

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



**ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF
UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN
JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SUB SISTEM 150 kV
PAITON-BALI**

SKRIPSI

Disusun oleh:
RULLY PRAMADHANA
NIM : 99.12.019



NOVEMBER 2005

MEMORANDUM FOR

MEMORANDUM FOR
SIR
SUBJECT: [REDACTED]

SECRET

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, FBI
FROM: SAC, [REDACTED]
SUBJECT: [REDACTED]

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, FBI
FROM: SAC, [REDACTED]
SUBJECT: [REDACTED]

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN *JARINGAN SARAF TIRUAN* PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON-BALI

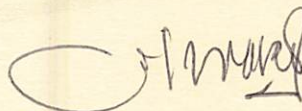
SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

RULLY PRAMADHANA
NIM. 99.12.019

Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing



(Ir. I Made Wartana, MT)
NIP. 131 991 182

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



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

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

ABSTRAKSI

ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON-BALI

(Rully Pramadhana Nim. 99.12.019, Teknik Elektro/T.Energi Listrik)
(Dosen Pembimbing : Ir. I Made Wartana, MT)

Kata Kunci : *Artificial Neural Network, Linier Programming, Voltage and Reactive Power Control, Minimize System Losses*

Salah satu dari kebutuhan yang utama dalam sistem tenaga adalah untuk menjaga tegangan bus beban dengan tidak melewati batas operasi yang ditetapkan pada peralatan. Perubahan apapun pada bentuk sistem atau permintaan daya dapat mengakibatkan tingginya atau rendahnya tegangan didalam sistem. Operator dapat meningkatkan situasi ini dengan merelokasikan pembangkit daya reaktif dalam sistem dengan mengendalikan besarnya pembangkitan dan pengurangan daya reaktif melalui pengubahan tap transformator, injeksi daya raktif (VAR) dan tegangan generator. Alokasi daya reaktif yang tepat dalam sistem menghasilkan kondisi yang optimum, yaitu kondisi dengan rugi-rugi transmisi yang optimum

Pada skripsi ini akan dibahas metode alternatif untuk pengaturan tegangan dan daya reaktif pada suatu sistem transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton-Bali dengan metode *Jaringan Saraf Tiruan* (JST) feedforward dengan pelatihan algoritma Back Propagation

Jaringan Saraf Tiruan (JST) bekerja berdasarkan penggunaan Linier Programming yang menghasilkan suatu pola pelatihan dan input data. JST dilatih untuk menentukan pengaturan variabel kendali yang sesuai dan dibutuhkan untuk memperbaiki profil tegangan dan meminimasi rugi-rugi daya.

Analisis dilakukan dengan menggunakan Program MATLAB 6 untuk training JST. Dimana hasil dari Training JST yaitu menentukan nilai setingan bus slack, bus generator dan kapasitor. Untuk mengetahui profil tegangan dan rugi-rugi daya maka nilai setingan tersebut di inputkan ke dalam program aliran daya Newton Raphson. Hasil aliran daya yaitu profil tegangan bus beban tetap di jaga konstan dan rugi-rugi daya sebesar $73.803 + j 19.626$ MVA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia – NYA penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :

“ ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON-BALI “

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk ujian tingkat sarjana S-1 di jurusan Teknik Elektro Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, M.SEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. I Made Wartana, MT, selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang
5. Bapak Ir. I Made Wartana, MT, selaku Dosen Pembimbing.
6. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Elektro Energi Listrik, Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Kedua Orang Tua yang telah memberikan doa dan dukungan

8. Rekan – rekan Mahasiswa Elektro dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan – kekurangan baik isi maupun penyajian, hal ini tidak lain karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna kesempurnaan skripsi ini.

Pada akhirnya penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi yang membutuhkan.

Malang, September 2005

Penulis

Thank's For Pembimbing Skripsi

Pak Made Wartana, MT...trima kasih banyak atas bimbingan yang bapak berikan selama pengerjaan skripsi ini walaupun molor sampai 2 semester saya tetep smangat dan maaf klo selama bimbingan menyita waktu bapak, saya kurang tanggap waktu bimbingan.Saya mohon lebih sabar untuk mahasiswa bimbingan yang lain.

Thank's For Pembimbing Ku

Bapak, Suyono (P3B)..trima kasih atas doa,bimbingan,data yang menunjang dalam pengerjaan skripsi dan maaf klo saya trus menyita waktu,ngrepoti bapak bolak-balik nemuin untuk data-data yang kurang,tapi tanpa data itu skripsi saya tidak akan jalan.

Thank's For Dosen Wali-ku

Bu Ida...Terima kasih banyak atas doa, nasehat dan dukungan yang ibu berikan yang membuat aku tetep smangat dan berusaha untuk tetap Pak Made walaupun kemarin sempet mau belok.

Thank's For Kru ITN

Mas Jayeng..trima kasih atas doa,bantuan yang mas berikan slama pengerjaan skripsi yang membuat pengerjaan semakin lancar,smangat yang mas berikan pada waktu aku smpet mengulang ke-2 kalinya.Maaf klo aku ada kesalahan dan ngrepoti trus.

Bu Puji..trima kasih atas doa,masalah pengurusan nilai yang ibu brikan.Maaf klo ngrepoti yang kadang membuat ibu emosi tapi saya mohon ibu lebih bersabar menghadapi mahasiswa.

Mas Parkir & Cleaning Service..makasih atas doanya

Thank's For Temen-2 Senasib n Sepernanggungan

Made Fans Club..Diana,Neni,Bima,Samsul Heru, Embah Edi, Jefri, mas anggoro akhirnya kita bisa lu2s juga dan lepas dari penderitaan. **Aries(ayu), Bobob, Roy, Gatot, Widya, Erwin** lanjutkan perjuanganmu, tetep smangat dan jgn lupa berdoa.

Temen-2 Semua..Rahmat, Farit(saimo), **Aries Bpk, Agus(Blitar), Teguh(Sogol), Aries Goang, Dony (Dulu Gondrong)** akhirnya kita lu2s bareng. **Bambang(degan), Dedy, Ekotel** lanjutkan perjuanganmu, tetep smangat dan jgn lupa berdoa.

My Best Friend...Gadem, Owob, Jirin walau kalian lu2s duluan suwun pol atas bantuan, dukungan, doanya. Kalian tetep setia menemaniku ampek klar skripsiku, maaf pol dulu aku tidak bisa menemani dan membantu.

Thank's For Ibu Kos Sekeluarga n Arek-2 Kos

Suwun pol doanya yo.

Untuk semua yang telah membantu dan mendoakan saya. Yang mungkin ga bisa aku sebutin satu-satu. Semoga Allah membalas kebaikan Anda semua.. Amin.....

2.2.3.	Saluran Transmisi Panjang.....	12
2.2.	Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan.....	14
2.3	Pengaturan Daya Reaktif dan Tegangan	16
2.4.	Analisis Aliran Daya	18
2.4.1.	Perumusan Analisa Aliran Daya	19
2.4.2.	Metode Newton Raphson	23

BAB III OPTIMALISASI DAYA REAKTIF DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN

3.1.	Jaringan Syaraf Tiruan	27
3.2.	Otak Manusia	27
3.3.	Komponen Jaringan Syaraf Tiruan.....	28
3.4.	Arsitektur Jaringan	30
3.4.1.	Jaringan dengan lapisan tunggal (single layer net)	31
3.4.2	Jaringan dengan banyak lapisan (multilayer net)	32
3.5.	Fungsi Aktivasi.....	33
3.6.	Proses Pembelajaran.....	34
3.6.1.	Pembelajaran Terawasi (Supervised Learning).....	36
3.6.2.	Pembelajaran Tak Terawasi (Unsupervised Learning)	37
3.7.	Backpropagation.....	37
3.7.1.	Penurunan Algoritma Backpropagation	37
3.7.2.	Inisialisasi Bobot Awal Secara Random	39
3.7.3.	Algoritma Backpropagation	40
3.8.	Rencana Pengendalian Tegangan dan Daya Reaktif berdasarkan Jaringan Saraf Tiruan	43

3.8.1	Menggunakan Pemrograman Linier (LP) Untuk Mengendalikan Tegangan dan Daya Reaktif dan Penyimpanan Data Untuk JST	44
3.8.2.	Topologi Jaringan Saraf Tiruan	47
3.8.3.	Algoritma Program Optimasi	48
3.9.	Flowchart Algoritma Program.....	49
3.9.1.	Flowchart Algoritma Penyelesaian Masalah Optimalisasi.....	49
3.9.2.	Flowchart <i>Jaringan Saraf Tiruan</i> BackPropagation.....	50

BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1.	Sistem Tenaga Listrik Pada Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali.....	51
4.2.	Data Pembangkitan dan Pembebanan	52
4.3.	Hasil Dan Analisis Hasil	55
4.3.1.	Tampilan Program 1	55
4.3.2.	Hasil Perhitungan	61
4.3.3.	Tampilan Program 2.....	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	72
5.2.	Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman
2-1 Rangkaian Setara Saluran Transmisi.....	8
2-3 Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek	10
2-3 Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah.....	11
2-4 Rangkaian Setara Saluran Transmisi Panjang.....	12
2-5 Pengiriman Daya Reaktif oleh Simpul 1	14
2-6 Diagram Pasor Bentuk Perubahan Tegangan Sebagai Fungsi Aliran Daya Reaktif.....	15
3-1 Susunan Syaraf Manusia	27
3-2 Struktur Neuron Jaringan Syaraf.....	29
3-3 Jaringan Syaraf dengan 3 Lapisan.....	30
3-4 Jaringan Syaraf dengan Lapisan Tunggal	31
3-5 Jaringan Syaraf dengan Banyak Lapisan.....	32
3-6 Block diagram algoritma JST untuk mengendalikan Tegangan dan Daya Reaktif	43
3-7 JST Untuk 6 Bus.....	47
3-8 Flow Chart untuk Optimasi Tegangan dan Daya Reaktif, dan Penyimpanan Data untuk Pelatihan JST.....	49
3-9 Flow Chart JST BackPropagation.....	50
4-1 Single Line Diagram Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali.....	52
4-2 Tampilan Program Utama	55
4-3 Tampilan Inputan Data.....	56

4-4	Data Bus	56
4-5	Data Saluran	57
4-6	Parameter LP	58
4-7	Hasil Aliran Daya Sebelum Optimasi Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson	58
4-8	Rugi-rugi Daya Pada Kondisi Awal	58
4-9	Hasil Linier Programming Dalam Menentukan Nilai Setingan Bus Slack, Bus Generator dan	59
4-10	Hasil Aliran Daya Sesudah Optimasi Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson	59
4-11	Rugi-rugi Daya Pada Kondisi Akhir	60
4-12	Hasil Output JST Di Inputkan Ke Dalam Program Load Flow.....	64
4-13	Proses Perhitungan Load Flow.....	64
4-14	Hasil Aliran Daya Setelah Memasukkan Hasil Output JST.....	65
4-15	Hasil Rugi-rugi Daya.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman
3-1	Jenis-jenis fungsi aktivasi pada Jaringan Syaraf Tiruan 33
4-1	Data Bus Transmisi 150kV Paiton – Bali..... 53
4-2	Data Pembangkitan dan Pembebanan..... 54
4-3	Data Saluran Transmisi 150 kV Paiton - Bali..... 55
4-4	Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sebelum Optimasi Daya Reaktif Menggunakan Metode Newton Raphson (Kondisi 1)..... 62
4-5	Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sesudah Optimasi Daya Reaktif (LP) Menggunakan Metode Newton Raphson / (Kondisi 2)..... 63
4-6	Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sesudah Optimasi Daya Reaktif (LP) Menggunakan Metode Newton Raphson/(Kondisi 3)..... 64
4-7	Hasil Training Jaringan Saraf Tiruan..... 65
4-8	Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan setelah memasukkan nilai output dari JST Menggunakan Metode Newton Raphson/(Kondisi 4)..... 69
4-9	Perubahan Tegangan, Sudut Fasa dan Daya Reaktif Sebelum Dan Setelah Optimasi..... 70

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Halaman
4-1 Perbandingan Profil Tegangan Pada Kondisi 1, Kondisi 2, Kondisi 3 dan Kondisi 4.....	71
4-2 Perbandingan Rugi-rugi Daya Pada Kondisi 1, Kondisi 2, Kondisi 3 dan Kondisi 4.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu dari kebutuhan yang utama dalam sistem tenaga adalah untuk menjaga tegangan bus beban dengan tidak melewati batas operasi yang ditetapkan pada peralatan. Perubahan apapun pada bentuk sistem atau permintaan daya dapat mengakibatkan tingginya atau rendahnya tegangan didalam sistem. Operator dapat meningkatkan situasi ini dengan merelokasikan pembangkit daya reaktif dalam sistem dengan mengendalikan besarnya pembangkitan dan pengurangan daya reaktif melalui perubahan tap transformator, injeksi daya reaktif (VAR) dan tegangan dari generator. Alokasi daya reaktif yang tepat dalam sistem menghasilkan kondisi yang optimum, yaitu kondisi dengan rugi-rugi transmisi yang optimum.^[2]

Beberapa metode seperti menggunakan hubungan kepekaan, pencarian gradien mendekati, artificial intelligence (AI), dan fuzzy logic telah banyak diusulkan untuk 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 akan dibahas metode alternatif untuk menyelesaikan masalah optimasi daya reaktif dengan metode *Jaringan Saraf Tiruan* (JST) feedforward dengan pelatihan algoritma Back Propagation yang merupakan metode alternatif yang dapat mengatasi kesulitan dalam masalah optimasi.

Jaringan Saraf Tiruan (JST) dilatih untuk memberikan tindakan pengendalian sesuai yang diperlukan untuk mencapai pengendalian tegangan dan daya reaktif. Hasil yang diperoleh akan dapat mencapai kepuasan dan menunjukkan penampilan yang terbaik.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan hal diatas maka timbul sebuah pokok permasalahan yaitu Bagaimana memecahkan masalah pengendalian tegangan dan daya reaktif untuk meningkatkan profil tegangan dan memperkecil rugi-rugi daya. Sehubungan dengan hal itu, maka skripsi ini diberi judul :

"ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN *JARINGAN SARAF TIRUAN* PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON-BALI“.

1.3. Tujuan

Menerapkan metode *Jaringan Saraf Tiruan* sebagai metode alternatif dalam memecahkan masalah pengendalian tegangan dan daya reaktif untuk meningkatkan profil tegangan dan memperkecil rugi-rugi daya pada Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali.

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan, maka pembahasan skripsi ini dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Analisa perhitungan untuk pengaturan tegangan dan daya reaktif pada Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan pelatihan Backpropagation
2. Tidak membahas penambahan sumber daya reaktif baru
3. Tidak membahas masalah ekonomis
4. Tidak membahas pengaruh kontrol terhadap alat proteksi
5. Tidak membahas pengaturan frekuensi
6. Sistem diasumsikan dalam keadaan *steady-state*
7. Tidak Membahas Tap Trafo
8. Hanya mengatur kapasitor yang tersedia pada sub system 150 kV Paiton-Bali
9. Tidak Membahas Matrik Sensitivitas, Linier Programing secara detail
10. Tidak membahas OPF secara detail, OPF hanya untuk membentuk inputan JST.

1.5. Metodologi Pembahasan

Metodologi pembahasan yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur berupa pengumpulan referensi yang berkaitan dengan pokok bahasan skripsi ini dan beserta jurnal-jurnal IEEE.

2. Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni pada PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali
 - a. Data impedansi saluran jaringan transmisi sub sistem 150 kV Paiton-Bali
 - b. Data Pembebanan dan Pembangkitan sub sistem 150 kV Paiton-Bali pada saat beban puncak dan turun
3. Melakukan analisis dengan bahasa program Delphi dan Matlab
 - a. Analisis aliran daya pada sub sistem 150 kV Paiton-Bali menggunakan metode *Newton Raphson*
 - b. Analisis penentuan nilai setingan pada bus generator dan kapasitor menggunakan Linier Programming dan sebagai inputan untuk *Jaringan Saraf Tiruan* dengan pelatihan *Backpropagation*.
 - c. Analisis optimasi daya reaktif pada sub sistem 150 kV Paiton-Bali diantaranya perbaikan profil tegangan dan pengurangan rugi-rugi pada saluran.
4. Menarik kesimpulan terhadap metode *Jaringan Saraf Tiruan* dengan pelatihan *Backpropagation*, apakah cukup efektif dalam menentukan setingan tegangan generator dan kapasitor untuk memperbaiki profil tegangan dan meminimasi rugi-rugi daya

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pembahasan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi pembahasan, Sistematika penulisan dan relevansi.

BAB II : SISTEM TENAGA LISTRIK

Menguraikan masalah sistem tenaga listrik, berisi tentang pengertian daya reaktif, pengaruh dan pengaturan daya reaktif terhadap tegangan, serta kompensasi saluran transmisi pada sistem tenaga listrik, analisis aliran daya dan menggunakan metode *Newton Raphson* untuk perhitungan aliran daya.

BAB III : ANALISIS OPTIMASI DAYA REAKTIF DENGAN JARINGAN SARAF TIRUAN

Menguraikan teori Jaringan Saraf Tiruan, rencana pengendalian tegangan dan daya reaktif berdasarkan *Jaringan Saraf Tiruan*, Menggunakan *Pemrograman Linier (LP)* untuk menghasilkan input data untuk pelatihan *Jaringan Saraf Tiruan*, topologi *Jaringan Saraf Tiruan* , algoritma program dan flowcard
Algoritma Program

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS HASIL

Sistem tenaga listrik pada sub sistem 150 kV Paiton-Bali, Perbandingan optimasi sebelum dan sesudah pada saluran sub sistem 150 kV Paiton-Bali.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis aliran daya pada sub sistem 150 kV Paiton-Bali.

1.7. Relevansi

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan memberikan alternatif kepada pihak PLN untuk dapat mengidentifikasi solusi yang optimal untuk batas-batas pengoperasian yang menggambarkan kesesuaian yang praktis untuk sebuah operasi sistem daya dengan maksud untuk memperbaiki pelayanan pada masyarakat dengan memanfaatkan jaringan yang ada.

BAB II

SISTEM TENAGA LISTRIK

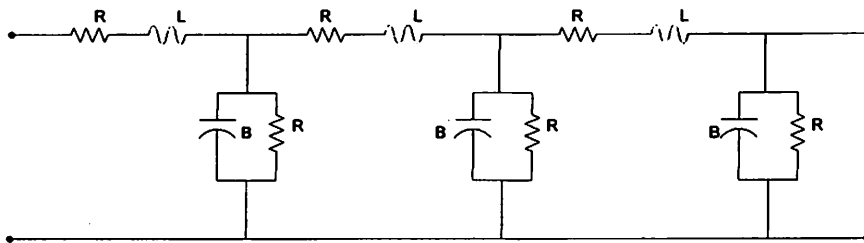
Sistem tenaga listrik ada bagian utama yaitu : pusat pembangkit tenaga listrik, saluran-saluran transmisi dan sistem-sistem distribusi yang berhubungan langsung dengan konsumen. Saluran-saluran transmisi merupakan penghubung antara pusat pembangkit listrik dan sistem-sistem distribusi dan melalui hubungan antara sistem dapat juga menuju ke sistem-sistem tenaga yang lain^[3]

Pembangkit tenaga listrik umumnya terletak jauh dari pusat-pusat pemakaian tenaga listrik. Dengan demikian, energi listrik yang dibangkitkan di pusat-pusat tenaga listrik sering harus disalurkan, atau di transmisikan melalui jarak-jarak yang jauh ke pusat-pusat pemakaian tenaga listrik^[1]. Karena tegangan generator pada umumnya rendah, maka tegangan ini biasanya dinaikkan menggunakan transformator daya ke tingkat tegangan yang lebih tinggi untuk memperbesar daya hantar dari saluran dan juga untuk memperkecil besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran^[7].

2.1. Saluran Transmisi^[8]

Saluran transmisi sistem tenaga listrik adalah merupakan parameter-parameter saluran yang terdiri dari resistansi, induktansi, kapasitansi dan konduktansi yang tersebar secara merata sepanjang saluran transmisi. Parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap tegangan, bus dan aliran daya yang mengalir pada saluran tersebut. Nilai-nilai dari parameter-parameter saluran sangat tergantung pada panjang dari saluran.

Untuk merepresentasikan suatu saluran transmisi secara umum ke dalam bentuk rangkaian setaranya, resistansi (R) dan induktansi (L) dinyatakan sebagai impedansi seri, sedangkan suseptansi kapasitif (B) dan konduktansi (G) dinyatakan sebagai admitansi shunt. Rangkaian setara dari saluran transmisi secara umum dapat dilihat pada gambar 2-2.



Gambar 2-1 : Rangkaian Setara Saluran Transmisi

Sumber : Weedy, B. M, "Electric Power System", John Willey and Son, Second Edition, 1972.

Menurut panjangnya, saluran transmisi dapat diklarifikasikan menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Saluran transmisi pendek, yang memiliki panjang saluran < 80 km.
2. Saluran transmisi menengah, yang memiliki panjang saluran $80 - 250$ km.
3. Saluran transmisi panjang, yang memiliki panjang saluran > 250 km.

Sebenarnya, klarifikasi diatas sangat kabur dan sangat relatif. Klasifikasi saluran transmisi harus didasarkan atas besar kecilnya kapasitansi ke tanah. jadi bila kapasitansi kecil, dengan demikian arus bocor ke tanah juga kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan sehingga dinamakan saluran transmisi pendek. Tetapi bila kapasitansi sudah mulai besar sehingga tidak dapat diabaikan, tetapi belum begitu besar sekali sehingga masih

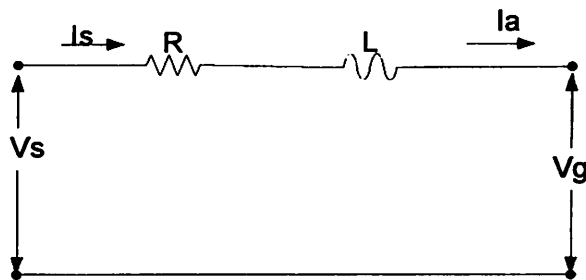
dapat dianggap seperti kapasitansi terpusat (*lumped capacitance*), dan ini dinamakan saluran transmisi menengah. Bila kapasitansi ke tanah besar sekali sehingga tidak mungkin lagi dianggap sebagai kapasitansi terpusat dan harus dianggap terbagi rata sepanjang saluran, maka saluran tersebut dinamakan saluran transmisi panjang.

Seperti diketahui, makin tinggi tegangan operasi maka kemungkinan timbulnya korona sangat besar sehingga dapat memperbesar kapasitansi. Dengan demikian akan memperbesar arus bocor. Jadi ada kalanya walaupun panjang saluran hanya 50 km tetapi memiliki tegangan kerja sangat tinggi (*Extra High Voltage*, EHV), apalagi tegangan ultra tinggi (*Ultra High Voltage*, UHV), maka kapasitansi relatif besar sehingga tidak mungkin lagi diabaikan walaupun panjang saluran hanya 50 km.

2.2.1. Saluran Transmisi Pendek^{[3][9]}

Pada saluran transmisi pendek, pengaruh admitansi shunt (konduktansi dan kapasitansi) diabaikan dan impedansi serinya (resistansi dan induktansi) dianggap terpusat.

Rangkaian setara untuk saluran transmisi pendek dapat dilihat pada gambar 2-2, dengan I_S dan I_R berturut-turut adalah arus yang mengalir pada sisi kirim dan sisi terima, sedangkan V_S dan V_R berturut-turut adalah tegangan pada sisi kirim dan sisi terima terhadap titik netralnya. Sedang Z adalah impedansi seri total saluran.



Gambar 2-2 : Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek

Sumber : Weedy, B. M, "Electric Power System", John Willey and Son, Second Edition, 1972.

Bila kondisi pada ujung sisi terima diketahui, maka tegangan pada ujung sisi kirim adalah :

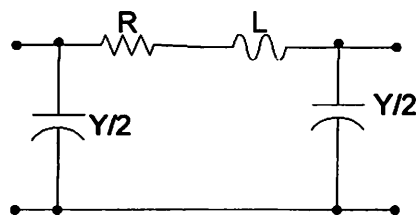
$$V_S = V_R + I_R Z \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Z = R + jX \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

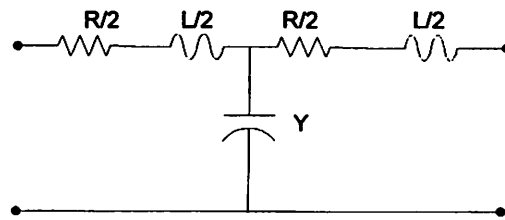
Karena tidak terdapat cabang simpang, maka arus yang mengalir pada ujung sisi kirim sama dengan arus pada ujung sisi terima. $I_S = I_R \quad \dots\dots\dots (2.3)$

2.2.2. Saluran Transmisi Menengah

Pada saluran transmisi menengah, pengaruh kapasitansi tidak dapat diabaikan. Representasi saluran transmisi menengah dapat digambarkan dengan rangkaian- π dan rangkaian-T (gambar 2-4). Pada umumnya rangkaian- π lebih banyak digunakan daripada rangkaian-T.



(a) Rangkaian ekivalen π



(b) Rangkaian ekivalen T

Gambar 2-3 : Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah

Sumber : Weedy, B. M, *"Electric Power System"*, John Willey and Son, Second Edition, 1972.

Untuk rangkaian- π berlaku :

$$V_s = \left(\frac{ZY}{2} + 1 \right) V_r + Z I_r \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

$$I_s = \left(\frac{ZY}{4} + 1 \right) Y V_r + \left(\frac{ZY}{2} + 1 \right) I_r \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk rangkaian-T berlaku :

$$V_s = \left(\frac{ZY}{2} + 1 \right) V_r + \left(\frac{ZY}{4} + 1 \right) Z I_r \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

$$I_s = Y V_r + \left(\frac{ZY}{2} + 1 \right) I_r \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

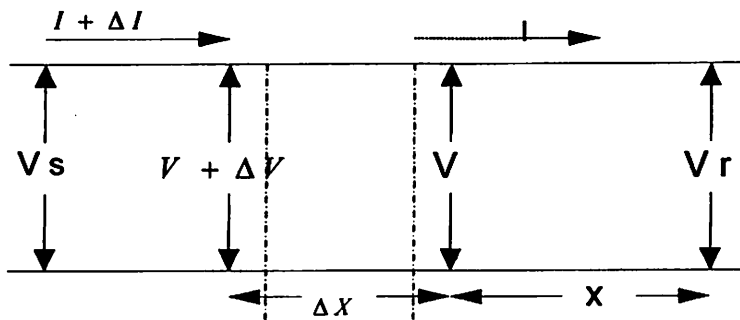
Dimana :

V_s, I_s = tegangan dan arus sisi kirim Z = impedansi seri total saluran transmisi

V_r, I_r = tegangan dan arus sisi terima Y = admitansi shunt total saluran transmisi

2.2.3. Saluran Transmisi Panjang

Pada saluran transmisi panjang, parameter-parameter saluran tidak terpusat melainkan tersebar merata sepanjang saluran. Karena saluran transmisi panjang dianggap sebagai saluran transmisi yang sesungguhnya, maka rangkaian setara saluran transmisi panjang dapat digambarkan seperti gambar 2-5.



Gambar 2-4 : Rangkaian Setara Saluran Transmisi Panjang

Sumber : William D. Stevenson. Jr, "Analisa Sistem Tenaga Listrik", Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta 1996

Perhitungan arus dan tegangan pada kedua ujung saluran didasarkan pada perbedaan tegangan dan arus persatuan panjang. Pada gambar 2-5 dapat dilihat suatu unsur yang sangat kecil dari panjang suatu saluran transmisi (dx) dengan jarak X dari ujung sisi terima. Dari unsur yang sangat kecil tersebut dapat dituliskan persamaan-persamaan untuk tegangan dan arus sebagai berikut :

$$dV = IZ dX \text{ atau } \frac{dV}{dX} = IZ \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$dI = -VY dX \text{ atau } \frac{dI}{dX} = -VY \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan melakukan persamaan (2.8) dan (2.9), akan diperoleh

$$\frac{d^2V}{dX^2} = Z \frac{dI}{dX} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\frac{d^2I}{dX^2} = Y \frac{dV}{dX} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.8) dan (2.9) ke dalam persamaan (2.10) dan (2.11), diperoleh :

$$\frac{d^2V}{dX^2} = Z Y V \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\frac{d^2I}{dX^2} = Y Z I \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan menyelesaikan persamaan (2.12) dan (2.13), akan diperoleh bentuk persamaan untuk mendapatkan tegangan dan arus pada setiap titik sepanjang saluran transmisi dengan jarak X dari ujung sisi terima sebagai berikut :

$$V(x) = \frac{V_r + IrZ_c}{2} e^{\alpha x} + \frac{V_r - IrZ_c}{2} e^{-\alpha x} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$I(x) = \frac{(V_r/Z_c) + Ir}{2} e^{\alpha x} + \frac{(V_r/Z_c) - Ir}{2} e^{-\alpha x} \dots\dots\dots (2.15)$$

Persamaan untuk saluran transmisi panjang dapat ditulis dalam bentuk hiperbola sebagai berikut :

$$V(x) = V_r \cosh \alpha x + IrZ_c \sinh \alpha x \dots\dots\dots (2.16)$$

$$I(x) = Ir \cosh \alpha x + (V_r/Z_c) \sinh \alpha x \dots\dots\dots (2.17)$$

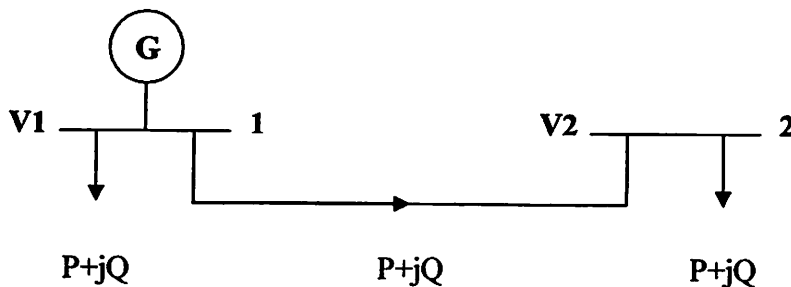
Dimana :

$$\tau = \text{konstanta rambahan pada saluran} = \sqrt{ZY}$$

$$Z_c = \text{impedansi karakteristik saluran} = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

2.2. Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan^[8]

Keseimbangan daya reaktif yang dihasilkan dan digunakan harus dapat dipertahankan agar tidak terjadi perubahan tegangan. Bilamana besaran tegangan ini mengalami perubahan, maka daya reaktif pada simpul tegangan tersebut tidak dapat dipertahankan lagi. Ini perlu diberikan aliran daya dari sistem tersebut.



Gambar 2-5 Pengiriman Daya Reaktif oleh Simpul 1

Sumber : Elgerd, OI, "Electric Energy System Theory an Introduction", Tata Mc Graw-Hill, New Delhi, 1971.

Seperti terlihat pada gambar 1 diatas, $P+jQ$ adalah daya yang diberikan oleh pembangkit G1 dan diteruskan ke simpul beban, karena $R \ll X$, maka resistansi saluran transmisi dapat diabaikan sehingga impedansi saluran transmisi adalah $Z = jX$

Karena adanya jatuh tegangan sepanjang saluran, maka berlaku hubungan :

$$V_2 = V_1 - IZ \dots \dots \dots (2.18)$$

Bila daya yang mengalir pada saluran transmisi :

$$P + jQ = V_1 I^* \dots\dots\dots (2.19)$$

Maka :

$$I^* = \frac{P + jQ}{V_1} \dots\dots\dots (2.20)$$

Kemudian :

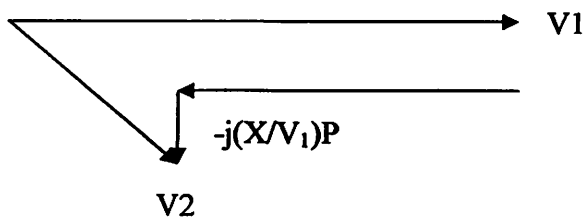
$$I = \frac{P - jQ}{V_1^*} = \frac{P - jQ}{V_1} \dots\dots\dots (2.21)$$

Bila V_1 dipilih sebagai rel referensi, maka dengan mensubstitusikan persamaan (1.4) ke dalam persamaan (1.1), diperoleh :

$$V_2 = V_1 - \frac{P - jQ}{V_1} jX \dots\dots\dots (2.22)$$

$$V_2 = V_1 - \frac{x}{V_1} Q - j \frac{x}{V_1} P \dots\dots\dots (2.23)$$

Persamaan ini adalah bentuk tegangan yang digambarkan pada gambar 2



Gambar 2-3. Diagram Pasor Bentuk Perubahan Tegangan sebagai Fungsi Aliran Daya Reaktif

Sumber : Elgerd, OI, "Electric Energy System Theory an Introduction", Tata Mc Graw-Hill, New Delhi, 1971.

Berdasarkan persamaan (1.6) dan gambar 2 dapat dijelaskan bahwa :

- a. Perubahan daya aktif ΔP pada dasarnya hanya mempengaruhi sudut fasa tegangan δ , sedangkan magnitude tegangan hampir tidak berubah.

- b. Perubahan daya reaktif ΔQ pada dasarnya hanya mempengaruhi magnitudo tegangan $|V|$ dan hampir tidak berpengaruh pada sudut fasa tegangan.
- c. Perubahan daya reaktif pada suatu simpul berpengaruh paling kuat pada simpul yang sama dan makin kurang berpengaruh pada simpul-simpul yang semakin jauh.

Perlu ditegaskan disini, bahwa hasil pengamatan diatas hanya berlaku perubahan yang kecil. Jika diinginkan mempertahankan magnitudo tegangan $|V_2|$ pada harga yang konstan, maka aliran daya reaktif harus diatur untuk disesuaikan dengan permintaan beban pada simpul 2.

2.3. Pengaturan Daya Reaktif dan Tegangan^[5]

Pengaturan tegangan pada dasarnya adalah pengaturan aliran daya reaktif pada saluran dan simpul. Sehingga untuk mempertahankan tegangan di dalam batas-batas yang diinginkan, maka perlu keseimbangan daya reaktif pada simpul tersebut. Sebagaimana diketahui masalah-masalah tegangan dapat diakibatkan oleh pelanggaran batas atas maupun batas bawah. Jika ada terlalu banyak beban reaktif induktif, misalnya pada daerah industri maka tegangan simpul terlalu rendah akan jadi masalah. Ini dapat diatasi dengan memasang kapasitor shunt, SVC dan sebagainya.

Sebaliknya pada beban ringan, karena pengaruh kapasitansi shunt dari saluran transmisi, maka akan ada kelebihan daya reaktif pada saluran sehingga

tegangan simpul terlalu tinggi. Hal ini dapat diatasi dengan memasang reaktor shunt, SVC dan sebagainya. Dengan menginjeksikan daya reaktif pada sistem, pengatur-pengatur akan mengatur baik pembangkitan maupun aliran daya reaktif. Dengan cara ini profil tegangan simpul yang diinginkan dapat diperoleh. Tindakan kontrol (pengaturan) yang digunakan secara umum untuk mengatur daya reaktif dan tegangan adalah :

1. Perubahan tegangan pada terminal generator

Dengan mengubah eksitasi generator, akan merubah aliran daya reaktif yang diinjeksikan, sehingga akan merubah tegangan simpul generator maupun simpul beban.

2. Perubahan Tap-Setting Transformator

Tindakan ini menambah atau mengurangi tegangan simpul dengan merubah tegangan belitan trafo. Karena simpul simpul dalam sistem tenaga listrik dihubungkan melalui transmisi, maka beberapa tegangan simpul bertambah dan beberapa tegangan simpul yang lain berkurang.

3. Kompensasi Daya Reaktif

Tindakan ini mencatu daya reaktif sejumlah tertentu pada saluran transmisi dan simpul beban, sehingga akan menambah tegangan simpul beban yang terdekat. Biasanya makin dekat simpul itu terhadap peralatan kompensasi yang dipasang maka akan bertambah pula tegangan yang ditambahkan

2.4. Analisis Aliran Daya¹³¹

Dalam pengoperasian system tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, agar sistem dapat dioperasikan memenuhi syarat teknis maupun ekonomis.

Analisa aliran daya adalah suatu analisa tentang penyelesaian *steady state* (keadaan tetap) pada rangkaian suatu sistem tenaga listrik. Pada dasarnya analisa aliran daya pada sistem tenaga listrik adalah bersifat untuk menentukan magnitude tegangan, sudut phasa, daya aktif dan daya reaktif. Bila ke empat variabel tersebut dapat ditentukan, aliran daya beserta rugi-rugi pada setiap saluran transmisi dapat dihitung.

Sehubungan dengan analisa aliran daya, variabel-variabel yang perlu diperhatikan adalah magnitude tegangan ($|V|$), sudut phasa tegangan (δ), daya aktif (P), dan daya reaktif (Q). Berdasarkan pada parameter-parameter yang diketahui, bus pada sistem dikasifikasikan dalam tiga kategori bus, yaitu:

1 Generator Bus/P-V bus (bus generator)

Pada bus generator besarnya daya aktif (P) dan tegangan (V) ditentukan sedangkan besarnya daya reaktif (Q) dan phasa tegangan (δ) akan dihitung

2 Load Bus/P-Q bus (bus beban)

Parameter-parameter yang diketahui adalah daya aktif (P) dan daya reaktif (Q), sedangkan parameter yang dihitung adalah $|V|$ dan δ .

3 Slack Bus/Swing bus (bus referensi)

Pada bus ini besarnya daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) tidak ditentukan. Di lain pihak yang ditentukan $|V|$ dan δ yang biasanya bernilai nol, sehingga merupakan sudut referensi bagi tegangan dalam sistem. Simpul referensi ini diperlukan karena nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) tidak ditentukan terlebih dahulu.

Pada setiap bus dari jaringan tersebut diatas terdapat parameter-parameter sebagai berikut :

1. Injeksi daya nyata, dinyatakan dengan P satuannya Megawatt (MW)
2. Injeksi daya reaktif, dinyatakan dengan Q satuannya Megavolt Ampere Reaktif (Mvar)
3. Besar Magnitude tegangan yang mempunyai simbol $|v|$ dengan satuan kilo Volt (kV)
4. Sudut fasa tegangan yang mempunyai simbol $\cos \theta$ dengan satuan radian.

2.4.1. Perumusan Analisa Aliran Daya^[6]

Gambaran mengenai aliran daya yang terjadi dalam sistem beserta profil tegangan sangat diperlukan untuk keperluan analisa suatu sistem. Untuk mendapatkan gambaran mengenai analisa aliran daya ini diperluakn suatu perhitungan yang disebut perhitungan aliran daya. Sedangkan perhitungan aliran daya ini diperlukan karena dalam sistem hanya diketahui beban aktif dan beban reaktif yang berada pada simpul atau Gardu Induk (GI) saja. Sedangkan aliran

daya yang ditentukan berdasarkan Hukum Ohm dan Hukum Khirchoff. Secara garis besar, analisa aliran daya terdiri dari tiga langkah utama, yaitu :

1. Di setiap simpul diketahui atau dihitung besarnya P, Q, V dan sudut phasa δ .

Persamaan pertama yang dipakai adalah persamaan yang menghubungkan antara R, Q, V dan I yang berada pada simpul i, yaitu :

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana V_i^* merupakan konjugate dari tegangan. Sedangkan I_i diberi tanda positif apabila mengalir menuju simpul dan diberi tanda negatif apabila meninggalkan simpul. Persamaan kedua yang dipakai adalah persamaan yang menghubungkan antara besarnya arus yang berada dalam simpul i dengan tegangan yang berada pada simpul melalui matrik admitansi Y_{ij} :

$$I_i = \sum_{j=1}^n V_j Y_{ij} \dots\dots\dots(2.25)$$

Arus yang terdapat dalam simpul i harus memenuhi dua persamaan tersebut diatas. Karena perhitungan aliran daya harus dinyatakan dalam P, Q, V dan δ , maka dengan menggunakan persamaan (2.24) dan (2.25) hal tersebut dapat dilakukan sebagai berikut :

Dari persamaan (2.24) di dapat

$$P_i - Q_i = V_i I_i \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.26) kedalam persamaan (2.25) didapatkan :

$$P_i - Q_i = V_i V_j Y_{ij} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana : $j = 1, 2, 3, \dots, n$

Jika bagian real dan imajiner dipisahkan maka :

$$P_i (\text{daya nyata}) = \text{Re } V_i V_j Y_{ij}$$

$$Q_i (\text{daya reaktif}) = \text{Im } V_i V_j Y_{ij}$$

Dalam bentuk polar :

$$V_i = |V_i| e^{j\delta_i}$$

$$Y_{ij} = |Y_{ij}| e^{j\theta_{ij}}$$

Selanjutnya daya nyata dan daya reaktif dapat dinyatakan

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_i - \theta_j) \dots \dots \dots (2.28)$$

$$Q_i = - |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_i - \theta_j) \dots \dots \dots (2.29)$$

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

Untuk n buah simpul diperlukan $2n$ persamaan, dan diperlukan $4n$ variabel.

Persamaan-persamaan diatas merupakan hubungan yang diperlukan, untuk perhitungan aliran daya dengan menggunakan komputer dan berlaku untuk sistem satu fasa maupun tiga fasa dalam keadaan setimbang. Sedangkan perhitungan dilakukan dalam satuan pu

2. Dalam menghitung empat buah variabel yang terdapat dalam n simpul diatas diperlukan $2n$ persamaan. Untuk memecahkan hal ini, terlebih dahulu harus diketahui $2n$ variabel, baru kemudian dicari 2 variabel lainnya. Penentuan $2n$ variabel ini dilakukan dengan cara menentukan beberapa macam simpul yang terdapat dalam sistem, yaitu :

a. Simpul Beban (PQ)

Pada simpul ini jumlah netto daya nyata (P_i) dan daya reaktif (Q_i) ditentukan. Untuk itu, besarnya beban P_{Bi} ditentukan berdasarkan perkiraan beban, sedangkan besarnya daya yang dibangkitkan P_{Gi} dan Q_{Gi} ditentukan besarnya. Selanjutnya $P_i = P_{Bi} - P_{Gi}$ dan $Q_i = Q_{Bi} - Q_{Gi}$

b. Simpul Generator (PV)

Pada simpul ini besarnya daya nyata (P_i) dan tegangan (V_i) ditentukan dan besarnya nilai P_{Bi} dan Q_{Bi} diketahui dari perkiraan beban. Sedangkan nilai daya reaktif Q_i dan θ_i tidak diketahui/dicari.

c. Simpul referensi (*Slack Bus*)

Bedanya dengan kedua macam simpul diatas adalah besarnya daya nyata (P_i) dan daya reaktif (Q_i) tidak ditentukan. Di lain pihak yang ditentukan adalah besarnya tegangan $|V_i|$ dan sudut phasa θ_i yang biasanya ditentukan sama dengan 0 (nol), sehingga merupakan sudut referensi bagi tegangan dalam sistem. Simpul referensi ini diperlukan karena nilai daya nyata (P_i) dan daya reaktif (Q_i) pada setiap simpul tidak dapat ditentukan terlebih dahulu.

3. Nilai P dan Q dalam sistem baru dapat dihitung setelah aliran daya dalam sistem telah dihitung. Selajutnya harus diperhitungkan dengan daya nyata dan daya reaktif yang dibangkitkan pada simpul referensi dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_i = \sum P_{Bi} + P_r - \sum P_{Gi} \quad (i \neq 1) \dots \dots \dots (2.30)$$

$$Q_i = \sum Q_{Bi} + Q_r - \sum Q_{Gi} \quad (i \neq 1) \dots \dots \dots (2.31)$$

Indeks l ($i=1$) adalah indeks bagi simpul referensi

2.4.2. Metode Newton Raphson

Metode yang umum dan banyak disukai untuk mendapatkan penyelesaian aliran daya adalah Metode Newton Raphson. Dimana metode ini bila dibandingkan dengan metode-metode yang lainnya seperti Gauss-Seidel mempunyai waktu hitung konvergensi yang lebih cepat (membutuhkan waktu iterasi yang lebih sedikit). Metode Newton Raphson dibentuk berdasarkan matrik admitansi simpul (Y_{bus}), satu prosedur yang langsung dan sederhana.

Pada admitansi simpul, diagonal elemennya (Y_{pp}) adalah jumlah admitansi dari semua elemen-elemen jaringan yang terhubung dengan simpul p tersebut. Untuk elemen bukan diagonal (Y_{pq}) adalah sama dengan negatif admitansi dari elemen jaringan yang menghubungkan dengan simpul p dan simpul q .

Karena pada jaringan sistem tenaga listrik tidak semua simpul saling berhubungan satu dengan yang lainnya, maka Y_{bus} akan membentuk matrik yang terdiri dari elemen-elemen yang mempunyai nilai $\neq 0$ (diantara simpul-simpul tersebut mempunyai hubungan saluran transmisi) dan elemen-elemen yang bernilai $= 0$ (diantara simpul-simpul tersebut tidak mempunyai hubungan saluran transmisi)

Hubungan antara arus simpul I_p dan tegangan simpul V_q pada suatu jaringan dengan simpul dapat ditulis :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \dots\dots\dots(2.32)$$

Persamaan daya pada bus dinyatakan :

$$S_p = P_p + jQ_p = V_p I_p^*$$

$$= V_p \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \dots\dots\dots (2.33)$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \dots\dots\dots (2.34)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \dots\dots\dots (2.35)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnetude tegangan ($|V|$) dan sudut phasa (δ) setiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan aliran daya (2.34) dan (2.35) yang dilinearkan dengan metode Newton Raphson seperti persamaan dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

ΔP = Selisih injeksi netto daya aktif dengan penjumlahan aliran daya aktif tiap transmisi yang menghubungkan simpul dengan $|V|$ yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k

ΔQ = Selisih injeksi netto daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya reaktif setiap transmisi yang menghubungkan simpul dengan $|V|$ yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k

$\Delta \delta$ = Vektor koreksi sudut phasa tegangan

$\Delta |V|$ = Vektor koreksi magnetude tegangan

H, L, M, N, merupakan elemen-elemen off-diagonal dari sub matrik Jacobian yang dibentuk dengan mendiferensialkan persamaan (2.34),(2.35) dan (2.36)

dimana :

$$H_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial \delta_q}; \quad N_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial |V_q|}; \quad M_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q}; \quad L_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|}$$

Adapun rumus dari elemen-elemen dari jacobian adalah :

Untuk H adalah :

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_p|} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

Untuk N adalah :

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = |V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_p|} = 2 |V_p Y_{pp}| \cos \theta_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_p Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

Untuk M adalah :

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_p} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

Untuk L adalah :

$$\frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|} = |V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial |V_p|} = |V_p Y_{pp}| \sin \theta_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

BAB III

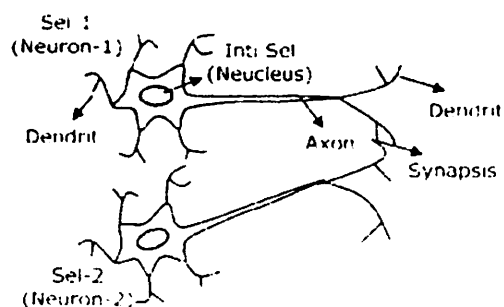
OPTIMALISASI DAYA REAKTIF DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN

3.1. Jaringan Syaraf Tiruan^[4]

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

3.2. Otak Manusia

Otak manusia berisi berjuta-juta sel syaraf yang bertugas untuk memproses informasi. Tiap-tiap sel bekerja seperti suatu prosesor sederhana. Masing-masing sel tersebut saling berinteraksi sehingga mendukung kemampuan kerja otak manusia.



Gambar 3-1 Susunan Syaraf Manusia

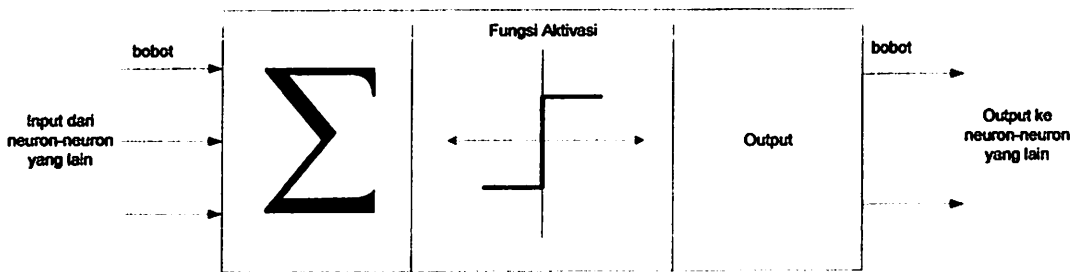
Sumber : Kusumadewi, Sri., "Artificial Intelegence", Graha Ilmu, Jakarta, 2003

Gambar 3.1 menunjukkan susunan syaraf pada manusia. Setiap sel syaraf (neuron) akan memiliki satu inti sel, inti sel ini nanti yang akan bertugas untuk

melakukan pemrosesan informasi. Informasi yang datang akan diterima oleh dendrit. Selain menerima informasi, dendrit juga menyertai axon sebagai keluaran dari suatu pemrosesan informasi. Informasi hasil olahan ini akan menjadi masukan bagi neuron lain yang mana antar dendrit kedua sel tersebut dipertemukan dengan synapsis. Informasi yang dikirimkan antar neuron ini berupa rangsangan yang di lewatkan melalui dendrit. Informasi yang datang dan diterima oleh dendrit akan di jumlahkan dan dikirim melalui axon ke dendrit akhir yang bersentuhan dengan dendrit dari neuron yang 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 teraktivasi. Hubungan antar neuron terjadi secara adaptif, artinya struktur tersebut terjadi secara dinamis. Otak manusia selalu memiliki kemampuan untuk belajar dengan melakukan adaptasi.

3.3. Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun demikian, hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf terdiri dari beberapa **neuron**, dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama **bobot**. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Gambar 3.2 menunjukkan struktur neuron pada jaringan syaraf.



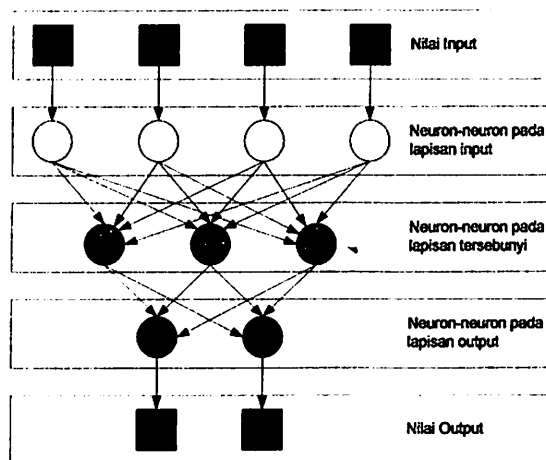
Gambar 3-2 Struktur Neuron Jaringan Syaraf

Sumber : Kusumadewi, Sri., "Artificial Intelligence", Graha Ilmu, Jakarta, 2003

Jika kita lihat, neuron buatan ini sebenarnya mirip dengan sel neuron biologis. Neuron-neuron buatan tersebut bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron-neuron biologis. Informasi (disebut dengan: **Input**) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui **fungsi aktivasi** setiap neuron. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan, tapi kalau tidak, maka neuron tersebut tidak akan diaktifkan. Apabila neuron tersebut diaktifkan, maka neuron tersebut akan mengirimkan output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Demikian seterusnya.

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layers*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-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 ke lapisan output melalui lapisan yang lainnya, yang sering di kenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada

algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan. Gambar 3-3 menunjukkan jaringan dengan tiga lapisan. Pada gambar 3-3 tersebut bukanlah struktur umum jaringan syaraf. Beberapa jaringan syaraf ada juga yang tidak memiliki lapisan tersembunyi, dan ada juga jaringan syaraf dimana neuron-neuronnya disusun dalam bentuk matriks.



Gambar 3-3 Jaringan Syaraf dengan 3 Lapisan

Sumber : Kusumadewi, Sri., "Artificial Intelegence", Graha Ilmu, Jakarta, 2003

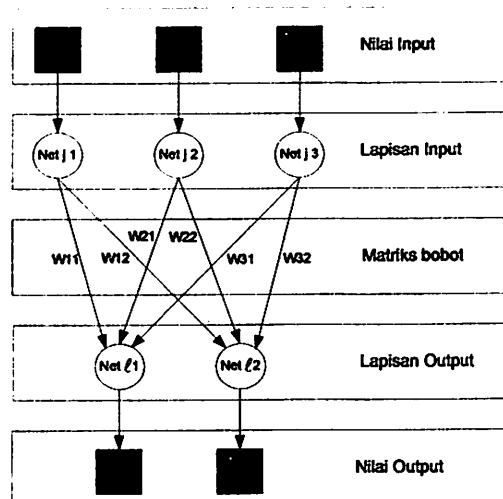
3.4. Arsitektur Jaringan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa neuron-neuron dikelompokkan dalam lapisan-lapisan. Umumnya, neuron-neuron yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan yang sama. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu neuron adalah fungsi aktivasi dan bobotnya. Pada setiap lapisan yang sama, neuron-neuron akan memiliki fungsi aktivasi yang sama. Apabila neuron-neuron dalam satu lapisan (misalkan lapisan tersembunyi) akan di hubungkan dengan neuron-neuron pada lapisan yang lain (misalkan lapisan output), maka setiap neuron pada lapisan tersebut (misalkan lapisan tersembunyi)

juga harus dihubungkan dengan setiap lapisan pada lapisan lainnya (misalkan lapisan output).

3.4.1. Jaringan dengan Lapisan Tunggal (single layer net)

Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot-bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima input kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi output tanpa harus melalui lapisan tersembunyi (Gambar 3.4). Pada gambar 3-4 tersebut, lapisan input memiliki 3 neuron, yaitu Net_j1 , Net_j2 , dan Net_j3 . Sedangkan pada lapisan output memiliki 2 neuron yaitu Net_l1 dan Net_l2 . Neuron-neuron pada kedua lapisan saling berhubungan. Seberapa besar hubungan antara 2 neuron ditentukan oleh bobot yang bersesuaian. Semua unit input akan dihubungkan dengan setiap unit output.¹³⁾

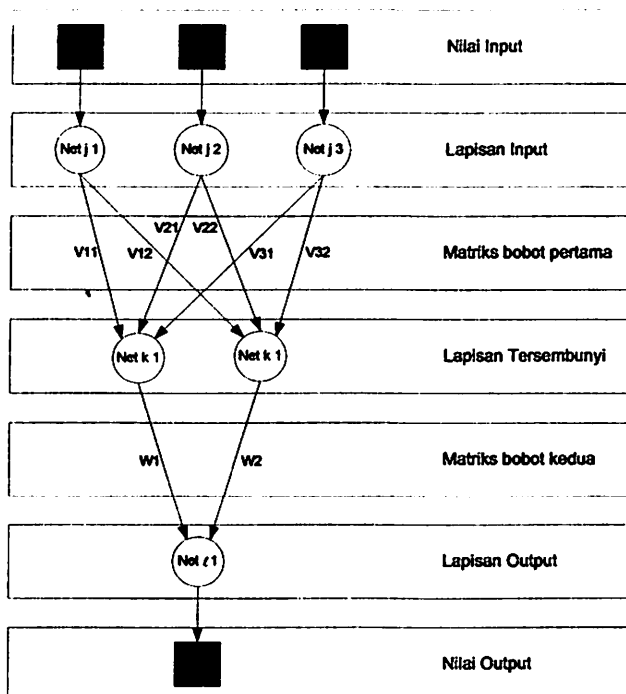


Gambar 3-4 Jaringan Syaraf dengan Lapisan Tunggal

Sumber : Kusumadewi, Sri., "Artificial Intelligence", Graha Ilmu, Jakarta, 2003

3.4.2. Jaringan dengan Banyak Lapisan (multilayer net)

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki 1 atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan input dan lapisan output (memiliki 1 atau lebih lapisan tersembunyi), seperti terlihat pada gambar 3-5. Umumnya, ada lapisan bobot-bobot yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit dari pada lapisan dengan lapisan tunggal, tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit. Namun demikian, pada banyak kasus, pembelajaran pada jaringan dengan banyak lapisan ini lebih sukses dalam menyelesaikan masalah. Oleh karena itu dalam skripsi ini di gunakan jaringan dengan banyak lapisan (Multilayer net) atau dengan istilah lain menggunakan *Jaringan Syaraf Banyak Lapisan (Multilayer Neural Network)*.^{1,2)}



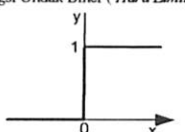
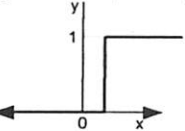
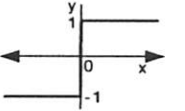
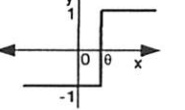
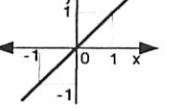
Gambar 3-5 Jaringan Syaraf dengan Banyak Lapisan

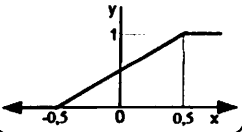
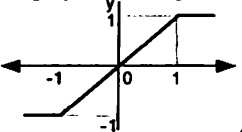
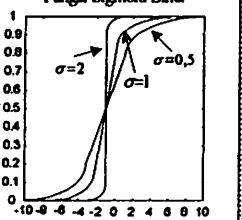
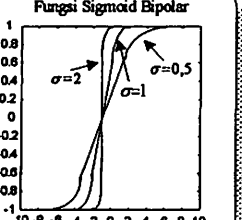
Sumber : Kusumadewi, Sri., "Artificial Intelegence", Graha Ilmu, Jakarta, 2003

3.5. Fungsi Aktivasi

Fungsi Aktivasi adalah fungsi yang mengolah data input menjadi output, pada permasalahan skripsi ini menggunakan fungsi aktivasi Sigmoid Biner. Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan, antara lain dapat dilihat pada tabel 3-1 berikut :

Tabel 3-1
Jenis-jenis fungsi aktivasi pada Jaringan Syaraf Tiruan

FUNGSI AKTIVASI	KETERANGAN	DEFINISI
<p>Fungsi Undak Biner (<i>Hard Limit</i>)</p> 	<p>Jaringan dengan lapisan tunggal sering menggunakan fungsi undak biner (<i>step function</i>) untuk mengkonversikan input dari suatu variabel yang bernilai kontinu ke suatu output biner (0 atau 1)</p>	$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 0 \\ 1, & \text{jika } x > 0 \end{cases}$
<p>Fungsi Undak Biner (<i>Threshold</i>)</p> 	<p>Fungsi undak biner dengan menggunakan nilai ambang sering juga disebut dengan nama fungsi nilai ambang (<i>threshold</i>) atau fungsi Heaviside</p>	$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < \theta \\ 1, & \text{jika } x > \theta \end{cases}$
<p>Fungsi Bipolar (<i>Symmetric Hard Limit</i>)</p> 	<p>Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1,0 atau -1</p>	$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > 0 \\ 0, & \text{jika } x = 0 \\ -1, & \text{jika } x < 0 \end{cases}$
<p>Fungsi Bipolar (dengan <i>Threshold</i>)</p> 	<p>Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner dengan <i>threshold</i>, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1,0 atau -1</p>	$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > \theta \\ -1, & \text{jika } x < \theta \end{cases}$
<p>Fungsi Linear (<i>Identitas</i>)</p> 	<p>Fungsi linear memiliki nilai output yang sama dengan nilai inputnya</p>	$y = x$

<p>Fungsi Saturating Linear</p> 	<p>Fungsi ini akan bernilai 0 jika inputnya kurang dari $-\frac{1}{2}$, dan akan bernilai 1 jika inputnya lebih dari $\frac{1}{2}$. Sedangkan jika nilai input terletak antara $-\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{2}$, maka outputnya akan bernilai sama dengan nilai input ditambah $\frac{1}{4}$.</p>	$y = \begin{cases} 1; & \text{jika } x \geq 0,5 \\ x + 0,5; & \text{jika } -0,5 \leq x < 0,5 \\ 0; & \text{jika } x < -0,5 \end{cases}$
<p>Fungsi Symetric Saturating Linear</p> 	<p>Fungsi ini akan bernilai -1 jika inputnya kurang dari -1, dan akan bernilai 1 jika inputnya lebih dari 1. Sedangkan jika nilai input terletak antara -1 dan 1, maka outputnya akan bernilai sama dengan nilai inputnya.</p>	$y = \begin{cases} 1; & \text{jika } x \geq 1 \\ x; & \text{jika } -1 \leq x < 1 \\ -1; & \text{jika } x < -1 \end{cases}$
<p>Fungsi Sigmoid Biner</p> 	<p>Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode <i>backpropagation</i>. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh jaringan syaraf yang nilai outputnya 0 atau 1</p>	$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}}$ <p>dengan :</p> $f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)]$
<p>Fungsi Sigmoid Bipolar</p> 	<p>Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja output dari fungsi ini memiliki range antara -1 sampai 1</p>	$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}}$ <p>dengan :</p> $f'(x) = [1 + f(x)][1 - f(x)]$

3.6. Proses Pembelajaran

Pada otak manusia, informasi yang di lewatkan dari satu neuron ke neuron yang lainnya berbentuk rangsangan listrik melalui dendrit. Jika rangsangan tersebut diterima oleh suatu neuron, maka neuron tersebut akan membangkitkan output ke semua neuron yang berhubungan dengannya sampai informasi tersebut sampai ke tujuannya yaitu terjadinya suatu reaksi. Jika rangsangan yang diterima terlalu halus, maka output yang dibangkitkan oleh neuron tersebut tidak akan

terlalu halus, maka output yang dibangkitkan oleh neuron tersebut tidak akan direspon. Tentu saja sangatlah sulit untuk memahami bagaimana otak manusia bisa belajar. Selama proses pembelajaran, terjadi perubahan yang cukup berarti pada bobot yang menghubungkan antar neuron. Apabila ada rangsangan yang sama dengan rangsangan yang telah diterima oleh neuron, maka neuron akan memberikan reaksi dengan cepat. Namun apabila kelak ada rangsangan yang berbeda dengan apa yang telah diterima oleh neuron, maka neuron akan segera beradaptasi untuk memberikan reaksi yang sesuai.

Jaringan syaraf akan mencoba untuk mensimulasikan kemampuan otak manusia untuk belajar. Jaringan syaraf tiruan juga tersusun atas neuron-neuron dan dendrit. Tidak seperti model biologis, jaringan syaraf memiliki struktur yang tidak dapat diubah, dibangun oleh sejumlah neuron, dan memiliki nilai tertentu yang menunjukkan seberapa besar koneksi antara neuron (yang di kenal dengan nama bobot). Perubahan yang terjadi selama proses pembelajaran adalah perubahan nilai bobot. Nilai bobot akan bertambah, jika informasi yang di berikan oleh neuron yang bersangkutan tersampaikan, sebaliknya jika informasi tidak di sampaikan oleh suatu neuron ke neuron yang lain, maka nilai bobot yang menghubungkan keduanya akan di kurangi. Pada saat pembelajaran dilakukan pada input yang berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai nilai yang cukup seimbang. Apabila nilai ini telah tercapai mengindikasikan bahwa tiap-tiap input telah berhubungan dengan output yang diharapkan.^[3]

3.6.1. Pembelajaran Terawasi (Supervised Learning)

Metode pembelajaran pada jaringan syaraf disebut terawasi jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya.

Contoh : andaikan kita memiliki jaringan syaraf yang akan digunakan untuk mengenali pasangan pola, misalkan pada operasi AND :

Input		Target
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Pada proses pembelajaran, satu pola input akan diberikan ke satu neuron pada lapisan input. Pola ini akan dirambatkan di sepanjang jaringan syaraf hingga sampai ke neuron pada 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.

Metode yang paling sering di gunakan adalah backpropagation. Ini dikarenakan backpropagation selain cukup simpel, metode ini juga telah terbukti mampu menyelesaikan masalah yang rumit dengan sukses. Oleh karena itu di dalam skripsi ini digunakan metode Backpropagation

3.6.2. Pembelajaran Tak Terawasi (Unsupervised Learning)

Pada metode pembelajaran yang tak terawasi tidak memerlukan target output. Pada metode ini, tidak dapat ditentukan hasil yang seperti apakah yang di harapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu range tertentu tergantung pada nilai input yang di berikan. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam area tertentu. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk pengelompokan (klasifikasi) pola.

3.7. Backpropagation

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. 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 terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi Sigmoid Biner.

3.7.1 Penurunan Algoritma Backpropagation.

Algoritma Backpropagation terdiri dari tahapan maju dan tahapan balik. Tahapan propagasi maju di mulai dengan memberikan suatu pola (sinyal) masukan pada lapisan input jaringan. Pada lapisan input, pola masukan hanya di

lewatkan untuk kemudian dikalikan dengan pembobot yang menghubungkan dengan lapisan hidden. Jadi lapisan input merupakan lapisan pasif karena tidak mengolah pola masukan. Dalam tiap lapisan yang berurutan (kecuali lapisan input), setiap elemen pengolah (neuron) menjumlahkan setiap masukan dan melewatkannya pada fungsi aktivasi untuk mendapatkan outputnya. Output ini disebar ke lapisan selanjutnya secara berurutan, untuk kemudian mengalami proses yang sama sampai pada lapisan output. Lapisan output jaringan kemudian menghasilkan keluaran jaringan secara keseluruhan. Jadi arah sebaran informasi adalah lapisan input - hidden - output.

Tahapan propagasi balik dimulai dengan membandingkan respon jaringan keseluruhan dengan output yang di inginkan. Perbedaan yang terjadi atau yang disebut dengan error, kemudian dipergunakan untuk memperbaiki harga pembobot jaringan.

Algoritma ini banyak di pakai pada aplikasi pengendalian karena prosedur belajarnya di dasarkan pada hubungan yang sederhana, jika output memberikan hasil yang salah, maka pembobot di koreksi supaya error dapat diperkecil dan respon jaringan selanjutnya diharapkan akan lebih mendekati harga yang benar. Prosedur ini analog dengan proses pengaturan, pada sistem pengaturan Backpropagation juga berkemampuan untuk menangani pelatihan pembobot pada lapisan hidden.

Fungsi aktivasi output yang biasa dipergunakan adalah fungsi sigmoid biner, karena metode Backpropagation memerlukan jenis fungsi yang dapat di

turunkan, penambahan harga aktivasi hanya dapat menambah output atau tetap, tanpa pernah berkurang.

Penguatan pada fungsi ini merupakan kemiringan kurva pada suatu tingkat eksitasi tertentu, dan nilainya berubah dari harga yang kecil pada eksitasi negatif menjadi harga eksitasi yang semakin besar dan positif. Grossberg membuktikan bahwa karakteristik gain yang non linier ini ternyata dapat menyelesaikan masalah noise – saturasi. Sinyal input kecil membutuhkan gain yang tinggi untuk menghasilkan output yang berguna jika dilewatkan pada jaringan, tetapi dengan banyaknya penguatan yang dilakukan secara bertahap (cascade) dapat membuat output menjadi saturasi dengan noise yang telah diperkuat, karena variasi random dari noise. Juga untuk sinyal input besar, sehingga output yang berguna menjadi koreksi berawal dari lapisan output dan menyebar ke lapisan hidden menuju ke lapisan input.

3.7.2. Inisialisasi Bobot Awal Secara Random

Pemilihan bobot awal sangat mempengaruhi jaringan syaraf dalam mencapai minimum global (atau mungkin hanya lokal saja) terhadap nilai error, serta cepat tidaknya proses pelatihan menuju kekonvergenan. Apabila nilai bobot awal terlalu besar, maka input ke setiap lapisan tersembunyi atau lapisan output akan jatuh pada daerah di mana turunan fungsi sigmoidnya akan sangat kecil. Sebaliknya apabila nilai bobot awal terlalu kecil, maka input kesetiap lapisan tersembunyi atau lapisan output akan sangat kecil, yang akan menyebabkan proses pelatihan akan berjalan sangat lambat. Biasanya bobot awal diinisialisasi secara

random dengan nilai antara -0,5 sampai 0,5 (atau -1 sampai 1, atau interval yang lainnya).^[4]

3.7.3. Algoritma Backpropagation

Algoritma untuk tahap pelatihan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

- Inisialisasi bobot (ambil bobot awal dengan nilai random yang cukup kecil)
- Mengerjakan 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 sinyal yang ada di atasnya (hidden layer)
- b. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j , $j = 1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan sinyal-sinyal input berbobot.

$$Z_{inj} = V_0 + \sum X_j V_{ij} \dots \dots \dots (3.0)$$

Menggunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya

$$Z_j = f(z_{inj}) \dots \dots \dots (3.1)$$

Dan mengirimkan 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 input berbobot :

$$y_{in_k} = W_{0k} + \sum_{i=1}^p Z_i W_{jk} \dots\dots\dots(3.2)$$

menggunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya :

$$y_k = f(y_{in_k}) \dots\dots\dots(3.3)$$

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

Backpropagation

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

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \dots\dots\dots(3.4)$$

kemudian menghitung koreksi bobotnya (yang nanti akan digunakan untuk memperbaiki nilai W_{jk}) :

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \dots\dots\dots(3.5)$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai W_{0k}) :

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots(3.6)$$

mengirimkan δ_k ini kesemua unit yang ada di lapisan bawahnya

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

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \dots\dots\dots(3.7)$$

mengalikan ini dengan turunan dari fungsi aktifasinya untuk menghitung error :

$$\delta_j = \delta_{\text{inf}}(z_{\text{inj}}) \dots \dots \dots (3.8)$$

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

$$\Delta V_{jk} = \alpha \delta_j x_i \dots \dots \dots (3.9)$$

menghitung koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai V_{0j}) :

$$\Delta V_{0j} = \alpha \delta_j \dots \dots \dots (4.0)$$

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

$$W_{jk} (\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \dots \dots \dots (4.1)$$

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

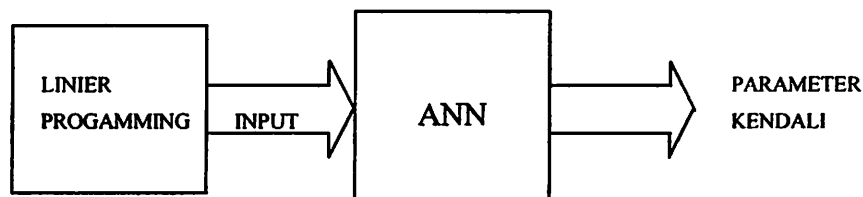
$$V_{ij} = V_{ij}(\text{lama}) + \Delta V_{ij} \dots \dots \dots (4.2)$$

2. Tes kondisi berhenti

3.8. Rencana Pengendalian Tegangan dan Daya Reaktif berdasarkan Jaringan Saraf Tiruan

Teknik berdasarkan jaringan saraf tiruan mempunyai keuntungan melebihi teknik konvensional dalam meningkatkan penampilan dibandingkan teknik lainnya. Berdasarkan sifat nyata bahwa jaringan saraf tiruan mempunyai kemampuan pemetaan non linier, proses secara paralel dan pembelajaran, perlengkapan ini membuatnya merasa sesuai untuk aplikasi kendali sistem tenaga.

Blok diagram algoritma berdasarkan jaringan saraf tiruan untuk kendali tegangan dan kendali daya reaktif dalam sistem tenaga ditunjukkan dalam gambar 1, metode ini berdasarkan penggunaan teknik pemrograman linier untuk menghasilkan pola pelatihan yang berbeda dan menghasilkan input data ke jaringan saraf tiruan. Dalam respon ini, jaringan saraf tiruan dilatih untuk menentukan pengaturan variabel kendali yang sesuai dan dibutuhkan untuk mengurangi tegangan tinggi, tegangan rendah dan batas kesalahan daya reaktif generator



Gambar 3-6 Block diagram algoritma JST untuk mengendalikan Tegangan dan Daya Reaktif

Sumber : Joorobian, M and Hooshmand, R., "Application of Artificial Neural Network in Voltage Reactive Control". Departement Of Electrical Engeneering, Shahid Chamran University Iran.

3.8.1. Menggunakan Pemrograman Linier (LP) Untuk Mengendalikan Tegangan dan Daya Reaktif dan Penyimpanan Data Untuk JST^[2]

Model sistem daya yang dinyatakan oleh persamaan aliran daya

(2.1) dan (2.2) lebih lanjut dapat ditulis :

$$P_i = \sum_j V_i V_j (B_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j) + G_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j))$$

$$Q_i = \sum_j V_i V_j (-B_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j) + G_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j)) \dots \dots \dots (4.3)$$

dimana :

B_{ij} dan G_{ij} adalah susceptansi dan konduktansi dari bus i ke bus j

P_i dan Q_i adalah injeksi daya reaktif dan aktif pada bus i

V_i dan δ_i adalah besarnya tegangan dan sudut pada bus i

Dan persamaan rugi-rugi daya nyata diberikan sebagai berikut:

$$P_L = \sum_{k=1}^{NL} G_k (V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j)) \dots \dots \dots (4.4)$$

dimana :

N_L adalah banyaknya line dan G_k adalah konduktansi dari line k mulai bus i ke bus j

sebagai yang telah dijelaskan sebelumnya fungsi tujuannya (*objective fuctions*) adalah untuk memperkecil rugi-rugi daya nyata, P_L dalam sistem dengan mengendalikan tegangan generator, tap trafo dan injeksi daya reaktif (VAR). Oleh karena itu, dalam kaitannya untuk menentukan rumus P_L , fungsi tujuan

(*objective fuctions*) ditentukan berdasarkan variabel kendali (*control variabel*).

Dalam respon ini, batas dalam variabel yang diatur (*state variabel*) diberikan sebagai peraturan dasar untuk pemrograman PL dalam persamaan (4.3).

$$\begin{aligned} \text{Memperkecil} \quad & P_L \\ \text{Pokok untuk:} \quad & X_{\min} \leq X \leq X_{\max} \dots\dots\dots(4.5) \\ & Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max} \end{aligned}$$

Di dalam persamaan ini:

$$X = [V_G \ T \ Q_C] \quad Y = [V_L \ Q_G] \dots\dots\dots(4.6)$$

Dimana :

- X : Vektor variabel kendali
- Y : Vektor variabel tergantung
- V_G : Vektor Tegangan generator
- T : Vektor tap transformator
- Q_C : Vektor sumber daya reaktif (Kapasitor, SCV dll)
- V_L : Vektor tegangan bus beban
- Q_G : Vektor daya reaktif generator

Dengan merespon persamaan (4.3) dan (4.4), sejak prosedur ini menggunakan suatu rumus linier sebagai ganti pendekatan untuk memperkecil ΔP_L , perubahan dalam sistem rugi-rugi daya. Rugi-rugi daya ΔP_L dihubungkan ke variabel yang diatur (*state variabel*) dan diberikan dalam bentuk matrik berikut:

$$[Y] = [S] [X] \dots\dots\dots(4.7)$$

Dimana [S] adalah matrik sensitif (*sensitivity matrix*) aliran daya dan batas sistem dalam variabel kendali (*control variabel*). yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Memperkecil} & \Delta P_L = C' \Delta X \\
 \text{Pokok untuk} & \Delta X_{\min} \leq \Delta X \leq \Delta X_{\max} \dots\dots\dots(4.8) \\
 & \Delta Y_{\min} \leq \Delta Y = S. \Delta X \leq Y_{\max}
 \end{array}$$

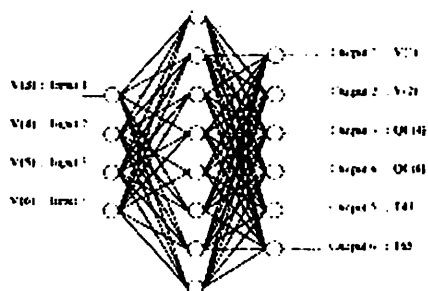
Di dalam persamaan :

$$C = \frac{\delta P_L}{\delta X} \quad \left| \begin{array}{l} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{array} \right.$$

Prosedur dimulai dengan menghitung koefisien fungsi tujuan C dan matrik sensitifitas (*sensitivity matrix*) [S]. Solusi untuk masalah PL memberikan perubahan yang diperlukan untuk variabel yang diatur (*state variabel*). Status variabel ini kemudian diubah dan aliran beban NR (*Newton Raphson*) dibentuk. Iterasi yang telah diselesaikan ini adalah masalah kendali VAR. Iterasi diulang-ulang hingga batas kepuasan dapat tercapai. Sesuai dengan flow cart ditunjukkan dalam gambar 2. ini jelas menunjukkan kendali optimal daya reaktif dan kendali tegangan menggunakan PL. Ini juga menunjukkan metode untuk menggunakan PL guna menghasilkan pelatihan data untuk JST. Simulasi PL didasarkan oleh menggunakan software Delphi dan JST menggunakan program MATLAB dalam sebuah standar PC

3.8.2. Topologi Jaringan Saraf Tiruan^[2]

Struktur JST didasarkan menggunakan jaringan saraf lapisan-multi dengan satu lapisan tersembunyi. Angka neuron dalam lapisan input sama dengan banyaknya bus beban dan angka neuron pada lapisan output ditetapkan menurut banyaknya variabel kendali (*control variabel*). Gambar 3-6 menunjukkan struktur JST untuk 6-bus sistem secara berturut-turut.



GAMBAR 3-7 JST Untuk 6 Bus

Sumber : Joorobian, M and Hooshmand, R., "Application of Artificial Neural Network in Voltage Reactive Control". Departement Of Electrical Engineering, Shahid Chamran University Iran.

3.8.3. Algoritma Program Optimasi

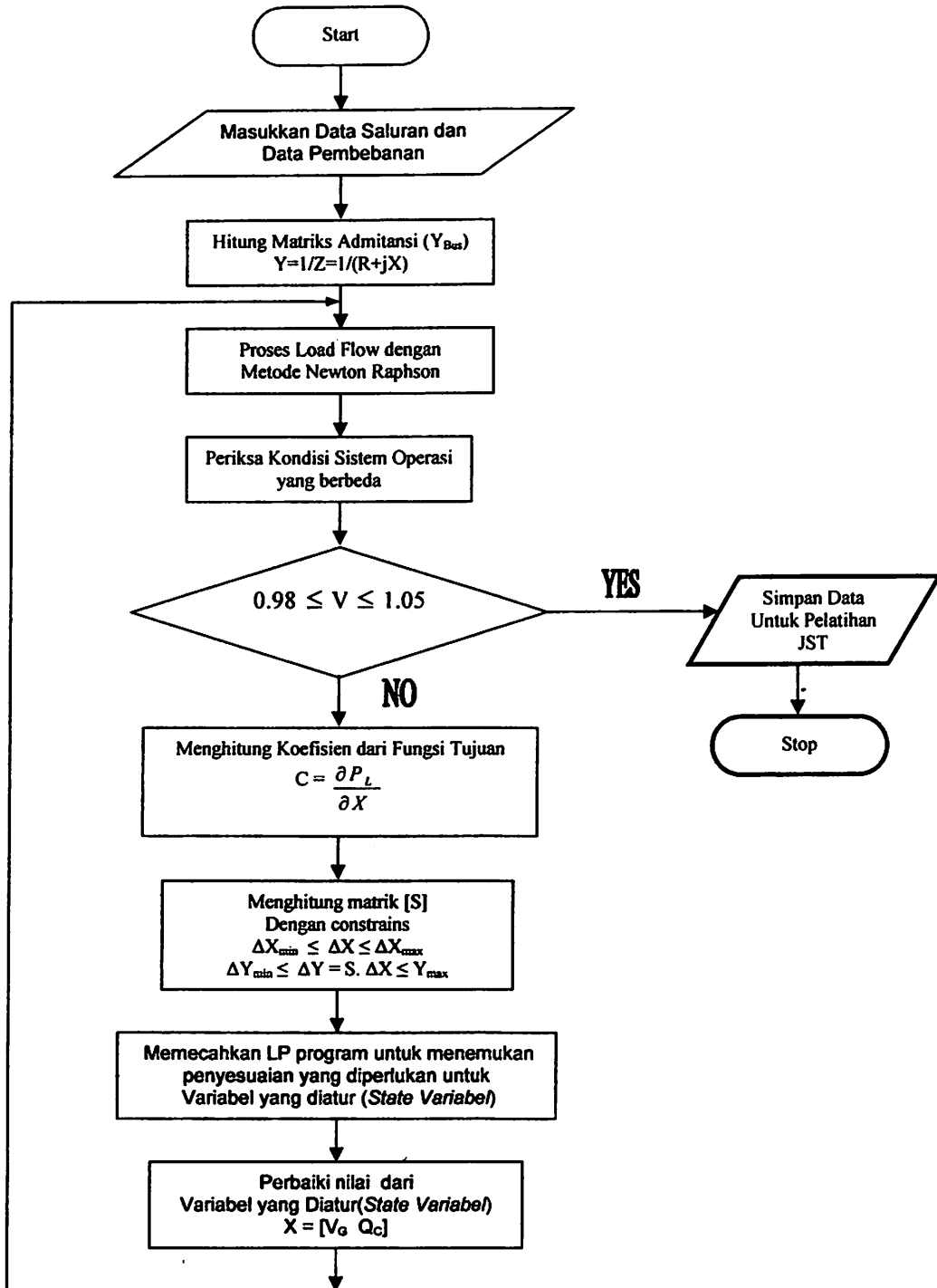
1. Masukkan data saluran, pembebanan dan pembangkitan
2. Menghitung matriks Admitansi Bus (Y_{Bus})
Persamaan 2
3. Hitung aliran daya menggunakan metode *Newton Raphson*
4. Periksa kondisi operasi yang berbeda
 - a. Tegangan simpul
 - b. Pembangkitan daya reaktif
 - c. Rugi-rugi
5. Periksa apakah tegangan system sudah berada pada batas-batas yang diijinkan ($0.98 \leq V \leq 1.05$) ?
 - a. Jika melanggar “Tidak”, kelangkah 6
 - b. Jika tidak melanggar “Yes”, optimasi JST (menyimpan data untuk JST)
6. Menghitung koefisien dari fungsi tujuan

$$C = \frac{\partial P_L}{\partial X}$$
7. Menghitung matriks [S]

$$[Y] = [S] [X] \dots\dots\dots (4.7)$$
 dengan batas yang ditentukan (*dengan constrains*) pada persamaan (4.8)
8. Selesaikan persoalan *Linier Programing* (LP) untuk mendapatkan harga variable Yang diatur (*State Variable*).
9. Perbaiki nilai variabel yang diatur
 - a. Tegangan simpul Generator
 - b. Sumber Daya Reaktif (reactor,kapasitor,SVC)
Tetapi memperhatikan batasan yang ditentukan (*dengan constrains*) pada persamaan (4.5)
10. Hitung aliran daya system dan kembali ke langkah 4

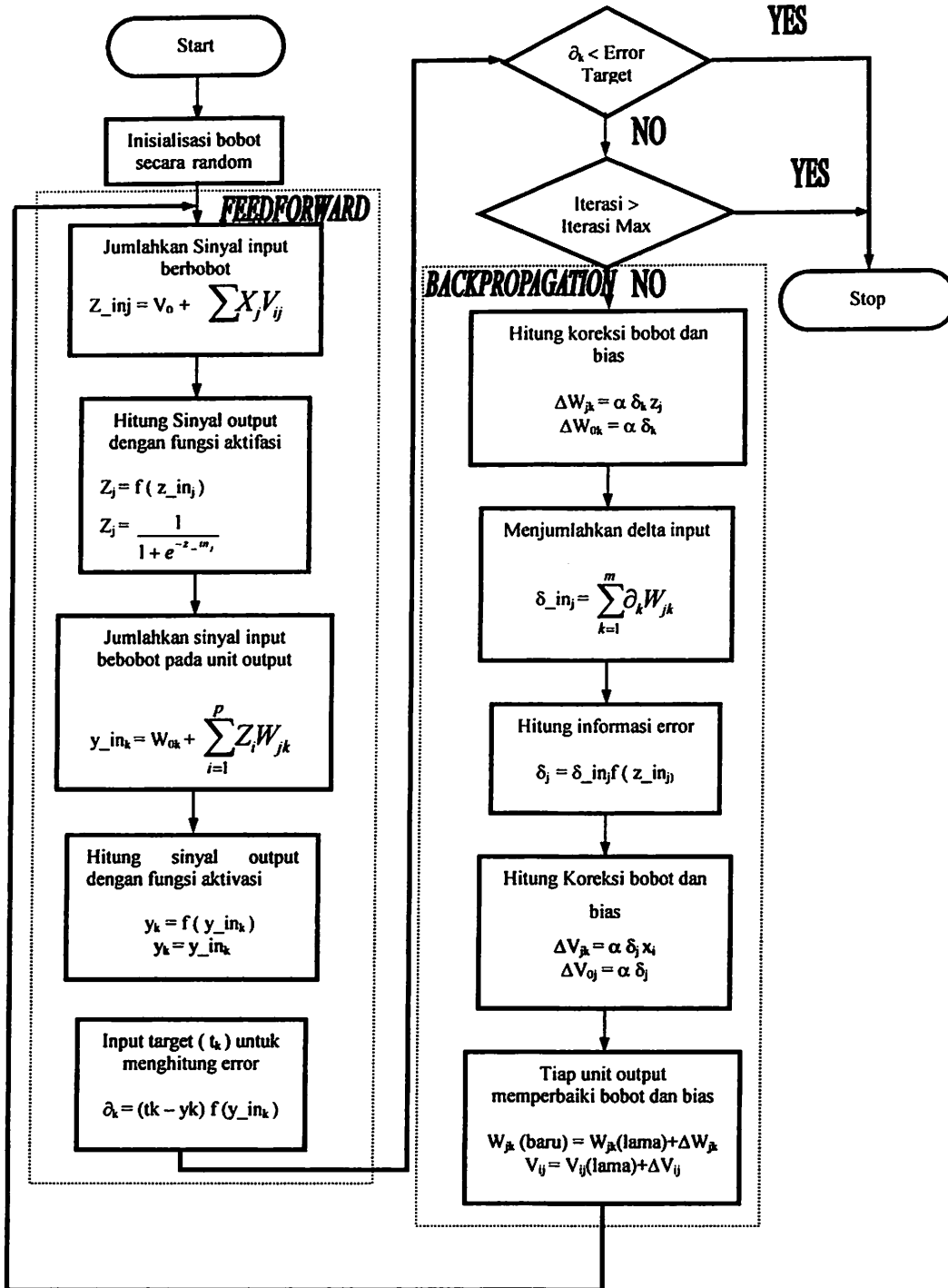
3.9. Flowchart Algoritma Program

3.9.1. Flowchart Algoritma Penyelesaian Masalah Optimalisasi



Gambar 3-8 : Flow Chart untuk Optimasi Tegangan dan Daya Reaktif, dan Penyimpanan Data untuk Pelatihan JST

3.9.2. Flowchart Jaringan Saraf Tiruan BackPropagation



Gambar 3-9. Flow Chart JST BackPropagation

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

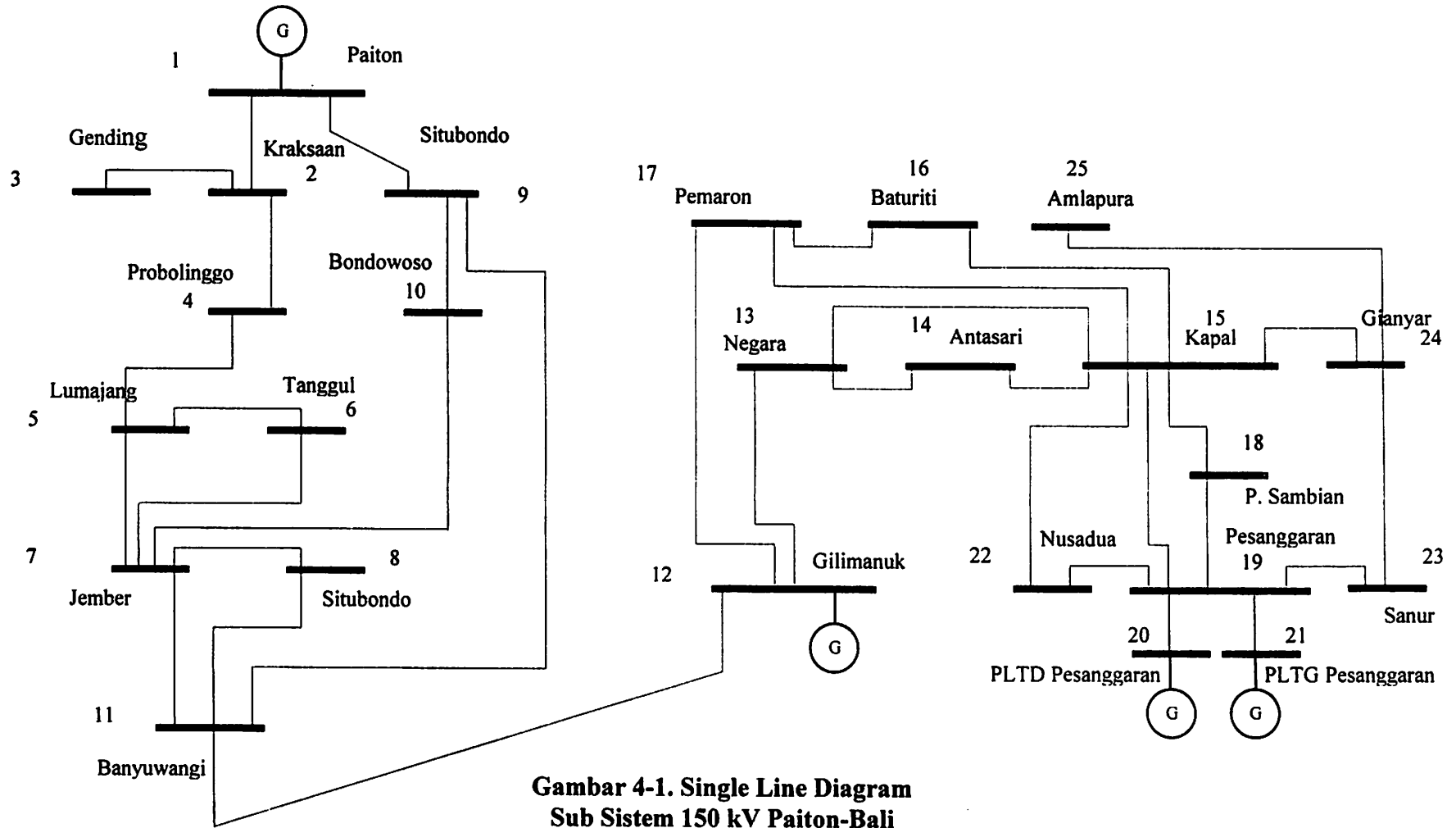
4.1. Sistem Tenaga Listrik Pada Sub Sistem 150 kV Paiton-Bali

Sistem tenaga listrik Region Paiton-Bali memakai sistem tegangan transmisi 150 kV. Untuk menyelesaikan masalah pengaturan tegangan dan daya reaktif ini terlebih dahulu harus ditetapkan diagram segaris yang akan dianalisa.

Dalam Sistem tenaga listrik tersebut terdapat 4 pembangkit yaitu : 2 pembangkit di Paiton, Gilimanuk dan 2 pembangkit di Pesanggaran. Semuanya terinterkoneksi melalui saluran 150 kV. Single Line Diagram sub sistem Paiton Bali tersebut ditunjukkan pada gambar. Jadi data yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari 25 bus dan 34 saluran. Dasar yang dipakai pada perhitungan adalah :

- Dasar Tegangan : 150 kV
- Daya Dasar : 100 MVA

Data-data sub sistem Paiton Bali dipergunakan untuk menghitung aliran daya dengan menggunakan metode Newton Raphson, juga digunakan untuk menentukan nilai setingan bus generator dan kapasitor dengan menggunakan metode Pemrograman Linier dan juga digunakan untuk menghitung hasil output dari training JST.



4.2. Data Pembangkitan dan Pembebanan

Tabel 4-1
Data Bus Transmisi 150kV Paiton - Bali

No. Bus	Nama Bus
1	Paiton
2	Kraksaan
3	Gending
4	Probolinggo
5	Lumajang
6	Tanggul
7	Jember
8	Genteng
9	Situbondo
10	Bondowoso
11	Banyuwangi
12	Gilimanuk
13	Negara
14	Antasari
15	Kapal
16	Baturiti
17	Pemaron
18	Padang Sambian
19	Pesanggaran
20	PLTG Pesanggaran
21	PLTD Pesanggaran
22	Nusadua
23	Sanur
24	Gianyar
25	Amplapura

Sumber : PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali

Tabel 4-2
Data Pembangkitan dan Pembebanan

Nomer Bus	Tegangan (pu)	Pgenerator (MW)	Qgenerator (MVAR)	Qmin	Qmax	PLoad (MW)	QLoad (MVAR)
1	1	-	-	-200	300	39.3	7.9
2	0	-	-			14	6
3	0	-	-			18	8.5
4	0	-	-			36.1	16.5
5	0	-	-			39	16.6
6	0	-	50			22.5	9.7
7	0	-	-			62.2	30
8	0	-	-			41	21.3
9	0	-	-			23	5.9
10	0	-	-			17.2	7
11	0	-	-			37.8	18.7
12	1	99.9	-	-100	100	5.4	2.7
13	0	-	-			11.9	4.4
14	0	-	-			6.2	2.9
15	0	-	50			63.6	22.8
16	0	-	-			4.1	0.8
17	0	-	-			23.6	4.3
18	0	-	-			16.4	7
19	0	-	-			73.3	28.9
20	1	2.2	-	-70	70	0	0
21	1	96.7	-	-95	95	0	0
22	0	-	25			45.5	13.6
23	0	-	25			50.3	13.5
24	0	-	-			35.4	7.9
25	0	-	-			14.2	3.3

Sumber : PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali

Tabel 4-3
Data Saluran Transmisi 150 kV Paiton - Bali

No. Saluran	Hubungan Saluran	Jumlah Sirkuit	R pu (ohm)	X pu (ohm)
1	1 - 2	2	0.0053	0.0179
2	1 - 9	2	0.0048	0.0346
3	2 - 3	1	0.0100	0.0340
4	2 - 4	2	0.0079	0.0269
5	4 - 5	2	0.0135	0.0460
6	5 - 6	1	0.0167	0.0571
7	5 - 7	1	0.0315	0.1077
8	6 - 7	1	0.0148	0.0506
9	7 - 8	1	0.0337	0.1151
10	7 - 10	2	0.0104	0.0353
11	7 - 11	1	0.0430	0.1469
12	8 - 11	1	0.0177	0.0604
13	9 - 10	2	0.0091	0.0310
14	9 - 11	2	0.0966	0.0457
15	11 - 12	2	0.0046	0.0120
16	12 - 13	1	0.0116	0.0336
17	12 - 17	2	0.0399	0.1314
18	13 - 14	1	0.0270	0.0783
19	13 - 15	1	0.0412	0.1194
20	14 - 15	1	0.0142	0.0411
21	15 - 16	1	0.0362	0.0693
22	15 - 17	1	0.0556	0.1054
23	15 - 18	1	0.0105	0.0304
24	15 - 19	1	0.0105	0.0304
25	15 - 22	1	0.0293	0.0561
26	15 - 24	2	0.0059	0.0170
27	16 - 17	1	0.0194	0.0371
28	18 - 19	1	0.0045	0.0130
29	19 - 20	1	0.0020	0.0044
30	19 - 21	1	0.0020	0.0056
31	19 - 22	1	0.0127	0.0243
32	19 - 23	1	0.0037	0.0070
33	23 - 24	1	0.0078	0.0149
34	24 - 25	2	0.0103	0.0298

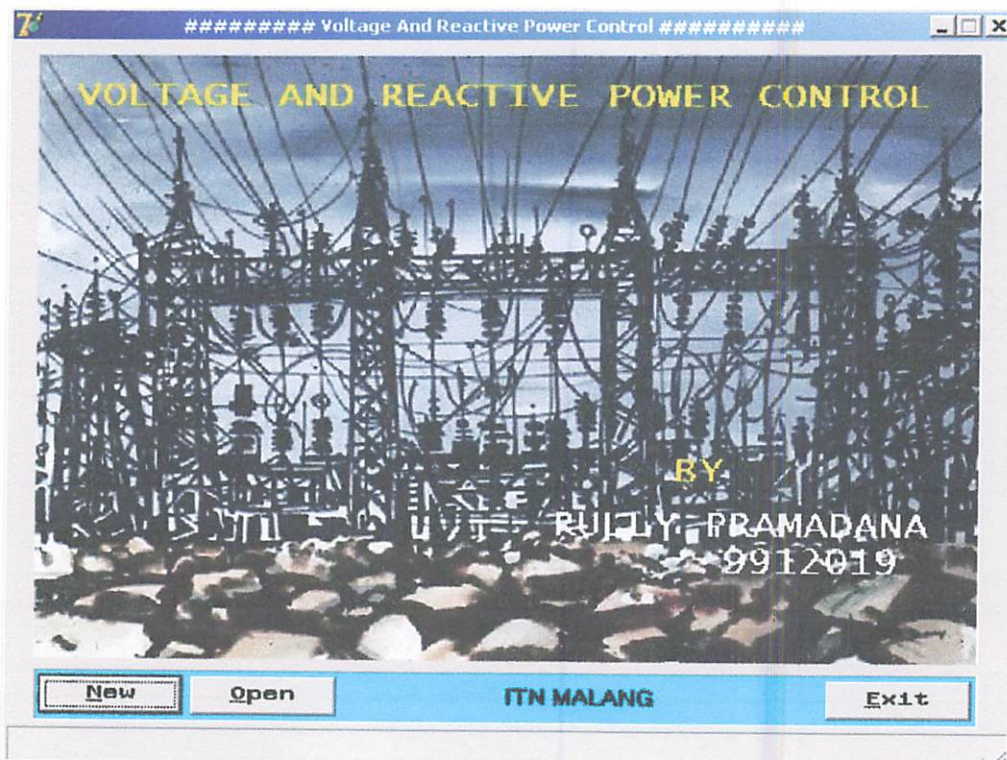
Sumber : PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali

4.3. Hasil Dan Analisis Hasil

4.3.1. Tampilan Program 1

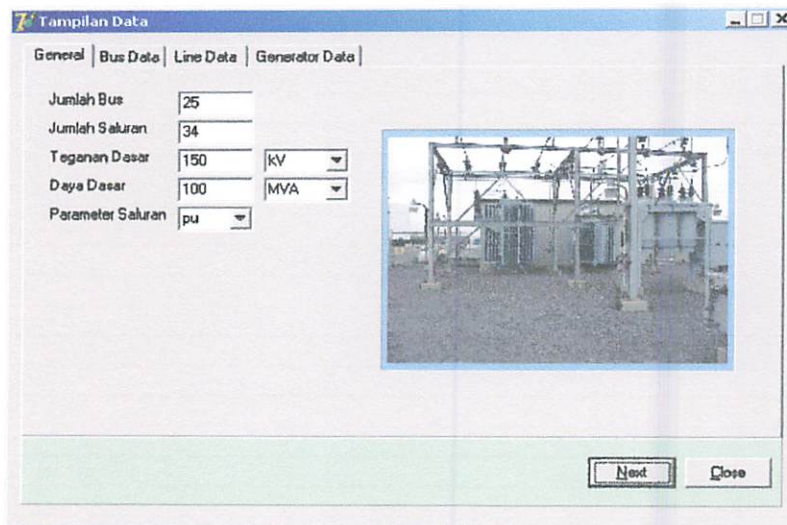
Program Pemrograman Linier dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0, sedangkan Program JST dijalankan menggunakan Program Matlab 6

1. Tampilan Utama dari program



Gambar 4-2. Tampilan Program Utama

2. Tekan tombol open file untuk membuka file yang sudah tersimpan



Gambar 4-3. Tampilan Inputan Data

3. Kemudian tekan tombol data bus

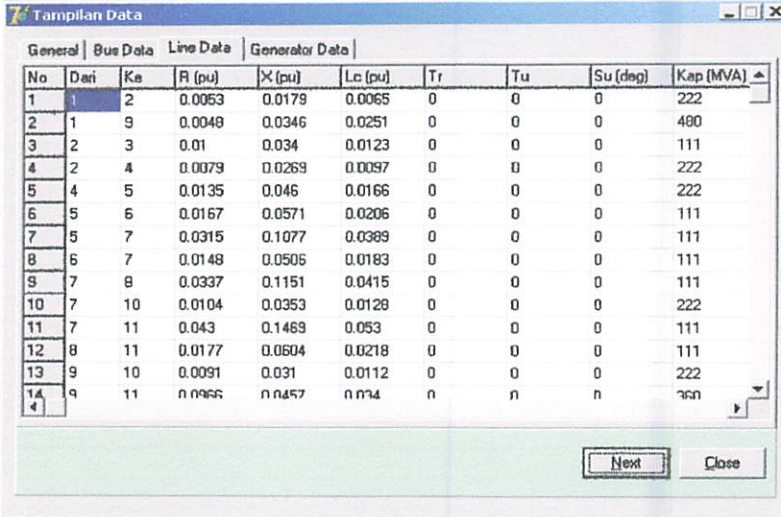
The screenshot shows the 'Tampilan Data' window with the 'Bus Data' tab selected. The table below displays the data for 15 buses.

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Cap (pu)	Type Bus
1	1	0	0	0	39.3	7.9	0	1
2	1	0	0	0	14	6	0	3
3	1	0	0	0	18	8.5	0	3
4	1	0	0	0	36.1	16.5	0	3
5	1	0	0	0	39	16.6	0	3
6	1	0	0	0	22.5	9.7	0	3
7	1	0	0	50	62.2	30	0	3
8	1	0	0	0	41	21.3	0	3
9	1	0	0	0	23	5.9	0	3
10	1	0	0	0	17.2	7	0	3
11	1	0	0	0	37.8	18.7	0	3
12	1	0	99.9	0	5.4	2.7	0	2
13	1	0	0	0	11.9	4.4	0	3
14	1	0	0	0	6.2	2.9	0	3
15	1	0	0	50	62.2	30	0	3

'Next' and 'Close' buttons are visible at the bottom.

Gambar 4-4. Data Bus

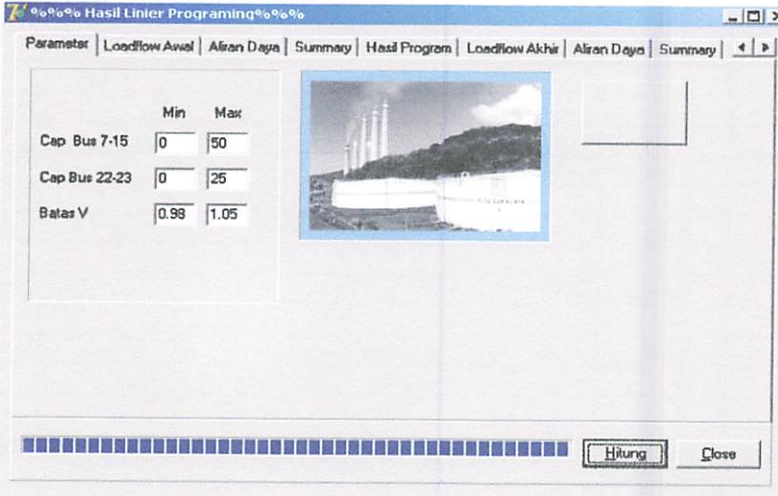
4. Tekan tombol data saluran kemudian tombol next ke menu hasil LP



No	Dari	Ke	R (pu)	X (pu)	Lc (pu)	Tr	Tu	Su (deg)	Kap (MVA)
1	1	2	0.0053	0.0179	0.0065	0	0	0	222
2	1	9	0.0048	0.0346	0.0251	0	0	0	480
3	2	3	0.01	0.034	0.0123	0	0	0	111
4	2	4	0.0079	0.0269	0.0097	0	0	0	222
5	4	5	0.0135	0.046	0.0166	0	0	0	222
6	5	6	0.0167	0.0571	0.0206	0	0	0	111
7	5	7	0.0315	0.1077	0.0389	0	0	0	111
8	6	7	0.0148	0.0505	0.0183	0	0	0	111
9	7	8	0.0337	0.1151	0.0415	0	0	0	111
10	7	10	0.0104	0.0353	0.0128	0	0	0	222
11	7	11	0.043	0.1469	0.053	0	0	0	111
12	8	11	0.0177	0.0604	0.0218	0	0	0	111
13	9	10	0.0091	0.031	0.0112	0	0	0	222
14	9	11	0.0965	0.3457	0.074	0	0	0	360

Gambar 4-5. Data Saluran

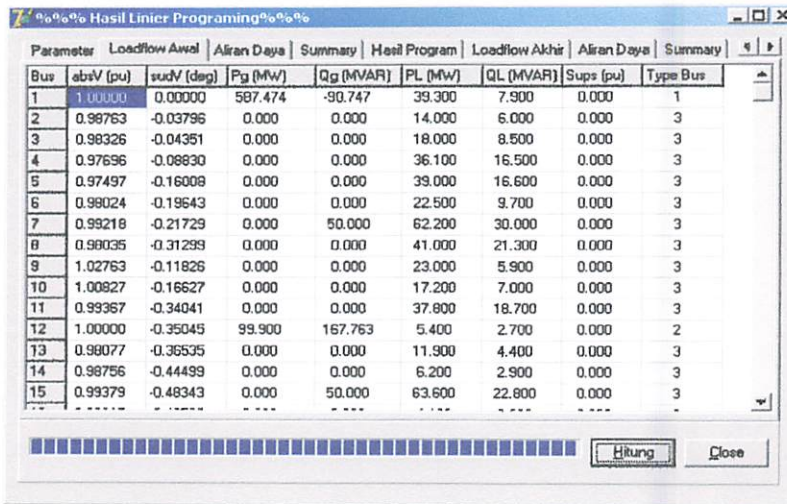
5. Tekan tombol hitung untuk melihat hasil perhitungan aliran daya kondisi awal, akhir, rugi-rugi daya dan hasil setingan LP yaitu bus slack, bus generator dan kapasitor.



	Min	Max
Cap Bus 7-15	0	50
Cap Bus 22-23	0	25
Batas V	0.98	1.05

Gambar 4-6. Parameter LP

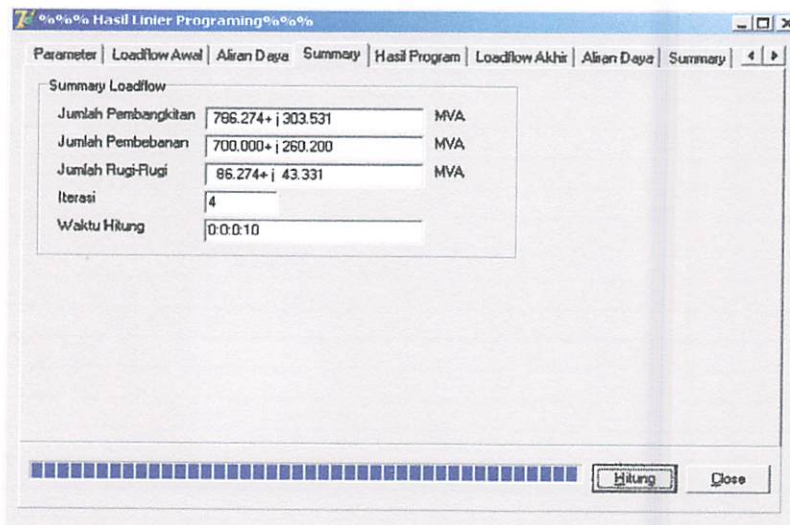
6. Tekan tombol Load Flow Awal



Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Sups (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	587.474	-90.747	39.300	7.900	0.000	1
2	0.99763	-0.03796	0.000	0.000	14.000	6.000	0.000	3
3	0.98326	-0.04351	0.000	0.000	18.000	8.500	0.000	3
4	0.97696	-0.08830	0.000	0.000	36.100	16.500	0.000	3
5	0.97497	-0.16009	0.000	0.000	39.000	16.600	0.000	3
6	0.98024	-0.19643	0.000	0.000	22.500	9.700	0.000	3
7	0.99218	-0.21729	0.000	50.000	62.200	30.000	0.000	3
8	0.98035	-0.31299	0.000	0.000	41.000	21.300	0.000	3
9	1.02763	-0.11826	0.000	0.000	23.000	5.900	0.000	3
10	1.00827	-0.16627	0.000	0.000	17.200	7.000	0.000	3
11	0.99367	-0.34041	0.000	0.000	37.800	18.700	0.000	3
12	1.00000	-0.35045	99.900	167.763	5.400	2.700	0.000	2
13	0.98077	-0.36535	0.000	0.000	11.900	4.400	0.000	3
14	0.98756	-0.44499	0.000	0.000	6.200	2.900	0.000	3
15	0.99379	-0.48343	0.000	50.000	63.600	22.800	0.000	3

Gambar 4-7. Hasil Aliran Daya Sebelum Optimasi Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson

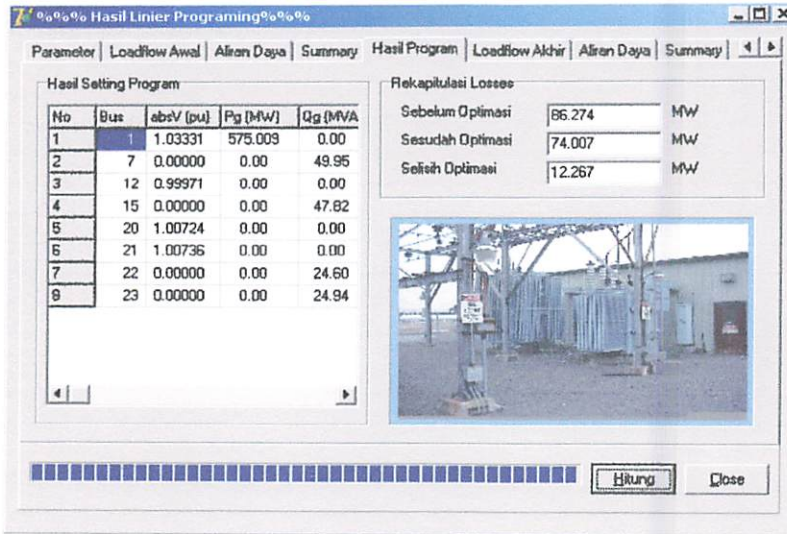
7. Tekan Tombol Summary



Summary Loadflow		
Jumlah Pembangkitan	786.274+ j 303.531	MVA
Jumlah Pembebanan	700.000+ j 260.200	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	86.274+ j 43.331	MVA
Iterasi	4	
Waktu Hitung	0:0:10	

Gambar 4-8. Rugi-rugi Daya Pada Kondisi Awal

8. Tekan Tombol Hasil Program



Gambar 4-9. Hasil Linier Programming Dalam Menentukan Nilai Setingan Bus Slack, Bus Generator dan Kapasitor

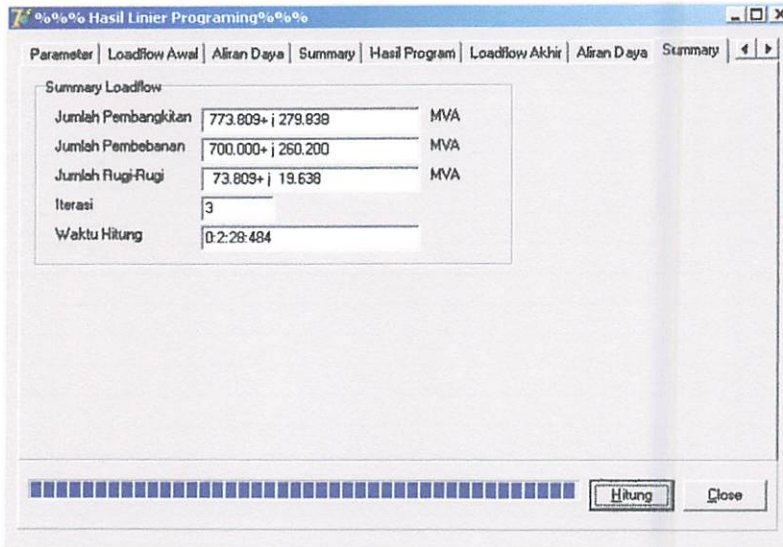
9. Tekan Tombol Load Flow Akhir

The screenshot shows the 'Hasil Linier Programming' software interface with the 'Loadflow Akhir' table displayed. The table contains the following data:

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Supr (pu)	Type Bus
1	1.03331	0.00000	575.009	-53.875	39.300	7.900	0.000	1
2	1.02009	-0.03440	0.000	0.000	14.000	6.000	0.000	3
3	1.01588	-0.03961	0.000	0.000	18.000	8.500	0.000	3
4	1.00753	-0.07995	0.000	0.000	36.100	16.500	0.000	3
5	1.00111	-0.14445	0.000	0.000	39.000	16.600	0.000	3
6	1.00307	-0.17706	0.000	0.000	22.500	9.700	0.000	3
7	1.01168	-0.19529	0.000	49.947	62.200	30.000	0.000	3
8	0.98888	-0.27806	0.000	0.000	41.000	21.300	0.000	3
9	1.04988	-0.10814	0.000	0.000	23.000	5.900	0.000	3
10	1.02954	-0.15055	0.000	0.000	17.200	7.000	0.000	3
11	0.99552	-0.29972	0.000	0.000	37.800	18.700	0.000	3
12	0.99971	-0.30878	99.900	94.711	5.400	2.700	0.000	2
13	0.98075	-0.32470	0.000	0.000	11.900	4.400	0.000	3
14	0.99106	-0.40528	0.000	0.000	6.200	2.900	0.000	3
15	0.99917	-0.44400	0.000	47.815	63.600	22.800	0.000	3

Buttons for 'Hitung' and 'Close' are visible at the bottom right.

Gambar 4-10. Hasil Aliran Daya Sesudah Optimasi Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson

10. Tekan Tombol **Summary**

Gambar 4-11. Rugi-rugi Daya Pada Kondisi Akhir

4.3.2. Hasil Perhitungan

A. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal

Tabel 4-4
Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sebelum
Optimasi Daya Reaktif Menggunakan Metode Newton Raphson
(Kondisi 1)

N0	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P	Q	P	Q
				MW	MVAR	MW	MVAR
1	1	1.00000	0.00000	587.474	-90.747	39.3	7.9
2	2	0.98763	-0.03796			14	6
3	3	0.98326	-0.04351			18	8.5
4	4	0.97696	-0.08830			36.1	16.5
5	5	0.97497	-0.16008			39	16.6
6	6	0.98035	-0.19643			22.5	9.7
7	7	0.99218	-0.21729		50	62.2	30
8	8	0.98035	-0.31299			41	21.3
9	9	1.02763	-0.11826			23	5.9
10	10	1.00827	-0.16627			17.2	7
11	11	0.99367	-0.34041			37.8	18.7
12	12	1.00000	-0.35045	99.9	167.763	5.4	2.7
13	13	0.98077	-0.36535			11.9	4.4
14	14	0.98756	-0.44439			6.2	2.9
15	15	0.99376	-0.48343		50	63.6	22.8
16	16	0.99617	-0.46599			4.1	0.8
17	17	0.99733	-0.45460			23.6	4.3
18	18	0.99518	-0.49274			16.4	7
19	19	0.99725	-0.49480			73.3	28.9
20	20	1.00000	-0.49594	2.2	61.624	0	0
21	21	1.00000	-0.48967	96.7	14.899	0	0
22	22	0.99451	-0.50043		25	45.5	13.6
23	23	0.99506	-0.49738		25	50.3	13.5
24	24	0.99255	-0.49433			35.4	7.9
25	25	0.99039	-0.49840			14.2	3.3

Jumlah Pembangkitan : 786.274 + j 303.531 MVA

Jumlah Pembebanan : 700.000 + j 260.200 MVA

Jumlah Rugi-Rugi : 86.274 + j 43.331 MVA

B. Hasil Perhitungan Sesudah Optimasi

Tabel 4-5
Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sesudah
Optimasi Daya Reaktif (LP) Menggunakan Metode Newton Raphson /
(Kondisi 2)

NO	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P MW	Q MVAR	P MW	Q MVAR
1	1	1.03331	0.00000	575.009	-53.875	39.3	7.9
2	2	1.02009	-0.03440			14	6
3	3	1.01588	-0.03961			18	8.5
4	4	1.00753	-0.07985			36.1	16.5
5	5	1.00111	-0.14445			39	16.6
6	6	1.00307	-0.17706			22.5	9.7
7	7	1.01168	-0.19529		49.947	62.2	30
8	8	0.98888	-0.27806			41	21.3
9	9	1.04988	-0.10814			23	5.9
10	10	1.02954	-0.15055			17.2	7
11	11	0.99552	-0.29972			37.8	18.7
12	12	0.99971	-0.30878	99.9	94.711	5.4	2.7
13	13	0.98075	-0.32470			11.9	4.4
14	14	0.99106	-0.40528			6.2	2.9
15	15	0.99917	-0.44400		47.815	63.6	22.8
16	16	1.00049	-0.42603			4.1	0.8
17	17	1.00049	-0.41435			23.6	4.3
18	18	1.00166	-0.45364			16.4	7
19	19	1.00418	-0.45587			73.3	28.9
20	20	1.00724	-0.45901	2.2	68.955	0	0
21	21	1.00736	-0.46120	96.7	22.740	0	0
22	22	1.00092	-0.46120		24.601	45.5	13.6
23	23	1.00172	-0.45827		24.943	50.3	13.5
24	24	0.99862	-0.45499			35.4	7.9
25	25	0.99649	-0.45901			14.2	3.3

Jumlah Pembangkitan : 773.809 + j 279.838 MVA

Jumlah Pembebanan : 700.000 + j 260.200 MVA

Jumlah Rugi-Rugi : 73.809 + j 19.638 MVA

C. Hasil Perhitungan Sesudah Optimasi

C. Hasil Perhitungan Sesudah Optimasi

Tabel 4-6

Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sesudah Optimasi Daya Reaktif (LP) Menggunakan Metode Newton Raphson (Kondisi 3/Data Percobaan)

NO	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P MW	Q MVAR	P MW	Q MVAR
1	1	1.01499	0.00000	576.619	-121.132	39.3	7.9
2	2	1.00639	-0.03436			14	6
3	3	1.00211	-0.03959			18	8.5
4	4	1.00115	-0.07975			36.1	16.5
5	5	1.00785	-0.14423			39	16.6
6	6	1.01814	-0.17678			22.5	9.7
7	7	1.03407	-0.19494		149.919	62.2	30
8	8	0.99692	-0.27747			41	21.3
9	9	1.04586	-0.10793			23	5.9
10	10	1.03768	-0.15029			17.2	7
11	11	0.99562	-0.29899			37.8	18.7
12	12	0.99892	-0.30802	99.9	68.337	5.4	2.7
13	13	0.98062	-0.32342			11.9	4.4
14	14	0.99064	-0.40347			6.2	2.9
15	15	0.99893	-0.44202		0.724	63.6	22.8
16	16	1.00014	-0.42434			4.1	0.8
17	17	1.00067	-0.41282			23.6	4.3
18	18	0.99817	-0.45015			16.4	7
19	19	0.99930	-0.45172			73.3	28.9
20	20	1.00223	-0.45269	2.2	65.669	0	0
21	21	1.00142	-0.45267	96.7	3.531	0	0
22	22	0.99341	-0.44629		0.959	45.5	13.6
23	23	0.99734	-0.45431		19.055	50.3	13.5
24	24	0.99618	-0.45221			35.4	7.9
25	25	0.99404	-0.45627			14.2	3.3

Jumlah Pembangkitan : 775.419 + j 187.063 MVA

Jumlah Pembebanan : 700.000 + j 260.200 MVA

Jumlah Rugi-Rugi : 75.419 + j 73.176 MVA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	22
1	1.01921	1.01543	1.00749	1.00749	1.00569	1.01469	0.99827	1.04996	1.03095	0.99819	0.98163	0.99023	0.99765	0.99843	0.99876	1.00018	1.00339	0.99956
2	1.02702	1.02481	1.01508	1.00913	1.01089	1.01884	1.00010	1.04949	1.03292	1.00590	0.99209	0.99301	0.99521	0.99773	0.99893	0.99584	0.99823	0.99447
3	1.01839	1.01497	1.00649	1.00114	1.00285	1.01137	0.98816	1.04999	1.02957	0.99715	0.98216	0.99965	1.01190	1.01010	1.00906	1.01644	1.02047	1.00056
4	1.02842	1.02366	1.01279	1.00006	0.99794	1.00293	0.98739	1.04989	1.02533	0.99982	0.98746	0.99439	0.99998	1.00046	1.00069	1.00143	1.00415	1.00056
5	1.01867	1.01456	1.00395	0.99516	0.99581	1.00347	0.98472	1.04999	1.02536	0.99674	0.98472	0.99051	0.99823	0.99843	0.99843	1.00061	1.00375	0.99989
6	1.01990	1.01497	1.00786	1.00178	1.00381	1.01233	0.98799	1.04872	1.02977	0.99566	0.98013	0.98829	0.99519	0.99612	0.99656	0.99907	1.00268	0.99674
7	1.01628	1.01193	1.00317	0.99663	0.99794	1.00639	0.98542	1.04844	1.02605	0.99548	0.98066	0.99617	1.00728	1.00593	1.00516	1.01176	1.01562	1.01085
8	1.01312	1.01166	1.01365	1.02219	1.02877	1.03496	1.02030	1.04227	1.03835	1.01375	0.99946	1.00552	1.00942	1.01355	1.01498	1.00906	1.01056	1.00653
9	1.01265	1.01003	1.01397	1.02251	1.02889	1.03476	1.02025	1.04175	1.03805	1.01368	0.99949	1.00681	1.00681	1.01134	1.01300	1.00763	1.00973	1.00520
10	1.01384	1.01159	1.01487	1.02295	1.02915	1.03513	1.01934	1.04238	1.03842	1.01378	0.99968	1.00426	1.00646	1.01114	1.01287	1.00773	1.01003	1.00517
11	1.01270	1.00856	1.01342	1.02128	1.02717	1.03273	1.01492	1.04091	1.03651	1.00836	0.99417	1.00129	1.00575	1.00939	1.01056	1.00745	1.00984	1.00603
12	1.02773	1.02370	1.02483	1.02709	1.02949	1.03197	1.01448	1.04999	1.04112	1.00600	0.99120	1.00030	1.00590	1.00900	1.00993	1.00736	1.00979	1.00445
13	1.01361	1.00864	1.01580	1.02442	1.03055	1.03623	1.02222	1.03920	1.03754	1.01471	1.00185	1.00529	1.00725	1.01185	1.01349	1.00826	1.01012	1.00569
14	1.01483	1.01333	1.01625	1.02506	1.03090	1.03639	1.02152	1.03996	1.03796	1.01426	1.00100	1.00491	1.00736	1.01167	1.01326	1.00834	1.01006	1.00548
Ramalan	1.02009	1.01588	1.00753	1.00111	1.00307	1.01168	0.98888	1.04988	1.02954	0.99552	0.98075	0.99106	0.99917	1.00049	1.00049	1.00166	1.00418	1.00092

T. Bus Beban
Input

Tabel 4-7
Hasil Training Jaringan Saraf

20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
23	24	25	V1	V12	V20	V21	Q7	Q15	Q22	Q23	V1	V12	V20	V21	Q7	Q15	Q22	Q23
1.00056	0.99749	0.99526	1.03042	1.00191	1.00681	1.00714	49.982	43.756	24.952	24.565	1.03043	1.00191	1.00680	1.00715	49.992	43.801	24.945	24.558
0.99552	0.99350	0.99138	1.03848	1.00875	1.00214	1.00038	47.38	38.584	21.325	21.680	1.03847	1.00876	1.00214	1.00038	47.379	38.581	21.326	21.679
1.01709	1.01296	1.01079	1.03131	1.00187	1.02389	1.02581	49.528	49.705	24.681	24.980	1.03138	1.00186	1.02386	1.02586	49.557	49.853	24.655	24.967
1.00139	0.99882	0.99658	1.04460	1.00039	1.00814	1.00657	4.987	49.009	24.701	24.935	1.04460	1.00039	1.00813	1.00658	4.998	49.035	24.694	24.929
1.00080	0.99793	0.99561	1.03358	1.00194	1.00709	1.00757	24.995	49.815	24.365	24.296	1.03359	1.00194	1.00708	1.00758	25.002	49.841	24.362	24.291
0.99934	0.99534	0.99223	1.03355	0.99970	1.00629	1.00756	49.973	25.0404	15.646	21.720	1.03356	0.99970	1.00628	1.00757	49.980	25.081	15.641	21.714
1.01229	1.00796	1.00531	1.03031	1.00027	1.01912	1.02057	49.849	42.458	23.665	24.940	1.03039	1.00028	1.01907	1.02062	49.891	42.611	23.631	24.921
1.00879	1.00857	1.00741	1.01498	1.01520	1.01136	1.01504	49.444	37.815	10.323	18.057	1.01499	1.01519	1.01135	1.01511	49.455	37.942	10.310	18.039
1.00766	1.00676	1.00568	1.01499	1.01500	1.01690	1.01501	49.388	16.077	10.744	18.116	1.01502	1.01497	1.01688	1.01512	49.416	16.242	10.721	18.096
1.00818	1.00684	1.00555	1.01497	1.01516	1.01117	1.01514	49.723	6.883	10.197	24.199	1.01502	1.01512	1.01115	1.01526	49.760	7.083	10.165	24.176
1.00788	1.00634	1.0048	1.01499	1.00953	1.01080	1.01507	49.993	10.553	21.717	24.035	1.01509	1.00950	1.01074	1.01521	50.075	10.826	21.656	23.999
1.00771	1.00631	1.00504	1.03250	1.00722	1.01121	1.01504	22.248	26.029	7.927	23.166	1.03256	1.00722	1.01117	1.01512	22.329	26.227	7.883	23.130
1.00832	1.00721	1.00609	1.01499	1.01541	1.01084	1.01507	49.724	4.734	10.367	11.065	1.01501	1.01538	1.01082	1.01517	49.740	4.874	10.345	11.047
1.00824	1.00725	1.00629	1.01494	1.01510	1.01073	1.01500	49.402	9.779	9.367	12.436	1.01495	1.01507	1.01072	1.01511	49.416	9.916	9.348	12.420
1.00172	0.99882	0.99649	1.03331	0.99971	1.00724	1.00738	49.947	47.815	24.601	24.943	1.03332	0.99971	1.00722	1.00738	49.955	47.800	24.593	24.937

Teg bus generator
&Capasitor/Target

Ouput Teg Bus Gen &
Capasitor

4.3.3. Tampilan Program 2

➤ Untuk mengetahui hasil aliran daya dan rugi-rugi daya maka kita masukkan nilai output dari hasil training JST ke dalam program Load Flow

1. Masukkan Hasil output yaitu : Tegangan bus slack, bus generator dan capasitor ke dalam program Load Flow lalu tekan next

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Cap (pu)	Type Bus
1	1.03332	0	0	0	39.3	7.9	0	1
2	1	0	0	0	14	6	0	3
3	1	0	0	0	18	8.5	0	3
4	1	0	0	0	36.1	16.5	0	3
5	1	0	0	0	39	16.6	0	3
6	1	0	0	0	22.5	9.7	0	3
7	1	0	0	49.955	62.2	30	0	3
8	1	0	0	0	41	21.3	0	3
9	1	0	0	0	23	5.9	0	3
10	1	0	0	0	17.2	7	0	3
11	1	0	0	0	37.8	18.7	0	3
12	0.99971	0	99.9	0	5.4	2.7	0	2
13	1	0	0	0	11.9	4.4	0	3
14	1	0	0	0	6.2	2.9	0	3

Gambar 4-12. Hasil Output JST Di Imputkan Ke Dalam Program Load Flow

2. Lalu Tekan **Hitung**

	Min	Max
Cap Bus 7-15	0	50
Cap Bus 22-23	0	25
Batas V	0.98	1.05

Gambar 4-13 Proses Perhitungan Load Flow

3. Tekan Load Flow Awal

Parameter	Loadflow Awal	Aliran Daya	Summary	Hasil Program	Loadflow Akhir	Aliran Daya	Summary	Type Bus
Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Supa (pu)	
1	1.03332	0.00000	575.003	-53.875	39.300	7.900	0.000	1
2	1.02010	-0.03440	0.000	0.000	14.000	6.000	0.000	3
3	1.01589	-0.03961	0.000	0.000	18.000	8.500	0.000	3
4	1.00754	-0.07985	0.000	0.000	36.100	16.500	0.000	3
5	1.00112	-0.14444	0.000	0.000	39.000	16.600	0.000	3
6	1.00308	-0.17706	0.000	0.000	22.500	9.700	0.000	3
7	1.01169	-0.19528	0.000	49.955	62.200	30.000	0.000	3
8	0.98889	-0.27805	0.000	0.000	41.000	21.300	0.000	3
9	1.04989	-0.10813	0.000	0.000	23.000	5.900	0.000	3
10	1.02985	-0.15055	0.000	0.000	17.200	7.000	0.000	3
11	0.99553	-0.29970	0.000	0.000	37.800	18.700	0.000	3
12	0.99971	-0.30877	99.900	94.692	5.400	2.700	0.000	2
13	0.99076	-0.32469	0.000	0.000	11.900	4.400	0.000	3
14	0.99107	-0.40527	0.000	0.000	6.200	2.900	0.000	3
15	0.99918	-0.44399	0.000	47.860	63.600	22.800	0.000	3

Gambar 4-14. Hasil Aliran Daya Setelah Memasukkan Hasil Output JST

4. Tekan Tombol Summary

Parameter	Loadflow Awal	Aliran Daya	Summary	Hasil Program	Loadflow Akhir	Aliran Daya	Summary
Summary Loadflow							
Jumlah Pembangkitan	773.803+	279.826					MVA
Jumlah Pembebanan	700.000+	260.200					MVA
Jumlah Rugi-Rugi	73.803+	19.626					MVA
Iterasi	4						
Waktu Hitung	0.0.0.20						

Gambar 4-15. Hasil Rugi-rugi Daya

D. Hasil Perhitungan Aliran Daya

Tabel 4-8

Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan setelah memasukkan nilai output dari JST Menggunakan Metode Newton Raphson (Kondisi 4)

NO	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P MW	Q MVAR	P MW	Q MVAR
1	1	1.03332	0.00000	575.003	-53.875	39.3	7.9
2	2	1.02010	-0.03440			14	6
3	3	1.01589	-0.03961			18	8.5
4	4	1.00754	-0.07985			36.1	16.5
5	5	1.00112	-0.14444			39	16.6
6	6	1.00308	-0.17706			22.5	9.7
7	7	1.01169	-0.19528		49.955	62.2	30
8	8	0.98889	-0.27805			41	21.3
9	9	1.04989	-0.10813			23	5.9
10	10	1.02955	-0.15055			17.2	7
11	11	0.99553	-0.29970			37.8	18.7
12	12	0.99971	-0.30877	99.9	94.692	5.4	2.7
13	13	0.98076	-0.32469			11.9	4.4
14	14	0.99107	-0.40527			6.2	2.9
15	15	0.99918	-0.44399		47.860	63.6	22.8
16	16	1.00049	-0.42602			4.1	0.8
17	17	1.00108	-0.41434			23.6	4.3
18	18	1.00166	-0.45363			16.4	7
19	19	1.00418	-0.45585			73.3	28.9
20	20	1.00722	-0.45711	2.2	68.502	0	0
21	21	1.00738	-0.45096	96.7	23.162	0	0
22	22	1.00093	-0.46118		24.593	45.5	13.6
23	23	1.00172	-0.45826		24.937	50.3	13.5
24	24	0.99863	-0.45497			35.4	7.9
25	25	0.99649	-0.45899			14.2	3.3

Jumlah Pembangkitan : 773.803 + j 279.826 MVA

Jumlah Pembebanan : 700.000 + j 260.200 MVA

Jumlah Rugi-Rugi : 73.803 + j 19.626 MVA

E. Perubahan Tegangan, Sudut Phasa dan Daya Reaktif Pada Kondisi 1,2,3 dan 4

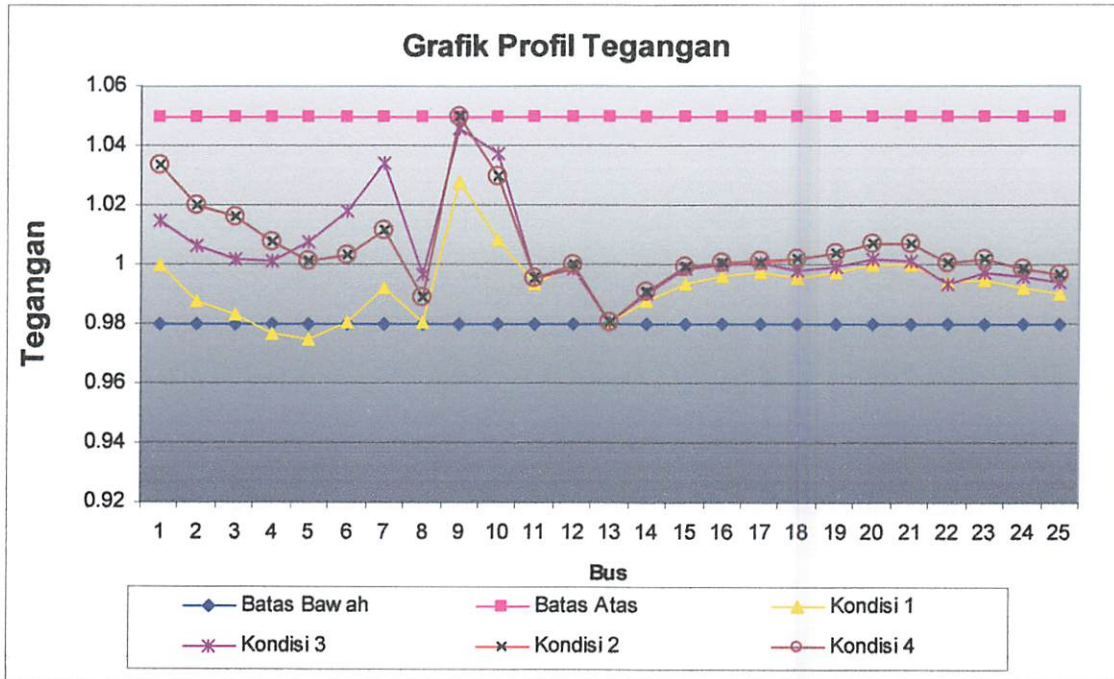
Tabel 4-9
Perubahan Tegangan, Sudut Phasa dan Daya Reaktif Sebelum
Dan Setelah Optimasi

Kondisi 1			Kondisi 2			Kondisi 3			Kondisi 4		
V	θ	Q	V	θ	Q	V	θ	Q	V	θ	Q
1	0	-90.747	1.03331	0	-53.875	1.01449	0	-121.132	1.03332	0	-53.875
1	-0.35045	167.763	0.99971	-0.30878	94.711	0.99892	-0.30802	68.337	0.99971	-0.03440	94.692
1	-0.49594	61.624	1.00724	-0.45901	68.955	1.00223	-0.45269	0.959	1.00722	-0.45771	68.502
1	-0.48967	14.899	1.00736	-0.4612	22.943	1.00142	-0.45267	19.055	1.00738	-0.45096	23.162
V	θ	Cap	V	θ	Cap	V	θ	Cap	V	θ	Cap
0.99218	-0.21729	50	1.01168	-0.19529	49.947	1.03407	-0.19494	149.919	1.01169	-0.19528	49.955
0.99725	-0.48343	50	0.99917	-0.44400	47.815	0.99893	-0.44202	0.724	0.99918	-0.44399	47.860
0.99451	-0.50043	25	1.00092	-0.46120	24.601	0.99341	-0.44629	0.959	1.00093	-0.46118	24.593
0.99506	-0.49738	25	1.00172	-0.45827	24.943	0.99618	-0.45431	19.005	1.00172	-0.45826	24.937

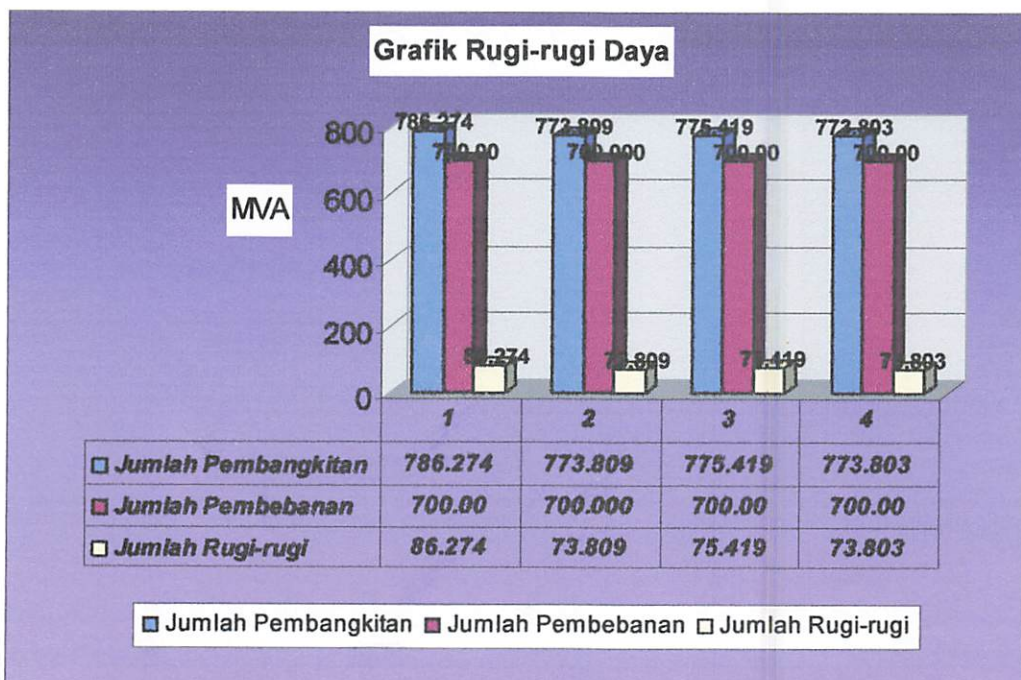
Keterangan :

- Kondisi 1 : Data dasar
- Kondisi 2 : Optimasi Kondisi 1
- Kondisi 3 : Optimasi dengan menaikkan kapasitas kapasitor yang tersedia
- Kondisi 4 : Hasil Load Flow dari Output hasil Training JST yang di inputkan ke dalam program load flow menggunakan data kondisi 2 yang dimasukkan ke dalam training JST, bus beban sebagai input sedangkan bus slack, bus generator dan kapasitor sebagai target dan output

Grafik 4-1
Perbandingan Profil Tegangan Pada Kondisi 1, Kondisi 2, Kondisi 3
dan Kondisi 4



Grafik 4-2
Perbandingan Rugi-rugi Daya Pada Kondisi 1, Kondisi 2, Kondisi 3
dan Kondisi 4



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. *Jaringan Saraf Tiruan* (JST) suatu metode yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan penyaluran daya reaktif dengan pengubah eksitasi generator dan kompensasi kapasitor sehingga rugi-rugi daya menjadi turun dan profil tegangan berada pada batas-batas yang diijinkan
2. Dari hasil perhitungan Load Flow pada Kondisi 1 (data dasar) terdapat 2 bus yang beroperasi pada tegangan di luar batas 0.98 pu – 1.05 pu yaitu : pada bus 4 sebesar 0.97696 pu dan bus 5 sebesar 0.97497 pu. Namun sesudah optimasi (Kondisi 2) profil tegangan pada bus-bus tersebut mengalami peningkatan yaitu : bus 4 menjadi 1.00753 pu dan bus 5 menjadi 1.00111 pu tetapi tegangan pada bus slack dan bus generator 20 dan 21 naik masing-masing menjadi 1.03331 pu, 1.00724 pu dan 1.00736 pu.
3. Kondisi 3 kapasitor pada bus 7 dinaikkan dari 50 kvar menjadi 150 kvar dan bus 15 dinaikkan dari 50 kvar menjadi 60 kvar . Hasil dari optimasi profil tegangan di bus beban tetap masih pada batas yang diijinkan dan tegangan di bus slack dan bus generator mendekati data kondisi 1 (1 pu)
4. Apabila Kondisi 2 dimasukkan ke dalam training JST, bus beban sebagai input sedangkan bus slack, bus generator dan kapasitor sebagai target dan output. Pada Kondisi 4 output tersebut di inputkan ke dalam program load flow. Hasil load flow pada bus 4 dan bus 5 masih pada batas yang diijinkan yaitu masing-masing 1.00754 pu dan 1.00112 pu.
5. Dari ke empat kondisi tersebut rugi-rugi daya Kondisi 1 yang paling jelek sedangkan Kondisi 4 paling bagus.

5.2. Saran

1. Untuk memperoleh setingan bus slack, bus generator dan kapasitor secara tepat, agar profil tegangan berada pada batas-batas yang diijinkan dan rugi-rugi daya dapat ditekan seminimal mungkin diperlukan data yang banyak untuk training *Jaringan Saraf Tiruan* yaitu data real terutama untuk data beban puncak dan beban turun.
2. Metode *Jaringan Saraf Tiruan* ini perlu dilakukan pengujian-pengujian pada setiap perubahan beban pada suatu sistem tenaga listrik agar mempermudah operator untuk dengan merelokasikan pembangkit daya reaktif dengan mengendalikan besarnya pembangkitan dan pengurangan daya reaktif melalui pengubahan setingan bus slack, bus generator dan kapasitor

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdul Kadir, **“Transmisi Daya Elektrik”**, Penerbit Universitas Indonesia, IU-Press 1985
- [2]. Joorobian, M and Hooshmand, R., **“Application of Artificial Neural Network in Voltage Reactive Control”**. Departement Of Electrical Engeneering, Shahid Chamran University Iran.
- [3]. William D Stevenson, Jr. **“ Analisa Sistem Tenaga Listrik “**
- [4]. Kusumadewi, Sri., **“Artificial Intelgence”**, Graha Ilmu, Jakarta, 2003
- [5]. Dr. Ir.Abraham Lomi, MSEE, **“ Diktat Kuliah Aplikasi Elektronika Daya”** ITN MALANG
- [6]. Djiteng Marsudi, Ir., **” Operasi Sistem Tenaga Listrik ”**, Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990.
- [7]. Hutauruk, T.S., Prof, Ir, M.Sc., **” Transmisi Daya Listrik ”**, Penerbit Erlangga, 1985
- [8]. Elgerd, OI, **”Electric Energy System Theory an Introduction”**, Tata Mc Graw-Hill, New Delhi, 1071.
- [9]. Wedy, BM, **“Electric Power System”**, Second Edition, John Willey and Son 1972.

LAMPIRAN



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : RULLY PRAMADHANA
2. N.I.M. : 99.12.019
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Kosentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

**ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI
RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN *JARINGAN SARAF TIRUAN*
PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON BALI**

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

6. Hari : Jum'at
7. Tanggal : 7 Oktober 2005
8. Dengan nilai : 75,2 (B+) *S_m*



Mochtar Asroni, MSME.
Ketua

Panitia Ujian Skripsi

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.)
Sekretaris

Anggota Penguji

Ir. H. Taufik Hidayat, MT.
Penguji Pertama

(Ir. Choirul Saleh, MT.)
Penguji Kedua



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

nama : RULLY PRAMADHANA
NPM : 99.12.019
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi :

ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN *JARINGAN SARAF TIRUAN* PADA SUB SISTEM 150 kV PATTON BALI

No	Uraian	Parap Penguji
1	Rumusan Masalah dan Tujuan Skripsi	
2	Pada kesimpulan 3 kapasitor dinaikkan dari berapa ke berapa	
3	Kesimpulan lebih dispesifikasikan	

Disetujui :

(Ir. H. Taufik Hidayat, MT.)
Penguji Pertama

(Ir. Choirul Saleh, MT.)
Penguji Kedua

Mengetahui :
Dosen Pembimbing

(Ir. I Made Wartana, MT.)
NIP. 131 991 182



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

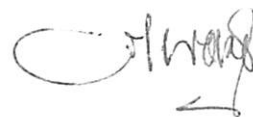
nama : RULLY PRAMADHANA
M : 99.12.019
usan : Teknik Elektro S-1
sentrasi : Teknik Energi Listrik
ul Skripsi :

**ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI
RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN *JARINGAN SARAF TIRUAN*
PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON BALI**

anggal Mengajukan Skripsi : 19 Agustus 2004
anggal Menyelesaikan Skripsi : 26 September 2005
en Pembimbing : Ir. I Made Wartana, MT
ah dievaluasi dengan nilai : 80 (Delapan Puluh) 


Mengetahui,
Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
F. Yudi Limpraptono, MT.)
NIP. 101 880 0190

Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing



(Ir. I Made Wartana, MT)
NIP. 131 991 182

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Rully Pramadhana
 Nim : 9912019
 Masa Bimbingan : 13 Oktober 2004 – 13 April 2005
 Judul Skripsi : ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SISTEM 500 kV DAN 150 kV JAWA-BALI

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	15-01-'05	Buat skat masalah skripsi	df
2.	14-02-'05	Buat power point	df
3.	16-02-2005	Siapkan power point dan analisis hasil ujian	df
4.	22-02-2005	Data? sistem, pemben dan supply line' sistem, hasil plot	df
5.	23-02-2005	Data tegangan di masing-masing bus	df
6.	26-02-2005	Hasil load flow Lykar okle koefisi masalah, LP. 2 man man, bus s. hasil skripsi	df
7.	17-03-'05	Flowcut batas tegangan?	df
8.	20-03-'05	Flowcut di pemukiman	df
9.	23-03-'05	Pakubuh hasil analisis bus bisa optimasi di jawa, upi fungsi man?	df
10.	17-05-'05	Buat masalah skripsi	df

Malang, 2005
 Dosen Pembimbing,

Ir. I Made Wartana, MT

Form.S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Rully Pramadhana
 Nim : 9912019
 Masa Bimbingan :
 Judul Skripsi : **ANALISIS PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SUB SISTEM 150 Kv JAWA-BALI**

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	26. Mei 2015	Perbaikan buku tugas makalah dipelajari utn persiapan seminar	
2.		Dalam pertemuan yg ke-15 opt sm man -	
3.	1-07-15	Dalam V di VP bus = 1 sm. koster sbln 2 sm, lily kontrol	
4.	30-07-15	Coba di rubah dimung / di beas. kpm KVM	
5.	16-08-15	tertu barisan 1. base case, 2 opsi 3. opsi kpm di beas, 4. opsi stake nable	
6.	1-09-15	kesimpulan. di simpulan. sm simpulan masalah. kee sbln	
7.	16-09-15	kee sbln	
8.		Tata. tulis di simpulan sm belun a on analisis kee	
9.			
10.			

Malang, 200
 Dosen Pembimbing

Ir. I Made Wartana, MT

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 : *3008* / 334/ RJTB/ 2004.
 Surat Sdr. No. : ITN-058/III.TA/2/2004.
 ITN-039/III.TA/2/2004.
 Lampiran : 1 (satu) lampiran.
 Perihal : Ijin Survey/ Pengambilan Data.

30 NOV 2004

Kepada

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

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-058/III.TA/2/2004 tanggal 18 September 2004, ITN-039/III.TA/2/2004 tanggal 14 September 2004 perihal : Survey/ Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

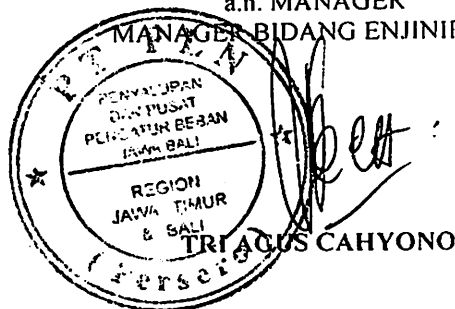
- JEFFRI ERIK APRIYANDI NIM : 97.12.086.
- RULLY PRAMADHANA NIM : 99.12.019.
- SYARIFUDDIN AHMADI NIM : 99.12.044.

Untuk melakukan Praktek Kerja pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Bidang OPHAR, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bernometerai 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
 MANAGER BIDANG ENJINIRING.



Tembusan Yth. :

1. M.SDM PLN P3B.
2. Sdr. Jeffri Erik Apriyandi.
3. Sdr. Rully Pramadhana.
4. Sdr. Syarifuddin Ahmadi.

PT. PLN (PERSERO) P3B
REGION JAWA TIMUR DAN BALI

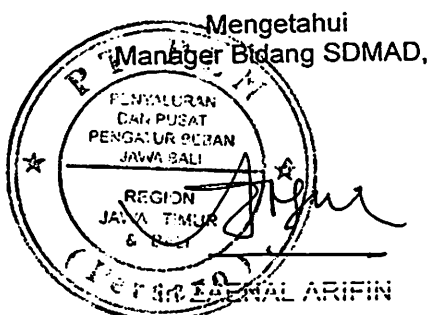
SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

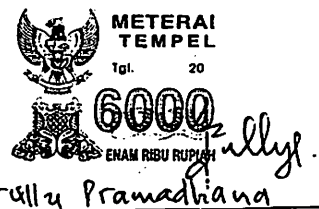
Nama : Zully Pramadhiana
Pria / Wanita : Pria
Tempat / Tanggal Lahir : Samarinda / 29-07-1981
Alamat : JL. KTAI MOJO HO 65 KRIAM
SIDARJO
Pekerjaan : MAHASISWA

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 mungkin 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 yang berwenang;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal-hal yang bersifat rahasia Perusahaan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan-bahan yang saya peroleh dalam training/ praktek kerja/ riset ini, 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 ini 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 ini;
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 saya training/ praktek kerja/ riset ini.



Surabaya, 11-10-200A
Yang membuat pernyataan,



PT. PLN (PERSERO) P3B
REGION JAWA TIMUR DAN BALI

SURAT PERNYATAAN

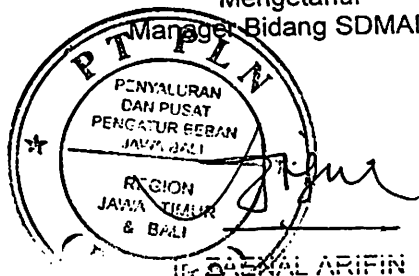
Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Zully Pramadhana
Pria / Wanita : Pria
Tempat / Tanggal Lahir : Samarinda / 29-07-1981
Alamat : JL. KATAI MOJO HO 65 KRIAM
SIDOPARJO
Pekerjaan : MAHASISWA

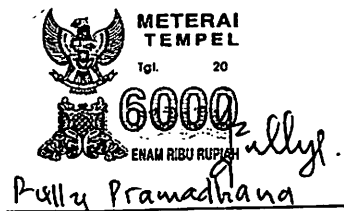
Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang mungkin 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 yang berwenang;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal-hal yang bersifat rahasia Perusahaan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan-bahan yang saya peroleh dalam training/ praktek kerja/ riset ini, 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 ini 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 ini;
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 saya training/ praktek kerja/ riset ini.

Mengetahui
Manager Bidang SDMA,



Surabaya, 11-10-200A
Yang membuat pernyataan,





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

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

1 (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, 21 Okt. 2004

Nomor : ITN-915/I.SKP /2/04
 Lampiran : satu lembar
 Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. I MADE WARTANA, MT**
 Dosen Institut Teknologi Nasional
 di --
 Malang

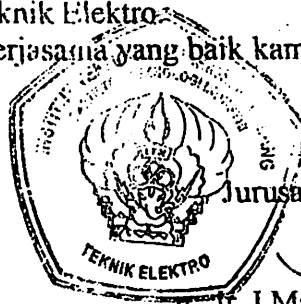
Dengan Hormat,
 Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama : RILLY PRAMADHANA
 Nim : 9912019
 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:

13 Oktober 2004 s/d 13 April 2005

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



Ketua
 Jurusan Teknik Elektro

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

Tindakan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a

an : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

: Yth. Bapak/Ibu Ir. (Msd. Wartana MT)
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kully Pramadbana
Nim : 9912019
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

ANALISA PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF
UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN
JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SISTEM 500KV DAN 150KV JAWA-BAL

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Malang, 29-08-2004

Mengetahui
Jurusan Teknik Elektro

Hormat kami,



Kully Pramadbana

Made Wartana, MT
P. 131 991 182

ang tidak perlu

Form S-3a

ATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

mohonan dari mahasiswa/i :

: Pulhy Pramadhana

: 9912019

: XI

: Teknik Elektro S-1

si : Energi Listrik

i Menyatakan bersedia / tidak bersedia *) Membimbing Skripsi dari

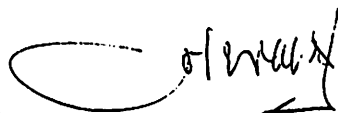
a tersebut, dengan judul :

ANALISA PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF
UNTUK MEMINIMASI LUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN
JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SISTEM 500KV DAN 150KV JAWA-BALI

surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, 24-08-2019

Kami yang Membuat pernyataan,


Ir. I Made Wartana, MT

NIP.

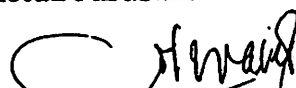
setujui agar formulir ini
n mahasiswa/i yang bersangkutan
urusan untuk diproses lebih lanjut.
ng tidak perlu

Form.S-3b

Nama Mahasiswa : RULLY PRAMADHANA		Nim : 99.12.019	
Waktu pengajuan	Tanggal :	Bulan :	Tahun :

Spesifikasi judul (berilah tanda silang)


<input type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik	<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen
<input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi	<input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer
<input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	<input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi
<input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> h. lainnya

Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) :	Ketua Jurusan.
Ir. I Made Wartana, MT.	 Ir. I Made Wartana, MT Nip: 131 991 182

Judul yang diajukan mahasiswa :	ANALISA PENGATURAN TEGANGAN DAN DAYA REAKTIF UNTUK MEMINIMASI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SISTEM 500 KV DAN 150 KV JAWA-BALI
---------------------------------	--

Perubahan Judul yang setuju Dosen sesuai materi bidang ilmu
---	----------------------------------

Catatan :	Ujelan var. diri apa ?

Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, 19. Agustus, 2004. Dosen  Ir. I Made Wartana, MT
--	--

an :
 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
 Keterangan : *) coret yang tidak perlu
 **) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian

DATA PLN
DATA PLN

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Sirkul	Dari	Ke	No. Sirkul	Data Penghantar			I (Amp)	:lap VI		:lap VII		R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MVA)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)	
				Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		Dari	Ke	Dari	Ke								
				(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(12)=(6)/(10)	(13)=(7)/(10)	(14)=(8)/(kV ² /10.1975)	(15)=(11)/(kVA/1.732/1000)	
1	PITON5	KRSAN5	2	150	20.204	ACSR AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0105	0.0359	0.0130	192.2520
1	PITON5	STBDO5	1	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm ²	1500	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	415.6800
1	PITON5	STBDO5	2	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm ²	1600	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	415.6800
1	BNGIL4	GDTAN4	1	70	4.452	ACSR OSTRICH	300 MCM	440							#DIV/0!	#DIV/0!		53.3456	
1	BNGIL4	GDTAN4	2	70	4.452	ACSR OSTRICH	300 MCM	400							#DIV/0!	#DIV/0!		48.4960	
1	BNGIL4	PDAAN4	1	70	9.700	ACSR OSTRICH	300 MCM	440	250	400			0.2180	0.3850	2.972	0.0432	0.0762	0.0014	53.3456
1	BNGIL4	PDAAN4	2	70	9.700	ACSR OSTRICH	300 MCM	440	250	400	800	800	0.2180	0.3850	2.972	0.0432	0.0762	0.0014	53.3456
1	BNGIL4	BDNAN4	1	70	11.700	ACSR PIPER	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2180	0.3850	2.972	0.0521	0.0919	0.0017	53.3456
1	BNGIL4	PRONG4	1	70	11.700	ACSR PIPER	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2180	0.3850	2.972	0.0521	0.0919	0.0017	53.3456
1	BNGIL4	BLBNG4	1	70	40.000	ACSR PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	800	800	0.3053	0.3584	3.202	0.2492	0.2926	0.0063	36.3720
1	BNGIL4	BLBNG4	2	70	40.000	ACSR PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	400	800	0.3053	0.3584	3.202	0.2492	0.2926	0.0063	36.3720
Modifikasi T/L Bay Grati - Pier 1 sirkul menjadi (Grati - Gdtan - Pier) dan Probolinggo - Gondangwetan 1 sirkul menjadi (Pblgo - Grati - Gdtan)																			
1	GRATIS	GDTAN5	1	150	10.743	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0018	0.0134	0.0097	727.4400
1	GRATIS	GDTAN5	2	150	10.743	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0018	0.0134	0.0097	727.4400
1	GDTAN5	PIER5	1	150	21.183	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0036	0.0264	0.0192	727.4400
1	GDTAN5	PIER5	2	150	21.183	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0036	0.0264	0.0192	727.4400

Unit Sirkuit	Dari	Ke	No. Sirkuit	Data Penghantar			Teg. (kV)		Jarak (Km)		Jenis	Teg. (kV)	Teg. (kV)	Teg. (kV)	Teg. (kV)	Teg. (kV)	Teg. (kV)	Teg. (kV)	Teg. (kV)	Teg. (kV)
				Teg. (kV)	Jarak (Km)	Jenis	Teg. (kV)	Teg. (kV)												

7. UPT Jember

1	PBLG05	LJANG5	1	150	51.692	ACSR DOVE	330 mm ²	740	500	500	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1	PBLG05	LJANG5	2	150	51.692	ACSR DOVE	330 mm ²	740	500	500	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1	LJANG5	TGGUL5	1	150	32.080	ACSR AW	330 mm ²	740	500	500	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0167	0.0571	0.0206	192.2520
1	LJANG5	JMBERS5	1	150	60.530	ACSR AW	330 mm ²	740	500	500	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0215	0.1077	0.0389	192.2520
1	TNGUL5	JMBERS5	1	150	28.450	ACSR AW	330 mm ²	740	500	500	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0148	0.0506	0.0183	192.2520
1	JMBERS5	BWNGIS5	1	150	82.595	ACSR AW	330 mm ²	740	500	500	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0430	0.1469	0.0530	192.2520
1	JMBERS5	GTENG5	1	150	64.708	ACSR AW	330 mm ²	740	500	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0337	0.1151	0.0415	192.2520
1	BDWSO5	JMBERS5	1	150	39.662	ACSR AW	330 mm ²	740	800	800	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0207	0.0706	0.0255	192.2520
1	BDWSO5	JMBERS5	2	150	39.662	ACSR AW	330 mm ²	740	800	800	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	0.0207	0.0706	0.0255	192.2520
1	STBDO5	PITON5	1	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	420.8760
1	STBDO5	PITON5	2	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	420.8760
1	STBDO5	BDWSO5	1	150	34.786	ACSR AW	330 mm ²	740	500	800	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0181	0.0619	0.0223	192.2520
1	STBDO5	BDWSO5	2	150	34.786	ACSR AW	330 mm ²	740	500	500	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	0.0181	0.0619	0.0223	192.2520
1	STBDO5	BWNGIS5	1	150	74.200	ACSR DOVE	2 x 340 mm ²	1200	500	800	1600	1600	0.3860	0.2773	4.0740	0.1932	0.0914	0.0680	311.7600
1	STBDO5	BWNGIS5	2	150	74.200	ACSR DOVE	2 x 340 mm ²	1200	500	800	1600	1600	0.3860	0.2773	4.0740	0.1932	0.0914	0.0680	311.7600
1	GTENG5	BWNGIS5	1	150	33.950	ACSR DOVE	330 mm ²	740	500	500	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0177	0.0604	0.0218	192.2520
1	BWNGIS5	KTPNG5	1	150	7.990	ACSR HAWK	240 MM ²	655	500	800			0.1370	0.3966	2.8820	0.0049	0.0141	0.0052	170.1690
1	BWNGIS5	KTP-GLM	I (11)	150	4.471	SUBMARINE CABLE	330 mm ²	500	500	800			0.1613	0.3482		0.0032	0.0069		129.9000
1	BWNGIS5	KTP-GLM	I (lama)	150	4.829	OSS	300 mm ²	465	500	800						#DIV/0!	#DIV/0!		120.8070
1	BWNGIS5	KTPNG5	2	150	7.990	ACSR HAWK	477 MM	655	500	800			0.1370	0.3966	2.8820	0.0049	0.0141	0.0052	170.1690
1	BWNGIS5	KTP-GLM	II (10)	150	4.389	SUBMARINE CABLE	300 mm ²	500	500	800			0.1643	0.3548		0.0032	0.0069		129.9000
1	BWNGIS5	KTP-GLM	II (lama)	150	4.260	OSS	300 mm ²	465	500	800						#DIV/0!	#DIV/0!		120.8070

No. Sirkul	Dari	Ke	No. Sirkul	Data Penghantar		I (Nom) (Amp)	Tap CI		Tap WI		R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	E (HySt/km)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	R pu (Ohm)	Daya (kVA)
				Leg (kV)	Jarak (Km)		Jenis	Dari	Ke	Dari							

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(12) = (6) x (10)

(13) = (7) x (10)

(14) = (8) kV x I₀ / 1975(15) = (14) x I₀ / 7321000

Sub Region Bali

1	GLNUK5	CH GLNUK	1	150	1.720	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	300		0.1370	0.3966	2.8520	0.0010	0.0030	0.0011	167.5710	
1	GLNUK5	CH GLNUK	2	150	1.720	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800		0.1370	0.3966	2.8520	0.0010	0.0030	0.0011	167.5710	
1	CH GLNUK	CH KTPNG	1	150	4.471	OFC	3 x 300 mm ²	462	800	800		0.1613	0.3482		0.0032	0.0069		120.0276	
1	CH GLNUK	CH KTPNG	2	150	4.389	OFC	3 x 300 mm ²	452	800	800		0.1643	0.3548		0.0032	0.0069		120.0276	
1	CH KTPNG	BWNGIS	1	150	7.990	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800		0.1370	0.3966	2.8520	0.0049	0.0141	0.0052	167.5710	
1	CH KTPNG	BWNGIS	2	150	7.990	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800		0.1370	0.3966	2.8520	0.0049	0.0141	0.0052	167.5710	
1	GLNUK5	NGARA5	1	150	38.040	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0232	0.0671	0.0247	167.5710
1	GLNUK5	NGARA5	2	150	38.040	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0232	0.0671	0.0247	167.5710
1	GLNUK5	PMRON5	1	150	75.900	ACSR HAWK	2 x 477 MCM	1290	800	800	1250	1250	0.1183	0.3895	2.9380	0.0399	0.1314	0.0502	335.1420
1	NGARA5	KAPAL5	1	150	67.710	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0412	0.1194	0.0439	167.5710
1	NGARA5	ASARIS	1	150	44.400	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	1250	0.1270	0.3966	2.8520	0.0270	0.0783	0.0288	167.5710
1	KAPAL5	ANSRIS	1	150	23.310	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	1250	0.1370	0.3966	2.8520	0.0142	0.0411	0.0151	167.5710
1	KAPAL5	PMRON5	1	150	58.580	ACSR PARTRIDGE	135 MCM	400	400	400	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0556	0.1054	0.0369	103.9200
1	KAPAL5	GNYAR5	1	150	19.210	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0117	0.0339	0.0125	167.5710
1	KAPAL5	GNYAR5	2	150	19.210	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0117	0.0339	0.0125	167.5710
1	KAPAL5	NSDUAS	1	150	30.910	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	400	400	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0293	0.0561	0.0195	103.9200
1	KAPAL5	PGRAN5	1	150	17.220	ACSR HAWK	477 mm ²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8820	0.0105	0.0304	0.0112	167.5710
1	KAPAL5	BRITIS	1	150	38.170	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0362	0.0693	0.0240	103.9200
1	GNYAR5	SANURS	1	150	16.500	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	200	1000	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0157	0.0299	0.0104	103.9200
1	GNYAR5	SANURS	2	150	16.380	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	600	1000	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0156	0.0297	0.0103	103.9200
1	GNYAR5	AMPPAS	1	150	33.750	ACSR HAWK	477 MCM	645	400	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0206	0.0595	0.0219	167.5710
1	GNYAR5	AMPRA5	2	150	33.760	ACSR HAWK	477 MCM	645	1000	1000			0.1370	0.3966	2.8520	0.0206	0.0595	0.0219	167.5710
1	SANURS	PGRAN5	1	150	7.740	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	400	400	830	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0073	0.0140	0.0049	103.9200
1	SANURS	PGRAN5	2	150	7.750	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	1000	1000	830	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0074	0.0141	0.0049	103.9200

Jml Sirkuit	Dari	Ke	No. Sirkuit	Data Penghantar		I Nom (Amp)	Tan t. I		Tan W I		R (Ohmikm)	Z (Ohmikm)	B (MySikm)	I _{pu} (A)	X _{pu} (Ohm)	B _{pu} (Ohm)	Daya (KVA)
				Teg (kV)	Jarak (km)		Jenis	Dari	K ₂	Dari							

(1) (2)

(3)

(4)

(5)

(12)=(6) x (10)

(13)=(7) x (10)

(14)=(8)/(KV² x 10⁻⁹/S)

(15)=(1) x (4) x 1,732/1000

Sub Region Bali

1	NSDUAS	PGRANS		150	13.410	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	200	200	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0127	0.0243	0.0084	103.9200
1	BRITIS	PMRONS	1	150	20.430	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	300	200	830	830	0.2136	0.4064	2.7970	0.0194	0.0371	0.0129	103.9200
Pengembangan / Proyek																			
1	KAPALS	PBIANS	1	150	17.220	ACSR. HAWK	477 mm ²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8620	0.0105	0.0304	0.0112	167.5710
1	PBIANS	PSGRNS	1	150	7.400	ACSR. HAWK	477 mm ²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8820	0.0045	0.0130	0.0048	167.5710
1	KAPALS	UBUD5	1	150	16.730	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0159	0.0304	0.0105	103.9200
1	UBUD5	BRITIS	1	150	29.440	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4064	2.7970	0.0279	0.0534	0.0185	103.9200
Informasi																			
1	KAPALS	UBUD5	1	150	22.500	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0214	0.0408	0.0142	103.9200
1	UBUD5	BRITIS	1	150	25.670	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0244	0.0466	0.0162	103.9200
Rencana Up-rating																			
1	KAPALS	UBUD5	1	150	22.500	TACSR	160 mm ²	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0226	0.0390	0.0150	190.6932
1	UBUD5	BRITIS	1	150	25.670	TACSR	160 mm ²	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0251	0.0445	0.0171	190.6932
1	BRITIS	PMRONS	1	150	20.430	TACSR	160 mm ²	734	800	200	830	830	0.2100	0.3900	2.9600	0.0200	0.0354	0.0136	190.6932
1	BRITIS	PMRONS	2	150	20.430	TACSR	160 mm ²	734	800	200	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0200	0.0354	0.0136	190.6932
1	KAPALS	PMRONS	1	150	58.580	TACSR	160 mm ²	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0573	0.1015	0.0390	190.6932
1	KAPALS	BRITIS	1	150	38.170	TACSR	160 mm ²	734	800	800	1250	1250	0.2200	0.3900	2.9600	0.0373	0.0662	0.0254	190.6932

LISTING PROGRAM

* DELPHI 7
* MATLAB 6.5.1

unit uMenu;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, ComCtrls, StdCtrls, ExtCtrls, jpeg;

type

TfrmMenu = class(TForm)

 Panel1: TPanel;

 btnNew: TButton;

 btnOpen: TButton;

 btnExit: TButton;

 StatusBar1: TStatusBar;

 Panel2: TPanel;

 OpenDialog1: TOpenDialog;

 Image1: TImage;

 procedure btnExitClick(Sender: TObject);

 procedure btnNewClick(Sender: TObject);

 procedure btnOpenClick(Sender: TObject);

private

 { Private declarations }

public

 { Public declarations }

end;

var

 frmMenu: TfrmMenu;

implementation

uses uInputLF, uLoadflow, uComplex, uUtils;

{\$R *.dfm}

procedure TfrmMenu.btnExitClick(Sender: TObject);

begin

 Application.Terminate;

end;

procedure TfrmMenu.btnNewClick(Sender: TObject);

begin

 frmInput.Caption:='Input Data';

 frmInput.btnNext.Caption:='&Save';

 frmInput.Show;

end;

procedure TfrmMenu.btnOpenClick(Sender: TObject);

var NamaFile,Nama:string;

output:TextFile;

i,j,Typ,dari,ke,Nbus,Nsal,Param,Ngen,NCable:integer;

Cap,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,CapSal,Pmin,Pmax,Harga,Length:double;

R,X,Lc,Tr,Tu,Su,VKonst,PKonst,Pbase,Vbase:double;

begin

try

if OpenFileDialog1.Execute then

begin

NamaFile:=OpenDialog1.FileName;

AssignFile(output,NamaFile);

Reset(output);

Readln(output,Nbus);

Readln(output,Nsal);

Readln(output,Vbase);

Readln(output,VKonst);

Readln(output,Pbase);

Readln(output,PKonst);

Readln(output,param);

gGeneral.Vbase:=Vbase;

gGeneral.VKonst:=VKonst;

gGeneral.Pbase:=Pbase;

gGeneral.PKonst:=PKonst;

if Param=1 then

begin

gGeneral.Param:=psPu;

end

else if Param=2 then

begin

gGeneral.Param:=psOhm;

end;

gGeneral.MaxIterasi:=15;

gGeneral.Toleransi:=0.0001;

frmInput.edtNbus.Text:=IntToStr(Nbus);

frmInput.edtNsal.Text:=IntToStr(Nsal);

frmInput.edtVbase.Text:=FloatToStr(Vbase);

if VKonst=1 then

begin

frmInput.cmbVKonst.Text:='V';

end

else if VKonst=1000 then

begin

frmInput.cmbVKonst.Text:='kV';

```

end
else if VKonst=1000000 then
begin
  frmInput.cmbVKonst.Text:='MV';
end;
frmInput.edtPbase.Text:=FloatToStr(Pbase);
if PKonst=1 then
begin
  frmInput.cmbPKonst.Text:='VA';
  frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
  frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
  frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
  frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (VA)';
  frmInput.fgBranch.Cells[10,0]:='P (W)';
  frmInput.fgBranch.Cells[11,0]:='Q (VAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[16,0]:='P (W)';
  frmInput.fgBranch.Cells[17,0]:='Q (VAR)';
end
else if PKonst=1000 then
begin
  frmInput.cmbPKonst.Text:='kVA';
  frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
  frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
  frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
  frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (kVA)';
  frmInput.fgBranch.Cells[10,0]:='P (kW)';
  frmInput.fgBranch.Cells[11,0]:='Q (kVAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[16,0]:='P (kW)';
  frmInput.fgBranch.Cells[17,0]:='Q (kVAR)';
end
else if PKonst=1000000 then
begin
  frmInput.cmbPKonst.Text:='MVA';
  frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
  frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
  frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
  frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (MVA)';
  frmInput.fgBranch.Cells[10,0]:='P (MW)';
  frmInput.fgBranch.Cells[11,0]:='Q (MVAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[16,0]:='P (MW)';
  frmInput.fgBranch.Cells[17,0]:='Q (MVAR)';
end;
if param=1 then

```

```

begin
  frmInput.cmbParam.Text:='pu';
  frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (pu)';
  frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (pu)';
  frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (pu)';
  frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (pu)';
end
else if param=2 then
begin
  frmInput.cmbParam.Text:='ohm';
  frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (ohm)';
  frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (ohm)';
  frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (ohm)';
  frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (ohm)';
end;
SetLength(gBus,Nbus,8);
for i:=0 to Nbus-1 do
begin
  Readln(output,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,Cap,Typ);
  gBus[i,0]:=absV;
  gBus[i,1]:=sudV;
  gBus[i,2]:=Pg;
  gBus[i,3]:=Qg;
  gBus[i,4]:=PL;
  gBus[i,5]:=QL;
  gBus[i,6]:=Cap;
  gBus[i,7]:=Typ;
  frmInput.fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
  frmInput.fgBus.Cells[1,i+1]:=FloatToStr(absV);
  frmInput.fgBus.Cells[2,i+1]:=FloatToStr(sudV);
  frmInput.fgBus.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(Pg);
  frmInput.fgBus.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(Qg);
  frmInput.fgBus.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(PL);
  frmInput.fgBus.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(QL);
  frmInput.fgBus.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Cap);
  frmInput.fgBus.Cells[8,i+1]:=IntToStr(typ);
end;
SetLength(gBranch,Nsal,17);
SetLength(gLengthBranch,Nsal);
for i:=0 to Nsal-1 do
begin
  Readln(output,dari,ke,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal);
  gBranch[i,0]:=dari;
  gBranch[i,1]:=ke;
  gBranch[i,2]:=R;
  gBranch[i,3]:=X;

```

```

gBranch[i,4]:=Lc;
gBranch[i,5]:=Tr;
gBranch[i,6]:=Tu;
gBranch[i,7]:=Su;
gBranch[i,8]:=CapSal;
frmInput.fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(dari);
frmInput.fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ke);
frmInput.fgBranch.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(R);
frmInput.fgBranch.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(X);
frmInput.fgBranch.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(Lc);
frmInput.fgBranch.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(Tr);
frmInput.fgBranch.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Tu);
frmInput.fgBranch.Cells[8,i+1]:=FloatToStr(Su);
frmInput.fgBranch.Cells[9,i+1]:=FloatToStr(CapSal);
end;
Readln(output,Ngen);
if Ngen < 0 then
begin
frmInput.fgGen.RowCount:=Ngen+1;
SetLength(gGen,Ngen,10);
for i:=0 to Ngen-1 do
begin
Readln(output,dari,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Pmin,Pmax);
gGen[i,0]:=dari;
gGen[i,1]:=R;
gGen[i,2]:=X;
gGen[i,3]:=Lc;
gGen[i,4]:=Tr;
gGen[i,5]:=Tu;
gGen[i,6]:=Su;
gGen[i,7]:=CapSal;
gGen[i,8]:=Pmin;
gGen[i,9]:=Pmax;
frmInput.fgGen.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgGen.Cells[1,i+1]:=RealToStr(gGen[i,0],0);
frmInput.fgGen.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gGen[i,1],2);
frmInput.fgGen.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gGen[i,2],2);
frmInput.fgGen.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gGen[i,3],5);
frmInput.fgGen.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gGen[i,4],5);
frmInput.fgGen.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gGen[i,5],5);
frmInput.fgGen.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gGen[i,6],2);
frmInput.fgGen.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gGen[i,7],2);
frmInput.fgGen.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gGen[i,8],2);
frmInput.fgGen.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gGen[i,9],2);
end;
end;

```

```

end
else
begin
    frmInput.fgGen.RowCount:=2;
end;
CloseFile(output);
frmInput.Caption:='Tampilan Data';
frmInput.btnNext.Caption:='&Next';
frmInput.Show;
end;
except
    MessageDlg('File Corrupt atau Error Program!',mtWarning,[mbOK],0);
end;
end;

end.
unit uInputLF;

interface

uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
    Dialogs, ComCtrls, ExtCtrls, StdCtrls, Grids, jpeg;

type
    TfrmInput = class(TForm)
        PageControl1: TPageControl;
        Panel1: TPanel;
        TabSheet1: TTabSheet;
        TabSheet2: TTabSheet;
        TabSheet3: TTabSheet;
        btnClose: TButton;
        btnNext: TButton;
        SaveDialog1: TSaveDialog;
        Label1: TLabel;
        Label2: TLabel;
        Label3: TLabel;
        Label4: TLabel;
        Label5: TLabel;
        edtNbus: TEdit;
        edtNsal: TEdit;
        edtVbase: TEdit;
        edtPbase: TEdit;
        cmbParam: TComboBox;
        cmbVKonst: TComboBox;
        cmbPkonst: TComboBox;
    end;

```

```
fgBus: TStringGrid;  
fgBranch: TStringGrid;  
TabSheet4: TTabSheet;  
fgGen: TStringGrid;  
Panel2: TPanel;  
Image2: TImage;  
procedure FormCreate(Sender: TObject);  
procedure btnCloseClick(Sender: TObject);  
procedure edtNbusChange(Sender: TObject);  
procedure edtNsalChange(Sender: TObject);  
procedure cmbPkonstChange(Sender: TObject);  
procedure cmbParamChange(Sender: TObject);  
procedure btnNextClick(Sender: TObject);  
procedure TabSheet4Show(Sender: TObject);
```

```
private  
  { Private declarations }  
public  
  { Public declarations }  
end;
```

```
var  
  frmInput: TfrmInput;
```

```
implementation
```

```
uses uLoadflow, uNewtonPolar, uUtils, uParamTS;
```

```
{ $R *.dfm }
```

```
procedure TfrmInput.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
  edtNbus.Text:='1';  
  edtNsal.Text:='1';  
  edtVbase.Text:='150';  
  edtPbase.Text:='100';  
  cmbVkonst.Text:='kV';  
  cmbPkonst.Text:='MVA';  
  cmbParam.Text:='pu';  
  fgBus.Cells[0,0]:='Bus';  
  fgBus.Cells[1,0]:='absV (pu)';  
  fgBus.Cells[2,0]:='sudV (deg)';  
  fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';  
  fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';  
  fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';  
  fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';  
  fgBus.Cells[7,0]:='Cap (pu)';
```

```

fgBus.Cells[8,0]:='Type Bus';
fgBranch.Cells[0,0] :='No';
fgBranch.Cells[1,0] :='Dari';
fgBranch.Cells[2,0] :='Ke';
fgBranch.Cells[3,0] :='R (pu)';
fgBranch.Cells[4,0] :='X (pu)';
fgBranch.Cells[5,0] :='Lc (pu)';
fgBranch.Cells[6,0] :='Tr';
fgBranch.Cells[7,0] :='Tu';
fgBranch.Cells[8,0] :='Su (deg)';
fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (MVA)';
fgBranch.Cells[10,0]:='P (MW)';
fgBranch.Cells[11,0]:='Q (MVAR)';
fgBranch.Cells[12,0]:='Arus re (A)';
fgBranch.Cells[13,0]:='Arus im (A)';
fgBranch.Cells[14,0]:='Dari';
fgBranch.Cells[15,0]:='Ke';
fgBranch.Cells[16,0]:='P (MW)';
fgBranch.Cells[17,0]:='Q (MVAR)';
fgBranch.Cells[18,0]:='Arus re (A)';
fgBranch.Cells[19,0]:='Arus im (A)';
fgBranch.Cells[20,0]:='Kap (kVA)';
fgBranch.Cells[21,0]:='Length (m)';
fgGen.Cells[0,0]:='No';
fgGen.Cells[1,0]:='Bus';
fgGen.Cells[2,0]:='Qmin (MVAR)';
fgGen.Cells[3,0]:='Qmax (MVAR)';
fgGen.Cells[4,0]:='a2';
fgGen.Cells[5,0]:='a1';
fgGen.Cells[6,0]:='a0';
fgGen.Cells[7,0]:='Fix Cost';
fgGen.Cells[8,0]:='Var Cost';
fgGen.Cells[9,0]:='Pmin (MW)';
fgGen.Cells[10,0]:='Pmax (MW)';
end;

```

```

procedure TfrmInput.btnCloseClick(Sender: TObject);
begin
  Close;
end;

```

```

procedure TfrmInput.edtNbusChange(Sender: TObject);
var i:integer;
begin
  if edtNbus.Text="" then
  begin

```

```

fgBus.RowCount:=2;
end
else
begin
try
fgBus.RowCount:=StrToInt(edtNbus.Text)+1;
for i:=1 to StrToInt(edtNbus.Text) do
begin
fgBus.Cells[0,i]:=IntToStr(i);
fgBus.Cells[1,i]:='1';
fgBus.Cells[2,i]:='0';
fgBus.Cells[3,i]:='0';
fgBus.Cells[4,i]:='0';
fgBus.Cells[5,i]:='0';
fgBus.Cells[6,i]:='0';
fgBus.Cells[7,i]:='0';
fgBus.Cells[8,i]:='3';
end;
fgBus.Cells[8,1]:='1';
except
raise Exception.Create('Tolong Masukkan angka!');
end;
end;
end;

```

```

procedure TfrmInput.edtNsalChange(Sender: TObject);
var i:integer;
begin
if edtNsal.Text="" then
begin
fgBranch.RowCount:=2;
end
else
begin
try
fgBranch.RowCount:=StrToInt(edtNsal.Text)+1;
for i:=1 to StrToInt(edtNsal.Text) do
begin
fgBranch.Cells[0,i]:=IntToStr(i);
fgBranch.Cells[3,i]:='0';
fgBranch.Cells[4,i]:='0';
fgBranch.Cells[5,i]:='0';
fgBranch.Cells[6,i]:='0';
fgBranch.Cells[7,i]:='0';
fgBranch.Cells[8,i]:='0';
fgBranch.Cells[9,i]:='10000';

```

```

end;
except
raise Exception.Create('Tolong Masukkan angka!');
end;
end;
end;

procedure TfrmInput.cmbPKonstChange(Sender: TObject);
begin
if cmbPKonst.Text='VA' then
begin
gGeneral.PKonst:=1;
fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (VA)';
fgBranch.Cells[10,0]:='P (W)';
fgBranch.Cells[11,0]:='Q (VAR)';
fgBranch.Cells[16,0]:='P (W)';
fgBranch.Cells[17,0]:='Q (VAR)';
fgGen.Cells[9,0]:='Pmin (W)';
fgGen.Cells[10,0]:='Pmax (W)';
end
else if cmbPKonst.Text='kVA' then
begin
gGeneral.PKonst:=1000;
fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (VA)';
fgBranch.Cells[10,0]:='P (kW)';
fgBranch.Cells[11,0]:='Q (kVAR)';
fgBranch.Cells[16,0]:='P (kW)';
fgBranch.Cells[17,0]:='Q (kVAR)';
fgGen.Cells[9,0]:='Pmin (kW)';
fgGen.Cells[10,0]:='Pmax (kW)';
end
else if cmbPKonst.Text='MVA' then
begin
gGeneral.PKonst:=1000000;
fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';

```

```
fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (VA)';
fgBranch.Cells[10,0]:='P (MW)';
fgBranch.Cells[11,0]:='Q (MVAR)';
fgBranch.Cells[16,0]:='P (MW)';
fgBranch.Cells[17,0]:='Q (MVAR)';
fgGen.Cells[9,0]:='Pmin (MW)';
fgGen.Cells[10,0]:='Pmax (MW)';
```

```
end;
```

```
end;
```

```
procedure TfrmInput.cmbParamChange(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
if cmbParam.Text='pu' then
```

```
begin
```

```
gGeneral.Param:=psPu;
```

```
fgBranch.Cells[3,0]:='R (pu)';
```

```
fgBranch.Cells[4,0]:='X (pu)';
```

```
fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (pu)';
```

```
fgBus.Cells[7,0]:='Cap (pu)';
```

```
end
```

```
else if cmbParam.Text='ohm' then
```

```
begin
```

```
gGeneral.Param:=psOhm;
```

```
fgBranch.Cells[3,0]:='R (ohm)';
```

```
fgBranch.Cells[4,0]:='X (ohm)';
```

```
fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (ohm)';
```

```
fgBus.Cells[7,0]:='Cap (ohm)';
```

```
end;
```

```
end;
```

```
procedure TfrmInput.btnNextClick(Sender: TObject);
```

```
var NamaFile,Nama:string;
```

```
input:TextFile;
```

```
NCable,Nbus,Nsal,Ngen,i,typ,dari,ke,param:integer;
```

```
R,X,Lc,Tr,Tu,Su,Cap,CapSal,phi,Pmin,Pmax,Harga,length:double;
```

```
VKonst,PKonst,Vbase,Pbase,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL:double;
```

```
jam,menit,detik,mdetik:word;
```

```
mulai,selesai,selang:TDateTime;
```

```
load:string;
```

```
begin
```

```
if btnNext.Caption='&Save' then
```

```
begin
```

```
Nbus:=StrToInt(edtNbus.Text);
```

```
Nsal:=StrToInt(edtNsal.Text);
```

```
Vbase:=StrToFloat(edtVbase.Text);
```

```
VKonst:=1;
```

```

if cmbVKonst.Text='V' then
begin
  VKonst:=1;
end
else if cmbVKonst.Text='kV' then
begin
  VKonst:=1000;
end
else if cmbVKonst.Text='MV' then
begin
  VKonst:=1000000;
end;
Pbase:=StrToFloat(edtPbase.Text);
PKonst:=1;
if cmbPKonst.Text='VA' then
begin
  PKonst:=1;
end
else if cmbPKonst.Text='kVA' then
begin
  PKonst:=1000;
end
else if cmbPKonst.Text='MVA' then
begin
  PKonst:=1000000;
end;
Param:=1;
if cmbParam.Text='pu' then
begin
  Param:=1;
end
else if cmbParam.Text='ohm' then
begin
  Param:=2;
end;
try
if SaveDialog1.Execute then
begin
  NamaFile:=SaveDialog1.FileName;
  AssignFile(input,NamaFile+'.txt');
  Rewrite(input);
  Writeln(input,Nbus);
  Writeln(input,Nsal);
  Writeln(input,Vbase:6:2);
  Writeln(input,VKonst:7:0);
  Writeln(input,Pbase:6:2);

```

```

Writeln(input,PKonst:7:0);
Writeln(input,param);
phi:=4*arctan(1);
for i:=1 to Nbus do
begin
  absV:=StrToFloat(fgBus.Cells[1,i]);
  sudV:=StrToFloat(fgBus.Cells[2,i])*180/phi;
  Pg:=StrToFloat(fgBus.Cells[3,i]);
  Qg:=StrToFloat(fgBus.Cells[4,i]);
  PL:=StrToFloat(fgBus.Cells[5,i]);
  QL:=StrToFloat(fgBus.Cells[6,i]);
  Cap:=StrToFloat(fgBus.Cells[7,i]);
  Typ:=StrToInt(fgBus.Cells[8,i]);
  Writeln(input,absV:7:5,',',sudV:7:5,',',Pg:9:3,',',Qg:9:3,
  ',PL:9:3,',QL:9:3,',Cap:7:5,',Typ);
end;
for i:=1 to Nsal do
begin
  dari:=StrToInt(fgBranch.Cells[1,i]);
  ke:=StrToInt(fgBranch.Cells[2,i]);
  R:=StrToFloat(fgBranch.Cells[3,i]);
  X:=StrToFloat(fgBranch.Cells[4,i]);
  Lc:=StrToFloat(fgBranch.Cells[5,i]);
  Tr:=StrToFloat(fgBranch.Cells[6,i]);
  Tu:=StrToFloat(fgBranch.Cells[7,i]);
  Su:=StrToFloat(fgBranch.Cells[8,i]);
  CapSal:=StrToFloat(fgBranch.Cells[9,i]);
  Length:=StrToFloat(fgBranch.Cells[21,i]);
  Writeln(input,dari,',ke,',R:7:5,',X:7:5,',
  Lc:7:5,',Tr:7:5,',Tu:7:5,',',Su:7:5,',
  CapSal:7:2,',Length:7:2);
end;
Ngen:=0;
load:=3;
for i:=1 to Nbus do
begin
  if fgBus.Cells[8,i]<>load then
  begin
    inc(Ngen);
  end;
end;
Writeln(input,Ngen);
for i:=1 to Ngen do
begin
  dari:=StrToInt(fgGen.Cells[1,i]);
  R:=StrToFloat(fgGen.Cells[2,i]);

```

```

X:=StrToFloat(fgGen.Cells[3,i]);
Lc:=StrToFloat(fgGen.Cells[4,i]);
Tr:=StrToFloat(fgGen.Cells[5,i]);
Tu:=StrToFloat(fgGen.Cells[6,i]);
Su:=StrToFloat(fgGen.Cells[7,i]);
CapSal:=StrToFloat(fgGen.Cells[8,i]);
Pmin:=StrToFloat(fgGen.Cells[9,i]);
Pmax:=StrToFloat(fgGen.Cells[10,i]);
Writeln(input,dari,'',R:7:2,'',X:7:2,'',Lc:7:5,'',
Tr:7:5,'',Tu:7:5,'',Su:7:2,'',CapSal:7:2,'',
Pmin:7:5,'',Pmax:7:2);
end;
end;
CloseFile(input);
MessageDlg('File berhasil disimpan!',mtInformation,[mbOK],0);
except
MessageDlg('Tolong dicek angka-angkanya kembali!',
mtWarning,[mbOK],0);
end;
end
else if btnNext.Caption='&Next' then
begin
if gGeneral.PKonst=1 then
begin
frmParamTS.fgHasil.Cells[3,0]='Pg (W)';
frmParamTS.fgHasil.Cells[4,0]='Qg (VAR)';
frmParamTS.lblLoss1.Caption='W';
frmParamTS.lblLoss2.Caption='W';
frmParamTS.lblLoss3.Caption='W';
end
else if gGeneral.PKonst=1000 then
begin
frmParamTS.fgHasil.Cells[3,0]='Pg (kW)';
frmParamTS.fgHasil.Cells[4,0]='Qg (kVAR)';
frmParamTS.lblLoss1.Caption='kW';
frmParamTS.lblLoss2.Caption='kW';
frmParamTS.lblLoss3.Caption='kW';
end
else if gGeneral.PKonst=1000000 then
begin
frmParamTS.fgHasil.Cells[3,0]='Pg (MW)';
frmParamTS.fgHasil.Cells[4,0]='Qg (MVAR)';
frmParamTS.lblLoss1.Caption='MW';
frmParamTS.lblLoss2.Caption='MW';
frmParamTS.lblLoss3.Caption='MW';
end;
end;

```



```
if fgGen.Cells[7,Ngen]=" then
begin
  fgGen.Cells[7,Ngen]:='0';
end;
if fgGen.Cells[8,Ngen]=" then
begin
  fgGen.Cells[8,Ngen]:='0';
end;
if fgGen.Cells[9,Ngen]=" then
begin
  fgGen.Cells[9,Ngen]:='0';
end;
if fgGen.Cells[10,Ngen]=" then
begin
  fgGen.Cells[10,Ngen]:='1000';
end;
end;
end;
end;
end.
```

LISTING PROGRAM MATLAB 6.5.1

```
%Program OPF Neural Network untuk Skripsi
%pada Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang
%r17
clc
interface=ddeinit('excel','RP.xls');
train=ddereq(interface,'r4c2:r18c30');
ramal=ddereq(interface,'r18c2:r18c22');
Vmin=0.98;
Vmax=1.05;
Q1min=0;
Q1max=50;
Q2min=0;
Q2max=25;
x=train(:,1);
rowT=length(x);
x=train(1,:);
colT=length(x);
x=ramal(:,1);
rowR=length(x);
x=ramal(1,:);
colR=length(x);
nnInp=zeros(rowT,21);
nnOut=zeros(rowT,8);
nnRam=zeros(rowR,colR);
for i=1:rowT
    for j=1:21
        nnInp(i,j)=NilaiToNN(train(i,j),Vmin,Vmax);
    end
    for j=22:25
        nnOut(i,j-21)=NilaiToNN(train(i,j),Vmin,Vmax);
    end
    nnOut(i,5)=NilaiToNN(train(i,26),Q1min,Q1max);
    nnOut(i,6)=NilaiToNN(train(i,27),Q1min,Q1max);
    nnOut(i,7)=NilaiToNN(train(i,28),Q2min,Q2max);
    nnOut(i,8)=NilaiToNN(train(i,29),Q2min,Q2max);
end
for i=1:rowR
    for j=1:21
        nnRam(i,j)=NilaiToNN(ramal(i,j),Vmin,Vmax);
    end
end
```

```

end
nnInp=nnInp';
nnOut=nnOut';
nnRam=nnRam';
net1=newff(minmax(nnInp),[50 8],{'logsig','purelin'},'trainlm');
net1.trainParam.epochs=20000;
net1.trainParam.goal=0.0001;
net1.trainParam.lr=0.01;
[net1,tr]=train(net1,nnInp,nnOut);
ke=tr.epoch(end)
E=tr.perf(end)
%melihat bobot input, lapisan dan bias
Weigh_Input=net1.IW{1,1}
Weigh_Bias_Input=net1.b{1,1}
Weigh_Layer=net1.LW{2,1}
Weigh_Bias_Layer=net1.b{2,1}
a=sim(net1,nnInp);
a=a';
for i=1:rowT
    for j=1:4
        a(i,j)=NNToNilai(a(i,j),Vmin,Vmax);
    end
    a(i,5)=NNToNilai(a(i,5),Q1min,Q1max);
    a(i,6)=NNToNilai(a(i,6),Q1min,Q1max);
    a(i,7)=NNToNilai(a(i,7),Q2min,Q2max);
    a(i,8)=NNToNilai(a(i,8),Q2min,Q2max);
end
ta=zeros(rowT,1);
for i=1:rowT
    ta(i)=i;
end
target=train(:,22:29);
plot(ta,target,'b-',ta,a,'r-');
xlabel('input');
ylabel('Target dan Output');
legend('target','training');
grid;
cek=ddepoke(interface,'r4c31:r18c38',a);
%a=sim(net1,nnRam);
%a=a';
%for i=1:rowR
%    for j=22:25
%        a(i,j-21)=NNToNilai(a(i,j-21),Vmin,Vmax);

```

```
% end
% a(i,5)=NNToNilai(a(i,5),Q1min,Q1max);
% a(i,6)=NNToNilai(a(i,6),Q2min,Q2max);
% a(i,7)=NNToNilai(a(i,7),Q3min,Q3max);
%end
%ta=zeros(rowR,1);
%for i=1:rowR
% ta(i)=i;
%end
%cek=ddepoke(interface,'r18c30:r18c36',a);
```