600
21	0.98829	-0.01416	0.000	0.000	320.000	240.000
22	0.98828	-0.01405	0.000	0.000	46.880	41.340
23	0.98828	-0.01546	0.000	150.000	250.000	187.500
24	0.98822	-0.01546	0.000	150.000	187.500	165.340
25	0.98821	-0.01540	0.000	0.000	60.480	45.360
26	0.98816	-0.01487	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.98815	-0.01481	0.000	0.000	57.600	43.200
28	0.98815	-0.01483	0.000	0.000	48.080	34.560
29	0.98814	-0.01473	0.000	0.000	57.600	43.200
30	0.98810	-0.01708	0.000	0.000	126.000	94.200
31	0.98825	-0.01519	0.000	0.000	86.400	64.800

**Tabel 4-6** Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Sebelum Kompensasi

Bus		Daya		Bus		Daya	
From	To	P (kW)	Q (kVar)	From	To	P (kW)	Q (kVar)
1	2	3309.108	1550.338	2	1	-3287.708	-1539.522
2	3	707.347	215.7	3	2	-707.245	-215.648
2	13	2454.362	1229.622	13	2	-2445.294	-1225.041
3	4	76.500	45.920	4	3	-76.500	-45.920
3	5	126.002	94.201	5	3	-126.000	-94.200
3	6	504.743	75.527	6	3	-504.684	-75.498
6	7	362.485	265.137	7	6	-362.447	-265.118
7	8	100.801	75.601	8	7	-100.800	-75.600
7	9	86.401	64.801	9	7	-86.400	-64.800
7	10	175.245	124.717	10	7	-175.233	-124.711
10	11	46.080	34.560	11	10	-46.080	-34.560
10	12	129.152	90.151	12	10	-129.150	-90.150
13	14	200.005	150.002	14	13	-200.000	-150.000
13	15	2116.140	984.889	15	13	-2114.096	-983.860
15	16	1239.931	605.437	16	15	-1239.61	-605.272
15	23	874.164	378.423	23	15	-873.721	-378.200
16	17	75.001	66.140	17	16	-75.000	-66.140
16	18	250.005	187.502	18	16	-250.000	-187.500
16	19	914.604	351.629	19	16	-914.550	-351.602
19	20	885.750	330.002	20	19	-885.666	-329.959
20	21	366.917	281.358	21	20	-366.880	-281.339
21	22	46.880	41.340	22	21	-46.880	-41.340
23	24	537.319	275.899	24	23	-537.285	-275.881
23	31	86.403	64.801	31	23	-86.400	-64.800
24	25	60.480	45.360	25	24	-60.480	-45.360
24	26	289.305	215.181	26	24	-289.285	-215.171
26	27	57.600	43.200	27	26	-57.600	-43.200
26	28	48.080	34.560	28	26	-48.080	-34.560
26	29	183.605	137.411	29	26	-183.602	-137.409
29	30	126.001	94.209	30	29	-125.999	-94.200



**Tabel 4-7** Hasil Perhitungan Rugi Antar Saluran Sebelum Kompensasi

Bus		Daya	
From	To	P (kW)	Q (kVar)
1	2	21.399	10.817
2	3	0.101	0.051
2	13	9.067	4.581
3	4	0.000	0.000
3	5	0.002	0.001
3	6	0.059	0.030
6	7	0.038	0.019
7	8	0.001	0.001
7	9	0.001	0.001
7	10	0.012	0.006
10	11	0.000	0.000
10	12	0.002	0.001
13	14	0.005	0.002
13	15	2.044	1.029
15	16	0.321	0.166
15	23	0.443	0.223
16	17	0.001	0.000
16	18	0.005	0.003
16	19	0.054	0.027
19	20	0.085	0.043
20	21	0.037	0.019
21	22	0.000	0.000
23	24	0.035	0.018
23	31	0.003	0.001
24	25	0.000	0.000
24	26	0.020	0.010
26	27	0.000	0.000
26	28	0.000	0.000
26	29	0.003	0.001
29	30	0.002	0.010

Sehingga dapat diperoleh jumlah hasil dari aliran daya sebagai berikut:

Jumlah Pembangkitan =  $3309.1076 + j2450.3381$  kVA

Jumlah Pembebanan =  $3275.37 + j2433.28$  kVA

Jumlah Rugi-Rugi =  $33.7376 + j17.0581$  kVA

Hasil ini diperoleh pada saat *prosentase* beban sebesar 100%. Maka diperoleh hasil tap kapasitor pada node 6, node 20, node 23 dan node 24. Hasil ini

menjadi referensi untuk ANN, karena sebagai nilai target pada proses training.

Hasil tap kapasitor tersebut dapat dilihat pada tabel 4-8.

**Tabel 4-8** Nilai Target Untuk Proses Training

jam	node 6	node 20	node 24	node 23
	t1	t2	t3	t4
0:00	2	2	2	2
2:00	2	2	2	2
4:00	2	2	2	2
6:00	2	2	2	2
8:00	4	4	4	4
10:00	4	4	4	4
12:00	3	3	3	3
14:00	4	4	4	4
16:00	4	4	4	4
17:00	4	4	4	4
18:00	2	2	2	2
19:00	3	3	3	3
20:00	3	3	3	3
21:00	3	3	3	3
22:00	3	3	3	3

Kemudian, proses ANN yaitu persamaan 3.16 sampai persamaan 3.28 untuk menjalankan training. Proses ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas dari program matlab 6.5.1. Akan tetapi untuk mendapatkan nilai pembelajaran yang *konvergen*, maka perlu dilakukan penyetingan pada parameter-parameter ANN. Setelah melalui percobaan-percobaan, maka pada ANN tahap pertama konfigurasi jaringannya terdiri dari :

- ❖ Input = 3 unit (P,Q, |V|)
- ❖ Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) = 25 unit
- ❖ Output = 62 unit
- ❖ Nilai konstanta laju pembelajaran (*learning rate*) = 0,23
- ❖ Faktor momentum = 0,3

- ❖ Nilai iterasi = 10000

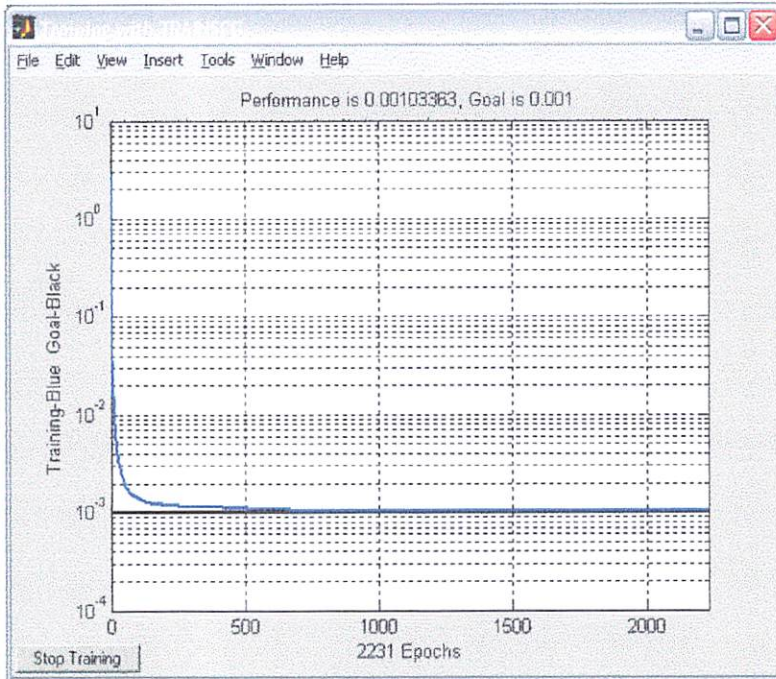
Kemudian, ANN tahap kedua konfigurasi jaringannya terdiri dari:

- ❖ Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) = 35 unit
- ❖ Output = 4 unit
- ❖ Nilai konstanta laju pembelajaran = 0,4
- ❖ Faktor momentum = 0,36
- ❖ Nilai iterasi = 10000

Keterangan :

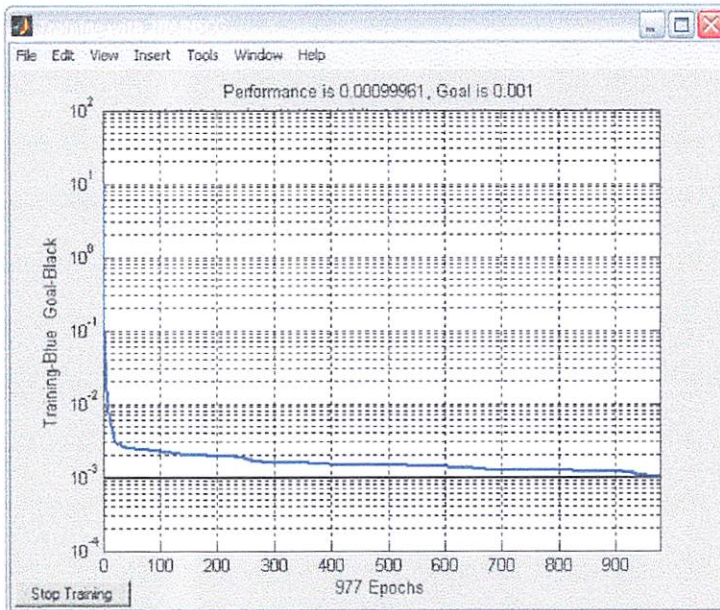
- Lapisan tersembunyi = lapisan yang terletak diantara *input* dan *output*. Yang bertujuan untuk merambatkan informasi dari *input* menuju ke *output*.
- Nilai konstanta laju pembelajaran = *learning rate*. Semakin besar nilainya akan berimplikasi pada semakin besarnya langkah pembelajaran. Jika *learning rate* diset terlalu besar, maka algoritma akan menjadi tidak stabil. Sebaliknya jika *learning rate* diset terlalu kecil, maka algoritma akan konvergen dalam jangka waktu yang sangat lama.
- Faktor momentum, yang bernilai antara 0 sampai 1

Sehingga, ketika program ini dijalankan maka akan tampak grafik MSE (*mean Square error*). Proses ini akan berhenti jika *epochs* (iterasi) telah mencapai batas maksimum atau jika pembelajaran telah mencapai titik goal yaitu 0,001. Tujuan dari ANN pertama adalah untuk peroleh nilai pada profil beban. Dan kemudian dilanjutkan dengan mencari tap kapasitor pada ANN yang kedua.



**Gambar 4-2** Hasil pelatihan ANN 1 sampai pada epoh 2231

Dari gambar 4-2 tampak bahwa dalam proses pelatihan tersebut, ANN telah sampai pada titik *konvergen* pada *epochs* 2231. Walaupun pada ANN tersebut telah diseting pada *epochs* (iterasi) 10000. Dan kemudian dilanjutkan dengan ANN yang kedua, maka diperoleh grafik tampilan pelatihan MSE sebagai berikut.



**Gambar 4-3** Hasil pelatihan ANN 2 sampai pada epoh 977

Dari gambar 4-3 tampak grafik proses pelatihan ANN 2. Tampak bahwa proses pelatihan telah sampai pada titik konvergen pada *epochs* 977. Walaupun *epochs* (iterasi) yang diseting pada nilai 10000. Kemudian akan diperoleh nilai *output* pada ANN 1 yang merupakan profil beban serta ANN 2 yang menampilkan tap kapasitor.

**Tabel 4-9** Nilai Hasil dari ANN

jam	node 6	node 20	node 24	node 23
	t1	t2	t3	t4
0:00	2	2	2	2
2:00	2	2	2	2
4:00	2	2	2	2
6:00	2	2	2	2
8:00	4	4	4	4
10:00	4	4	4	4
12:00	3	3	3	3
14:00	4	4	4	4
16:00	4	4	4	4
17:00	4	4	4	4
18:00	2	2	2	2
19:00	3	3	3	3
20:00	3	3	3	3
21:00	3	3	3	3
22:00	3	3	3	3

Kemudian dilanjutkan dengan menjalankan program untuk menghitung aliran aliran daya akhir

**Tabel 4-10** Hasil Perhitungan Aliran Daya Sesudah Kompensasi

Hasil Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson

Sesudah kompensasi pada beban 100%

Jumlah Bus = 31

Jumlah Iterasi = 2

Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
	(pu)	rad	P (kW)	Q (kVar)	P (kW)	Q (kVar)
1	1.00000	0.00000	3306.023	1173.779	0.000	0.000
2	0.99375	-0.04595	0.000	0.000	126.000	94.200
3	0.99360	-0.04693	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.99359	-0.04690	0.000	0.000	76.500	45.920
5	0.99358	-0.04679	0.000	0.000	126.000	94.200
6	0.99347	-0.04860	0.000	250.000	142.200	110.360
7	0.99338	-0.04770	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.99337	-0.04759	0.000	0.000	100.800	75.600
9	0.99337	-0.04759	0.000	0.000	86.400	64.800
10	0.99332	-0.04716	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.99331	-0.04711	0.000	0.000	46.080	34.560
12	0.99330	-0.04703	0.000	0.000	129.150	90.150
13	0.99034	-0.07605	0.000	0.000	129.150	90.150
14	0.99031	-0.07583	0.000	0.000	200.000	150.000
15	0.98945	-0.08691	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.98920	-0.08917	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.98920	-0.08904	0.000	0.000	75.000	66.140
18	0.98918	-0.08896	0.000	0.000	250.000	187.500
19	0.98915	-0.09015	0.000	0.000	28.800	21.600
20	0.98906	-0.09191	0.000	500.000	518.750	348.600
21	0.98897	-0.09098	0.000	0.000	320.000	240.000
22	0.98897	-0.09086	0.000	0.000	46.880	41.340
23	0.98899	-0.09491	0.000	300.000	250.000	187.500
24	0.98893	-0.09531	0.000	225.000	187.500	165.340
25	0.98892	-0.09525	0.000	0.000	60.480	45.360
26	0.98887	-0.09473	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.98886	-0.09467	0.000	0.000	57.600	43.200
28	0.98886	-0.09468	0.000	0.000	48.080	34.560
29	0.98885	-0.09458	0.000	0.000	57.600	43.200
30	0.98881	-0.09693	0.000	0.000	126.000	94.200
31	0.98896	-0.09463	0.000	0.000	86.400	64.800

Tabel 4-11 Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Sesudah Kompensasi

Bus		Daya		Bus		Daya	
From	To	P (kW)	Q (kVar)	From	To	P (kW)	Q (kVar)
1	2	3306.023	1173.779	2	1	-3286.300	-1163.810
2	3	707.353	265.703	3	2	-707.248	-265.649
2	13	2452.946	803.908	13	2	-2444.934	-799.86
3	4	76.500	45.920	4	3	-76.500	-45.920
3	5	126.002	94.201	5	3	-126.000	-94.200
3	6	504.745	125.528	6	3	-504.684	-125.498
6	7	362.485	265.137	7	6	-362.447	-265.118
7	8	100.801	75.601	8	7	-100.800	-75.600
7	9	86.401	64.801	9	7	-86.400	-64.800
7	10	175.245	124.717	10	7	-175.233	-124.711
10	11	46.080	34.560	11	10	-46.080	-34.560
10	12	129.152	90.151	12	10	-129.150	-90.150
13	14	200.005	150.002	14	13	-200.000	-150.000
13	15	2115.779	559.709	15	13	-2113.984	-558.805
15	16	1239.882	405.413	16	15	-1239.595	-405.265
15	23	874.102	153.392	23	15	-873.718	-153.199
16	17	75.001	66.14	17	16	-75.000	-66.140
16	18	250.005	187.502	18	16	-250.000	-187.500
16	19	914.59	151.623	19	16	-914.541	-151.598
19	20	885.741	129.998	20	19	-885.665	-129.960
20	21	366.917	281.358	21	20	-366.880	-281.340
21	22	46.880	41.340	22	21	-46.880	-41.340
23	24	537.316	200.897	24	23	-537.285	-200.881
23	31	86.403	64.801	31	23	-86.400	-64.800
24	25	60.480	45.360	25	24	-60.480	-45.360
24	26	289.305	215.181	26	24	-289.285	-215.171
26	27	57.600	43.200	27	26	-57.600	-43.200
26	28	48.080	34.560	28	26	-48.080	-34.560
26	29	183.605	137.411	29	26	-183.602	-137.409
29	30	126.001	94.209	30	29	-125.999	-94.200

**Tabel 4-12** Hasil Perhitungan Rugi Antar Saluran Sesudah Kompensasi

Bus		Daya	
From	To	P (kW)	Q (kVar)
1	2	19.723	9.969
2	3	0.106	0.053
2	13	8.012	4.048
3	4	0.000	0.000
3	5	0.002	0.001
3	6	0.016	0.031
6	7	0.038	0.019
7	8	0.001	0.001
7	9	0.001	0.001
7	10	0.012	0.006
10	11	0.000	0.000
10	12	0.002	0.001
13	14	0.005	0.002
13	15	1.795	0.903
15	16	0.287	0.148
15	23	0.384	0.193
16	17	0.001	0.000
16	18	0.005	0.003
16	19	0.048	0.024
19	20	0.076	0.039
20	21	0.037	0.019
21	22	0.000	0.000
23	24	0.031	0.016
23	31	0.003	0.001
24	25	0.000	0.000
24	26	0.020	0.010
26	27	0.000	0.000
26	28	0.000	0.000
26	29	0.003	0.001
29	30	0.002	0.009

Sehingga dapat diperoleh data jumlah hasil dari aliran daya sebagai berikut:

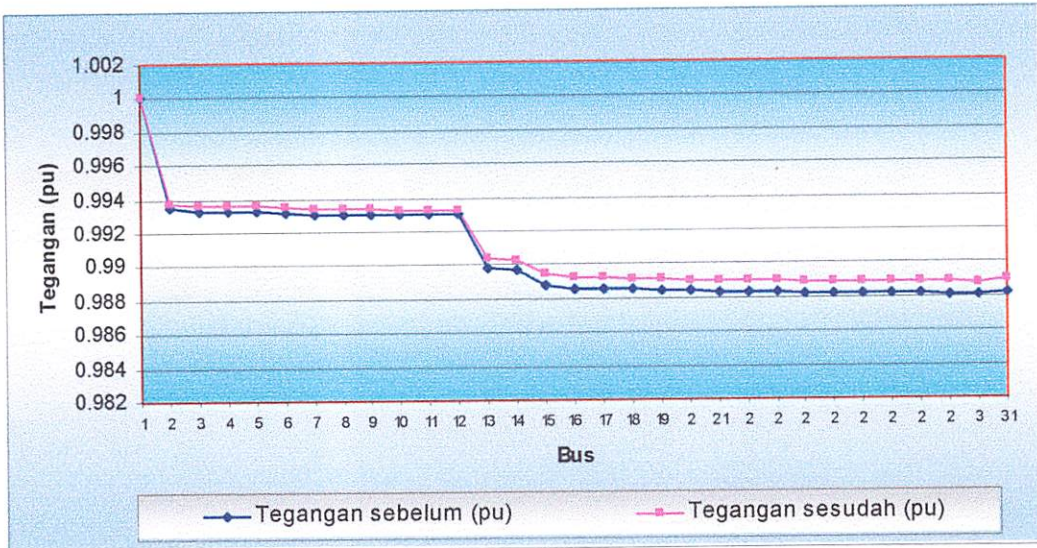
Jumlah Pembangkitan =  $3306.0227 + j2448.7794$  kVA

Jumlah Pembebanan =  $3275.37 + j2433.28$  kVA

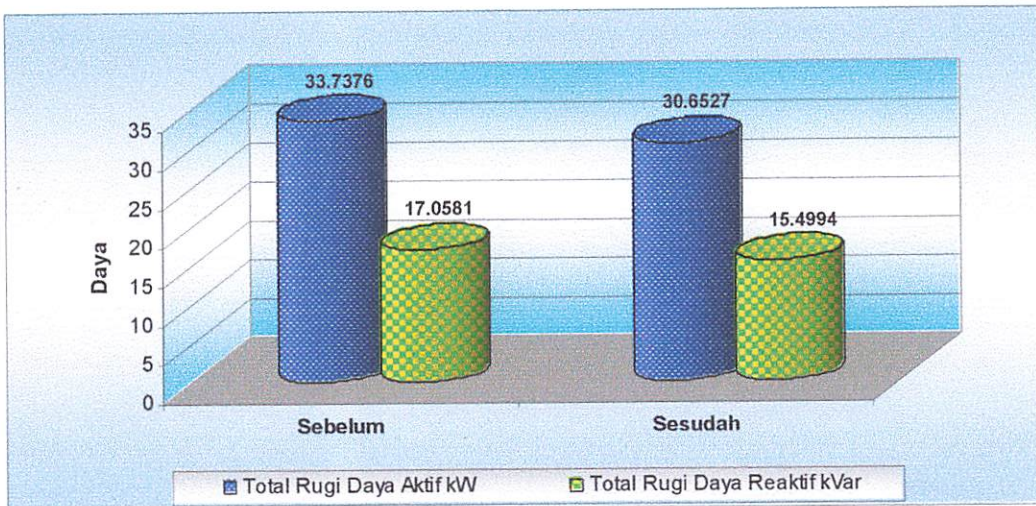
Jumlah Rugi-Rugi =  $30.6527 + j15.4994$  kVA



**Grafik 4-1** Tegangan Tiap-Tiap Node Terhadap Asumsi Tegangan Awal Sebelum dan Sesudah Kompensasi



**Grafik 4-2** Perbandingan Total Rugi-Rugi Sebelum dan Sesudah Kompensasi



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan analisa mengenai pengaturan daya reaktif pada jaringan distribusi radial dengan menggunakan metode ANN (*Artificial Neural Network*), maka dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil analisis, terbukti bahwa metode ANN (*Artificial Neural Network*) dapat digunakan untuk mengatur daya reaktif dengan mengatur variabel tap kapasitor pada jaringan distribusi radial 20 kV..
2. Dari hasil perhitungan loadflow sebelum kompensasi dengan metode Newton raphson, tegangan yang terendah terdapat pada bus 30 pada saat beban 100% sebesar **0,98810 pu** atau **19,762 kV** dan sesudah kompensasi dengan mengatur tap kapasitor terjadi peningkatan profil tegangan pada bus 30 pada saat beban 100% sebesar **0,98881 pu** atau **19,7762 kV**.
3. Besarnya jumlah rugi-rugi daya awal pada saat beban 100% sebesar **33,7376+ j17,0581 kVA** dan besarnya jumlah rugi-rugi daya akhir pada saat beban 100% sebesar **30,6527+j15,4994 kVA**, sehingga mengalami penurunan jumlah rugi-rugi daya sebesar **3,0849+j1,5587 kVA**.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.S. Pabla, "*Sistem Distribusi Daya Listrik*", Erlangga, Jakarta 1986
- [2] Djiteng Marsudi Ir., "*Operasi Sistem Tenaga Listrik*", Balai Penerbit dan Humas ISTN, Jakarta 1990.
- [3] Hasan Basri, "*Sistem Distribusi*". Balai Penerbit dan Humas ISTN, Bumi Srengseng Indah Pasar Minggu, Jakarta Selatan, 1996
- [4] N. Iwan Santoso, Owen T.Tan ,"*Neural-net Based Real Time Control Of Capacitor Intalled on Distribustion System,*" IEEE Trans On Power Delivery, Vol 5 No 1 IEEE January 1990.
- [5] Sri kusuma Dewi , *Artificial Intelligence* (Teknik Aplikasinya) Graha Ilmu, Yogyakarta 2003.
- [6] Turan Gonen,"*Electric Power Distributin System Engineering,*"Mc Graw Hill, 1986
- [7] William D. Stevenson, Jr,1996, "*Analisa Sistem Tenaga Listrik*", Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

*Lampiran*



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 : **RUSLAN NURHADI**  
N.I.M. : **99.12.174**  
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**  
Judul Skripsi : **PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN  
METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*.**

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

Hari : **Kamis**  
Tanggal : **31 Maret 2005**  
Dengan Nilai : **72.80 (B)**

Panitia Ujian



( Ir. Mochtar Asroni, MSME )

Ketua



( Ir. F. Yudi Limprantono, MT. )

Sekretaris

Anggota Penguji



( Ir. Choirul Saleh, MT. )

Penguji Pertama



( Ir. Teguh Herbasuki, MT. )

Penguji Kedua



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

---

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : **RUSLAN NURHADI**
2. NIM : **99.12.174**
3. Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
4. Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**
5. Judul Skripsi : **PENGATURAN TAP KAPASITOR  
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20  
kV MENGGUNAKAN METODE  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : **10 Desember 2005**
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : **31 Maret 2005**
8. Dosen Pembimbing : **Ir.Eko Nurcahyo.**
10. Telah dievaluasi dengan nilai : **80,00 (Delapan Puluh Koma Nol Nol) *80***

Malang, 24 Maret 2005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.  
NIP. Y. 1039500274

Disetujui,  
Dosen Pembimbing

Ir. Eko Nurcahyo.  
NIP. 102 8700172



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

## FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : RUSLAN NURHADI  
NIM : 99.12.174  
Masa Bimbingan : 10 Desember 2004 – 10 Juni 2005  
Judul Skripsi : PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV MENGGUNAKAN  
METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	31-03-2005	Pembahasan harap ditambahkan segitiga daya	
2.	31-03-2005	Program harap divalidasi karena banyak angka-angka hasil program yang kurang valid	

Disetujui

( Ir. Choirul Saleh, MT. )  
Penguji Pertama

( Ir. Teguh Herbasuki, MT. )  
Penguji Kedua

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing

( Ir. Eko Nurcahyo. )  
NIP. 102 8700172



**LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika \*\*

1	Nama Mahasiswa : RUSLAN FUHRADI	Nim : 99. 12. 174
2	Waktu pengajuan	Tanggal : Bulan : Tahun :
3	Spesifikasi judul ( berilah tanda silang )	
	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi <input type="checkbox"/> h. lainnya .....
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) :  Ir. Eko Nurcahyo.....	Ketua Jurusan.   Ir. I Made Wartana, MT Nip: 131 991 182
5	Judul yang diajukan mahasiswa :	PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK .....
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	..... ..... .....
7	Catatan : ..... ..... .....	Disetujui, Dosen , 200.....   Eko N
	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	

**Perhatian :**

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan : \*) coret yang tidak perlu  
\*\*) dilingkari a, b, c, ..... atau g. sesuai bidang keahlian





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Malang,

Lampiran : satu lembar  
Perihal : Kesediaan Sebagai Dosen  
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. I MADE WARTANA, MT  
Dosen Jurusan Elektro/T. Energi Listrik  
Institut Teknologi Nasional Malang  
di-  
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : RUSLAN NURHADI  
Nim : 99 12 174  
Semester : XI  
Jurusan : T. Elektro Energi Listrik (S1)  
Program Studi : Teknik Industri

Dengan ini mengajukan permohonan kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi dosen pembimbing Utama/Pendamping \*), untuk penyusunan Skripsi dengan judul:

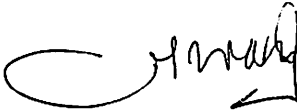
PENGATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI  
PRIMER 20 KV MENGGUNAKAN METODE  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK.

Seperti proposal terlampir.

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro.

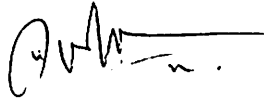
Demikian permohonan kami. atas kesediaan Bapak Ibu kami ucapkan terimakasih.

Mengetahui,  
Ketua Jurusan  
Teknik Elektro

  
Ir. I Made Wartana, MT  
Nip. 131 91 182

Malang,

Pemohon,

  
RUSLAN NURHADI  
Nim : 99 12 174

Form S-3a

**PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI**

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : RUSLAN NURHADI

Nim : 99.12.174

Semester : XI

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Energi Listrik

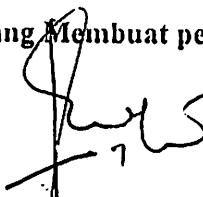
Dengan ini Menyatakan bersedia / tidak bersedia \*) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

PENCATURAN TAP KAPASITOR JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV  
MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK.

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang,

Kami yang Membuat pernyataan,

  
\_\_\_\_\_

NIP. 1025700172

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini  
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan  
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.

\*) Coret yang tidak perlu



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

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

NI (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 Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 13 Des. 2004

Nomor : ITN-1040/I.SKP /2/'04  
Lampiran : satu lembar  
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. EKO NURCAHYO**  
Dosen Institut Teknologi Nasional  
di –  
Malang

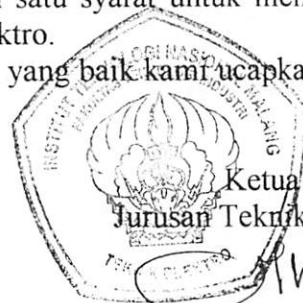
Dengan Hormat,  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama : RUSLAN NURHADI  
Nim : 9912174  
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:

10 Des. 2004 s/d 10 Juni 2005

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



Ketua  
Jurusan Teknik Elektro

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

Tindakan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : RUSLAN NURHADI  
Nim : 9912174  
Masa Bimbingan : 10 Desember 2004 s/d 10 Juni 2005  
Judul Skripsi : Pengaturan Tap Kapasitor Jaringan Distribusi Primer 20 kV Menggunakan Metode *Artificial Neural Network*

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	2-02-2005	▪ <i>Revisi BAB I, II, III</i>	
2.	5-02-2005	▪ <i>ACC BAB I, II, III</i>	
3.	14-02-2005	▪ <i>Revisi BAB IV, V</i>	
4.	16-02-2005	▪ <i>ACC BAB IV, V</i>	
5.	23-02-2005	▪ <i>Buat makalah seminar hasil</i>	
6.	28-02-2005	▪ <i>Revisi makalah seminar hasil</i>	
7.	5-03-2005	▪ <i>ACC daftar seminar hasil</i>	
8.	19-03-2005	▪ <i>Perbaiki tata tulis</i>	
9.	21-03-2005	▪ <i>ACC untuk daftar ujian skripsi</i>	
10.			

Malang, 2005  
Dosen Pembimbing,

Ir. Eko Nurcahyo

Form.S-4b

PT PLN (PERSERO)

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 : 4119 SBS  
Bank : Bank Mandiri

Nomor : 038 / 334/ RJTB/ 2005.  
Surat Sdr. No. : ITN-813/III.TA/2/2005.  
Lampiran : 1 (satu) lampiran.  
Perihal : Ijin Survey/ Pengambilan Data.

15 FEB 2005

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik.  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Di  
M A L A N G

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-813/III.TA/2/2005 tanggal 24 Januari 2005 perihal : Survey/ Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

- RUSLAN NURHADI NIM : 99.12.174.

Untuk melakukan Praktek Kerja pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali UPT Surabaya Gardu Induk Rungkut, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermeterai 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.

a.n. MANAGER  
PH MANAGER BIDANG ENJINIRING,



Tembusan Yth. :

1. MSDM PLN P3B.
2. Sdr. Ruslan Nurhadi.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : RUSLAN MURHADI  
Pria/ Wanita : PRIA  
Tempat / Tanggal lahir : JAKARTA / 20 JULI 1981  
Alamat / no telepon : Jl. TERUSAN SIGURA - GURA C-334  
MALANG / 501473  
Pekerjaan : MAHASISWA

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  
  
H. ZAENAL ARIFIN

Surabaya, 02-02-2005

Yang taan

  
METERAI TEMPEL  
Tgl 20  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
RUSLAN MURHADI



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  
K 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-105/III.TA/2/2004  
lampiran : -  
 perihal : SURVEY / Permintaan Data

Malang, 30 September 2004

di pada : Yth. Bapak PIMPINAN  
PT. PLN P3B  
JL. Suningrat No. 45 Taman  
di -  
Sidoarjo

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

**PENGATURAN TAP KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

Mahasiswa tersebut adalah :

1. RUSLAN NURHADI

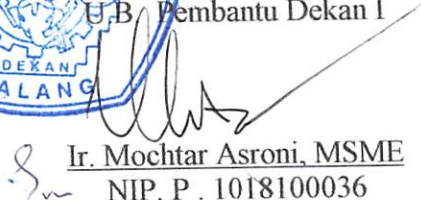
Nim. 99 12 174

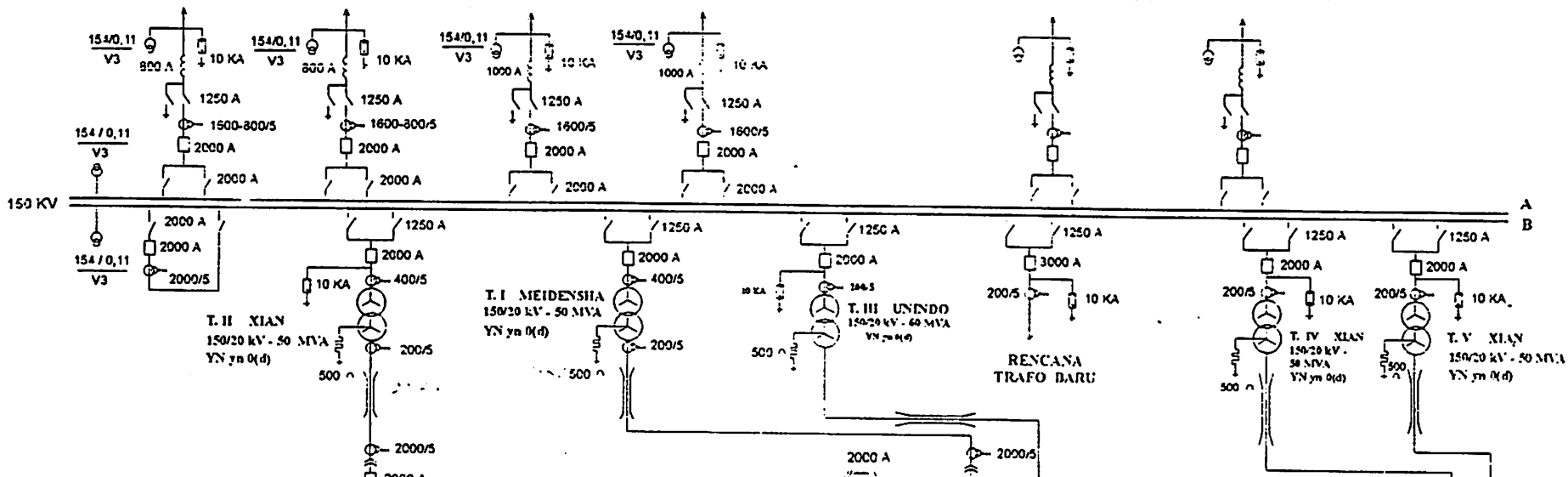
Adapun lama survey 1 (Satu) Bulan

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



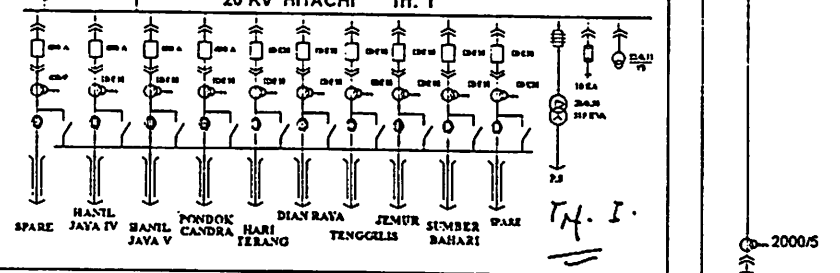
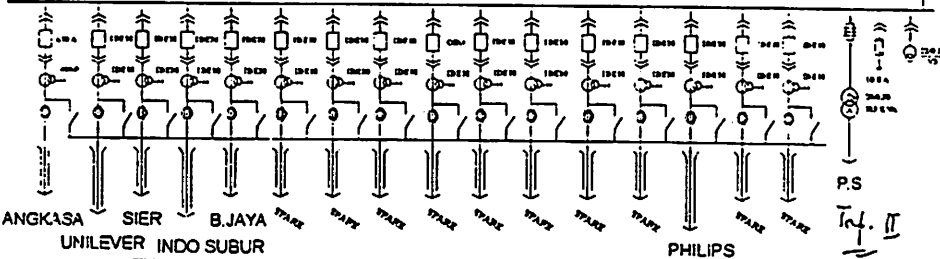
DEKAN  
Fakultas Teknologi Industri,  
U.B. Pembantu Dekan I

  
Ir. Mochtar Asroni, MSME  
NIP. P. 1018100036



20 KV MEIDENSHA Trf. II

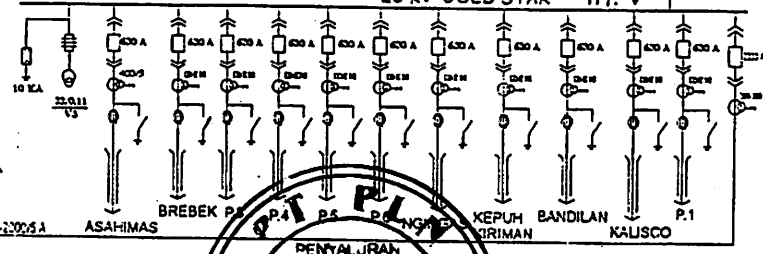
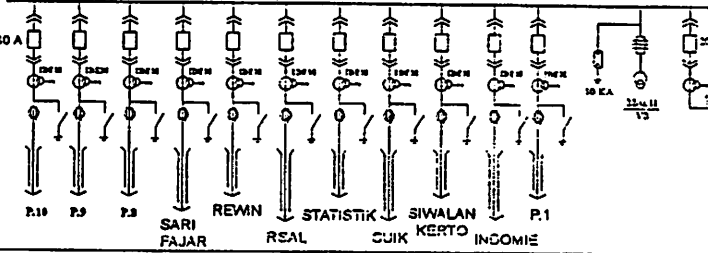
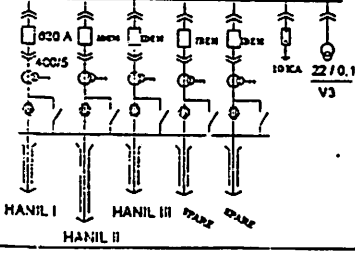
20 KV HITACHI Trf. I



20 KV GOLD STAR Trf. V

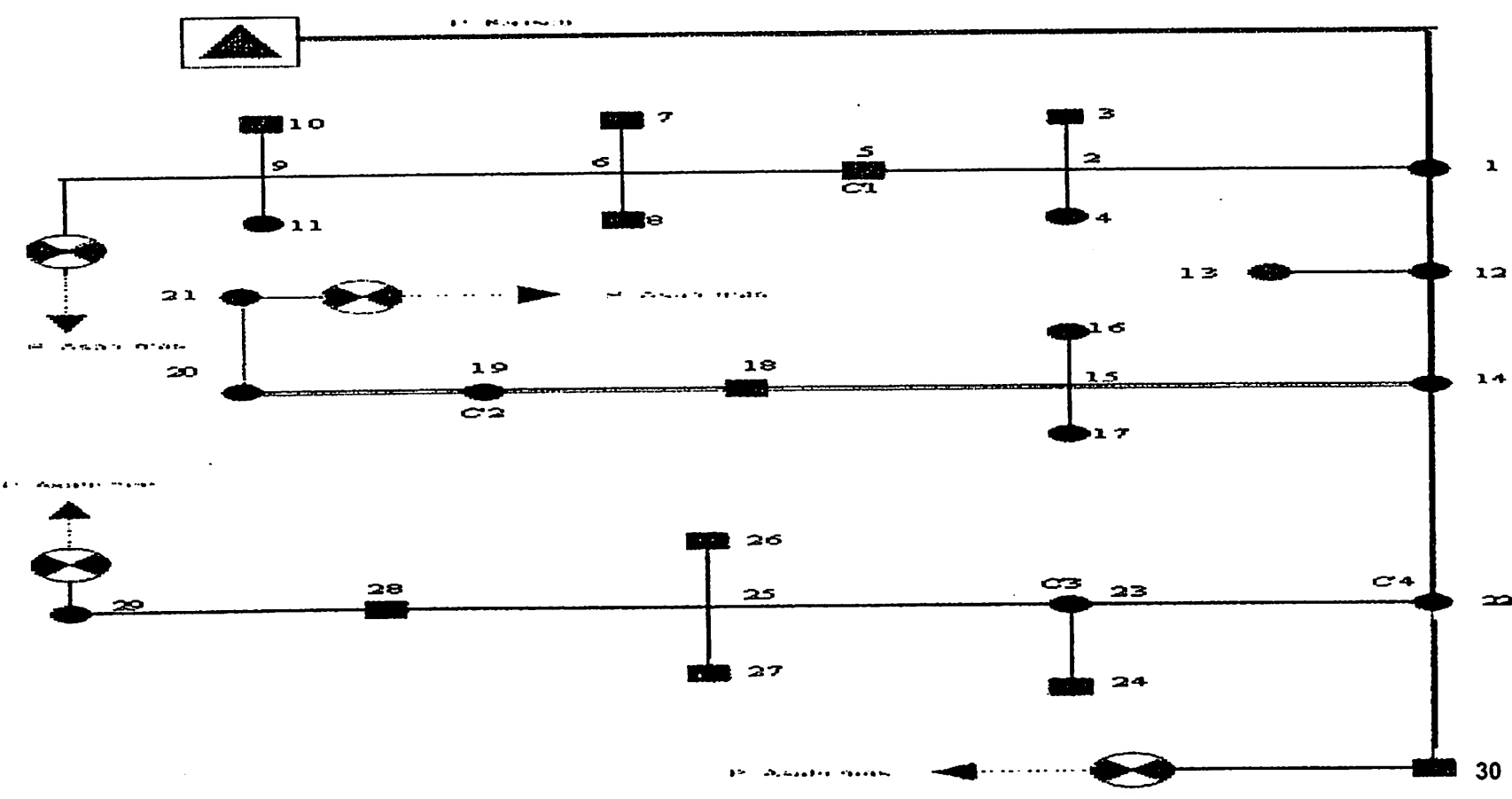
20 KV M G Trf. III

20 KV GOLD STAR Trf. IV



**PT PLN**  
 PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN  
 JAWA BALI  
 REGION JAWA TIMUR / BUS / SPARE & BALI  
 PT PLN (PERSERO) PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI SEKTOR SURABAYA  
 SI. RUNGKUT  
 JANUARI 2001  
 22/105





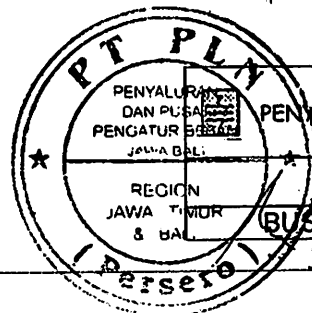
Ket:

⊗ = LBS

■ = Beban perumahan dan komersil

● = Beban industri

Bus	Kapasitor	Tap posisi (Kvar)
5.	C1	300
19.	C2	300
23.	C3	150
22	C4	150



PT PLN (PERSERO)  
 PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI  
 SEKTOR SURABAYA  
 GI. RUNGKUT  
 BUS / SPO  
 JANUARI 2001

22/03/01

am Ruslan Nurhadi untuk Skripsi  
< Elektro/Energi Listrik(S-1) Institut Teknologi Nasional Malang

```
ace=ddeinit('excel','Data.xls');
ddereq(interface,'r3c3:r92c67');
ddereq(interface,'r188c3:r202c5');
3305.69;
569.61;
1113.76;
36.32;
0.99912;
0.99380;
518.75;
0.00;
348.60;
0.00;
n(:,1);
length(x);
n(1,:);
2;
l(:,1);
length(x);
l(1,:);
length(x);
zeros(rowT,colR);
zeros(rowT,62);
zeros(rowR,colR);
1:rowT
Inp(i,1)=NilaiToNN(train(i,1),PsMin,PsMax);
Inp(i,2)=NilaiToNN(train(i,2),QsMin,QsMax);
Inp(i,3)=NilaiToNN(train(i,3),VsMin,VsMax);
r j=4:34
    nnOut(i,j-3)=NilaiToNN(train(i,j),PLMin,PLMax);
d
r j=35:65
    nnOut(i,j-3)=NilaiToNN(train(i,j),QLMin,QLMax);
d
1:rowR
Ram(i,1)=NilaiToNN(ramal(i,1),PsMin,PsMax);
Ram(i,2)=NilaiToNN(ramal(i,2),QsMin,QsMax);
Ram(i,3)=NilaiToNN(ramal(i,3),VsMin,VsMax);

nnInp';
nnOut';
nnRam';
ewff(minmax(nnInp),[25 62],{'logsig','purelin'},'trainscg');
rainParam.epochs=10000;
rainParam.goal=0.001;
rainParam.lr=0.23;
trainParam.lr_inc=1.1;
trainParam.lr_dec=0.2;
trainParam.mc=0.3;
tr]=train(net1,nnInp,nnOut);
epoch(end)
erf(end)
at bobot input, lapisan dan bias
Input=net1.IW{1,1}
Bias_Input=net1.b{1,1}
Layer=net1.LW{2,1}
```

```
Bias_Layer=net1.b{2,1}
net1,nnInp);

1:rowT
r j=1:31
    a(i,j)=NNTToNilai(a(i,j),PLMin,PLMax);
d
r j=32:62
    a(i,j)=NNTToNilai(a(i,j),QLMin,QLMax);
d

os(rowT,1);
1:rowT
(i)=i;

t=train(:,14);
ta,target,'b-',ta,a,'r-');
l('input');
l('Target dan Output');
d('target','training');

lepoke(interface,'r3c69:r92c130',a);
net1,nnRam);

1:rowR
or j=1:31
    a(i,j)=NNTToNilai(a(i,j),PLMin,PLMax);
d
or j=32:62
    a(i,j)=NNTToNilai(a(i,j),QLMin,QLMax);
d

lepoke(interface,'r188c6:r202c67',a);
=====
ing ANN 2
=====
face=ddeinit('excel','Data.xls');
ddereq(interface,'r95c3:r184c68');
ddereq(interface,'r205c3:r219c64');
=518.75;
=0.00;
=348.60;
=0.00;
in(:,1);
length(x);
in(1,:);
length(x);
al(:,1);
length(x);
al(1,:);
length(x);
=zeros(rowT,colR);
=zeros(rowT,4);
=zeros(rowR,colR);
=1:rowT
or j=1:31
    nnInp(i,j)=NilaiToNN(train(i,j),PLMin,PLMax);
d
or j=32:62
    nnInp(i,j)=NilaiToNN(train(i,j),QLMin,QLMax);
d
```

```
for j=63:66
    nnOut(i,j-62)=NilaiToNN(train(i,j),1,4);
end

nnInp';
nnOut';
nnRam';
newff(minmax(nnInp),[35 4],{'logsig','purelin'},'trainscg');
trainParam.epochs=10000;
trainParam.goal=0.001;
trainParam.lr=0.4;
trainParam.lr_inc=1.1;
trainParam.lr_dec=0.2;
trainParam.mc=0.36;
[tr]=train(net2,nnInp,nnOut);
epoch(end)
perf(end)
%at bobot input, lapisan dan bias
Input=net2.IW{1,1}
Bias_Input=net2.b{1,1}
Layer=net1.LW{2,1}
Bias_Layer=net2.b{2,1}
net2,nnInp);

for rowT=1:rowT
    for j=1:4
        a(i,j)=NNToNilai(a(i,j),1,4);
    end

    pos(rowT,1);
    for rowT=1:rowT
        (i)=i;

        t=train(:,14);
        ta,target,'b-',ta,a,'r-');
        plot('input');
        plot('Target dan Output');
        hold('target','training');

lepoke(interface,'r95c70:r184c73',a);
net2,nnRam);

for rowR=1:rowR
    for j=1:4
        a(i,j)=NNToNilai(a(i,j),1,4);
    end

lepoke(interface,'r205c65:r219c68',a);
```

Hasil Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson  
 Sesudah kompensasi pada prosentase beban 97%

n Bus = 31  
 n Iterasi = 2  
 Iterasi = 0.047 detik

Tegangan (pu)		Pembangkitan kw kvar		Pembebanan kw kvar	
1.00000	0.00000	3196.196	1094.157	0.000	0.000
0.99399	-0.04816	0.000	0.000	121.935	91.161
0.99384	-0.04920	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99384	-0.04917	0.000	0.000	74.032	44.439
0.99383	-0.04907	0.000	0.000	121.935	91.161
0.99372	-0.05092	0.000	250.000	137.613	106.800
0.99363	-0.05005	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99362	-0.04994	0.000	0.000	97.548	73.161
0.99362	-0.04994	0.000	0.000	83.613	62.710
0.99357	-0.04953	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99357	-0.04948	0.000	0.000	44.594	33.445
0.99356	-0.04940	0.000	0.000	124.984	87.242
0.99071	-0.07950	0.000	0.000	124.984	87.242
0.99069	-0.07928	0.000	0.000	193.548	145.161
0.98986	-0.09069	0.000	0.000	0.000	0.000
0.98962	-0.09302	0.000	0.000	0.000	0.000
0.98962	-0.09290	0.000	0.000	72.581	64.006
0.98961	-0.09283	0.000	0.000	241.935	181.452
0.98957	-0.09402	0.000	0.000	27.871	20.903
0.98949	-0.09581	0.000	500.000	502.016	337.355
0.98940	-0.09491	0.000	0.000	309.677	232.258
0.98939	-0.09480	0.000	0.000	45.368	40.006
0.98942	-0.09886	0.000	225.000	241.935	181.452
0.98936	-0.09970	0.000	300.000	181.452	160.006
0.98936	-0.09963	0.000	0.000	58.529	43.897
0.98931	-0.09912	0.000	0.000	0.000	0.000
0.98930	-0.09906	0.000	0.000	55.742	41.806
0.98930	-0.09907	0.000	0.000	44.594	33.445
0.98929	-0.09898	0.000	0.000	55.742	41.806
0.98925	-0.10125	0.000	0.000	121.935	91.161
0.98939	-0.09860	0.000	0.000	83.613	62.710

n Daya Antar Saluran

Bus m to	Daya		Bus		Daya	
	kw	kvar	from	to	kw	kvar
2	3196.196	1094.157	2	1	-3177.907	-1084.913
3	684.527	249.063	3	2	-684.429	-249.014
13	2371.444	744.689	13	2	-2364.018	-740.937
4	74.033	44.439	4	3	-74.032	-44.439
5	121.937	91.162	5	3	-121.935	-91.161
6	488.459	113.413	6	3	-488.403	-113.384

7	350.790	256.584	7	6	-350.755	-256.566
8	97.549	73.162	8	7	-97.548	-73.161
9	83.614	62.710	9	7	-83.613	-62.710
10	169.591	120.694	10	7	-169.580	-120.688
11	44.594	33.445	11	10	-44.594	-33.445
12	124.986	87.243	12	10	-124.984	-87.242
14	193.553	145.163	14	13	-193.548	-145.161
15	2045.482	508.532	15	13	-2043.818	-507.695
16	1199.869	376.197	16	15	-1199.603	-376.060
23	843.949	131.498	23	15	-843.593	-131.319
17	72.581	64.007	17	16	-72.581	-64.006
18	241.940	181.454	18	16	-241.935	-181.451
19	885.081	130.600	19	16	-885.036	-130.577
20	857.165	109.674	20	19	-857.095	-109.638
21	355.080	272.282	21	20	-355.045	-272.264
22	45.368	40.007	22	21	-45.368	-40.006
24	518.043	112.157	24	23	-518.016	-112.143
31	83.615	62.711	31	23	-83.613	-62.710
25	58.529	43.897	25	24	-58.529	-43.897
26	278.036	208.239	26	24	-278.018	-208.229
27	55.742	41.807	27	26	-55.742	-41.806
28	44.594	33.445	28	26	-44.594	-33.445
29	177.682	132.978	29	26	-177.679	-132.976
30	121.937	91.170	30	29	-121.935	-91.161

Daya Antar Saluran

s	Daya	
	to kw	kvar
2	18.289	9.244
3	0.098	0.050
13	7.426	3.752
4	0.000	0.000
5	0.002	0.001
6	0.057	0.029
7	0.035	0.018
8	0.001	0.001
9	0.001	0.001
10	0.011	0.006
11	0.000	0.000
12	0.002	0.001
14	0.004	0.002
15	1.663	0.837
16	0.266	0.137
23	0.356	0.179
17	0.001	0.000
18	0.005	0.003
19	0.045	0.022
20	0.071	0.036
21	0.034	0.017
22	0.000	0.000
24	0.027	0.014
31	0.002	0.001
25	0.000	0.000
26	0.018	0.009

27	0.000	0.000
28	0.000	0.000
29	0.003	0.001
30	0.002	0.009

---

Pembangkitan = 3196.1961+2369.1571i kVA  
Pembebanan = 3167.7777+2354.7873i kVA  
Rugi-Rugi = 28.4185+14.3698i kVA  
Iterasi = 2  
iterasi = 0.047 detik

Hasil Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson  
 Sesudah kompensasi pada prosentase beban 87%

Bus = 31  
 Iterasi = 2  
 Iterasi = 0.063 detik

Tegangan (pu)		Pembangkitan		Pembebanan	
		kw	kvar	kw	kvar
1.00000	0.00000	2873.392	855.630	0.000	0.000
0.99470	-0.05508	0.000	0.000	109.742	82.045
0.99457	-0.05628	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99457	-0.05626	0.000	0.000	66.629	39.994
0.99456	-0.05616	0.000	0.000	109.742	82.045
0.99446	-0.05815	0.000	250.000	123.852	96.120
0.99438	-0.05737	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99437	-0.05727	0.000	0.000	87.794	65.845
0.99437	-0.05727	0.000	0.000	75.252	56.439
0.99433	-0.05690	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99433	-0.05685	0.000	0.000	40.134	30.101
0.99432	-0.05679	0.000	0.000	112.485	78.518
0.99181	-0.09030	0.000	0.000	112.485	78.518
0.99180	-0.09011	0.000	0.000	174.194	130.645
0.99107	-0.10255	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99086	-0.10512	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99085	-0.10501	0.000	0.000	65.323	57.606
0.99084	-0.10495	0.000	0.000	217.742	163.307
0.99082	-0.10618	0.000	0.000	25.084	18.813
0.99074	-0.10806	0.000	500.000	451.815	303.619
0.99067	-0.10725	0.000	0.000	278.710	209.032
0.99066	-0.10715	0.000	0.000	40.831	36.006
0.99068	-0.11135	0.000	225.000	217.742	163.307
0.99064	-0.11226	0.000	300.000	163.307	144.006
0.99063	-0.11220	0.000	0.000	52.676	39.507
0.99059	-0.11174	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99058	-0.11169	0.000	0.000	50.168	37.626
0.99058	-0.11170	0.000	0.000	40.134	30.101
0.99057	-0.11161	0.000	0.000	50.168	37.626
0.99053	-0.11366	0.000	0.000	109.742	82.045
0.99066	-0.11111	0.000	0.000	75.252	56.439

Daya Antar Saluran

Bus m	Daya		Bus		Daya	
	to	kw	from	to	kw	kvar
2		2873.392	2	1	-2858.988	-848.350
3		616.053	3	2	-615.975	-199.106
13		2133.193	13	2	-2127.345	-564.205
4		66.629	4	3	-66.629	-39.994
5		109.743	5	3	-109.742	-82.045
6		439.603	6	3	-439.558	-77.043



7	315.706	230.923	7	6	-315.678	-230.909
8	87.794	65.846	8	7	-87.794	-65.845
9	75.252	56.439	9	7	-75.252	-56.439
10	152.631	108.624	10	7	-152.622	-108.619
11	40.134	30.101	11	10	-40.134	-30.101
12	112.487	78.519	12	10	-112.485	-78.518
14	174.197	130.647	14	13	-174.194	-130.645
15	1840.662	355.041	15	13	-1839.349	-354.380
16	1079.838	288.554	16	15	-1079.628	-288.446
23	759.512	65.826	23	15	-759.229	-65.684
17	65.323	57.606	17	16	-65.323	-57.606
18	217.746	163.308	18	16	-217.742	-163.306
19	796.559	67.532	19	16	-796.523	-67.514
20	771.439	48.701	20	19	-771.383	-48.672
21	319.569	245.052	21	20	-319.541	-245.038
22	40.831	36.006	22	21	-40.831	-36.006
24	466.234	70.938	24	23	-466.213	-70.927
31	75.254	56.440	31	23	-75.252	-56.439
25	52.676	39.507	25	24	-52.676	-39.507
26	250.230	187.413	26	24	-250.216	-187.406
27	50.168	37.626	27	26	-50.168	-37.626
28	40.134	30.101	28	26	-40.134	-30.101
29	159.913	119.679	29	26	-159.911	-119.678
30	109.743	82.052	30	29	-109.742	-82.045

Daya Antar Saluran

Bus	Daya	
	to kw	kvar
2	14.404	7.281
3	0.077	0.039
13	5.848	2.955
4	0.000	0.000
5	0.001	0.001
6	0.045	0.023
7	0.029	0.014
8	0.001	0.000
9	0.001	0.000
10	0.009	0.005
11	0.000	0.000
12	0.002	0.001
14	0.004	0.002
15	1.313	0.661
16	0.210	0.108
23	0.283	0.142
17	0.001	0.000
18	0.004	0.002
19	0.036	0.018
20	0.056	0.029
21	0.028	0.014
22	0.000	0.000
24	0.021	0.011
31	0.002	0.001
25	0.000	0.000
26	0.015	0.007

27	0.000	0.000
28	0.000	0.000
29	0.002	0.001
30	0.001	0.007

---

Pembangkitan = 2873.3916+2130.6302i kVA  
Pembebanan = 2851.0006+2119.3081i kVA  
Rugi-Rugi = 22.3909+11.3221i kVA  
Iterasi = 2  
Iterasi = 0.063 detik

Hasil Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson  
 Sesudah kompensasi pada prosentase beban 77%

Bus = 31  
 Iterasi = 2  
 Iterasi = 0.047 detik

Tegangan (pu)		Pembangkitan (kw, kvar)		Pembebanan (kw, kvar)	
1.00000	0.00000	2552.436	893.040	0.000	0.000
0.99519	-0.03664	0.000	0.000	97.548	72.929
0.99507	-0.03746	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99506	-0.03745	0.000	0.000	59.226	35.551
0.99506	-0.03736	0.000	0.000	97.548	72.929
0.99497	-0.03884	0.000	200.000	110.090	85.440
0.99490	-0.03815	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99489	-0.03806	0.000	0.000	78.039	58.529
0.99489	-0.03806	0.000	0.000	66.890	50.168
0.99485	-0.03773	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99485	-0.03769	0.000	0.000	35.675	26.756
0.99484	-0.03763	0.000	0.000	99.987	69.794
0.99255	-0.06025	0.000	0.000	99.987	69.794
0.99254	-0.06008	0.000	0.000	154.839	116.129
0.99187	-0.06874	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99168	-0.07060	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99168	-0.07050	0.000	0.000	58.065	51.205
0.99167	-0.07045	0.000	0.000	193.548	145.161
0.99164	-0.07140	0.000	0.000	22.297	16.723
0.99157	-0.07283	0.000	400.000	401.613	269.884
0.99151	-0.07211	0.000	0.000	247.742	185.807
0.99150	-0.07202	0.000	0.000	36.294	32.005
0.99151	-0.07470	0.000	175.000	193.548	145.161
0.99147	-0.07528	0.000	225.000	145.161	128.005
0.99146	-0.07523	0.000	0.000	46.823	35.117
0.99142	-0.07482	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99142	-0.07478	0.000	0.000	44.594	33.445
0.99142	-0.07478	0.000	0.000	35.675	26.756
0.99141	-0.07471	0.000	0.000	44.594	33.445
0.99138	-0.07652	0.000	0.000	97.548	72.929
0.99149	-0.07449	0.000	0.000	66.890	50.168

Daya Antar Saluran

Bus	Daya		Bus	Daya	
to	kw	kvar	from	to	kvar
2	2552.436	893.040	2	1	-2540.718
3	547.589	199.234	3	2	-547.526
13	1895.581	614.954	13	2	-1890.819
4	59.226	35.551	4	3	-59.226
5	97.550	72.930	5	3	-97.548
6	390.750	90.721	6	3	-390.714

7	280.624	205.263	7	6	-280.601	-205.252
8	78.039	58.529	8	7	-78.039	-58.529
9	66.891	50.168	9	7	-66.890	-50.168
10	135.671	96.554	10	7	-135.664	-96.550
11	35.675	26.756	11	10	-35.675	-26.756
12	99.989	69.794	12	10	-99.987	-69.794
14	154.842	116.130	14	13	-154.839	-116.129
15	1635.990	426.625	15	13	-1634.924	-426.088
16	959.828	300.923	16	15	-959.658	-300.836
23	675.096	125.165	23	15	-674.867	-125.050
17	58.065	51.205	17	16	-58.065	-51.205
18	193.552	145.163	18	16	-193.548	-145.161
19	708.041	104.467	19	16	-708.013	-104.453
20	685.716	87.730	20	19	-685.671	-87.707
21	284.058	217.823	21	20	-284.036	-217.812
22	36.294	32.005	22	21	-36.294	-32.005
24	414.427	104.720	24	23	-414.410	-104.711
31	66.892	50.169	31	23	-66.890	-50.168
25	46.823	35.118	25	24	-46.823	-35.117
26	222.425	166.588	26	24	-222.414	-166.582
27	44.594	33.445	27	26	-44.594	-33.445
28	35.675	26.756	28	26	-35.675	-26.756
29	142.145	106.381	29	26	-142.143	-106.380
30	97.549	72.935	30	29	-97.548	-72.929

Daya Antar Saluran

Is	Daya	
	to kw	kvar
2	11.718	5.923
3	0.063	0.032
13	4.762	2.406
4	0.000	0.000
5	0.001	0.001
6	0.036	0.018
7	0.023	0.011
8	0.001	0.000
9	0.001	0.000
10	0.007	0.004
11	0.000	0.000
12	0.001	0.001
14	0.003	0.001
15	1.066	0.537
16	0.170	0.087
23	0.229	0.115
17	0.000	0.000
18	0.003	0.002
19	0.029	0.014
20	0.045	0.023
21	0.022	0.011
22	0.000	0.000
24	0.017	0.009
31	0.002	0.001
25	0.000	0.000
26	0.012	0.006

27	0.000	0.000
28	0.000	0.000
29	0.002	0.001
30	0.001	0.006

---

Pembangkitan =  $2552.436+1893.0399i$  kVA  
Pembebanan =  $2534.2234+1883.8308i$  kVA  
Rugi-Rugi =  $18.2126+9.20911i$  kVA  
Iterasi = 2  
iterasi = 0.047 detik

Hasil Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson  
 Sesudah kompensasi pada prosentase beban 68%

Bus = 31  
 Iterasi = 2  
 Itarasi = 0.047 detik

Tegangan (pu)		Pembangkitan		Pembebanan	
		kw	kvar	kw	kvar
1.00000	0.00000	2230.914	655.162	0.000	0.000
0.99589	-0.04356	0.000	0.000	85.355	63.813
0.99579	-0.04455	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99579	-0.04453	0.000	0.000	51.823	31.107
0.99578	-0.04445	0.000	0.000	85.355	63.813
0.99571	-0.04607	0.000	200.000	96.329	74.760
0.99565	-0.04546	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99564	-0.04539	0.000	0.000	68.284	51.213
0.99564	-0.04539	0.000	0.000	58.529	43.897
0.99561	-0.04510	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99560	-0.04506	0.000	0.000	31.215	23.412
0.99560	-0.04501	0.000	0.000	87.489	61.069
0.99365	-0.07106	0.000	0.000	87.489	61.069
0.99364	-0.07091	0.000	0.000	135.484	101.613
0.99307	-0.08060	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99292	-0.08271	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99291	-0.08262	0.000	0.000	50.806	44.804
0.99290	-0.08257	0.000	0.000	169.355	127.016
0.99288	-0.08357	0.000	0.000	19.510	14.632
0.99282	-0.08508	0.000	400.000	351.411	236.148
0.99277	-0.08445	0.000	0.000	216.774	162.581
0.99276	-0.08437	0.000	0.000	31.757	28.005
0.99278	-0.08719	0.000	175.000	169.355	127.016
0.99274	-0.08785	0.000	225.000	127.016	112.004
0.99273	-0.08781	0.000	0.000	40.970	30.728
0.99270	-0.08745	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99270	-0.08741	0.000	0.000	39.019	29.265
0.99270	-0.08742	0.000	0.000	31.215	23.412
0.99269	-0.08735	0.000	0.000	39.019	29.265
0.99266	-0.08893	0.000	0.000	85.355	63.813
0.99276	-0.08701	0.000	0.000	58.529	43.897

n Daya Antar Saluran

Bus m	Daya		Bus		Daya	
	to	kw	from	to	kw	kvar
2	2230.914	655.162	2	1	-2222.251	-650.783
3	479.123	149.321	3	2	-479.076	-149.297
13	1657.773	437.650	13	2	-1654.254	-435.871
4	51.823	31.107	4	3	-51.823	-31.107
5	85.356	63.813	5	3	-85.355	-63.813
6	341.898	54.377	6	3	-341.871	-54.363

7	245.542	179.603	7	6	-245.525	-179.594
8	68.284	51.213	8	7	-68.284	-51.213
9	58.529	43.897	9	7	-58.529	-43.897
10	118.711	84.484	10	7	-118.705	-84.482
11	31.216	23.412	11	10	-31.215	-23.412
12	87.490	61.070	12	10	-87.489	-61.069
14	135.486	101.614	14	13	-135.484	-101.613
15	1431.279	273.188	15	13	-1430.489	-272.790
16	839.814	213.289	16	15	-839.688	-213.224
23	590.675	59.501	23	15	-590.504	-59.416
17	50.807	44.805	17	16	-50.806	-44.804
18	169.357	127.017	18	16	-169.355	-127.016
19	619.524	41.403	19	16	-619.503	-41.392
20	599.993	26.760	20	19	-599.959	-26.742
21	248.548	190.594	21	20	-248.532	-190.585
22	31.758	28.005	22	21	-31.757	-28.004
24	362.619	63.502	24	23	-362.607	-63.496
31	58.530	43.897	31	23	-58.529	-43.897
25	40.970	30.728	25	24	-40.970	-30.728
26	194.620	145.763	26	24	-194.611	-145.759
27	39.019	29.265	27	26	-39.019	-29.264
28	31.216	23.412	28	26	-31.215	-23.412
29	124.376	93.082	29	26	-124.375	-93.082
30	85.356	63.817	30	29	-85.355	-63.813

Daya Antar Saluran

Bus	Daya	
	kw	kvar
2	8.663	4.379
3	0.046	0.023
13	3.520	1.778
4	0.000	0.000
5	0.001	0.000
6	0.027	0.014
7	0.017	0.009
8	0.001	0.000
9	0.000	0.000
10	0.006	0.003
11	0.000	0.000
12	0.001	0.001
14	0.002	0.001
15	0.790	0.398
16	0.126	0.065
23	0.171	0.086
17	0.000	0.000
18	0.003	0.001
19	0.022	0.011
20	0.034	0.017
21	0.017	0.008
22	0.000	0.000
24	0.013	0.007
31	0.001	0.001
25	0.000	0.000
26	0.009	0.004

27	0.000	0.000
28	0.000	0.000
29	0.001	0.001
30	0.001	0.004

---

Pembangkitan = 2230.9143+1655.1621i kVA  
Pembebanan = 2217.4432+1648.3503i kVA  
Rugi-Rugi = 13.4712+6.81174i kVA  
Iterasi = 2  
iterasi = 0.047 detik



Hasil Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson  
 Sesudah kompensasi pada prosentase beban 48%

Bus = 31  
 Iterasi = 2  
 Itarasi = 0.047 detik

Tegangan (pu)		Pembangkitan (kw kvar)		Pembebanan (kw kvar)	
1.00000	0.00000	1552.515	455.744	0.000	0.000
0.99714	-0.03029	0.000	0.000	60.968	45.581
0.99708	-0.03087	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99708	-0.03086	0.000	0.000	37.016	22.219
0.99707	-0.03080	0.000	0.000	60.968	45.581
0.99703	-0.03180	0.000	150.000	30.806	53.400
0.99698	-0.03137	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99698	-0.03131	0.000	0.000	48.774	36.581
0.99698	-0.03131	0.000	0.000	41.806	31.355
0.99695	-0.03111	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99695	-0.03108	0.000	0.000	22.297	16.723
0.99695	-0.03104	0.000	0.000	62.492	43.621
0.99555	-0.05012	0.000	0.000	62.492	43.621
0.99554	-0.05001	0.000	0.000	96.774	72.581
0.99514	-0.05699	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99502	-0.05862	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99502	-0.05856	0.000	0.000	36.290	32.003
0.99502	-0.05852	0.000	0.000	120.968	90.726
0.99500	-0.05927	0.000	0.000	13.935	10.452
0.99496	-0.06043	0.000	300.000	251.008	168.677
0.99492	-0.05998	0.000	0.000	154.839	116.129
0.99491	-0.05992	0.000	0.000	22.684	20.003
0.99492	-0.06137	0.000	125.000	120.968	90.726
0.99489	-0.06179	0.000	150.000	90.726	80.003
0.99489	-0.06176	0.000	0.000	29.265	21.948
0.99487	-0.06150	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99486	-0.06147	0.000	0.000	27.871	20.903
0.99486	-0.06148	0.000	0.000	22.297	16.723
0.99486	-0.06143	0.000	0.000	27.871	20.903
0.99484	-0.06256	0.000	0.000	60.968	45.581
0.99491	-0.06124	0.000	0.000	41.806	31.355

1 Daya Antar Saluran

Bus	Daya		Bus		Daya	
	to	kw kvar	from	to	kw	kvar
2	1552.515	455.744	2	1	-1548.320	-453.623
3	304.202	99.500	3	2	-304.183	-99.491
13	1183.150	308.543	13	2	-1181.365	-307.641
4	37.016	22.219	4	3	-37.016	-22.219
5	60.968	45.581	5	3	-60.968	-45.581
6	206.198	31.690	6	3	-206.189	-31.685

7	175.382	128.285	7	6	-175.373	-128.281
8	48.774	36.581	8	7	-48.774	-36.581
9	41.807	31.355	9	7	-41.806	-31.355
10	84.792	60.345	10	7	-84.789	-60.344
11	22.297	16.723	11	10	-22.297	-16.723
12	62.492	43.621	12	10	-62.492	-43.621
14	96.775	72.581	14	13	-96.774	-72.581
15	1022.098	191.438	15	13	-1021.697	-191.237
16	599.825	138.042	16	15	-599.762	-138.010
23	421.871	53.194	23	15	-421.784	-53.151
17	36.291	32.003	17	16	-36.290	-32.003
18	120.969	90.726	18	16	-120.968	-90.726
19	442.503	15.280	19	16	-442.492	-15.274
20	428.556	4.823	20	19	-428.539	-4.814
21	177.531	136.137	21	20	-177.523	-136.132
22	22.684	20.003	22	21	-22.684	-20.003
24	259.009	56.070	24	23	-259.003	-56.066
31	41.807	31.355	31	23	-41.806	-31.355
25	29.265	21.948	25	24	-29.265	-21.948
26	139.012	104.115	26	24	-139.008	-104.112
27	27.871	20.903	27	26	-27.871	-20.903
28	22.297	16.723	28	26	-22.297	-16.723
29	88.840	66.486	29	26	-88.839	-66.486
30	60.968	45.583	30	29	-60.968	-45.581

Daya Antar Saluran

Is	Daya	
	kw	kvar
2	4.195	2.121
3	0.019	0.010
13	1.786	0.902
4	0.000	0.000
5	0.000	0.000
6	0.010	0.005
7	0.009	0.004
8	0.000	0.000
9	0.000	0.000
10	0.003	0.001
11	0.000	0.000
12	0.001	0.000
14	0.001	0.001
15	0.401	0.202
16	0.063	0.033
23	0.087	0.044
17	0.000	0.000
18	0.001	0.001
19	0.011	0.005
20	0.017	0.009
21	0.008	0.004
22	0.000	0.000
24	0.007	0.003
31	0.001	0.000
25	0.000	0.000
26	0.004	0.002

27	0.000	0.000
28	0.000	0.000
29	0.001	0.000
30	0.000	0.002

---

Pembangkitan =  $1552.515+1180.744i$  kVA  
Pembebanan =  $1545.8889+1177.3936i$  kVA  
Rugi-Rugi =  $6.626+3.3505i$  kVA  
Iterasi = 2  
Iterasi = 0.047 detik

Hasil Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson  
 Sesudah kompensasi pada prosentase beban 45%

Bus = 31  
 Iterasi = 2  
 Waktu = 0.172 detik

Tegangan (pu)		Pembangkitan		Pembebanan	
		kw	kvar	kw	kvar
1.00000	0.00000	1484.146	376.859	0.000	0.000
0.99732	-0.03437	0.000	0.000	56.903	42.542
0.99725	-0.03520	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99725	-0.03519	0.000	0.000	34.548	20.738
0.99724	-0.03514	0.000	0.000	56.903	42.542
0.99720	-0.03643	0.000	150.000	64.219	49.840
0.99716	-0.03602	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99715	-0.03597	0.000	0.000	45.523	34.142
0.99715	-0.03597	0.000	0.000	39.019	29.265
0.99713	-0.03578	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99713	-0.03576	0.000	0.000	20.810	15.608
0.99712	-0.03572	0.000	0.000	58.326	40.713
0.99585	-0.05549	0.000	0.000	58.326	40.713
0.99584	-0.05539	0.000	0.000	90.323	67.742
0.99547	-0.06271	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99537	-0.06442	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99537	-0.06437	0.000	0.000	33.871	29.870
0.99536	-0.06433	0.000	0.000	112.903	84.677
0.99535	-0.06510	0.000	0.000	13.006	9.755
0.99531	-0.06628	0.000	300.000	234.274	157.432
0.99527	-0.06586	0.000	0.000	144.516	108.387
0.99527	-0.06581	0.000	0.000	21.172	18.670
0.99528	-0.06731	0.000	150.000	112.903	84.677
0.99525	-0.06761	0.000	125.000	84.677	74.670
0.99525	-0.06758	0.000	0.000	27.314	20.485
0.99523	-0.06735	0.000	0.000	0.000	0.000
0.99522	-0.06732	0.000	0.000	26.013	19.510
0.99522	-0.06732	0.000	0.000	20.810	15.608
0.99522	-0.06728	0.000	0.000	26.013	19.510
0.99520	-0.06833	0.000	0.000	56.903	42.542
0.99527	-0.06719	0.000	0.000	39.019	29.265

Daya Antar Saluran

Bus	Daya		Bus		Daya	
	to	kw	from	to	kw	kvar
2	1484.146	376.859	2	1	-1480.389	-374.960
3	319.392	82.869	3	2	-319.372	-82.859
13	1104.093	249.549	13	2	-1102.564	-248.776
4	34.548	20.738	4	3	-34.548	-20.738
5	56.904	42.542	5	3	-56.903	-42.542
6	227.920	19.579	6	3	-227.909	-19.573

7	163.689	119.733	7	6	-163.682	-119.729
8	45.523	34.142	8	7	-45.523	-34.142
9	39.020	29.265	9	7	-39.019	-29.265
10	79.139	56.322	10	7	-79.137	-56.321
11	20.810	15.608	11	10	-20.810	-15.608
12	58.326	40.713	12	10	-58.326	-40.713
14	90.324	67.742	14	13	-90.323	-67.742
15	953.914	140.320	15	13	-953.570	-140.147
16	559.830	108.836	16	15	-559.776	-108.808
23	393.740	31.311	23	15	-393.664	-31.273
17	33.871	29.870	17	16	-33.871	-29.870
18	112.904	84.678	18	16	-112.903	-84.677
19	413.000	-5.740	19	16	-412.991	5.745
20	399.984	-15.499	20	19	-399.969	15.507
21	165.695	127.061	21	20	-165.688	-127.057
22	21.172	18.670	22	21	-21.172	-18.670
24	241.741	67.331	24	23	-241.735	-67.328
31	39.020	29.265	31	23	-39.019	-29.265
25	27.314	20.485	25	24	-27.314	-20.485
26	129.744	97.173	26	24	-129.740	-97.171
27	26.013	19.510	27	26	-26.013	-19.510
28	20.810	15.608	28	26	-20.810	-15.608
29	82.917	62.054	29	26	-82.917	-62.054
30	56.904	42.544	30	29	-56.903	-42.542

Daya Antar Saluran

s	Daya	
	kw	kvar
2	3.757	1.899
3	0.020	0.010
13	1.530	0.773
4	0.000	0.000
5	0.000	0.000
6	0.012	0.006
7	0.008	0.004
8	0.000	0.000
9	0.000	0.000
10	0.002	0.001
11	0.000	0.000
12	0.000	0.000
14	0.001	0.000
15	0.344	0.173
16	0.054	0.028
23	0.075	0.038
17	0.000	0.000
18	0.001	0.001
19	0.009	0.005
20	0.015	0.008
21	0.007	0.004
22	0.000	0.000
24	0.006	0.003
31	0.001	0.000
25	0.000	0.000
26	0.004	0.002

27	0.000	0.000
28	0.000	0.000
29	0.001	0.000
30	0.000	0.002

---

Pembangkitan = 1484.1463+1101.8588i kVA  
Pembebanan = 1478.2965+1098.9009i kVA  
Rugi-Rugi = 5.8497+2.9579i kVA  
Iterasi = 2  
Iterasi = 0.172 detik