

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**ANALISIS PERFORMANSI SALURAN TRANSMISI 150 KV
UPT. MALANG DENGAN ADANYA PENAMBAHAN
SALURAN ANTARA GI. PIER DAN GI. PAKIS**

SKRIPSI

Disusun oleh :
RACHMADI SETIAWAN
NIM : 05.12.075 / P

MARET 2008

REPUBLIC OF THE PHILIPPINES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES
OFFICE OF THE SECRETARY
MUNICIPALITY OF CALAPAN, PROVINCE OF TAVAGAN

TO THE HONORABLE SECRETARY, DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES
MUNICIPALITY OF CALAPAN, PROVINCE OF TAVAGAN
FROM THE MUNICIPAL ENGINEER, CALAPAN, TAVAGAN

REPLY

DATE: _____

MUNICIPAL ENGINEER, CALAPAN, TAVAGAN

OFFICE ADDRESS: _____

PHONE: _____

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS PERFORMANSI SALURAN TRANSMISI 150 KV
UPT. MALANG DENGAN ADANYA PENAMBAHAN
SALURAN ANTARA GI. PIER DAN GI. PAKIS**

SKRIPSI

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

**Disusun Oleh :
RACHMADI SETIAWAN
NIM : 0512075/P**



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

**Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing**

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 103 950 0274**

**Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE
NIP. Y. 103 900 0208**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008**

ABSTRAK

ANALISIS PERFORMANSI SISTEM TRANSMISI 150 KV UPT. MALANG DENGAN ADANYA PENAMBAHAN SALURAN ANTARA GI. PIER DAN GI. PAKIS

(Rachmadi Setiawan, 0512075/P, Teknik Elektro S-1 / T. Energi Listrik)
(Dosen Pembimbing : Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE)

Kata kunci : Daya reaktif, Profil tegangan, SVC, *Newton Raphson*.

Setelah penambahan saluran antara GI. PIER dan GI. Pakis pada sistem transmisi 150 kV UPT. Malang untuk meningkatkan performansi sistem, timbul permasalahan pada kompensasi terpasang yang masih menggunakan *static capacitor*. Dengan tujuan menganalisis sistem aliran daya, kemudian melakukan upaya mengatur daya reaktif untuk memperoleh profil tegangan sistem yang lebih baik antara ambang batas maksimum dan ambang batas minimum, sebagai studi aplikasi digunakan SVC menggantikan *static capacitor*.

Sebagai analisis studi aliran daya digunakan metode *Newton Raphson* yang dilakukan dengan bantuan komputer, menggunakan perangkat lunak MATLAB 6.5.1.

Hasil analisis menunjukkan bahwa terjadi peningkatan performansi sistem transmisi, yaitu rugi-rugi daya berkurang 4,635 MW dan 22,058 Mvar, sedangkan profil tegangan mengalami peningkatan pada bus 6 sebesar 0.043 pu menjadi 139.4 kV, bus 7 sebesar 0.047 pu menjadi 140 kV, bus 8 sebesar 0.047 pu menjadi 138.9 kV dan bus 10 sebesar 0.073 pu menjadi 143.4 kV.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan rasa syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan segala berkah, kesehatan, pikiran dan segala kemampuan sehingga makalah skripsi ini dapat selesai pada waktunya.

Skripsi ini merupakan karya ilmiah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik jurusan Teknik Elektro konsentrasi Energi Listrik dari Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan makalah skripsi ini, penulis telah mendapat dukungan dan bantuan dari beberapa pihak, sehingga tak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
3. Bapak Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE, selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan dalam skripsi ini.
4. Bapak-bapak PT. PLN (PERSERO) P3B JAWA BALI wilayah kerja UPT. Malang (GI. Blimbing) dan operator GI. Kebonagung Malang, terima kasih atas bantuan dan kerjasama selama survey.
5. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberi motivasi, semangat, dan do'a.
6. Rekan karyawan dan mahasiswa Teknik Elektro ITN Malang (komunitas laboratorium dan instruktur).
7. Semua pihak yang telah membantu selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa makalah skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan makalah berikutnya. Dan semoga makalah skripsi ini dapat menjadi manfaat.

Malang, Mei 2008
Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GRAFIK	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metode Pembahasan.....	3
1.6. Sistematika	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Umum.....	6
2.2. Daya Rata-rata.....	7
2.3. Daya Reaktif dan Faktor Daya	9
2.4. Kapasitor Shunt	10
2.4.1.Pengurangan Rugi-Rugi dengan Kapasitor Shunt.....	11
2.4.2.Perbaikan Tegangan dengan kapasitor Shunt.....	11
2.4.3.Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan kapasitas	12
2.5 Teori Studi Aliran Daya	14
2.5.1.Studi Aliran Daya dengan Metode Newton Raphson	15
2.5.2.Flow Chart Aliran Daya Metode Newton Raphson	20
2.6. Static Var Compensator (SVC).....	21
2.7. Dasar Pemakaian Matlab	23
2.7.1.Tampilan Matlab	24
2.7.2.Simulink Matlab.....	25

BAB III DATA TRANSMISI 150 KV UPT. MALANG

3.1. Data Bus Transmisi 150 Kv	27
3.2. Data Tegangan dan Pembebanan Bus	29
3.3. Data Saluran Transmisi	32
3.4. Kapasitor Statis Terpasang.....	36
3.5. Validasi Program.....	37
3.6. Flowchart SVC.....	41

BAB IV ANALISIS SISTEM DAN SIMULASI

4.1. Analisis Studi Aliran Daya.....	42
4.1.1. Analisis Studi Aliran Daya Sebelum Penambahan Saluran.....	47
4.1.2. Analisis Studi Aliran Daya Sesudah Penambahan Saluran.....	48
4.2. Validasi Program.....	49
4.3. Hasil Analisis	50
4.3.1. Hasil Studi Aliran Daya Sebelum Penambahan Saluran.	50
4.3.2. Hasil Studi Aliran Daya Sesudah Penambahan Saluran .	52
4.4. Simulasi Menggunakan Simulink	55
4.4.1. Simulasi Aliran Daya Sesudah Penambahan Saluran (beban puncak).....	56
4.4.2. Simulasi Aliran Daya Sesudah Penambahan Saluran (beban siang).....	59

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA	xi
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Segitiga Daya	9
Gambar 2-2 Saluran primer dengan Beban Terpusat	11
Gambar 2-3 Vektor Diagram (a) sebelum dipasang kapasitor, (b) sesudah dipasang kapasitor	12
Gambar 2-4 Perbaikan Faktor Daya	13
Gambar 2-5 Flowchart Newton Raphson	20
Gambar 2-6 Rangkaian Dasar Thyristor-controlled Reactor (TCR)	21
Gambar 2-7 Rangkaian Dasar Thyristor-switched Capacitor (TSC)	22
Gambar 2-8 Rangkaian Dasar Static Var Compensator (SVC)	22
Gambar 2-9 Kompensasi pada Sistem Menggunakan SVC	23
Gambar 2-10 Tampilan Awal Matlab Versi 6.5.1	24
Gambar 2-11 Matriks Bilangan Kompleks	25
Gambar 2-12 Langkah Membuka Simulink Matlab	26
Gambar 3-1 Single line diagram Transmisi 150 Kv UPT Malang Sebelum Penambahan Saluran	28
Gambar 3-2 Single line diagram Transmisi 150 Kv UPT Malang Sesudah Penambahan Saluran PIER - Pakis	28
Gambar 3-3 Inter Bus Transformer 150/70 Kv pada GI. Kebonagung UPT Malang	31



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4-1	Tegangan Bus Sebelum dan Sesudah Penambahan Saluran	
	GI. Pier – GI. Pakis	54
Grafik 4-2	Tegangan Bus Setelah Menggunakan SVC	
	(Pada Beban Puncak)	58
Grafik 4-3	Tegangan Bus Setelah Menggunakan SVC	
	(Pada Beban Siang)	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik saat ini merupakan faktor yang sangat dominan sebagai pendukung aktivitas kehidupan masyarakat, sebagaimana pelayanan energi listrik di wilayah kerja UPT. Malang oleh PT. PLN (PERSERO) P3B JAWA BALI.

Khusus pada wilayah UPT. Malang, beberapa hal yang menjadi kendala bagi penyedia energi listrik sekarang adalah pertumbuhan beban yang pesat tanpa ditunjang dengan penyediaan tenaga pembangkit listrik yang memadai. Guna memberikan mutu pelayanan yang baik telah dilakukan penambahan saluran transmisi 150 kV antara GI. PIER dan GI. Pakis, dengan harapan memperbaiki performansi sistem transmisi 150 kV UPT. Malang.

Setelah pemasangan saluran tersebut, ternyata pada GI. Kebonagung kompensasi kapasitif masih menggunakan *Static Capacitor* yang berfungsi hanya pada waktu beban puncak, sedangkan untuk memperoleh profil tegangan yang optimal, kebutuhan injeksi kapasitif pada sistem transmisi 150 kV UPT. Malang tidak hanya pada waktu beban puncak. Hal ini mendorong penulis untuk melakukan analisis penerapan *Static Var Compensator* (SVC) sebagai pengganti *static capacitor* yang terpasang. *Static Var Compensator* (SVC) dipilih karena mempunyai konfigurasi yang sama dengan *static capacitor* yaitu terhubung shunt

dengan bus beban. Sebagai media analisis dan simulasi penulis menggunakan *Software Matlab 6.5.1.* ^[6]

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, ternyata masih perlu peningkatan performansi profil tegangan pada sistem transmisi 150 kV UPT. Malang sekalipun telah ada penambahan saluran antara GI. PIER dan GI. Pakis. Penerapan SVC sebagai pengganti *Static Capacitor* diharapkan menjadi solusi kebutuhan daya reaktif pada sistem, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini adalah : “Bagaimana meningkatkan Performansi Saluran Transmisi 150 kV UPT. Malang setelah adanya penambahan Saluran antara GI. PIER dan GI. Pakis “

1.3. Tujuan

Tujuan dalam skripsi ini adalah menganalisis sistem aliran daya pada saluran transmisi 150 kV UPT. Malang, kemudian melakukan upaya mengatur daya reaktif untuk memperoleh profil tegangan sistem yang lebih baik di antara 0,95 per unit dan 1,05 per unit.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi ini mencapai sasaran yang diharapkan maka perlu diberikan batasan, yaitu sebagai berikut :

1. Sistem yang dianalisis adalah saluran transmisi 150 kV UPT. Malang.
2. Studi Aliran Daya pada sistem menggunakan metode *Newton Raphson* pada *Software Matlab 6.5.1*.
3. Kompensasi terpasang adalah *Static Capacitor* dan sebagai kajian akademik digunakan SVC dalam penerapannya.
4. Tidak membahas masalah harmonisa
5. Tidak membahas masalah proteksi sistem tenaga listrik
6. Tidak membahas masalah ekonomis.

1.5. Metode Pembahasan

Dalam penyusunan skripsi ini metode pembahasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur :
Yaitu mempelajari teori penunjang tentang analisa sistem tenaga listrik dan tentang *Software Matlab 6.5.1*.
2. Studi lapangan :
Melakukan *survey* guna pengumpulan data saluran transmisi 150 kV UPT. Wilayah Malang, juga besar dan jumlah *Static Capacitor* terpasang.
3. Analisis data :
Melakukan penghitungan aliran daya dari data lapangan kemudian melakukan simulasi pada *Software Matlab 6.5.1*.

4. Mengambil suatu kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan.

1.6. Sistematika

Pembahasan dalam Skripsi ini akan diuraikan dalam lima bab, yang penjabarannya adalah sebagai berikut :

Bab I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika pembahasan yang akan dipaparkan dalam laporan Skripsi ini.

Bab II : LANDASAN TEORI

Membahas tentang teori daya pada arus bolak-balik, kompensasi dengan kapasitor shunt, studi aliran daya (*load flow*) dengan metode *Newton Raphson*, tentang *Static Var Compensator (SVC)* dan sekilas tentang matlab 6.5.1 sebagai *software* pendukung.

Bab III : DATA TRANSMISI 150 kV UPT. MALANG

Membahas tentang data lapangan sebagai inputan sehingga parameter yang digunakan dalam menganalisis performansi sistem dengan *software* matlab 6.5.1. dapat dilakukan, kemudian dilakukan validasi program sebagai pembanding.

Bab IV : ANALISIS SISTEM DAN SIMULASI

Membahas tentang studi aliran daya dari sistem transmisi 150 kV UPT. Malang kemudian melakukan kajian akademik dengan simulasi sistem menggunakan simulink matlab.

Bab V : PENUTUP

Merupakan bagian akhir dari laporan yang terdiri dari kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Daya arus bolak-balik merupakan hasil perkalian antara tegangan sesaat dengan arus sesaat. Daya ini merupakan daya sesaat yang besarnya akan berubah sesuai dengan perubahan nilai tegangan dan arus. Secara umum daya sesaat dapat ditulis :^[4]

$$P(t) = V(t) \times I(t) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

$$P(t) = \text{Daya sesaat (Watt)}$$

$$V(t) = \text{Tegangan sesaat (Volt)}$$

$$I(t) = \text{Arus sesaat (Ampere)}$$

Pada listrik arus bolak-balik (AC) baik yang berasal dari generator maupun dari transformator akan ditemukan dua macam beban listrik, yaitu beban resistif dan beban induktif. Pada beban resistif daya yang dikonsumsi hanya daya aktif, sedangkan pada beban induktif mengkonsumsi daya aktif dan daya reaktif.

Pemakaian daya listrik oleh suatu beban akan bersifat :

- Daya sesaat, yaitu hasil perkalian antara tegangan sesaat yang melintasi beban dengan arus sesaat yang melaluinya.
- Daya aktif (*active power*) dengan satuannya watt, yaitu daya rata-rata yang diserap dalam unsur resistif, disebut daya aktif dan dirumuskan sebagai $P = I^2 \times R$.
- Daya reaktif (*reactive power*) dengan satuannya VAR, yaitu nilai maksimum yang keluar-masuk dalam unsur reaktif, dikenal sebagai daya tanpa watt (*wattless power*) dirumuskan sebagai $Q = I^2 \times X$.
- Daya Semu (*apparent power*) dengan satuannya VA, adalah daya yang merupakan jumlah vektor antara daya aktif dan daya reaktif, dirumuskan sebagai $S = P + jQ$.

Besaran-besaran daya diatas dipengaruhi oleh besarnya tegangan, arus dan perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan, yang disebut sebagai faktor daya atau $\cos \varphi$.

2.2. Daya Rata-rata ^[4]

Dalam keadaan umum, daya sesaat untuk suatu R adalah :

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.2)$$

Jika arus dan tegangan merupakan suatu fungsi siklus, maka daya rata-rata (P) untuk suatu siklus periode tersebut dapat ditentukan besarnya dengan rumus :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

P = daya rata-rata dalam watt

T = periode dari siklus dalam detik

Tegangan dan arus fungsi sinusoida dinyatakan sebagai berikut :

$$V_{(t)} = V_m \cos \omega t \dots\dots\dots (2.4)$$

$$I_{(t)} = I_m \cos(\omega t - \varphi) \dots\dots\dots (2.5)$$

Maka persamaan menjadi :

$$P_{(t)} = V_m I_m \cos \omega t \cos(\omega t - \varphi)$$

$$P_{(t)} = V_m I_m \frac{1}{2} [\cos(\omega t - \omega t + \varphi) + \cos(\omega t + \omega t - \varphi)]$$

$$P_{(t)} = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \varphi + \frac{1}{2} V_m I_m \cos(2\omega t - \varphi)$$

Harga rata-rata dari fungsi sinusoida yang berubah terhadap waktu untuk setiap satu periode adalah sama dengan nol, yang tidak tergantung dari waktu, maka bentuk yang ada yaitu :

$$P_{(t)} = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \varphi = VI \cos \varphi \dots\dots\dots (2.6)$$

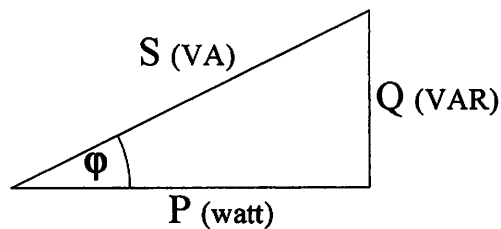
Dimana V dan I adalah harga rms dari setiap fungsi sinusoida, yaitu harga maksimum dibagi dengan akar dua ($\sqrt{2}$).

2.3. Daya Reaktif dan Faktor Daya

Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya faktor daya yang kemudian menyebabkan memburuknya unjuk kerja peralatan sistem pada umumnya, baik dari segi teknik operasional maupun segi ekonomisnya. Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dan daya semu.

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya aktif (W)}}{\text{Daya semu (VA)}}$$

Daya semu sendiri dibentuk oleh dua komponen, daya aktif (W) dan daya reaktif (VAR). Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2-1 : Segitiga Daya

$$\text{Faktor daya} = \frac{P}{S} = \left(\frac{VI \cos \varphi}{VI} \right) = \cos \varphi \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : P = Daya aktif (Watt)

S = Daya semu (VA)

Q = Daya reaktif (VAR)

φ = sudut fasa

2.4. Kapasitor Shunt

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensif digunakan pada sistem jaringan. Kapasitor shunt mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif. Dengan dipasang kapasitor shunt pada jaringan akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya, dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi-rugi saluran.

Ada dua cara dalam pemakaian kapsitor shunt :

➤ Kapasitor tetap (*Stay Capacitance*)

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang kapasitasnya tetap dan selalu terpasang di jaringan. Penggunaan kapasitor jenis ini harus memperhatikan kenaikan tegangan yang terjadi pada saat beban ringan agar tidak melebihi batas tegangan yang ditetapkan.

➤ Kapasitor saklar (*Tapping Capacitance*)

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang dapat dihubungkan dan dilepaskan dari jaringan dan dapat diatur besar kapasitasnya sesuai dengan kondisi beban.

Proses membuka-menutup dari saklar kapasitor shunt dapat dilakukan dengan cara manual maupun dengan cara otomatis. Pengendalian secara manual (pada lokasi atau kendali jarak jauh) dapat dilakukan pada GI. Untuk pengendali secara otomatis, termasuk di dalamnya peralatan pengendali tegangan, arus, tegangan-waktu dan suhu. Tipe yang paling

populer adalah pengedali saklar waktu (*time-switch controll*), pengendali tegangan dan pengendali tegangan-arus.

2.4.1. Pengurangan Rugi-Rugi dengan Kapasitor Shunt

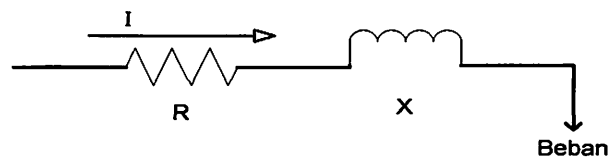
Rugi-rugi saluran per fasa dari saluran 3 fasa seimbang dengan beban terpusat seperti pada gambar 2-2 adalah $I^2(R - jX)$ atau dapat dibedakan menjadi:

$$\text{Rugi daya aktif } (I^2 R) = (I_R^2 + I_X^2)R \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\text{Rugi daya reaktif } (I^2 X) = (I_R^2 + I_X^2)X \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana : I_R adalah komponen arus aktif

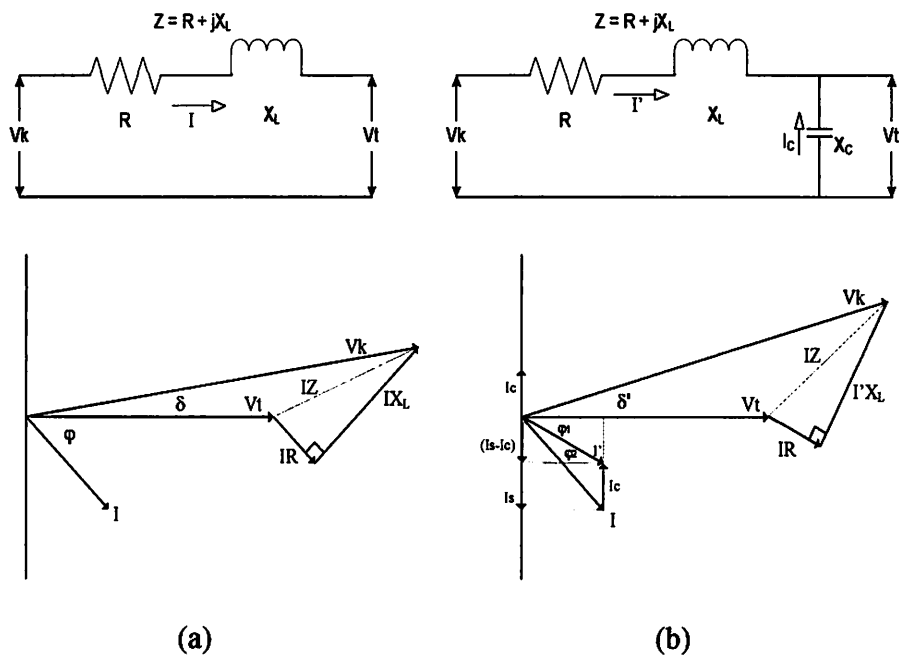
I_X adalah komponen arus reaktif



Gambar 2-2 : Saluran Primer dengan Beban Terpusat

2.4.2. Perbaikan Tegangan dengan Kapasitor Shunt

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



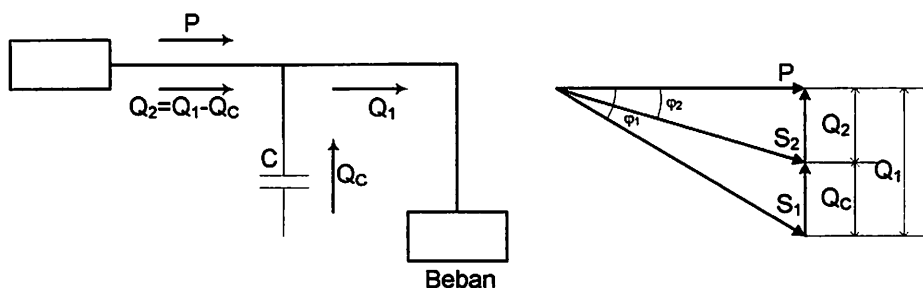
Gambar 2-3 : Vektor Diagram (a) sebelum dipasang kapasitor; (b) sesudah dipasang kapasitor

Dalam perbaikan faktor daya untuk kenaikan profil tegangan pada sistem tenaga listrik di Indonesia, mengacu pada ketentuan dari PT. PLN (PERSERO). Batas ambang atas tegangan untuk sistem transmisi 150 kV adalah 5%, yaitu 157,5 kV. Sedangkan batas ambang bawah tegangan untuk sistem transmisi 150 kV adalah 10%, yaitu 135 kV. ^[9]

2.4.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas

Manfaat terbesar yang diperoleh dari perbaikan faktor daya berasal dari pengurangan daya reaktif dalam sistem. Hal ini menghasilkan pengurangan biaya pemakaian daya yang lebih rendah, kenaikan kapasitas sistem, perbaikan tegangan

dan pengurangan *losses* dalam sistem. Satu-satunya jalan untuk memperbaiki faktor daya adalah mengurangi daya reaktif jaringan. Jika komponen daya reaktif dapat dikurangi, maka total arus akan berkurang, sedangkan komponen daya aktif tidak berubah, maka faktor daya akan lebih besar sebagai akibat berkurangnya daya reaktif. Faktor daya akan mencapai 100% jika komponen daya reaktif sama dengan nol (0). Dengan menambahkan kapasitor, daya reaktif komponen Q akan berkurang. Gambar (2-4) menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplay daya reaktif ke beban.



Gambar 2-4 : Perbaikan Faktor Daya

Diasumsikan bahwa beban disuplay oleh daya nyata P , daya reaktif (*lagging*) Q , dan daya semu S , pada faktor daya tertinggal $\cos \varphi_1$.

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(2.12)$$

Bila suatu kapasitor Q_C VAR dipasang pada beban, faktor daya dapat diperbaiki dari $\cos \varphi_1$ menjadi $\cos \varphi_2$ dimana :

$$\begin{aligned}
 \cos \phi_1 &= \frac{P}{S_1} \\
 &= \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q^2)}} \\
 &= \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_2 - Q_C)^2}} \dots\dots\dots(2.13)
 \end{aligned}$$

Sehingga daya semu dan daya reaktif berkurang dari S_1 (VA) dan Q_1 (VAR) ke Q_2 (VAR) sehingga kapasitas beban akan meningkat.

Cara menentukan besaran nilai kapasitor pada suatu sistem dengan menggunakan kapasitor shunt adalah :^[1]

$$C = \frac{1}{2\pi \times (f) \times X_C} = \dots \text{Farad}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai X_C adalah :^[1]

$$Z_C = X_C = \frac{|KV|^2}{jQ_C} = \dots \Omega$$

2.5. Teori Studi Aliran Daya^{[1][8]}

Jaringan sistem tenaga pada saluran transmisi dapat digambarkan dengan model π yang mana impedansi-impedansinya telah diubah menjadi admitansi-admitansi per unit pada *base* / dasar MVA.

Aplikasi Hukum Kirchhoff pada bus ini diberikan dalam :

$$I_i = y_{i0}V_i + y_{i1}(V_i - V_1) + y_{i2}(V_i - V_2) + \dots + y_{in}(V_i - V_n)$$

$$= (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in})V_i - y_{i1}V_1 - y_{i2}V_2 - \dots - y_{in}V_n \quad \dots(2.14)$$

atau

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij}V_j \quad j \neq i \quad \dots(2.15)$$

Daya aktif dan daya reaktif pada bus i adalah :

$$P_i + jQ_i = V_i I_i \quad \dots(2.16)$$

atau

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i} \quad \dots(2.17)$$

Substitusi untuk I_i pada persamaan (2.15), hasilnya :

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij}V_j \quad j \neq i \quad \dots(2.18)$$

Dari hubungan di atas formulasi perhitungan dari aliran daya dalam sistem tenaga harus diselesaikan dengan teknik iterasi.

2.5.1. Studi Aliran Daya dengan Metode Newton Rapson ^{[1][8]}

Metode Newton Rapson memiliki perhitungan lebih baik untuk sistem tenaga yang besar karena lebih efisien dan praktis. Jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk memperoleh pemecahan ditentukan berdasarkan ukuran sistem. Dalam metode ini persamaan aliran daya dirumuskan dalam bentuk polar. Arus yang memasuki bus i dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij}V_j \quad \dots(2.19)$$

Persamaan di atas bila ditulis dalam bentuk polar adalah :

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

Daya kompleks pada bus i adalah :

$$P_i - jQ_i = V_i^* I_i \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

Substitusi dari persamaan (2.20) untuk I_i ke dalam persamaan (2.21) menghasilkan :

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

Pisahkan bagian real dan imajiner :

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

Persamaan (2.23) dan (2.24) membentuk persamaan aljabar nonlinier dengan variabel sendiri. Besarnya setiap variabel dinyatakan dalam satuan per unit dan untuk sudut fasa dinyatakan dalam satuan radian. Persamaan (2.23) dan (2.24) dikembangkan dari deret Taylor seperti persamaan berikut ini.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \hline \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_2^{(k)}| \\ \vdots \\ \Delta |V_n^{(k)}| \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

Dalam hal ini bus 1 diumpamakan sebagai *slack bus*. Matriks Jacobian memberikan perbandingan linier antara perubahan pada sudut tegangan $\Delta \delta_i^{(k)}$ dan besarnya tegangan $\Delta |V_i^{(k)}|$ dengan sedikit perubahan pada daya aktif ($\Delta P_i^{(k)}$) dan daya reaktif ($\Delta Q_i^{(k)}$). Dalam bentuk singkat dapat ditulis seperti berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

Banyaknya elemen matriks Jacobian dari Persamaan (2.26) ditentukan dengan $(2n-2-m) \times (2n-2-m)$ dengan n adalah banyaknya bus pada sistem, sedangkan m adalah banyaknya *voltage-controlled buses* pada sistem. J_1 diperoleh dari $(n-1) \times (n-1)$, J_2 diperoleh dari $(n-1) \times (n-1-m)$, J_3 diperoleh dari $(n-1-m) \times (n-1)$ dan J_4 diperoleh dari $(n-1-m) \times (n-1-m)$.

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk J_1 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_j - \theta_i + \theta_j) \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i||V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk J_2 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i||Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{j \neq 1} |V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad \dots\dots\dots(2.30)$$

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk J_3 adalah :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq 1} |V_i||V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -|V_i||V_j||Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad \dots\dots\dots(2.32)$$

Elemen diagonal dan diagonal luar untuk J_4 adalah :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -2|V_i||Y_{ii}| \sin \theta_{ii} + \sum_{j \neq 1} |V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = -|V_i||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq 1 \quad \dots\dots\dots(2.34)$$

Harga dari $\Delta P_i^{(k)}$ dan $\Delta Q_i^{(k)}$ berbeda antara yang terjadwal dengan nilai perhitungan, dan ini disebut sisa daya (*power residuals*) yang diberikan dengan :

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{sch} - P_i^{(k)} \quad \dots\dots\dots(2.35)$$

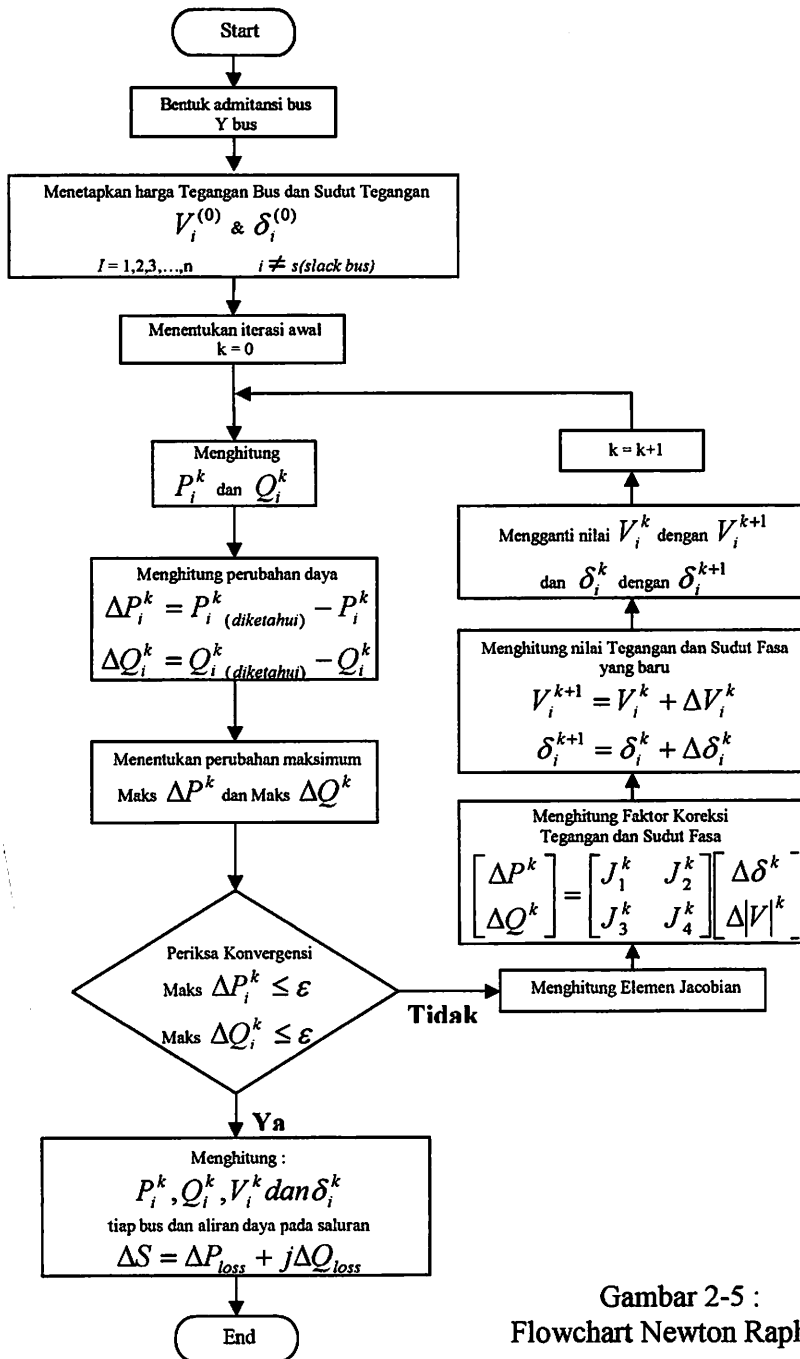
$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{sch} - Q_i^{(k)} \quad \dots\dots\dots(2.36)$$

Perhitungan baru untuk sudut fasa dan tegangan bus adalah :

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \dots \dots \dots (2.37)$$

$$|\mathcal{V}_i^{(k+1)}| = |\mathcal{V}_i^{(k)}| + \Delta |\mathcal{V}_i^{(k)}| \dots \dots \dots (2.38)$$

2.5.2. Flow Chart Aliran Daya Metode Newton Raphson



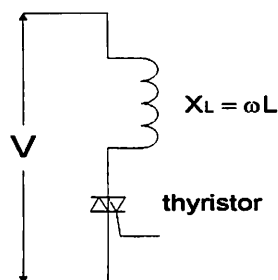
Gambar 2-5 :
Flowchart Newton Raphson

2.6. Static Var Compensator (SVC) ^[6]

Static Var Compensator (SVC) merupakan komponen penting dalam pengontrolan tegangan pada sistem daya, *Static Var Compensator* (SVC) merupakan pembangkit atau penyerap statis yang terhubung shunt dimana keluarannya bervariasi, sehingga dapat mengatur parameter spesifik dari *power system*. Kata statis menunjukkan bahwa SVC tidak seperti kapasitor sinkron, yaitu tidak mempunyai bagian bergerak. Dengan demikian SVC terdiri dari peralatan penyerap dan peralatan pengontrol yang sesuai. Berikut ini adalah jenis elemen dasar pengatur daya reaktif jenis SVC, yaitu :

➤ *Thyristor-controlled Reactor* (TCR)

Rangkaian dasar dari TCR adalah sebuah reaktor yang dihubungkan seri dengan *thyristor*, sehingga TCR adalah susceptansi yang dapat dikontrol. Prinsip pengontrolan nilai susceptansi ini dikenal sebagai pengontrol fasa, seperti diperlihatkan pada gambar berikut :

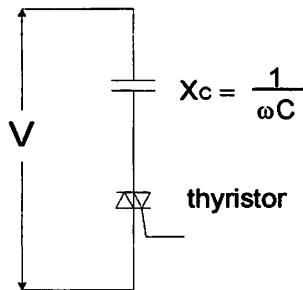


Gambar 2-6 : Rangkaian Dasar *Thyristor-controlled Reactor* (TCR)

➤ *Thyristor-switched Capacitor* (TSC)

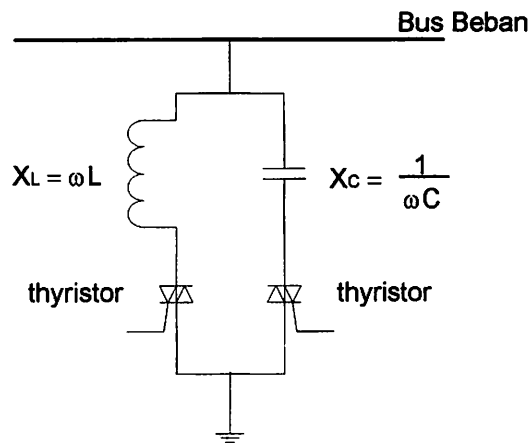
Rangkaian dasar dari TSC adalah sebuah kapasitor yang dihubungkan seri dengan *thyristor*, sehingga TSC adalah susceptansi kapasitif yang dapat

dikontrol. Prinsip pengontrolan nilai susceptansi ini dikenal sebagai pengontrol fasa, seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



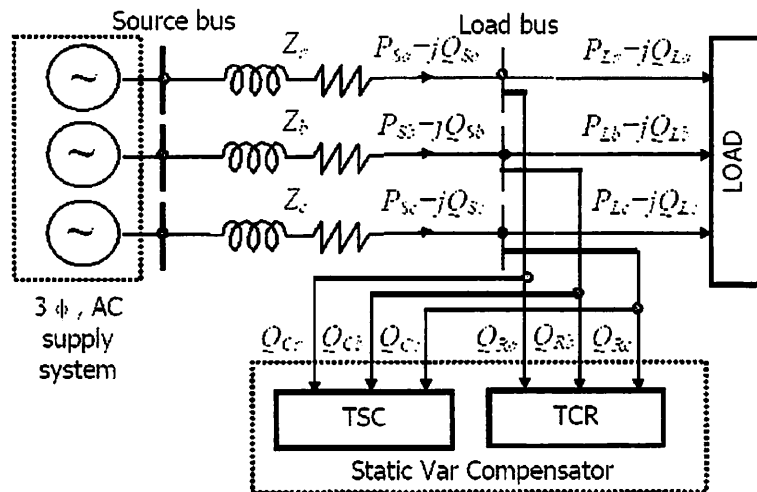
Gambar 2-7 : Rangkaian Dasar *Thyristor-switched Capacitor* (TSC)

Penggabungan antara *Thyristor-controlled Reactor* (TCR) dan *Thyristor-switched Capacitor* (TSC) adalah jenis *Static Var Compensator* (SVC) ideal, seperti pada gambar berikut :



Gambar 2-8 : Rangkaian Dasar *Static Var Compensator* (SVC)

Sedangkan skema diagram dari *Static Var Compensator* (SVC) yang dipasang pada sistem transmisi AC 3 fasa dapat digambarkan seperti pada gambar (2-9), dimana SVC dipasang pada bus beban.



Gambar 2-9 : Kompensasi pada Sistem Menggunakan SVC

Sumber : International Journal of Emerging Electric Power Systems

Pada *software* Matlab versi 6.5.1., *Static Var Compensator* (SVC) merupakan bagian dari FACTS (*Flexible AC Transmission Systems*) secara spesifik dapat dilihat pada simulink Matlab.

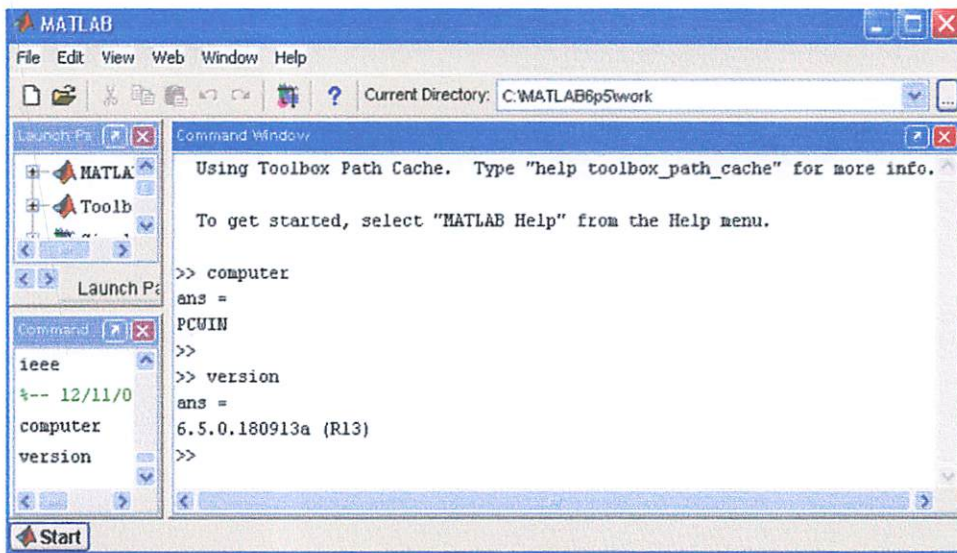
2.7. Dasar Pemakaian Matlab ^[5]

Matlab adalah sebuah program untuk menyelesaikan perhitungan ilmiah maupun teknik secara numeris. Matlab dikendalikan dengan perintah-perintah (*commands*) dan karenanya bersifat dapat deprogram. Matlab menggunakan teknik-teknik khusus berbasis matriks untuk menyelesaikan persoalan. Dengan cara ini banyak kemudahan yang diperoleh pemakai, selain cara pemrogramannya yang tidak rumit, solusi masalah yang dinyatakan Matlab adalah mirip dengan apa yang dituliskan secara matematis.

Ada banyak aplikasi yang dikembangkan oleh para pemakainya, mulai dari pemrosesan sinyal, control otomatis sampai jaringan saraf tiruan. *The Mathworks Inc.*, yaitu perusahaan yang me-*realease* Matlab menyediakan berbagai versi dari Matlab untuk berbagai jenis komputer. Sebagai analisis pada skripsi ini digunakan Matlab versi 6.5.1.

2.7.1. Tampilan Matlab ^[5]

Matlab secara *default* adalah *case sensitive*, yaitu membedakan pemakaian antara huruf kapital dan huruf kecil. Pada umumnya perintah-perintah matlab ditulis dengan huruf kecil (*lower case*).



Gambar 2-10 : Tampilan Awal Matlab Versi 6.5.1.

Bilangan kompleks juga dapat dipergunakan dalam matlab, dengan definisi satuan bilangan kompleks “i” atau “j” = $\sqrt{-1}$, dimana antara keduanya

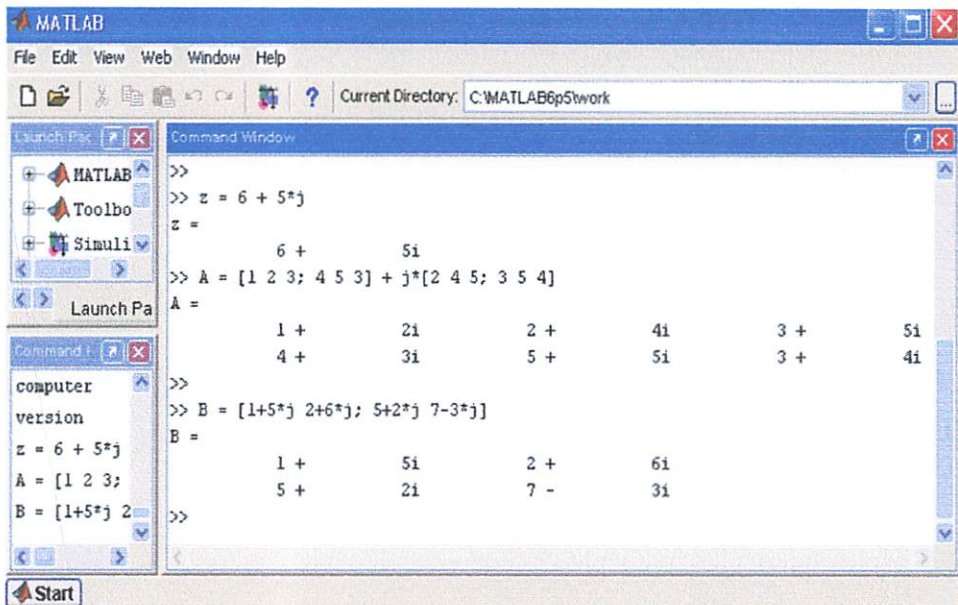
dapat dipergunakan tergantung pemakai. Penulisan bilangan kompleks ini mempergunakan standart konvensional :

$$z = a + j*b$$

dimana :

a : adalah komponen real dan

b : adalah komponen imajiner.



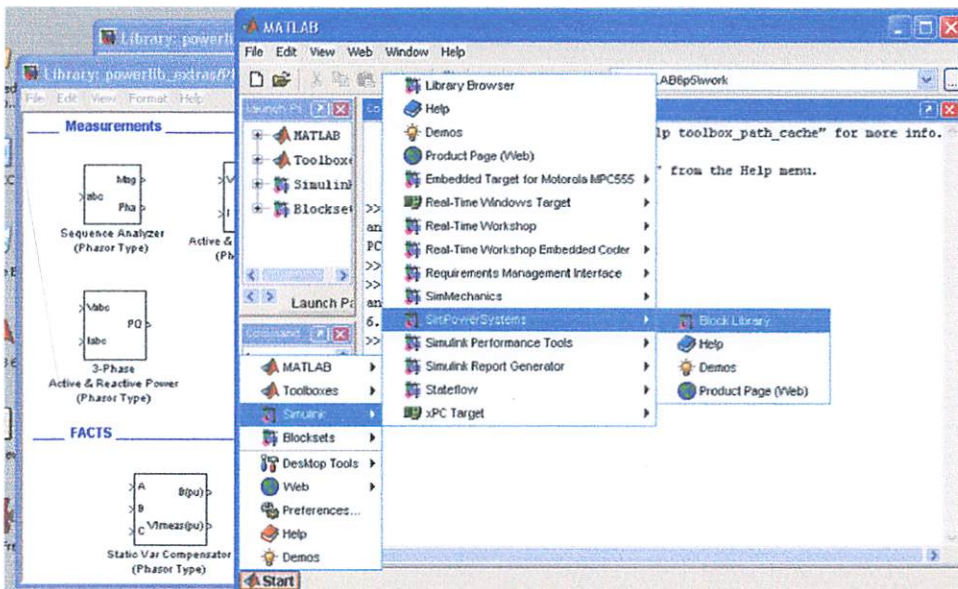
Gambar 2-11 : Matriks Bilangan Kompleks

2.7.2. Simulink Matlab ^[2]

Di dalam matlab, selain menggunakan *commands* (perintah-perintah) juga dapat melakukan pemodelan sistem dengan simulink. Setiap model matematis sistem dari fisis sebenarnya mampu memberikan gambaran terhadap perilaku

sistem fisis tersebut. Untuk mendapatkan suatu unjuk kerja sistem agar sesuai yang dikehendaki dalam suatu perancangan, maka dapat ditempuh langkah dengan menetapkan model matematik dari sistem tersebut.

Simulink menyediakan beberapa *interface modeling* bagi pemakai untuk membangun model diagram blok dalam suatu operasi simulasi sistem. Karena bersifat *drag-and-drop* perancangan suatu sistem dapat diatur dalam suatu lembar kerja dengan menyajikan diagram blok pada *library* dari simulink, kemudian hasil simulasi dapat dengan cepat ditampilkan.



Gambar 2-12 : Langkah Membuka Simulink Matlab

BAB III

DATA TRANSMISI 150 kV UPT. MALANG

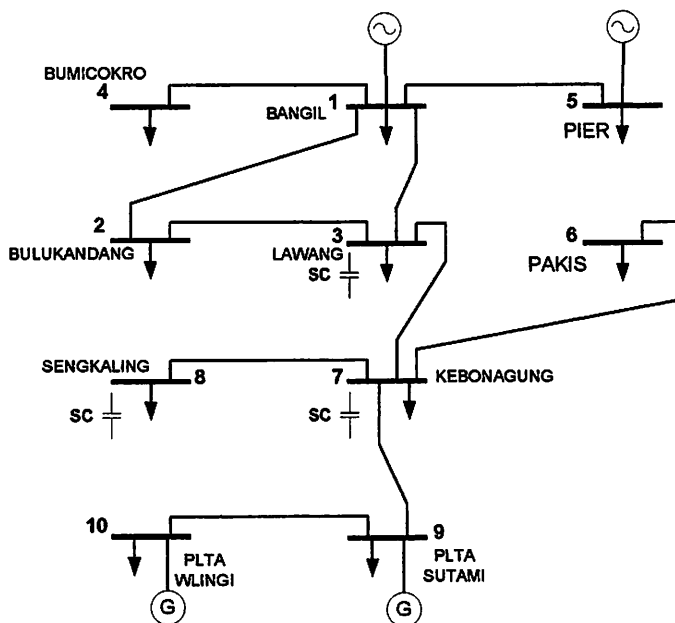
Pada bab ini akan membahas tentang proses pengolahan data lapangan sebagai inputan, dimana data tersebut diperoleh dari survey pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur khususnya UPT. Malang.

Proses pengolahan data lapangan dilakukan agar parameter yang digunakan dalam menganalisis performansi sistem tenaga listrik dengan *software* matlab 6.5.1. dapat dilakukan. Data lapangan disini meliputi jumlah bus sistem transmisi 150 kV UPT. Malang, tegangan pada masing-masing bus, pembebanan dan data saluran yang menghubungkan tiap-tiap bus, serta kompensasi terpasang yaitu kapasitor statis. Sedangkan data yang dianalisis pada skripsi ini dititik-beratkan pada pembebanan bulan Juni 2007.

3.1. Data Bus Transmisi 150 kV

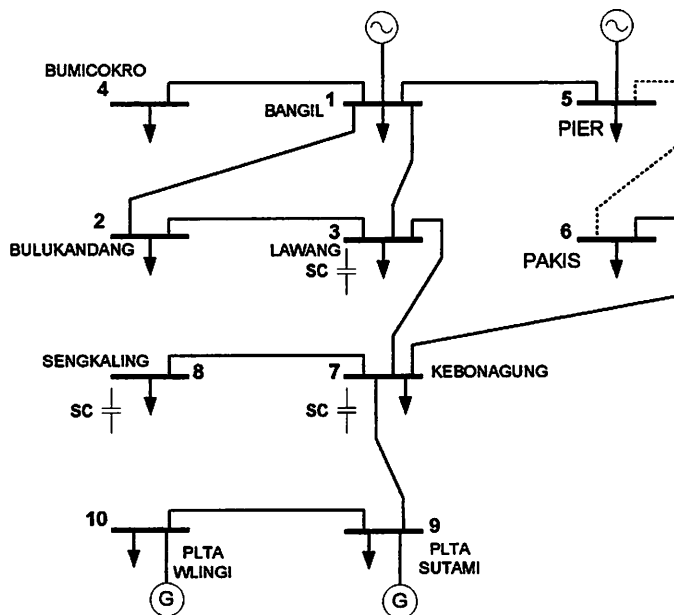
Pada wilayah kerja UPT. Malang mempunyai 10 bus transmisi 150 kV, dimana wilayah kerja tersebut dapat digambarkan secara *single line* diagram berikut ini :





**Gambar 3-1 : Single line diagram Transmisi 150 kV UPT Malang
Sebelum Penambahan Saluran**

Sumber : PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR & BALI.



**Gambar 3-2 : Single line diagram Transmisi 150 kV UPT Malang
Setelah Penambahan Saluran PIER – Pakis**

Sumber : PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR & BALI.

3.2. Data Tegangan dan Pembebanan Bus

Data tegangan yang diambil pada skripsi ini adalah tegangan bus pada gardu induk pada saat beroperasi, yaitu pada saat bus kondisi berbeban. Sedangkan pembebanan bus adalah transformator daya 150/20 kV dan *Inter Bus Transformer* 150/70 kV pada gardu induk.

Tabel 3-1 : Data Tegangan Bus Gardu Induk pada Bulan Juni 2007

TGL	BANGIL		PIER	BLKDN	LWANG	KGUNG	SKLING	WLIIGI	STAMI	BCKRO	PAKIS
	A	B									
1	149,9		149,4	148,4	148,6	146,5	141,1	143,0	141,5	150,5	147,0
2	148,9		148,6	147,6	147,8	145,2	145,0	145,0	140,3	150,3	146,2
3	147,8		147,0	146,0	146,8	144,0	144,0	145,0	139,0	149,0	144,6
4	146,0		146,0	145,0	145,2	143,0	142,0	144,0	138,0	147,0	143,6
5	146,5		147,0	149,0	144,9	142,2	142,0	142,0	137,0	147,6	144,6
6	146,8		146,5	145,0	144,8	141,9	142,0	141,0	136,6	147,6	144,1
7	148,1		147,6	146,0	146,6	143,8	142,0	143,0	139,0	149,0	145,2
8	147,0		146,8	145,7	146,6	143,0	137,7	141,0	139,0	149,0	144,4
9	148,0		147,8	146,8	146,6	144,0	139,0	144,0	139,0	149,0	145,4
10	149,9		150,0	149,2	149,6	146,5	140,9	145,0	141,1	150,8	147,6
11	148,4		147,6	146,6	147,0	144,1	138,6	143,0	139,9	149,2	145,2
12	148,6		148,6	147,3	147,8	145,2	146,0	144,0	140,3	149,7	146,2
13	146,0		146,2	145,0	145,0	143,0	143,0	142,0	138,0	147,0	143,8
14	147,6		148,0	147,0	146,5	143,8	144,0	140,0	139,0	148,9	145,4
15	147,1		148,0	146,5	145,7	143,0	143,0	139,0	138,2	147,6	145,4
16	147,6		147,3	146,5	147,0	144,4	144,0	139,0	140,3	148,6	144,7
17	147,6		146,8	146,0	147,0	144,4	139,3	143,0	140,3	149,5	144,2
18	147,4		147,5	146,2	147,0	144,0	138,8	142,0	139,4	148,2	144,9
19	146,5		146,2	145,4	148,5	143,0	138,0	139,0	138,5	147,3	143,6
20	145,2		144,6	143,3	143,6	141,1	135,7	142,0	136,6	145,7	142,0
21	148,9		148,0	148,0	147,8	145,0	145,0	146,0	141,0	149,0	145,4
22	147,0		147,0	145,0	146,0	143,0	143,0	142,0	138,0	148,0	144,4
23	146,5		146,0	145,0	145,2	142,0	143,0	142,0	138,0	148,0	143,4
24	146,5		146,0	145,0	145,2	142,5	143,0	142,0	138,0	147,0	143,4
25	145,2		144,6	143,7	144,2	141,4	138,0	142,0	137,0	145,5	142,0
26	147,0		146,8	145,7	146,0	143,5	144,0	140,0	138,8	147,0	144,2
27	147,0		146,8	145,2	146,0	143,0	137,2	140,0	138,8	148,0	144,2
28	147,1		147,6	146,2	146,8	143,7	139,0	141,7	139,0	148,4	145,0
29	146,8		146,5	145,2	145,4	142,5	143,0	143,0	138,5	147,6	143,9
30	146,8		146,5	146,0	145,4	142,5	143,0	142,0	137,1	147,6	143,9
min	145,2	0,0	144,6	143,3	143,6	141,1	135,7	139,0	136,6	145,5	142,0
max	149,9	0,0	150,0	149,2	149,6	146,5	146,0	146,0	141,5	150,8	147,6

Dari data yang diperoleh pada PT. PLN (PERSERO) P3B JAWA BALI, Region Jawa Timur dan Bali bahwa beban puncak pada bulan Juni 2007 terjadi pada tanggal 14, sehingga studi aliran daya difokuskan pada kondisi tersebut. Hal ini dilakukan agar tercapai suatu kondisi dimana transmisi 150 kV bekerja pada pembebanan yang maksimal, sehingga dapat diketahui unjuk kerja dari sistem transmisi tersebut.

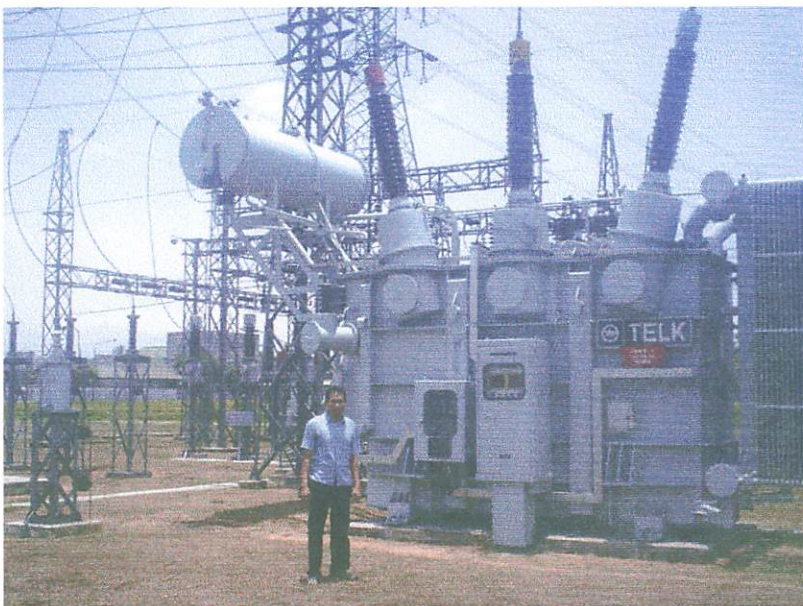
Tabel 3-2 : Data Pembebanan Bus Gardu Induk pada 14 Juni 2007

Gardu Induk	Tegangan (kV)	Pembebanan		Generator		Injeksi
		MW	Mvar	(MW)	(Mvar)	(Mvar)
BANGIL (A)	147,6	80,2	32,6	-	-	-
BANGIL (B)	0,0	0,0	0,0	-	-	-
PIER	148,0	15,6	4,7	-	-	-
BLKANDANG	147,0	9,0	2,8	-	-	-
LAWANG	146,5	22,7	7,0	-	-	25
KBAGUNG	143,8	122,8	59,2	-	-	25
SENGKALING	144,0	57,3	32,8	-	-	25
SUTAMI	139,0	0,15	0,0	75,0	32,2	-
WLINGI	140,0	69,6	36,4	20,0	5,1	-
BCOKRO	148,9	28,1	9,4	-	-	-
PAKIS	145,4	18,7	6,2	-	-	-

Sumber : PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR & BALI



Gambar 3-3 : *Inter Bus Transformer* 150/70 kV pada GI. Kebonagung
UPT Malang



Gambar 3-4 : *Transformator* 150/20 kV pada GI. Kebonagung
UPT Malang

3.3. Data Saluran Transmisi

Tabel 3-3 : Data Penghantar Terpasang Pada Transmisi 150 kV
UPT Malang

Jml Sirkuit	Dari	Ke	No. Sirkuit	Data Penghantar			I Nom (Amp)	
				Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		
1	KBAGN5	LWANG5	1	150	25.805	ACSR. AW	330 mm ²	740
1	KBAGN5	LWANG5	2	150	25.805	ACSR. AW	330 mm ²	740
1	KBAGN5	SKLING5	1	150	15.100	ACSR. HAWK	477 MCM	600
1	KBAGN5	SKLING5	2	150	15.100	ACSR. HAWK	477 MCM	600
1	KBAGN5	PAKIS5	1	150	12.900	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm ²	1600
1	KBAGN5	PAKIS5	2	150	12.900	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm ²	1600
1	KBAGN5	STAMI5	1	150	27.950	ACSR. AW	330 mm ²	740
1	KBAGN5	STAMI5	2	150	27.950	ACSR. AW	330 mm ²	740
1	STAMI5	WLNGI5	1	150	23.600	ACSR	160 mm ²	435
1	LWANG5	BNGIL5	1	150	34.680	ACSR. AW	330 mm ²	740
1	BNGIL5	LWAMG5	1	150	34.680	ACSR. AW	330 mm ²	740
1	BNGIL5	BLKDN5	1	150	27.770	ACSR. AW	330 mm ²	740
1	BNGIL5	PIER5	1	150	5.150	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620
1	BNGIL5	PIER5	2	150	5.150	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620
1	PAKIS5	PIER5	1	150	52.507	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620
1	PAKIS5	PIER5	2	150	52.507	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620
1	BNGIL5	BCKRO5	1	150	6.200	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620
1	BNGIL5	BCKRO5	2	150	6.200	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620

Sumber : PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR & BALI

Tabel 3-4 : Data Impedansi Penghantar Pada Transmisi 150 kV
UPT Malang

Jml Sirkuit	Dari	Ke	No. Sirkuit	Data _ Penghantar		R (Ohm/km)	X (Ohm/km)
				Teg (kV)	Jarak (Km)		
1	KBAGN5	LWANG5	1	150	25.805	0.1172	0.4003
1	KBAGN5	LWANG5	2	150	25.805	0.1172	0.4003
1	KBAGN5	SKLING5	1	150	15.100	0.1370	0.3966
1	KBAGN5	SKLING5	2	150	15.100	0.1370	0.3966
1	KBAGN5	PAKIS5	1	150	12.900	0.0387	0.2807
1	KBAGN5	PAKIS5	2	150	12.900	0.0387	0.2807
1	KBAGN5	STAMI5	1	150	27.950	0.1172	0.4003
1	KBAGN5	STAMI5	2	150	27.950	0.1172	0.4003
1	STAMI5	WLNGI5	1	150	23.600	0.2136	0.4080
1	LWANG5	BNGIL5	1	150	34.680	0.1172	0.4003
1	BNGIL5	LWAMG5	1	150	34.680	0.1172	0.4003
1	BNGIL5	BLKDN5	1	150	27.770	0.1172	0.4003
1	BNGIL5	PIER5	1	150	5.150	0.3870	0.2807
1	BNGIL5	PIER5	2	150	5.150	0.3870	0.2807
1	PAKIS5	PIER5	1	150	52.507	0.3870	0.2807
1	PAKIS5	PIER5	2	150	52.507	0.3870	0.2807
1	BNGIL5	BCKRO5	1	150	6.200	0.3870	0.2807
1	BNGIL5	BCKRO5	2	150	6.200	0.3870	0.2807

Sumber : PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR & BALI.

Dari table di atas maka dapat dihitung nilai impedansi saluran per-unit
menjadi : ^[3]

$$Z_{act} = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(0.1172)^2 + (0.4003)^2} = 10.7634 \ \Omega$$

$$Z_{base} = \frac{KV^2}{100MVA} = \frac{(150)^2 KV}{100MVA} = 225 \ \Omega$$

$$Z_{pu} = \frac{Z_{act}}{Z_{base}} = \frac{10.7634}{225} = 0.0478 \text{ pu}$$

Untuk nilai resistansi saluran yang menghubungkan tiap-tiap bus dengan rumusan sebagai berikut : ^[3]

$$R_{o_{pu}} = \frac{R \times \text{jarak}(km)}{Z_{base}} = \frac{0.1172 \times 25.805}{225} = 0.0134 \text{ pu}$$

Untuk nilai reaktansi saluran yang menghubungkan tiap-tiap bus adalah dengan rumusan sebagai berikut : ^[3]

$$X_{o_{pu}} = \frac{X \times \text{jarak}(km)}{Z_{base}} = \frac{0.4003 \times 25.805}{225} = 0.0459 \text{ pu}$$

Sedangkan nilai kapasitansi saluran yang menghubungkan tiap-tiap bus diabaikan karena sistem tergolong pada saluran pendek dalam klasifikasi saluran transmisi.

Klasifikasi saluran transmisi mendasari besar kecilnya kapasitansi ke tanah. Bila kapasitansi kecil, dengan demikian arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ke tanah dapat diabaikan. Saluran transmisi diklasifikasikan saluran pendek apabila jarak antar bus kurang dari 80 km. ^[9]

Dari perhitungan nilai R dan X diatas maka dapat ditabelkan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 3-5 : Hasil Perhitungan Impedansi Penghantar Pada Transmisi 150 kV UPT Malang

Jml Sirkuit	Dari	Ke	No. Sirkuit	Data _ Penghantar		Ro (pu)	Xo (pu)
				Teg (kV)	Jarak (Km)		
1	KBAGN5	LWANG5	1	150	25,805	0,0134	0,0459
1	KBAGN5	LWANG5	2	150	25,805	0,0134	0,0459
1	KBAGN5	SKLING5	1	150	15,100	0,0092	0,0266
1	KBAGN5	SKLING5	2	150	15,100	0,0092	0,0266
1	KBAGN5	PAKIS5	1	150	12,900	0,0022	0,0161
1	KBAGN5	PAKIS5	2	150	12,900	0,0022	0,0161
1	KBAGN5	STAMI5	1	150	27,950	0,0146	0,0497
1	KBAGN5	STAMI5	2	150	27,950	0,0146	0,0497
1	STAMI5	WLNGI5	1	150	23,600	0,0224	0,0428
1	LWANG5	BNGIL5	1	150	34,680	0,0181	0,0617
1	BNGIL5	LWAMG5	1	150	34,680	0,0181	0,0617
1	BNGIL5	BLKDN5	1	150	27,770	0,0145	0,0494
1	BNGIL5	PIER5	1	150	5,150	0,0089	0,0064
1	BNGIL5	PIER5	2	150	5,150	0,0089	0,0064
1	PAKIS5	PIER5	1	150	52,507	0,0903	0,0655
1	PAKIS5	PIER5	2	150	52,507	0,0903	0,0655
1	BNGIL5	BCKRO5	1	150	6,200	0,0107	0,0077
1	BNGIL5	BCKRO5	2	150	6,200	0,0107	0,0077

3.5. Data untuk Validasi Program

Sebagai validasi program pada skripsi ini digunakan suatu studi kasus pada buku *Power System Analysis* karangan Profesor Hadi Saadat terbitan *McGraw-Hill Series in Electrical and Computer Engineering International Editions*, berupa contoh kasus *load flow 30 bus system* dengan metode *Newton-Raphson Power Flow Solution* (halaman 224, *Example 6.9*)

Pada studi kasus tersebut terdapat 30 bus dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3-8 : Data *Voltage-controlled buses* pada *30-Bus Test System*

Regulated Bus Data			
Bus No.	Voltage Magnitude	Min.Mvar Capacity	Max.Mvar Capacity
2	1,043	-40	50
5	1,01	-40	40
8	1,01	-10	40
11	1,082	-6	24
13	1,071	-6	24

Tabel 3-9 : Data Injeksi Kapasitif pada *30-Bus Test System*

Injected Q due to Capacitors	
Bus No.	Mvar
10	19
24	4,3

Tabel 3-10 : Data Bus 30-Bus Test System

clear % clears all variables from workspace
 basemva = 100; accuracy = 0,001; accel = 1,8; maxiter = 100;
 IEEE 30-BUS TEST SYSTEM (American Electric Power)

%	Bus	Bus	Mag	Voltage	Angle	Degree	MW	Mvar	Load	MW	Mvar	Generator	Qmin	Qmax	Injected
1	1	1,06	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0	0	0	0
2	2	1,043	0	21,7	12,7	0	0	0	0	0	0	-40	50	0	0
3	3	1,0	0	2,4	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	1,06	0	7,6	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	1,01	0	94,2	19,0	0	0	0	0	0	0	-40	40	0	0
6	6	1,0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	7	1,0	0	22,8	10,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	8	1,01	2	30,0	30,0	0	0	0	0	0	0	-10	40	0	0
9	9	1,0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	1,0	0	5,8	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
11	11	1,082	2	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	-6	24	0	0
12	12	1,0	0	11,2	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	13	1,071	2	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	-6	24	0	0
14	14	1,0	0	6,2	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	15	1,0	0	8,2	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	16	1,0	0	3,5	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	17	1,0	0	9,0	5,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	18	1,0	0	3,2	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	19	1,0	0	9,5	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	20	1,0	0	2,2	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	21	1,0	0	17,5	11,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	22	1,0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	23	1,0	0	3,2	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	24	1,0	0	8,7	6,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,3
25	25	1,0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	26	1,0	0	3,5	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	27	1,0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	28	1,0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	29	1,0	0	2,4	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	30	1,0	0	10,6	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

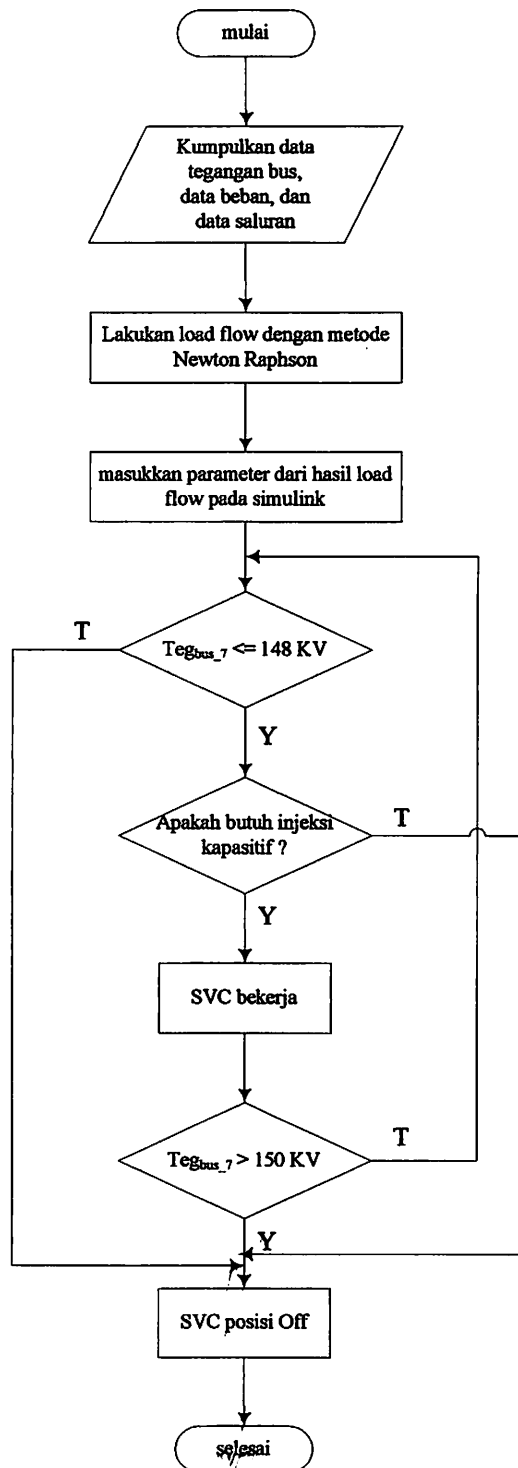
Tabel 3-11 : Data Saluran 30-Bus Test System

% linedata=[Bus n1	bus nr	R pu	X pu	1/2 B 1 pu	for line code or tap setting value
	1	2	0,0192	0,0575	0,0264	1
	1	3	0,0452	0,1852	0,0204	1
	2	4	0,0570	0,1737	0,0184	1
	3	4	0,0132	0,0379	0,0042	1
	2	5	0,0472	0,1983	0,0209	1
	2	6	0,0581	0,1763	0,0187	1
	4	6	0,0119	0,0414	0,0045	1
	5	7	0,0460	0,1160	0,0102	1
	6	7	0,0267	0,0820	0,0085	1
	6	8	0,0120	0,0420	0,0045	1
	6	9	0,0000	0,2080	0,0000	0,978
	6	10	0,0000	0,5560	0,0000	0,969
	9	11	0,0000	0,2080	0,0000	1
	9	10	0,0000	0,1100	0,0000	1
	4	12	0,0000	0,2560	0,0000	0,932
	12	13	0,0000	0,1400	0,0000	1
	12	14	0,1231	0,2559	0,0000	1
	12	15	0,0662	0,1304	0,0000	1
	12	16	0,0945	0,1987	0,0000	1
	14	15	0,2210	0,1997	0,0000	1
	16	17	0,0824	0,1923	0,0000	1
	15	18	0,1073	0,2185	0,0000	1
	18	19	0,0639	0,1292	0,0000	1
	19	20	0,0340	0,0680	0,0000	1
	10	20	0,0936	0,2090	0,0000	1
	10	17	0,0324	0,0845	0,0000	1
	10	21	0,0348	0,0749	0,0000	1
	10	22	0,0727	0,1499	0,0000	1
	21	22	0,0116	0,0236	0,0000	1
	15	23	0,1000	0,2020	0,0000	1
	22	24	0,1150	0,1790	0,0000	1
	23	24	0,1320	0,2700	0,0000	1
	24	25	0,1885	0,3292	0,0000	1

Sebagai hasil validasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran

25	26	0,2544	0,3800	0,0000	1
25	27	0,1093	0,2087	0,0000	1
28	27	0,0000	0,3960	0,0000	0,968
27	29	0,2198	0,4153	0,0000	1
27	30	0,3202	0,6027	0,0000	1
29	30	0,2399	0,4533	0,0000	1
6	28	0,6360	0,2000	0,0214	1
8	28	0,0169	0,0599	0,0660	1

3.6. Flowchart SVC



Gambar 3-6 : Flowchart kerja dari Static Var Compensator

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.



BAB IV

ANALISIS SISTEM DAN SIMULASI

Pada bab ini membahas tentang studi aliran daya dari sistem transmisi 150 kV UPT. Malang menggunakan *software* Matlab 6.5.1. dengan memasukkan data lapangan yang telah diolah pada bab III, kemudian melakukan analisis secara *listing* program (M-file) dan dilanjutkan dengan simulasi program menggunakan Simulink Matlab.

4.1. Analisis Studi Aliran Daya

Analisis studi aliran daya dengan metode *Newton Raphson* dapat dijelaskan dari uraian singkat berikut ini, yaitu diawali dengan merubah impedansi saluran (Z) yang menghubungkan tiap-tiap bus beban menjadi admitansi (Y). Sebagai contoh saluran dari bus 1 ke bus 2 :

$$Z_{12} = 0.0145 + j0.0494 \text{ pu}$$

Dirubah ke bentuk polar menjadi :

$$Z_{12} = \sqrt{(0.0145)^2 + (0.0494)^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{0.0494}{0.0145}\right)$$

$$Z_{12} = 0.05148 \angle 73.64^\circ$$

Untuk besarnya nilai Y_{12} adalah :

$$Y_{12} = \frac{1}{Z_{12}} = \frac{1}{0.05148 \angle 73.64^\circ} = 19.425 \angle -73.64^\circ$$

$$Y_{12} = 19.425(\cos-73.64^\circ + j \sin-73.64^\circ)$$

$$Y_{12} = 5.4704 - j18.637 \text{ pu}$$

Sedangkan nilai admitansi saluran dari 10 bus beban tersebut adalah :

Tabel 4-1 : Admitansi Y pada 10 Bus Beban UPT. Malang

| Bus | | Impedansi
$Z \text{ (pu)}$ | Admitansi
$Y \text{ (pu)}$ |
|------|----|-------------------------------|-------------------------------|
| dari | ke | | |
| 1 | 2 | 0.0145 + j 0.0494 | 5.4704 - j 18.637 |
| 1 | 3 | 0.0181 + j 0.0617 | 4.3778 - j 14.923 |
| 1 | 4 | 0.0107 + j 0.0077 | 61.572 - j 44.309 |
| 1 | 5 | 0.0089 + j 0.0064 | 74.062 - j 53.258 |
| 2 | 3 | 0.0109 + j 0.0372 | 7.2539 - j 24.756 |
| 3 | 7 | 0.0134 + j 0.0459 | 5.8608 - j 20.075 |
| 5 | 6 | 0.0903 + j 0.0655 | 7.2563 - j 5.2634 |
| 6 | 7 | 0.0022 + j 0.0161 | 8.3318 - j 60.973 |
| 7 | 8 | 0.0092 + j 0.0266 | 11.613 - j 33.577 |
| 7 | 9 | 0.0146 + j 0.0497 | 5.4412 - j 18.522 |
| 9 | 10 | 0.0224 + j 0.0428 | 9.5989 - j 18.341 |

Sebagai langkah awal adalah mengubah impedansi saluran menjadi

admitansi Y_{bus} dalam matrik admitansi bus, adalah sebagai berikut : ^{[7][8]}

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & \cdots & Y_{110} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & \cdots & Y_{210} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & \cdots & Y_{310} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{101} & Y_{102} & Y_{103} & \cdots & Y_{1010} \end{bmatrix}$$

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 145.48 - j131.13 & -5.47 + j18.6 & -4.38 + j14.9 & \cdots & 0 \\ -5.47 + j18.6 & 12.72 - j43.39 & -7.25 + j24.75 & \cdots & 0 \\ -4.38 + j14.9 & -7.25 + j24.75 & 17.49 - j59.75 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 9.59 - j18.34 \end{bmatrix}$$

Dari uraian tersebut maka dapat dijabarkan besarnya daya aktif dan daya reaktif pada bus adalah sebagai berikut :

Misal pada bus 2 :

Pembebanan sebesar : $9.0 + j 2.8 \text{ Mva}$

Dijadikan per unit menjadi :

$$S_2^{sch} = -\frac{(9.0 + j2.8)}{100} = -0.09 - j0.028 \text{ pu}$$

$$P_2^{sch} = -0.09 \text{ pu}$$

$$Q_2^{sch} = -j0.028 \text{ pu}$$

Misal pada bus 3 :

Pembebanan sebesar : $22.7 + j 7.0 \text{ Mva}$

Dijadikan per unit menjadi :

$$S_2^{sch} = -\frac{(22.7 + j7.0)}{100} = -0.227 - j0.07 \text{ pu}$$

$$P_2^{sch} = -0.227 \text{ pu}$$

$$Q_2^{sch} = -j0.07 \text{ pu}$$

Selanjutnya untuk menghitung secara iterasi untuk daya aktif dan daya reaktif, digunakan persamaan (2.23) dan (2.24), yaitu sebagai berikut :

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j), \quad \text{persamaan daya aktif.}$$

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

Kemudian menghitung arus pada setiap saluran menggunakan rumus :

$$I_{ij} = I_\ell + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0}V_i$$

Jika aliran arus yang diukur pada bus j dan ditandai positif dalam arah $j \rightarrow i$, maka perumusan menjadi :

$$I_{ji} = -I_\ell + I_{j0} = y_{ij}(V_j - V_i) + y_{j0}V_j$$

Kemudian dilakukan perhitungan secara iterasi dengan acuan bus 1 sebagai *slack bus* dengan tegangan $V_1 = 0.984 + j0.0$ (hal ini dimungkinkan karena besar tegangan pada saat sistem bekerja pada kondisi 0.984 pu).

Estimasi tegangan awal untuk $V_2^{(0)} = 1.0 + j0.0$ dan $V_3^{(0)} = 1.0 + j0.0$.

Harga $\delta_1 = 0$ dan estimasi δ awal untuk $\delta_2^{(0)} = 0$ dan $\delta_3^{(0)} = 0$.

Sebagai elemen matrik Jacobian diperoleh dengan parsial derivative dari komponen δ_2, δ_3 dan $|V_2|$ pada uraian daya aktif dan daya reaktif diatas.

Untuk elemen jacobian J_1 adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j), \text{ dari persamaan (2.27)}$$

Untuk elemen jacobian J_2 adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i| |Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{j \neq i} |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j), \text{ dari persamaan (2.29)}$$

Untuk elemen jacobian J_3 adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j), \text{ dari persamaan (2.31)}$$

Untuk elemen jacobian J_4 adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -2|V_i||Y_{ii}|\sin\theta_{ii} + \sum_{j \neq i} |V_j||Y_{ij}|\sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j), \text{ dari persamaan (2.33)}$$

Sebagai elemen matrik jacobian dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta P_{10}^{(0)} \\ \Delta Q_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta Q_{10}^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(0)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2^{(0)}}{\partial \delta_{10}} & \frac{\partial P_2^{(0)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^{(0)}}{\partial |V_{10}|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_{10}^{(0)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_{10}^{(0)}}{\partial \delta_{10}} & \frac{\partial P_{10}^{(0)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_{10}^{(0)}}{\partial |V_{10}|} \\ \hline \frac{\partial Q_2^{(0)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(0)}}{\partial \delta_{10}} & \frac{\partial Q_2^{(0)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(0)}}{\partial |V_{10}|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_{10}^{(0)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_{10}^{(0)}}{\partial \delta_{10}} & \frac{\partial Q_{10}^{(0)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_{10}^{(0)}}{\partial |V_{10}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_{10}^{(0)} \\ \Delta |V_2^{(0)}| \\ \vdots \\ \Delta |V_{10}^{(0)}| \end{bmatrix}$$

Jika proses perhitungan iterasi dilakukan dengan menggunakan *software*

matlab sampai iterasi ke 10, maka dihasilkan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 9_2^{(10)} \\ \vdots \\ 69.6_{10}^{(10)} \\ 2.8_2^{(10)} \\ \vdots \\ 36.4_{10}^{(10)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16.72_2^{(10)} & \dots & \frac{\partial P_2^{(10)}}{\partial \delta_{10}} & -9.6954_2^{(10)} & \dots & \frac{\partial P_2^{(10)}}{\partial |V_{10}|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_{10}^{(10)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_{10}^{(10)}}{\partial \delta_{10}} & \frac{\partial P_{10}^{(10)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_{10}^{(10)}}{\partial |V_{10}|} \\ \hline -9.2688_2^{(10)} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(10)}}{\partial \delta_{10}} & 17.489_2^{(10)} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(10)}}{\partial |V_{10}|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_{10}^{(10)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_{10}^{(10)}}{\partial \delta_{10}} & \frac{\partial Q_{10}^{(10)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_{10}^{(10)}}{\partial |V_{10}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1.556_2^{(10)} \\ \vdots \\ -61.609_{10}^{(10)} \\ 0.97017_2^{(10)} \\ \vdots \\ 0.95048_{10}^{(10)} \end{bmatrix}$$

Sebagai hasil perhitungan dengan iterasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran.

4.1.1 Analisis Studi Aliran Daya Sebelum Penambahan Saluran

Analisa dilakukan dengan data sebelum pemasangan saluran antara gardu induk PIER dan gardu induk Pakis. Hal ini dimungkinkan untuk memberikan gambaran dari hasil penambahan saluran tersebut terhadap performansi sistem, yaitu besar tegangan bus masing-masing gardu induk dan besarnya rugi-rugi saluran transmisi.

Data impedansi saluran sebelum penambahan saluran antara gardu induk PIER dan gardu induk Pakis adalah sebagai berikut :

Tabel 4-2 : Data Impedansi Saluran Sebelum Penambahan Saluran

| Bus Gardu Induk | | Impedansi saluran | Keterangan |
|-----------------|-------------|-------------------|------------|
| Dari | Ke | | |
| Bangil | Bulukandang | 0,0145 + j 0,0494 | Z_{12} |
| Bangil | Lawang | 0,0181 + j 0,0617 | Z_{13} |
| Bangil | Bumicokro | 0,0107 + j 0,0077 | Z_{14} |
| Bangil | PIER | 0,0089 + j 0,0064 | Z_{15} |
| Bulukandang | Lawang | 0,0109 + j 0,0372 | Z_{23} |
| Lawang | Kebonagung | 0,0134 + j 0,0459 | Z_{37} |
| Pakis | Kebonagung | 0,0022 + j 0,0161 | Z_{67} |
| Kebonagung | Sengkaling | 0,0092 + j 0,0266 | Z_{78} |
| Kebonagung | Sutami | 0,0146 + j 0,0497 | Z_{79} |
| Sutami | Wlingi | 0,0224 + j 0,0428 | Z_{910} |

Sumber : PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR & BALI.

Untuk pembeban bus gardu induk pada sistem tersebut menggunakan data pembebanan pada table 3-2 seperti tertulis pada bab III diatas, sedangkan untuk uraian analisis sistem seperti dijelaskan pada sub-bab 4.1.

4.1.2 Analisis Studi Aliran Daya Sesudah Penambahan Saluran

Data impedansi saluran sesudah penambahan saluran antara gardu induk PIER dan gardu induk Pakis adalah sebagai berikut :

Tabel 4-3 : Data Impedansi Saluran Sesudah Penambahan Saluran

| Bus Gardu Induk | | Impedansi saluran | Keterangan |
|-----------------|-------------|-------------------|------------|
| Dari | Ke | | |
| Bangil | Bulukandang | 0,0145 + j 0,0494 | Z_{12} |
| Bangil | Lawang | 0,0181 + j 0,0617 | Z_{13} |
| Bangil | Bumicokro | 0,0107 + j 0,0077 | Z_{14} |
| Bangil | PIER | 0,0089 + j 0,0064 | Z_{15} |
| Bulukandang | Lawang | 0,0109 + j 0,0372 | Z_{23} |
| Lawang | Kebonagung | 0,0134 + j 0,0459 | Z_{37} |
| PIER | Pakis | 0,0903 + j 0,0655 | Z_{56} |
| Pakis | Kebonagung | 0,0022 + j 0,0161 | Z_{67} |
| Kebonagung | Sengkaling | 0,0092 + j 0,0266 | Z_{78} |
| Kebonagung | Sutami | 0,0146 + j 0,0497 | Z_{79} |
| Sutami | Wlingi | 0,0224 + j 0,0428 | Z_{910} |

Sumber : PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR & BALI.

Untuk pembeban bus gardu induk pada sistem tersebut menggunakan data pembebanan pada table 3-2 seperti tertulis pada bab III diatas, sedangkan untuk uraian analisis sistem seperti dijelaskan pada sub-bab 4.1.

4.2. Validasi Program

Berikut aplikasi program dengan data dari buku *Power System Analysis* karangan Profesor Hadi Saadat, yaitu membandingkan hasil tertulis pada buku dengan hasil penyelesaian program Matlab 6.5.1..

Tabel 4-4 : Hasil Validasi Program

Hasil tertulis dari buku

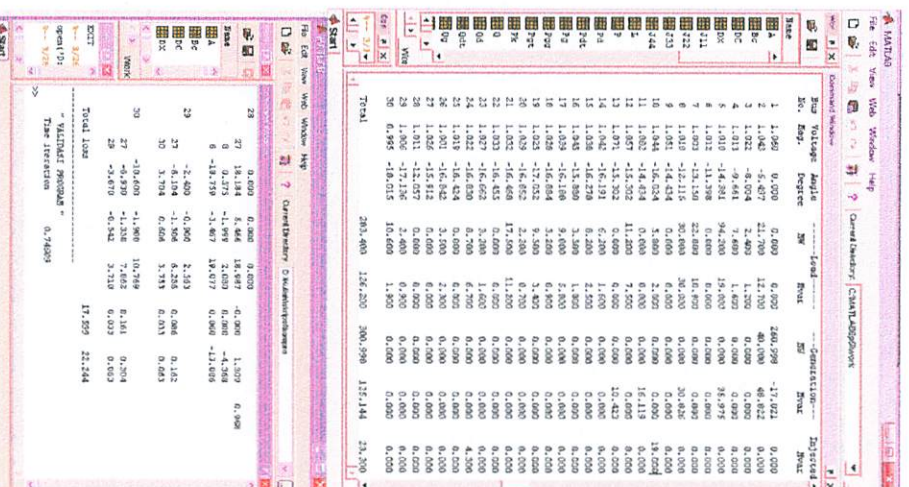
Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
 Maksimum Power Mismatch = 7.54898e-007
 No. of Iterations = 4

| Bus | Voltage | Angle | Load | Generation | Injected | | |
|-------|---------|---------|---------|------------|----------|---------|--------|
| No. | Mag. | Degree | MW | MVar | MVar | | |
| 1 | 1.060 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 260.998 | -17.021 | 0.000 |
| 2 | 1.043 | -5.497 | 21.700 | 12.700 | 40.000 | 48.522 | 0.000 |
| 3 | 1.022 | -8.004 | 2.400 | 1.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 1.013 | -9.661 | 7.600 | 1.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 1.010 | -14.381 | 94.200 | 19.000 | 0.000 | 35.975 | 0.000 |
| 6 | 1.012 | -11.398 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 1.003 | -13.150 | 22.800 | 10.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 8 | 1.010 | -12.115 | 30.000 | 30.000 | 0.000 | 30.826 | 0.000 |
| 9 | 1.051 | -14.434 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1.044 | -16.024 | 5.800 | 2.000 | 0.000 | 0.000 | 19.000 |
| 11 | 1.082 | -14.434 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 16.119 | 0.000 |
| 12 | 1.057 | -15.302 | 11.200 | 7.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 13 | 1.071 | -15.302 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 10.423 | 0.000 |
| 14 | 1.042 | -16.191 | 6.200 | 1.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15 | 1.038 | -16.378 | 8.200 | 2.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16 | 1.045 | -15.880 | 3.500 | 1.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17 | 1.059 | -16.188 | 9.000 | 5.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18 | 1.028 | -16.884 | 3.200 | 0.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 19 | 1.025 | -17.052 | 9.500 | 3.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20 | 1.029 | -16.852 | 2.200 | 0.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 21 | 1.032 | -16.648 | 17.500 | 11.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 22 | 1.033 | -16.655 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 23 | 1.027 | -16.662 | 3.200 | 1.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 24 | 1.022 | -16.830 | 8.700 | 6.700 | 0.000 | 0.000 | 4.300 |
| 25 | 1.019 | -16.424 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 26 | 1.001 | -16.842 | 3.500 | 2.300 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 27 | 1.026 | -15.912 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 28 | 1.011 | -12.057 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 29 | 1.006 | -17.136 | 2.400 | 0.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30 | 0.995 | -18.015 | 10.600 | 1.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Total | | | 283.400 | 126.200 | 300.998 | 125.144 | 23.300 |

-Line- Power at bus & line flow -Line loss- Transformer
 from to MW MVar MV/A MW MVar tap

| Line | from | to | MW | MVar | MVA | MW | MVar | tap |
|------------|------|----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|
| 1 | 1 | 2 | 17.594 | 22.233 | | | | |
| Total loss | | | | | | 17.594 | 22.233 | |

Hasil program dengan Matlab 6.5.1.



Setelah dilakukan uji validasi program ternyata terdapat kemiripan profil

tegangan dan rugi-rugi daya antara hasil tertulis di buku dengan hasil program

Matlab 6.5.1., sehingga program layak digunakan sebagai analisis.

4.3. Hasil Analisis

4.3.1. Hasil Studi Aliran Daya Sebelum Penambahan Saluran

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
 Maximum Power Mismatch = 5.8874e-007
 No. of Iterations = 10

| Bus No. | Voltage Mag. | Angle Degree | -----Load----- | | ---Generation--- | | Injected |
|---------|--------------|--------------|----------------|---------|------------------|----------|----------|
| | | | MW | Mvar | MW | Mvar | Mvar |
| 1 | 0.984 | 0.000 | 80.200 | 32.600 | 160.121 | 310.283 | 0.000 |
| 2 | 0.957 | -2.499 | 9.000 | 2.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.940 | -4.274 | 22.700 | 7.000 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 4 | 0.980 | -0.069 | 28.100 | 9.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.986 | 1.676 | 9.000 | 2.800 | 177.800 | -194.640 | 0.000 |
| 6 | 0.886 | -9.462 | 15.600 | 4.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 0.887 | -9.287 | 122.800 | 59.200 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 8 | 0.879 | -10.354 | 57.300 | 32.800 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 9 | 0.907 | -8.722 | 0.150 | 0.000 | 75.000 | 53.546 | 0.000 |
| 10 | 0.883 | -9.870 | 69.600 | 36.400 | 20.000 | 13.220 | 0.000 |
| Total | | | 414.450 | 187.700 | 432.921 | 182.409 | 75.000 |

Line Flow and Losses

| --Line--
from to | Power at bus & line flow | | | --Line loss-- | | Transformer
tap |
|---------------------|--------------------------|---------|---------|---------------|--------|--------------------|
| | MW | Mvar | MVA | MW | Mvar | |
| 1 | 79.921 | 277.683 | 288.955 | | | |
| 2 | 91.466 | 28.421 | 95.780 | 1.374 | 4.680 | |
| 3 | 122.881 | 37.909 | 128.595 | 3.091 | 10.538 | |
| 4 | 28.198 | 9.470 | 29.746 | 0.098 | 0.070 | |
| 5 | -162.623 | 201.882 | 259.235 | 6.177 | 4.442 | |
| 2 | -9.000 | -2.800 | 9.425 | | | |
| 1 | -90.092 | -23.741 | 93.167 | 1.374 | 4.680 | |
| 3 | 81.092 | 20.941 | 83.752 | 0.835 | 2.848 | |
| 3 | -22.700 | 18.000 | 28.971 | | | |
| 1 | -119.789 | -27.371 | 122.877 | 3.091 | 10.538 | |
| 2 | -80.257 | -18.093 | 82.271 | 0.835 | 2.848 | |
| 7 | 177.347 | 63.464 | 188.360 | 5.378 | 18.421 | |

| | | | | | | |
|-------------------|----|----------|----------|---------|---------------|---------------|
| 4 | | -28.100 | -9.400 | 29.631 | | |
| | 1 | -28.100 | -9.400 | 29.631 | 0.098 | 0.070 |
| 5 | | 168.800 | -197.440 | 259.762 | | |
| | 1 | 168.800 | -197.440 | 259.762 | 6.177 | 4.442 |
| 6 | | -15.600 | -4.700 | 16.293 | | |
| | 7 | -15.600 | -4.700 | 16.293 | 0.007 | 0.054 |
| 7 | | -122.800 | -59.200 | 136.325 | | |
| | 3 | -171.969 | -45.043 | 177.770 | 5.378 | 18.421 |
| | 6 | 15.607 | 4.754 | 16.316 | 0.007 | 0.054 |
| | 8 | 57.698 | 8.952 | 58.389 | 0.398 | 1.152 |
| | 9 | -24.137 | -27.863 | 36.864 | 0.252 | 0.858 |
| 8 | | -57.300 | -7.800 | 57.828 | | |
| | 7 | -57.300 | -7.800 | 57.828 | 0.398 | 1.152 |
| 9 | | 74.850 | 53.546 | 92.031 | | |
| | 7 | 24.389 | 28.721 | 37.679 | 0.252 | 0.858 |
| | 10 | 50.461 | 24.825 | 56.237 | 0.861 | 1.645 |
| 10 | | -49.600 | -23.180 | 54.749 | | |
| | 9 | -49.600 | -23.180 | 54.749 | 0.861 | 1.645 |
| Total loss | | | | | 18.471 | 44.709 |

 "SEBELUM PENAMBAHAN SALURAN"

Time iteration 0.53408

>>

Dari hasil analisis aliran daya sebelum penambahan saluran antara gardu induk PIER dan gardu induk Pakis didapat bahwa besarnya rugi-rugi daya adalah 18,471 MW untuk daya aktif dan 44,709 Mvar untuk daya reaktif dari sistem transmisi 150 kV UPT. Malang. Penurunan tegangan yang terjadi berada dibawah ambang batas bawah yang diperbolehkan pada bus 6, bus 7, bus 8 dan bus 10.

4.3.2. Hasil Studi Aliran Daya Sesudah Penambahan Saluran

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 1.00282e-007

No. of Iterations = 10

| Bus No. | Voltage Mag. | Angle Degree | -----Load----- | | ---Generation--- | | Injected Mvar |
|---------|--------------|--------------|----------------|---------|------------------|----------|---------------|
| | | | MW | Mvar | MW | Mvar | |
| 1 | 0.984 | 0.000 | 80.200 | 32.600 | 155.486 | 150.975 | 0.000 |
| 2 | 0.971 | -1.556 | 9.000 | 2.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.963 | -2.567 | 22.700 | 7.000 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 4 | 0.980 | -0.069 | 28.100 | 9.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 5 | 0.986 | 0.749 | 9.000 | 2.800 | 177.800 | -107.686 | 0.000 |
| 6 | 0.929 | -4.334 | 15.600 | 4.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 0.934 | -5.057 | 122.800 | 59.200 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 8 | 0.926 | -6.019 | 57.300 | 32.800 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 9 | 0.966 | -4.785 | 0.150 | 0.000 | 75.000 | 51.417 | 0.000 |
| 10 | 0.956 | -6.161 | 69.600 | 36.400 | 20.000 | 40.645 | 0.000 |
| Total | | | 414.450 | 187.700 | 428.286 | 135.351 | 75.000 |

Line Flow and Losses

| --Line--
from to | Power at bus & line flow | | | --Line loss-- | | Transformer
tap |
|---------------------|--------------------------|---------|---------|---------------|-------|--------------------|
| | MW | Mvar | MVA | MW | Mvar | |
| 1 | 75.286 | 118.375 | 140.288 | | | |
| | 2 | 55.773 | 11.178 | 56.883 | 0.485 | 1.651 |
| | 3 | 72.828 | 13.827 | 74.129 | 1.027 | 3.502 |
| | 4 | 28.198 | 9.470 | 29.746 | 0.098 | 0.070 |
| | 5 | -81.513 | 83.899 | 116.976 | 1.258 | 0.904 |
| 2 | -9.000 | -2.800 | 9.425 | | | |
| | 1 | -55.289 | -9.527 | 56.104 | 0.485 | 1.651 |
| | 3 | 46.289 | 6.727 | 46.775 | 0.253 | 0.864 |
| 3 | -22.700 | 18.000 | 28.971 | | | |
| | 1 | -71.801 | -10.325 | 72.539 | 1.027 | 3.502 |
| | 2 | -46.036 | -5.863 | 46.408 | 0.253 | 0.864 |
| | 7 | 95.137 | 34.189 | 101.093 | 1.477 | 5.059 |

| | | | | | | |
|------------|----|----------|----------|---------|--------|--------|
| 4 | | -28.100 | -9.400 | 29.631 | | |
| | 1 | -28.100 | -9.400 | 29.631 | 0.098 | 0.070 |
| 5 | | 168.800 | -110.486 | 201.744 | | |
| | 1 | 82.771 | -82.995 | 117.214 | 1.258 | 0.904 |
| | 6 | 86.029 | -27.491 | 90.315 | 7.576 | 5.496 |
| 6 | | -15.600 | -4.700 | 16.293 | | |
| | 5 | -78.453 | 32.986 | 85.106 | 7.576 | 5.496 |
| | 7 | 62.853 | -37.686 | 73.286 | 0.137 | 1.002 |
| 7 | | -122.800 | -34.200 | 127.473 | | |
| | 3 | -93.660 | -29.129 | 98.085 | 1.477 | 5.059 |
| | 6 | -62.716 | 38.688 | 73.689 | 0.137 | 1.002 |
| | 8 | 57.659 | 8.837 | 58.332 | 0.359 | 1.037 |
| | 9 | -24.083 | -52.596 | 57.847 | 0.560 | 1.905 |
| 8 | | -57.300 | -7.800 | 57.828 | | |
| | 7 | -57.300 | -7.800 | 57.828 | 0.359 | 1.037 |
| 9 | | 74.850 | 51.417 | 90.809 | | |
| | 7 | 24.643 | 54.501 | 59.813 | 0.560 | 1.905 |
| | 10 | 50.207 | -3.084 | 50.302 | 0.607 | 1.161 |
| 10 | | -49.600 | 4.245 | 49.781 | | |
| | 9 | -49.600 | 4.245 | 49.781 | 0.607 | 1.161 |
| Total loss | | | | | 13.836 | 22.651 |

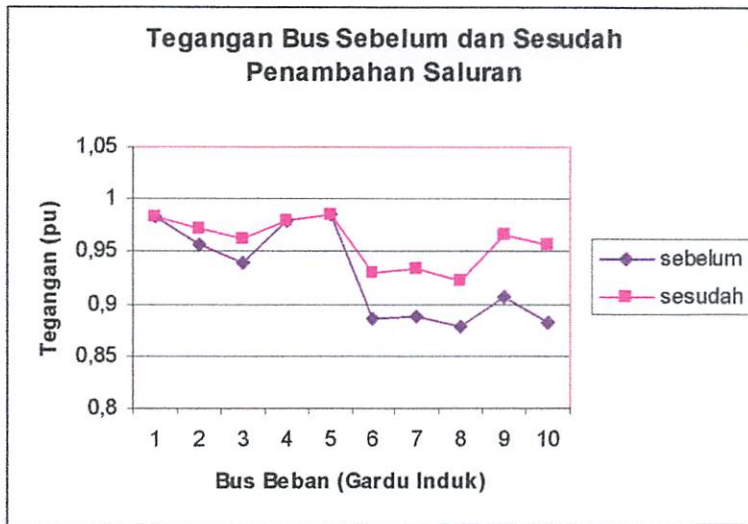
 "SESUDAH PENAMBAHAN SALURAN"

Time iteration 0.43659

>>

Dari hasil *loadflow* sesudah penambahan saluran antara gardu induk PIER dan gardu induk Pakis didapat bahwa besarnya rugi-rugi daya menjadi 13,836 MW untuk daya aktif dan 22,651 Mvar untuk daya reaktif. Hal ini membuktikan bahwa setelah penambahan saluran pada sistem transmisi tersebut terjadi pengurangan besarnya rugi-rugi daya sebesar 4,635 MW untuk daya aktif dan 22,058 Mvar untuk daya reaktif.

Berikut tampilan grafik tegangan bus sistem transmisi 150 kV UPT. Malang, sebelum penambahan saluran transmisi antara GI. PIER dan GI. Pakis sebagai hasil analisis aliran daya menggunakan *software* Matlab 6.5.1. :



Grafik 4-1 : Tegangan Bus Sebelum dan Sesudah Penambahan Saluran GI. PIER – GI. Pakis (saat beban puncak tanggal 14 Juni 2007)

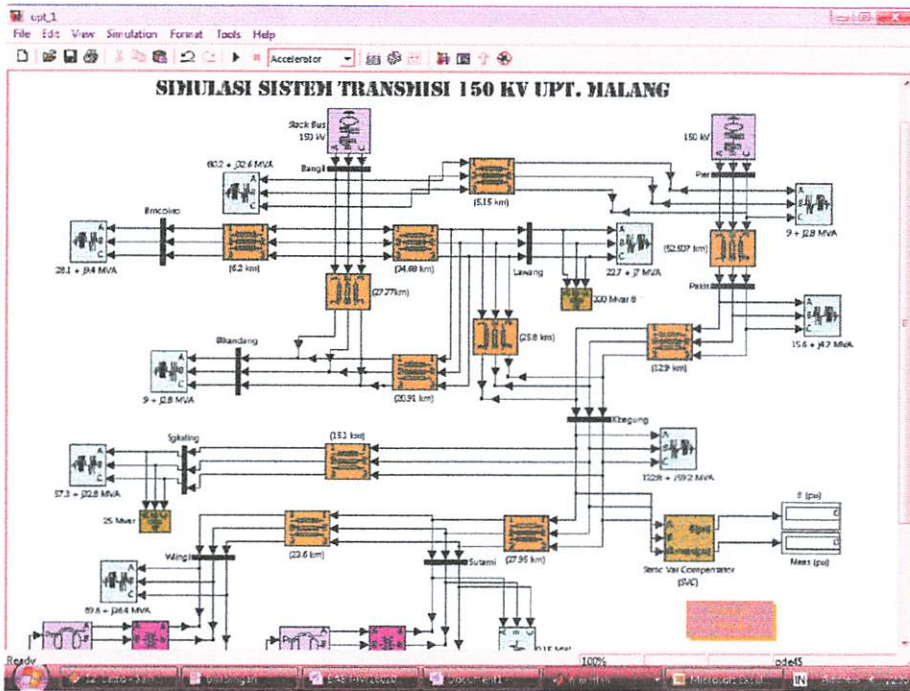
Tampak pada grafik 4-1, sebelum penambahan saluran antara GI. PIER dan GI. Pakis dari hasil *running loadflow* dengan *software* Matlab 6.5.1., bus 10 mengalami pelanggaran tegangan dibawah ambang batas minimum padahal bus 10 adalah *Voltage Controll bus*. Hal ini membuktikan bahwa sebelum penambahan saluran antara GI. PIER dan GI. Pakis, pada bus 10 kapasitas beban lebih besar dari kapasitas pembangkitan, yaitu pembebanan sebesar $69,6 + j36,4$ MVA, sedangkan pembangkitan sebesar $20 + j 13,22$ MVA. Sehingga pada bus 10 walaupun sebagai *Voltage Controll bus* tetapi juga mengkonsumsi daya dari bus 9.

Pada bus 9 adalah *Voltage Controll bus* menghasilkan daya pembangkitan sebesar $75 + j53,546$ MVA, sehingga menyalurkan energi listrik ke bus 7 sebesar $24,389 + j28,721$ MVA dan menyalurkan ke bus 10 sebesar $50,46 + j24,835$ MVA.

4.4. Simulasi Menggunakan Simulink

Setelah melakukan analisis studi aliran daya pada sistem transmisi 150 kV UPT. Malang, maka didapat arah aliran daya dari masing-masing bus pada gardu induk. Karena *static capacitor* pada GI. Kebonagung berfungsi hanya selama beban puncak ternyata ada beberapa bus pada siang hari mengalami penurunan tegangan mendekati ambang minimum. *Static capacitor* di luar beban puncak (beban siang) tidak berfungsi karena dapat mengakibatkan kelebihan kompensasi kapasitif. Oleh sebab itu, sebagai kajian akademik dilakukan simulasi mengganti *static capacitor* dengan SVC sebagai alternatif. Simulasi dilakukan menggunakan Simulink Matlab dengan mengisi parameter simulink dengan data dari hasil analisis aliran daya.

4.4.1. Simulasi Aliran Daya Sesudah Penambahan Saluran (beban puncak)



Gambar 4-1 : Simulasi Sistem Transmisi 150 kV UPT Malang
(Pada Saat Beban Puncak)

Pada simulasi dengan simulink Matlab, digunakan injeksi kapasitif SVC 100 Mvar dengan maksud untuk melihat seberapa besar kebutuhan daya reaktif pada sistem transmisi 150 kV UPT. Malang pada saat beban normal maupun beban puncak. Injeksi kapasitif sebesar 100 Mvar dipilih dengan pertimbangan kapasitor statis terpasang adalah $14,15 \text{ mF}$ sebanyak 16 buah untuk tiap fasa, sedangkan besar kapasitor untuk menginjeksi 100 Mvar dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut :^[1]

Jika injeksi kapasitif 100 Mvar :

$$\text{Injeksi kapasitif } Q_C = 100 \text{ Mvar}$$

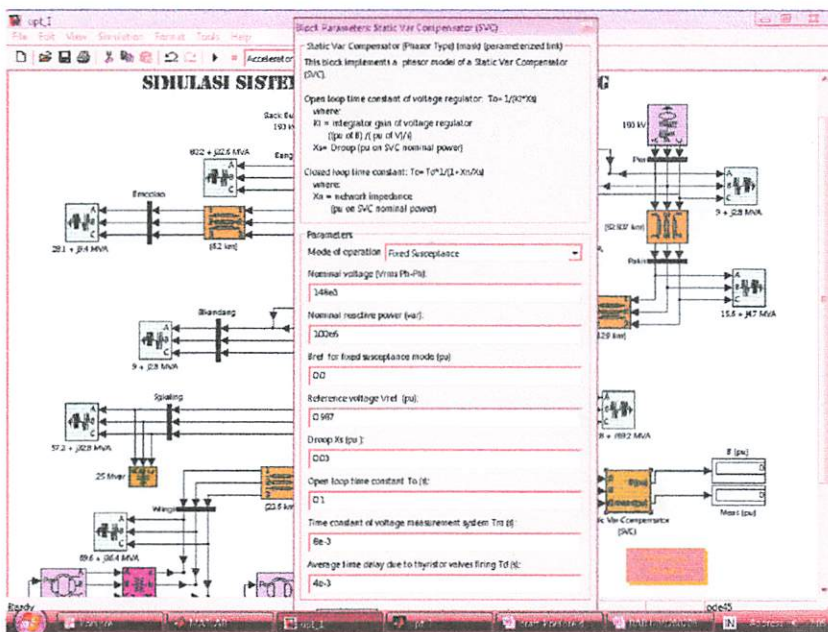
Tegangan sistem = 150 kV

Frekuensi jala-jala = 50 Hz

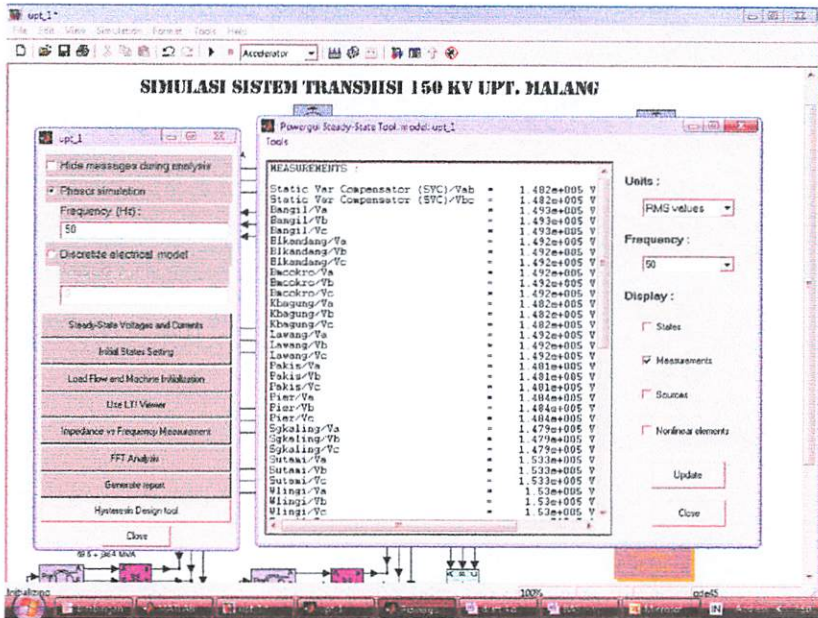
$$\text{Maka besar } Z_C = \frac{|KV|^2}{jQ_C} = \frac{|150|^2}{100 \times 10^3} = 0.225 \Omega$$

Sehingga nilai kapasitansi yang dibutuhkan adalah :

$$C = \frac{10^3}{2\pi \times (50) \times (0.225)} = 141.5 \text{ mF}$$

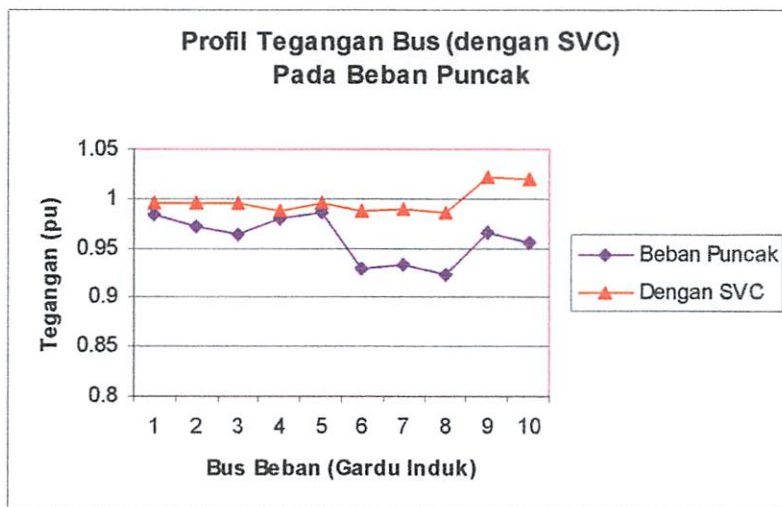


Gambar 4-2 : Setting parameter pada SVC

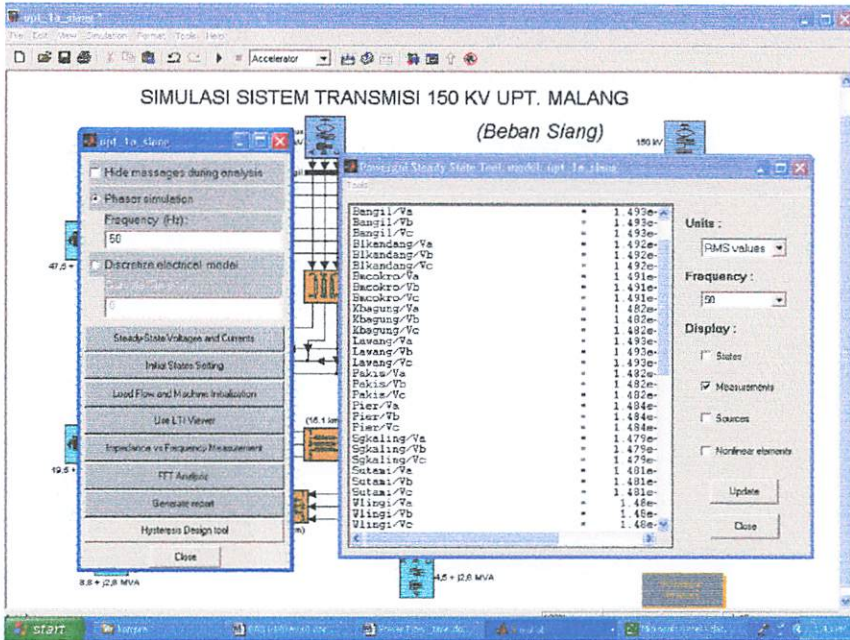


Gambar 4-3 : Profil Tegangan Bus Hasil Simulasi (Pada Beban Puncak)

Setelah dilakukan simulasi dengan simulink matlab maka dapat dibuat suatu grafik sebagai hasil dari analisis sebagai berikut :

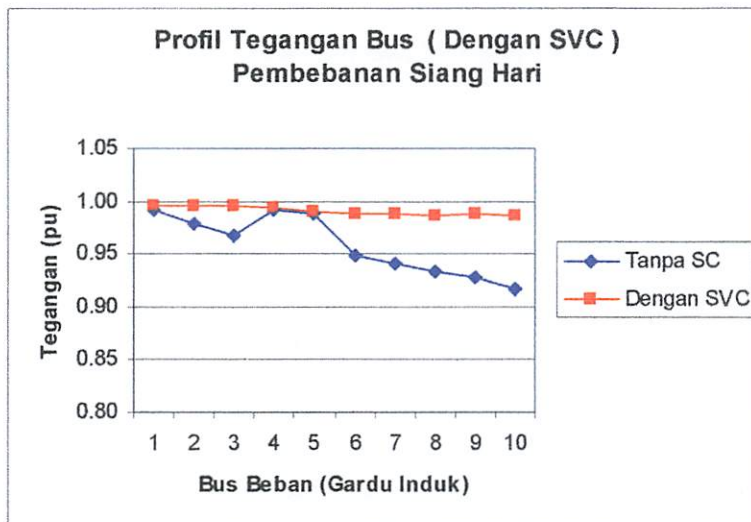


Grafik 4-2 : Tegangan Bus Setelah Menggunakan SVC (Pada Beban Puncak)



Gambar 4-6 : Profil Tegangan Bus Hasil Simulasi Dengan SVC (Pada Beban Siang)

Sedangkan untuk simulasi dengan simulink matlab pada beban siang hari sebagai hasil dari analisis sebagai berikut :



Grafik 4-3 : Tegangan Bus Setelah Menggunakan SVC (Beban Siang hari)

Pembebanan siang hari (seperti pada grafik 4-3) pada bus 10 berada mendekati ambang batas minimum tegangan dan bus 9 juga mendekati ambang batas minimum tegangan karena kedua bus tersebut pada siang hari hanya berfungsi sebagai gardu induk, generator (PLTA) tidak beroperasi karena kapasitas air waduk hanya mampu untuk mengatasi beban puncak saja.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL



MALANG

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis aliran daya menggunakan *software* matlab 6.5.1. pada sistem transmisi 150 kV UPT. Malang dengan metode *Newton Raphson* dan simulink matlab sebagai simulasi dari sistem transmisi 150 kV UPT. Malang, maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan saluran transmisi antara gardu induk PIER dan gardu induk Pakis dapat meningkatkan performansi sistem transmisi, berupa berkurangnya rugi-rugi daya sebesar **4,635 MW** untuk daya aktif dan **22,058 MVar** untuk daya reaktif.
2. Penambahan saluran mengakibatkan terjadinya peningkatan profil tegangan pada bus 6 sebesar **0.043 pu** menjadi 139,4 kV, bus 7 sebesar **0.047 pu** menjadi 140 kV, bus 8 sebesar **0.047 pu** menjadi 138,9 kV, dan bus 10 sebesar **0.073 pu** menjadi 143,4 kV.
3. Sebagai kajian akademik dari hasil simulasi dengan simulink matlab, bahwa penggunaan *Static var Compensators (SVC)* lebih meningkatkan performansi sistem transmisi 150 kV pada UPT. Malang. Saat beban puncak dengan SVC mampu memenuhi kebutuhan injeksi kapasitif dengan profil tegangan mendekati kisaran 1 pu, sedangkan saat beban siang dengan SVC tidak terjadi kelebihan

kompensasi kapasitif dan profil tegangan mempunyai unjuk kerja lebih baik, yaitu tidak dibawah ambang batas minimum.

5.2. Saran

Bahwa sistem tenaga listrik di Indonesia khususnya UPT. Malang, perlu meningkatkan kualitas daya elektrik seperti telah dijabarkan dalam skripsi ini, yaitu penggunaan SVC yang dapat meningkatkan performansi sistem transmisi 150 kV di wilayah kerja UPT. Malang.

DAFTAR PUSTAKA

Books :

- [1] Saadat, Hadi, "*Power System Analysis*", Mc.Grow-Hill International Editions, 1999.
- [2] Saadat, Hadi, "*Computational Aids in Control Systems Using Matlab*", Mc. Grow-Hill, Inc., 1993.
- [3] Stevenson, W.D., Jr., "*Power System Analysis*", pp.97-142, International Edition Singapore, 1996.
- [4] Beiser, Arthur, "*Schaum's Outline Series : Theory And Problems Of Basic Mathematics For Electricity And Electronics 2/ed*", Mc. Grow-Hill International Editions, 1993.
- [5] Prajetno S, Judi., "Matlab Dasar-Dasar Pemakaian", Laboratorium Komputer Growth Centre, Surabaya, 1998.
- [6] A. Rajapakse, and Anawat Puangpairoj., "*Harmonic Reducing ANN Controller for a SVCCompensating Unbalanced Fluctuating Loads*", A.5 (2006) Volume 7.
- [7] Cekdin, Cekmas, "Teori dan Contoh Soal Teknik Elektro Menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab", Andi, Yogyakarta, 2005.
- [8] Cekdin, Cekmas, "Sistem Tenaga Listrik Contoh Soal dan Penyelesaian Menggunakan Matlab", Andi, Yogyakarta, 2005.
- [9] Hutauruk, TS., "Jaringan Tegangan Menengah & Tegangan Tinggi", Badan Pelaksana Prokerma PLN – ITB Bandung, 1983.



*” Berbahagialah orang yang bertahan
dalam pencobaan,
sebab apabila ia sudah tahan uji,
ia akan menerima mahkota kehidupan
yang dijanjikan Allah
kepada barangsiapa yang mengasihi Dia. “*
(Yak 1:12)

(motto laboratorium)

*“ Saya dengar, saya lupa...
Saya lihat, saya ingat...
Saya coba, saya dapat...”*

this is my teacher,
this is my inspirations,
this is my idol

Thanks to :
Mr. Almizan



*“ Sekolah telah mengajari aku cara belajar,
tak hanya di dalam kelas, tapi juga di luar kelas.”*

(Memangnya dari mana aku belajar cara memanjat, berlari, dan melompat ?
Dari mana aku belajar cara berkenalan dengan sahabatku ?)

*“ Keajaiban terjadi dalam sekejap,
tak bisa dipanggil, namun datang dengan
sendirinya, biasanya pada saat yang tidak
biasa dan pada orang yang paling
tak menduganya “*



**“ Meskipun dunia penuh dengan penderitaan,
dunia juga penuh dengan keberhasilan mengatasi
penderitaan itu. “**

(Hellen Keller)

Terima kasih kepada orang tua dan keluarga tercinta, atas motivasi, semangat, dan do'a (Alm. Bp. Sampan, Ibu Magda, Aldin-sarep, juga 'Sampan Family')

Terima kasih kepada Institut Teknologi Nasional Malang, tempat aku lahir...
kecil... tumbuh... dibesarkan... dan juga' mokong... di ITN.

Terima kasih juga untuk jurusan Teknik Elektro (Dosen, Karyawan,
Teman Mahasiswa/i, laboratorium Elektro dan juga Satpam + CS)

Terima kasih kepada PT. PLN (PERSERO) P3B JAWA BALI wilayah kerja
UPT. Malang (GI. Blimbing) dan operator GI. Kebonagung Malang,
(Pak Prjogo, Pak Bambang Ernowo, Pak Sutrisno Rais, Mas Dendi,
dan semua team HAR transmisi)



Lampiran



BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : RACHMADI SETIAWAN
NIM : 0512075/P
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISIS PERFORMANSI SISTEM
TRANSMISI 150 KV UPT. MALANG
DENGAN ADANYA PENAMBAHAN
SALURAN ANTARA GI. PIER DAN GI.
PAKIS

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

Hari : Senin
Tanggal : 17 Maret 2008
Dengan Nilai : 81,355 (Delapan Puluh Satu Koms Tiga
Lima Lima) *By*



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP.Y. 1018100036

Peguji Pertama

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

Panitia Ujian :

Sekretaris

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

Anggota Penguji :

Peguji Kedua

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP.Y. 1028400082



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : RACHMADI SETIAWAN
NIM : 0512075/P
Masa Bimbingan : 05 Nopember 2007 sampai 05 Mei 2008
Judul Skripsi : ANASLISIS PERFORMANSI SISTEM TRANSMISI
150 KV UPT. MALANG DENGAN ADANYA
PENAMBAHAN SALURAN ANTARA GI. PIER DAN
GI. PAKIS

| No. | Tanggal | Uraian | Paraf Penguji |
|-----|---------|--|---------------|
| 1. | | Rumusan masalah lebih dipertajam lagi, kenapa perlu penambahan saluran dan pemasangan SVC. | |
| 2. | | Adakah argumentasi yang mendukung kenapa pada bus 10 terjadi pelanggaran tegangan padahal PV bus dan dekat dengan bus Sutami yang notabene jug PV bus. | |
| 3. | | Kenapa NR load flow mencapai 10 bus iterasi padahal hanya 10 bus (cantumkan hasil perhitungan waktu tiap load flownya). | |
| 4. | | Cantumkan nilai kapasitas (SVC) yang terpasang pada saat mengatasi beban ringan. | |
| 5. | | Format buku tulis untuk semua hal tentukan untuk masing-masing jadi sama. | |
| 6. | | <ul style="list-style-type: none">➤ Abstrak harus 3 paragraf➤ Untuk keterangan gambar 1 spasi➤ Nomor halaman diperhatikan➤ Daftar Pustaka yang tidak perlu dibuang. | |

Disetujui :

Penguji Pertama

(Ir. Made Wartana, MT)

NIP. 131 991 182

Penguji Kedua

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)

NIP.Y. 1028400082

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE)

NIP.Y. 1039000208



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : RACHMADI SETIAWAN
NIM : 0512075/P
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISIS PERFORMANSI SISTEM
TRANSMISI 150 KV UPT. MALANG
DENGAN ADANYA PENAMBAHAN
SALURAN ANTARA GI. PIER DAN GI.
PAKIS

Tanggal Mengajukan Skripsi : 05 Nopember 2007
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 17 Maret 2008
Dosen Pembimbing : Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE
Telah Dievaluasi dengan nilai : 85,00 (Delapan Puluh Lima Koma Nol Nol)

Malang, 17 Maret 2008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1





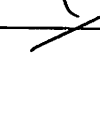
(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP. Y. 1039500274

Disetujui,
Dosen Pembimbing

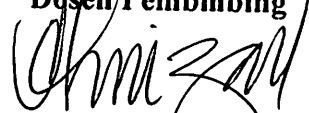
(Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE)
NIP. Y. 1039000208

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : RACHMADI SETIAWAN
 Nim : 0512075/P
 Masa Bimbingan : 05 Nopember 2007 s/d 05 Mei 2008
 Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN PROGRAM BERDASARKAN MATLAB 6.5.1. UNTUK ANALISIS PERFORMANSI SALURAN TRANSMISI 150 KV UPT MALANG DENGAN PENAMBAHAN SALURAN ANTARA GI PIER DAN GI PAKIS**

| TANGGAL | URAIAN | PARAF PEMBIMBING |
|----------|--|---|
| 11-02-08 | Bab I: Sebaiknya judulnya diganti (lebih sederhana): ANALISIS PERFORMANSI SBIT 150KV UPT Malang dengan adanya penambahan saluran antara GI Pier dan GI Pakis |  |
| 26-02-08 | Bab I: Perlu ada uraian kenapa dibagi alternatif penggunaan SVC. |  |
| 28-02-08 | Bab III: Perlu dilengkapi paragraf tentang bagaimana validasi program dan data masukan yang dipakai |  |
| 01-03-08 | Bab III: Perlu dilengkapi Flow Chart SVC dan uraian penjelasannya. |  |
| 05-03-08 | Bab IV: Perlu dibuktikan kondisi profil tegangan saat beban puncak sebelum dan sesudah penambahan SVC beserta pula saat beban sedang. |  |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Malang,
 Dosen Pembimbing



Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE
 NIP. Y. 1039000208



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

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

NI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 27 Nopember 2007

Nomor : ITN-621/I.TA/2/2007
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. Ir. **H. ALMIZAN ABULLAH, MSEE**

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk Mahasiswa:

Nama : RACHMADI SETIAWAN
Nim : 0512075/P
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Kosentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai
tanggal:

05 Nopember 2007 s/d 05 Mei 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan
Teknik Elektro-S1

Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami sampaikan
terima kasih.



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

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

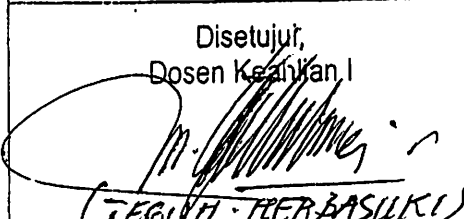
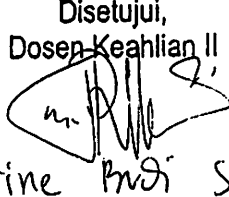
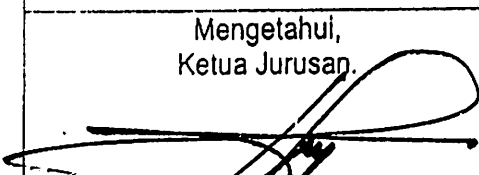
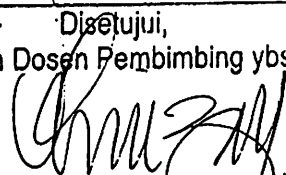
Tembusan Kepada Yth:

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S4a

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/~~Teknik Elektronika*~~)

| | | |
|--|--|---|
| 1. | Nama Mahasiswa: <u>Rachmadi Setiawan</u> | Nim: <u>0512075/P</u> |
| 2. | Keterangan | Tanggal |
| | Pelaksanaan | <u>5 - 11 - 2007</u> |
| Waktu | | |
| Tempat | | |
| Ruahg: | | |
| Spesifikasi Judul (berilah tanda silang**) | | |
| 3. | <input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik | e. Elektronika & Komponen |
| | <input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi | f. Elektronika Digital & Komputer |
| | <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran | g. Elektronika Komunikasi |
| | <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri | h. lainnya |
| | | |
| 4. | Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa | <u>PENGEMBANGAN PROGRAM BERDASARKAN MATRIK G.S.I. UNTUK ANALISIS PERFORMANSI SALURAN TRANSMISI 150 KV UT MALANG DENGAN PENAMBAHAN SALURAN ANTARA GI PIK DAN GI PAKIS.</u> |
| 5. | Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian | |
| 6. | Catatan: | |
| | Catatan: | |
| Persetujuan Judul Skripsi | | |
| 7. | Disetujui,
Dosen Keahlian I

<u>(TEGUH PERBASUKI)</u> | Disetujui,
Dosen Keahlian II

<u>Irine Prati S</u> |
| | Mengetahui,
Ketua Jurusan

<u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u>
NIP. P. 1039500274 | Disetujui,
Calon Dosen Pembimbing ybs

<u>Ir. Almi Zain, MSEE</u> |

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c,atau g sesuai bidang keahlian

Toolbox Path Cache. Type "help toolbox_path_cache" for more info.

At started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

```
ir
va = 100; accuracy = 0.001; maxiter = 10;
```

```
IEEE 30-BUS TEST SYSTEM (American Electric Power)
Bus Bus Voltage Angle ---Load--- Generator--- Injected
No code Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Qmin Qmax Mvar
a=[1 1 1.06 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
 2 1.043 0.0 21.70 12.7 40.0 0.0 -40 50 0
 0 1.0 0.0 2.4 1.2 0.0 0.0 0 0 0
 0 1.06 0.0 7.6 1.6 0.0 0.0 0 0 0
 2 1.01 0.0 94.2 19.0 0.0 0.0 -40 40 0
 0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
 0 1.0 0.0 22.8 10.9 0.0 0.0 0 0 0
 2 1.01 0.0 30.0 30.0 0.0 0.0 -10 60 0
 0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
 0 1.0 0.0 5.8 2.0 0.0 0.0 -6 24 19
 2 1.082 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
 0 1.0 0 11.2 7.5 0 0 0 0 0
 2 1.071 0 0 0.0 0 0 -6 24 0
 0 1 0 6.2 1.6 0 0 0 0 0
 0 1 0 8.2 2.5 0 0 0 0 0
 0 1 0 3.5 1.8 0 0 0 0 0
 0 1 0 9.0 5.8 0 0 0 0 0
 0 1 0 3.2 0.9 0 0 0 0 0
 0 1 0 9.5 3.4 0 0 0 0 0
 0 1 0 2.2 0.7 0 0 0 0 0
 0 1 0 17.5 11.2 0 0 0 0 0
 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
 0 1 0 3.2 1.6 0 0 0 0 0
 0 1 0 8.7 6.7 0 0 0 0 4.3
 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
 0 1 0 3.5 2.3 0 0 0 0 0
 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
 0 1 0 2.4 0.9 0 0 0 0 0
 0 1 0 10.6 1.9 0 0 0 0 0];
```

```
Line code
Bus bus R X 1/2 B = 1 for lines
nl nr p.u. p.u. p.u. > 1 or < 1 tr. tap at bus nl
=[1 2 0.0192 0.0575 0.02640 1
 3 0.0452 0.1852 0.02040 1
 4 0.0570 0.1737 0.01840 1
 4 0.0132 0.0379 0.00420 1
 5 0.0472 0.1983 0.02090 1
 6 0.0581 0.1763 0.01870 1
 6 0.0119 0.0414 0.00450 1
 7 0.0460 0.1160 0.01020 1
 7 0.0267 0.0820 0.00850 1
 8 0.0120 0.0420 0.00450 1
 9 0.0 0.2080 0.0 0.978
10 0 .5560 0 0.969
11 0 .2080 0 1
10 0 .1100 0 1
12 0 .2560 0 0.932
13 0 .1400 0 1
14 .1231 .2559 0 1
15 .0662 .1304 0 1
16 .0945 .1987 0 1
15 .2210 .1997 0 1
17 .0824 .1923 0 1
18 .1073 .2185 0 1
19 .0639 .1292 0 1
20 .0340 .0680 0 1
```

```

0 20 .0936 .2090 0 1
0 17 .0324 .0845 0 1
0 21 .0348 .0749 0 1
0 22 .0727 .1499 0 1
1 22 .0116 .0236 0 1
5 23 .1000 .2020 0 1
2 24 .1150 .1790 0 1
3 24 .1320 .2700 0 1
4 25 .1885 .3292 0 1
5 26 .2544 .3800 0 1
5 27 .1093 .2087 0 1
8 27 0 .3960 0 0.968
7 29 .2198 .4153 0 1
7 30 .3202 .6027 0 1
9 30 .2399 .4533 0 1
3 28 .0636 .2000 0.0214 1
3 28 .0169 .0599 0.065 1];

```

```

1); i = sqrt(-1);
data(:,1); nr = linedata(:,2); R = linedata(:,3);
data(:,4); Bc = j*linedata(:,5); a = linedata(:,6);
length(linedata(:,1)); nbus = max(max(nl), max(nr));
j*X; y = ones(nbr,1)/Z; %branch admittance
1:nbr
= 0 a(n) = 1; else end
zeros(nbus,nbus); % initialize Ybus to zero
% formation of the off diagonal elements
nbr;
Ybus(nl(k),nr(k))=Ybus(nl(k),nr(k))-y(k)/a(k);
Ybus(nr(k),nl(k))=Ybus(nl(k),nr(k));

```

```

% formation of the diagonal elements
1:nbus
=1:nbr
nl(k)==n
Ybus(n,n) = Ybus(n,n)+y(k)/(a(k)^2) + Bc(k);
elseif nr(k)==n
Ybus(n,n) = Ybus(n,n)+y(k) +Bc(k);
else, end

```

```

g
Power flow solution by Newton-Raphson method
Copyright (c) 1998 by H. Saadat
j=0; Vm=0; delta=0; yload=0; deltad=0;
length(busdata(:,1));
nbus
theta(k,1);
busdata(k,2); Vm(n)=busdata(k,3); delta(n)=busdata(k,4);
busdata(k,5); Qd(n)=busdata(k,6); Pg(n)=busdata(k,7); Qg(n) = busdata(k,8);
=busdata(k,9); Qmax(n)=busdata(k,10);
busdata(k,11);
n) <= 0 Vm(n) = 1.0; V(n) = 1 + j*0;
delta(n) = pi/180*delta(n);
n) = Vm(n)*(cos(delta(n)) + j*sin(delta(n)));
n)=(Pg(n)-Pd(n))/basemva;
n)=(Qg(n)-Qd(n)+ Qsh(n))/basemva;
n) = P(n) + j*Q(n);

```

```

bus
= 1, ns = ns+1; else, end
= 2 ng = ng+1; else, end
ng;
ns;

```

```

s(Ybus); t = angle(Ybus);
bus-ng-2*ns;
nr = 1; converge=1;
;
of iterations
DC J DX
maxerror >= accuracy & iter <= maxiter % Test for max. power mismatch
n
m
=0; %Initializing Jacobian matrix
d
nr+1;
nbus
ss(n);
s+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
J22=0; J33=0; J44=0;
l:nbr
l) == n | nr(i) == n
nl(i) == n, l = nr(i); end
nr(i) == n, l = nl(i); end
1=J11+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
3=J33+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
b(n)~=1
2=J22+ Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
4=J44+ Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
e, end
b(n) ~= 1 & kb(l) ~=1
= nbus+l-ngs(l)-nss(l)-ns;
l -nss(l);
ff diagonalelements of J1
n, l) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
if kb(l) == 0 % off diagonal elements of J2
A(nn, lk) =Vm(n)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
if kb(n) == 0 % off diagonal elements of J3
A(lm, ll) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n)+delta(l)); end
if kb(n) == 0 & kb(l) == 0 % off diagonal elements of J4
A(lm, lk) =-Vm(n)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
e end
end
Vm(n)^2*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J33;
Vm(n)^2*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J11;
n == 1 P(n)=Pk; Q(n) = Qk; end % Swing bus P
n) == 2 Q(n)=Qk;
lambda_max(n) ~= 0
gc = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
iter <= 7 % Between the 2th & 6th iterations
if iter > 2 % the Mvar of generator buses are
if Qgc < Qmin(n), % tested. If not within limits Vm(n)
Vm(n) = Vm(n) + 0.01; % is changed in steps of 0.01 pu to
elseif Qgc > Qmax(n), % bring the generator Mvar within
Vm(n) = Vm(n) - 0.01;end % the specified limits.
else, end
se,end
e,end
~= 1
n) = J11; %diagonal elements of J1
n) = P(n)-Pk;
== 0
m) = 2*Vm(n)*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J22; %diagonal elements of J2
n) = J33; %diagonal elements of J3
n) =-2*Vm(n)*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J44; %diagonal of elements of J4
) = Q(n)-Qk;
;

```

```

l:nbus
-nss(n);
bus+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
(n) ~= 1
a(n) = delta(n)+DX(nn); end
(n) == 0
n)=Vm(n)+DX(lm); end

ror=max(abs(DC));
ar == maxiter & maxerror > accuracy
f('\nWARNING: Iterative solution did not converged after ')
f('%g', iter), fprintf(' iterations.\n\n')
f('Press Enter to terminate the iterations and print the results \n')
erge = 0; pause, else, end

erge ~= 1
('
    ITERATIVE SOLUTION DID NOT CONVERGE'); else,
('
    Power Flow Solution by Newton-Raphson Method');

*cos(delta)+j*Vm.*sin(delta);
180/pi*delta;
1);

1:nbus
(n) == 1
-1;
= P(n)+j*Q(n);
) = P(n)*basemva + Pd(n);
) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
k)=Pg(n);
k)=Qg(n); %june 97
f kb(n) ==2
1;
=P(n)+j*Q(n);
) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
k)=Pg(n);
k)=Qg(n); % June 1997

= (Pd(n)- j*Qd(n)+j*Qsh(n))/(basemva*Vm(n)^2);

(:,3)=Vm'; busdata(:,4)=deltad';
m(Pg); Qgt = sum(Qg); Pdt = sum(Pd); Qdt = sum(Qd); Qsht = sum(Qsh);

\ DC DX J11 J22 J33 J44 Qk delta lk ll lm
\ DC DX J11 J22 J33 Qk delta lk ll lm
rogram prints the power flow solution in a tabulated form
e screen.

right (C) 1998 by H. Saadat.

)

    Maximum Power Mismatch = %g \n', maxerror)
    No. of Iterations = %g \n\n', iter)
Bus Voltage Angle ——Load—— —Generation— Injected'
o. Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Mvar '
';

d)
bus
' %5g', n), fprintf(' %7.3f', Vm(n)),
' %8.3f', deltad(n)), fprintf(' %9.3f', Pd(n)),
' %9.3f', Qd(n)), fprintf(' %9.3f', Pg(n)),
' %9.3f', Qg(n)), fprintf(' %8.3f\n', Qsh(n))

\n'), fprintf(' Total
%9.3f, Pdt), fprintf(' %9.3f, Qdt),

```


| | | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1.082 | -14.434 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 16.119 | 0.000 |
| 1.057 | -15.302 | 11.200 | 7.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.071 | -15.302 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 10.423 | 0.000 |
| 1.042 | -16.191 | 6.200 | 1.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.038 | -16.278 | 8.200 | 2.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.045 | -15.880 | 3.500 | 1.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.039 | -16.188 | 9.000 | 5.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.028 | -16.884 | 3.200 | 0.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.025 | -17.052 | 9.500 | 3.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.029 | -16.852 | 2.200 | 0.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.032 | -16.468 | 17.500 | 11.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.033 | -16.455 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.027 | -16.662 | 3.200 | 1.600 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.022 | -16.830 | 8.700 | 6.700 | 0.000 | 0.000 | 4.300 |
| 1.019 | -16.424 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.001 | -16.842 | 3.500 | 2.300 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.026 | -15.912 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.011 | -12.057 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.006 | -17.136 | 2.400 | 0.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.995 | -18.015 | 10.600 | 1.900 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | | | | | | |
| | 283.400 | 126.200 | 300.998 | 125.144 | 23.300 | |

Line Flow and Losses

| Line | Power at bus & line flow
to MW | Mvar | MVA | --Line loss--
MW | Mvar | Transformer
tap |
|------|-----------------------------------|---------|---------|---------------------|---------|--------------------|
| 2 | 260.998 | -17.021 | 261.553 | | | |
| 2 | 177.778 | -22.148 | 179.152 | 5.464 | 10.524 | |
| 3 | 83.221 | 5.127 | 83.378 | 2.808 | 7.085 | |
| | | | | | | |
| | 18.300 | 36.122 | 40.493 | | | |
| 1 | -172.314 | 32.671 | 175.384 | 5.464 | 10.524 | |
| 4 | 45.712 | 2.705 | 45.792 | 1.106 | -0.517 | |
| 5 | 82.990 | 1.703 | 83.008 | 2.995 | 8.178 | |
| 6 | 61.912 | -0.958 | 61.920 | 2.048 | 2.264 | |
| | | | | | | |
| | -2.400 | -1.200 | 2.683 | | | |
| 1 | -80.412 | 1.958 | 80.436 | 2.808 | 7.085 | |
| 4 | 78.012 | -3.158 | 78.076 | 0.771 | 1.344 | |
| | | | | | | |
| | -7.600 | -1.600 | 7.767 | | | |
| 2 | -44.605 | -3.222 | 44.722 | 1.106 | -0.517 | |
| 3 | -77.242 | 4.503 | 77.373 | 0.771 | 1.344 | |
| 6 | 70.126 | -17.526 | 72.282 | 0.604 | 1.179 | |
| 12 | 44.121 | 14.646 | 46.489 | 0.000 | 4.685 | 0.932 |
| | | | | | | |
| | -94.200 | 16.975 | 95.717 | | | |
| 2 | -79.995 | 6.475 | 80.257 | 2.995 | 8.178 | |
| 7 | -14.205 | 10.500 | 17.664 | 0.151 | -1.687 | |
| | | | | | | |
| | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 2 | -59.864 | 3.222 | 59.951 | 2.048 | 2.264 | |
| 4 | -69.521 | 18.705 | 71.994 | 0.604 | 1.179 | |
| 7 | 37.523 | -1.885 | 37.570 | 0.367 | -0.598 | |
| 8 | 29.528 | -3.754 | 29.766 | 0.103 | -0.558 | |
| 9 | 27.693 | -7.322 | 28.644 | -0.000 | 1.594 | 0.978 |
| 10 | 15.823 | 0.653 | 15.836 | 0.000 | 1.278 | 0.969 |
| 18 | 18.819 | -9.618 | 21.134 | 0.060 | -13.086 | |
| | | | | | | |
| | -22.800 | -10.900 | 25.272 | | | |
| 5 | 14.356 | -12.187 | 18.831 | 0.151 | -1.687 | |
| 6 | -37.156 | 1.287 | 37.178 | 0.367 | -0.598 | |
| | | | | | | |
| | -30.000 | 0.826 | 30.011 | | | |
| 6 | -29.425 | 3.196 | 29.598 | 0.103 | -0.558 | |


```

8 -0.575 -2.370 2.438 0.000 -4.368
    0.000 0.000 0.000
6 -27.693 8.916 29.093 -0.000 1.594
1 0.000 -15.657 15.657 0.000 0.462
0 27.693 6.741 28.501 0.000 0.809
    -5.800 17.000 17.962
3 -15.823 0.626 15.835 0.000 1.278
9 -27.693 -5.932 28.321 0.000 0.809
0 9.027 3.560 9.704 0.081 0.180
7 5.372 4.414 6.953 0.014 0.037
1 15.733 9.842 18.558 0.110 0.237
2 7.583 4.490 8.813 0.052 0.107
    0.000 16.119 16.119
9 -0.000 16.119 16.119 0.000 0.462
    -11.200 -7.500 13.479
4 -44.121 -9.961 45.232 0.000 4.685
3 0.000 -10.291 10.291 0.000 0.133
4 7.856 2.442 8.227 0.075 0.155
5 17.857 6.947 19.161 0.217 0.428
6 7.208 3.363 7.954 0.053 0.112
    0.000 10.423 10.423
2 -0.000 10.424 10.424 0.000 0.133
    -6.200 -1.600 6.403
2 -7.782 -2.287 8.111 0.075 0.155
5 1.582 0.687 1.724 0.006 0.005
    -8.200 -2.500 8.573
2 -17.640 -6.519 18.806 0.217 0.428
4 -1.576 -0.681 1.717 0.006 0.005
8 6.014 1.744 6.262 0.039 0.080
3 5.001 2.956 5.810 0.031 0.063
    -3.500 -1.800 3.936
2 -7.154 -3.251 7.858 0.053 0.112
7 3.654 1.451 3.932 0.012 0.027
    -9.000 -5.800 10.707
3 -3.643 -1.424 3.911 0.012 0.027
0 -5.357 -4.376 6.918 0.014 0.037
    -3.200 -0.900 3.324
5 -5.975 -1.665 6.203 0.039 0.080
9 2.775 0.765 2.879 0.005 0.010
    -9.500 -3.400 10.090
3 -2.770 -0.755 2.871 0.005 0.010
0 -6.730 -2.645 7.231 0.017 0.034
    -2.200 -0.700 2.309
0 6.747 2.379 7.259 0.017 0.034
0 -8.947 -3.379 9.564 0.081 0.180
    -17.500 -11.200 20.777
0 -15.623 -9.606 18.340 0.110 0.237
2 -1.877 -1.594 2.462 0.001 0.001
    0.000 0.000 0.000
0 -7.531 -4.384 8.714 0.052 0.107
    1.877 1.596 2.464 0.001 0.001
    5.654 2.788 6.304 0.043 0.067
    -3.200 -1.600 3.578

```

```
5 -4.970 -2.893 5.751 0.031 0.063
4 1.770 1.293 2.192 0.006 0.012

-8.700 -2.400 9.025
2 -5.611 -2.721 6.236 0.043 0.067
3 -1.764 -1.280 2.180 0.006 0.012
5 -1.325 1.602 2.079 0.008 0.014

0.000 0.000 0.000
4 1.333 -1.588 2.073 0.008 0.014
6 3.545 2.366 4.262 0.045 0.066
7 -4.877 -0.778 4.939 0.026 0.049

-3.500 -2.300 4.188
5 -3.500 -2.300 4.188 0.045 0.066

0.000 0.000 0.000
5 4.903 0.827 4.972 0.026 0.049
8 -18.184 -4.157 18.653 -0.000 1.309
9 6.189 1.668 6.410 0.086 0.162
0 7.091 1.661 7.283 0.161 0.304

0.000 0.000 0.000
7 18.184 5.466 18.987 -0.000 1.309 0.968
8 0.575 -1.999 2.080 0.000 -4.368
6 -18.759 -3.467 19.077 0.060 -13.086

-2.400 -0.900 2.563
7 -6.104 -1.506 6.286 0.086 0.162
0 3.704 0.606 3.753 0.033 0.063

-10.600 -1.900 10.769
7 -6.930 -1.358 7.062 0.161 0.304
9 -3.670 -0.542 3.710 0.033 0.063

loss 17.599 22.244
```

This program obtains the Bus Admittance Matrix for power flow solution

```
va = 100; accuracy = 0.001; maxiter = 10;
```

```
Transmisi 150 kv UPT. Malang
```

```
Bus Bus Voltage Angle ---Load--- ---Generator--- Injected
No code Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Qmin Qmax Mvar
a=[1 1 0.984 0 80.2 32.6 0.0 0.0 0 0 0
0 1.1 0 9.0 2.8 0.0 0.0 0 0 0
0 1.0 0 22.7 7.0 0.0 0.0 0 0 25
0 1.0 0 28.1 9.4 0.0 0.0 0 0 0
2 0.986 0 9.0 2.8 177.8 30.0 -40 50 0
0 1.0 0 15.6 4.7 0.0 0.0 0 0 0
0 1.0 0 122.8 59.2 0.0 0.0 0 0 0
0 1.0 0 57.3 32.8 0.0 0.0 0 0 25
2 0.927 0 0.15 0.0 75.0 0.0 -10 32.2 0
2 0.933 0 69.6 36.4 20.0 0.0 -10 5.1 0];
```

```
Line code
Bus bus R X 1/2 B = 1 for lines
nl nr p.u. p.u. p.u. > 1 or < 1 tr. tap at bus nl
l=[1 2 0.0145 0.0494 0.0000 1
3 0.0181 0.0617 0.0000 1
4 0.0107 0.0077 0.0000 1
5 0.0089 0.0064 0.0000 1
3 0.0109 0.0372 0.0000 1
7 0.0134 0.0459 0.0000 1
7 0.0022 0.0161 0.0000 1
8 0.0092 0.0266 0.0000 1
9 0.0146 0.0497 0.0000 1
10 0.0224 0.0428 0.0000 1];
```

```
); i = sqrt(-1);
data(:,1); nr = linedata(:,2); R = linedata(:,3);
data(:,4); Bc = j*linedata(:,5); a = linedata(:,6);
length(linedata(:,1)); nbus = max(max(nl), max(nr));
j*X; y = ones(nbr,1)./Z; %branch admittance
:nbr
= 0 a(n) = 1; else end
zeros(nbus,nbus); % initialize Ybus to zero
% formation of the off diagonal elements
nbr;
is(nl(k),nr(k))=Ybus(nl(k),nr(k))-y(k)/a(k);
is(nr(k),nl(k))=Ybus(nl(k),nr(k));

% formation of the diagonal elements
nbus
=1:nbr
il(k)==n
us(n,n) = Ybus(n,n)+y(k)/(a(k)^2) + Bc(k);
eif nr(k)==n
us(n,n) = Ybus(n,n)+y(k) +Bc(k);
e, end
```

```

]
er flow solution by Newton-Raphson method
=0; Vm=0; delta=0; yload=0; deltad=0;
length(busdata(:,1));
bus
ta(k,1);
sdata(k,2); Vm(n)=busdata(k,3); delta(n)=busdata(k,4);
sdata(k,5); Qd(n)=busdata(k,6); Pg(n)=busdata(k,7); Qg(n) = busdata(k,8);
busdata(k,9); Qmax(n)=busdata(k,10);
busdata(k,11);
n) <= 0 Vm(n) = 1.0; V(n) = 1 + j*0;
```

```

delta(n) = pi/180*delta(n);
V(n) = Vm(n)*(cos(delta(n)) + j*sin(delta(n)));
P(n)=(Pg(n)-Pd(n))/basemva;
Q(n)=(Qg(n)-Qd(n)+ Qsh(n))/basemva;
S(n) = P(n) + j*Q(n);

:nbus
== 1, ns = ns+1; else, end
== 2 ng = ng+1; else, end
= ng;
= ns;

is(Ybus); t = angle(Ybus);
bus-ng-2*ns;
or = 1; converge=1;
;
l of iterations
DC J DX
maxerror >= accuracy & iter <= maxiter % Test for max. power mismatch
m
:m
=0; %Initializing Jacobian matrix
d
er+1;
:nbus
ss(n);
s+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
J22=0; J33=0; J44=0;
1:nbr
i) == n | nr(i) == n
nl(i) == n, l = nr(i); end
nr(i) == n, l = nl(i); end
1=J11+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
3=J33+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
:b(n)~=1
2=J22+ Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
4=J44+ Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
e, end
b(n) ~= 1 & kb(l) ~=1
= nbus+l-ngs(l)-nss(l)-ns;
l -nss(l);
ff diagonalelements of J1
n, l) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
if kb(l) == 0 % off diagonal elements of J2
A(nn, lk) =Vm(n)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
if kb(n) == 0 % off diagonal elements of J3
A(lm, ll) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n)+delta(l)); end
if kb(n) == 0 & kb(l) == 0 % off diagonal elements of J4
A(lm, lk) =-Vm(n)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
end
end
m(n)^2*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J33;
Vm(n)^2*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J11;
== 1 P(n)=Pk; Q(n) = Qk; end % Swing bus P
) == 2 Q(n)=Qk;
lmax(n) ~= 0
gc = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
iter <= 7 % Between the 2th & 6th iterations
if iter > 2 % the Mvar of generator buses are
if Qgc < Qmin(n), % tested. If not within limits Vm(n)
Vm(n) = Vm(n) + 0.01; % is changed in steps of 0.01 pu to
elseif Qgc > Qmax(n), % bring the generator Mvar within
Vm(n) = Vm(n) - 0.01;end % the specified limits.
else, end
se,end
end

```

```

n) ~= 1
n,nn) = J11; %diagonal elements of J1
(nn) = P(n)-Pk;

n) == 0
n,lm) = 2*Vm(n)*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J22; %diagonal elements of J2
n,nn)= J33; %diagonal elements of J3
n,lm) =-2*Vm(n)*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J44; %diagonal of elements of J4
lm) = Q(n)-Qk;

DC';
:nbus
nss(n);
bus+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
'n) ~= 1
(n) = delta(n)+DX(nn); end
'n) == 0
n)=Vm(n)+DX(lm); end

ror=max(abs(DC));
r == maxiter & maxerror > accuracy
('\nWARNING: Iterative solution did not converged after ')
('%g', iter), fprintf(' iterations.\n\n')
('Press Enter to terminate the iterations and print the results \n')
arge = 0; pause, else, end

rge ~= 1
('
ITERATIVE SOLUTION DID NOT CONVERGE'); else,
('
Power Flow Solution by Newton-Raphson Method');

*cos(delta)+j*Vm.*sin(delta);
180/pi*delta;
);

:nbus
n) == 1
1;
P(n)+j*Q(n);
= P(n)*basemva + Pd(n);
) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
)=Pg(n);
<)=Qg(n); %june 97
kb(n) ==2
l;
P(n)+j*Q(n);
= Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
)=Pg(n);
;)=Qg(n); % June 1997

= (Pd(n)- j*Qd(n)+j*Qsh(n))/(basemva*Vm(n)^2);

,3)=Vm'; busdata(:,4)=deltad';
n(Pg); Qgt = sum(Qg); Pdt = sum(Pd); Qdt = sum(Qd); Qsht = sum(Qsh);

DC DX J11 J22 J33 J44 Qk delta lk ll lm
DC DX J11 J22 J33 Qk delta lk ll lm
rogram prints the power flow solution in a tabulated form
screen.

Maximum Power Mismatch = %g \n', maxerror)
No. of Iterations = %g \n\n', iter)
Bus Voltage Angle -----Load----- --Generation-- Injected'

```

```

No. Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Mvar '
];
end)
:nbus
fprintf(' %5g', n), fprintf(' %7.3f', Vm(n)),
fprintf(' %8.3f', deitad(n)), fprintf(' %9.3f', Pd(n)),
fprintf(' %9.3f', Qd(n)), fprintf(' %9.3f', Pg(n)),
fprintf(' %9.3f', Qg(n)), fprintf(' %8.3fn', Qsh(n))

fprintf(' \n'), fprintf(' Total ')
fprintf(' %9.3f', Pdt), fprintf(' %9.3f', Qdt),
fprintf(' %9.3f', Pgt), fprintf(' %9.3f', Qgt), fprintf(' %9.3fn\n', Qsh)
; program is used in conjunction with lfgauss or lf Newton
; the computation of line flow and line losses.
);
\n')

Line Flow and Losses \n\n')
--Line-- Power at bus & line flow --Line loss-- Transformer\n')
from to MW Mvar MVA MW Mvar tap\n')

1:nbus
= 0;
= 1:nbr;
usprnt == 0
fprintf(' \n'), fprintf('%6g', n), fprintf(' %9.3f', P(n)*basemva)
fprintf('%9.3f', Q(n)*basemva), fprintf('%9.3fn', abs(S(n)*basemva))

sprnt = 1;
e, end
l(L)==n k = nr(L);
= (V(n) - a(L)*V(k))*y(L)/a(L)^2 + Bc(L)/a(L)^2*V(n);
= (V(k) - V(n)/a(L))*y(L) + Bc(L)*V(k);
k = V(n)*conj(ln)*basemva;
n = V(k)*conj(lk)*basemva;
= Snk + Skn;
T = SLT + SL;
eif nr(L)==n k = nl(L);
= (V(n) - V(k)/a(L))*y(L) + Bc(L)*V(n);
= (V(k) - a(L)*V(n))*y(L)/a(L)^2 + Bc(L)/a(L)^2*V(k);
= V(n)*conj(ln)*basemva;
= V(k)*conj(lk)*basemva;
= Snk + Skn;
T = SLT + SL;
e, end
nl(L)==n | nr(L)==n
rintf('%12g', k),
rintf('%9.3f', real(Snk)), fprintf('%9.3f', imag(Snk))
rintf('%9.3f', abs(Snk)),
rintf('%9.3f', real(SL)),
if nl(L) == n & a(L) ~= 1
fprintf('%9.3f', imag(SL)), fprintf('%9.3fn', a(L))
else, fprintf('%9.3fn', imag(SL))
end
ie, end

LT/2;
\n'), fprintf(' Total loss ')
.9.3f', real(SLT)), fprintf('%9.3fn', imag(SLT))
n SL SLT Skn Snk
Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
Maximum Power Mismatch = 5.8874e-007
No. of Iterations = 10

```

```

/voltage Angle ---Load--- --Generation-- Injected
lag. Degree MW Mvar MW Mvar Mvar

```

```

984 0.000 80.200 32.600 160.121 310.283 0.000

```

| | | | | | | |
|-------|---------|---------|--------|---------|----------|--------|
| 0.957 | -2.499 | 9.000 | 2.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.940 | -4.274 | 22.700 | 7.000 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 0.980 | -0.069 | 28.100 | 9.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.986 | 1.676 | 9.000 | 2.800 | 177.800 | -194.640 | 0.000 |
| 0.886 | -9.462 | 15.600 | 4.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.887 | -9.287 | 122.800 | 59.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.879 | -10.354 | 57.300 | 32.800 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 0.907 | -8.722 | 0.150 | 0.000 | 75.000 | 53.546 | 0.000 |
| 0.883 | -9.870 | 69.600 | 36.400 | 20.000 | 13.220 | 0.000 |

| | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|--|
| 1 | 414.450 | 187.700 | 432.921 | 182.409 | 50.000 | |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|--|

Line Flow and Losses

| Line | Power at bus & line flow | --Line loss-- | Transformer |
|------|--------------------------|---------------|-------------|
| to | MW Mvar MVA | MW Mvar | tap |

| | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|-------|--------|--|
| 1 | 79.921 | 277.683 | 288.955 | | | |
| 2 | 91.466 | 28.421 | 95.780 | 1.374 | 4.680 | |
| 3 | 122.881 | 37.909 | 128.595 | 3.091 | 10.538 | |
| 4 | 28.198 | 9.470 | 29.746 | 0.098 | 0.070 | |
| 5 | -162.623 | 201.882 | 259.235 | 6.177 | 4.442 | |

| | | | | | | |
|---|---------|---------|--------|-------|-------|--|
| 1 | -9.000 | -2.800 | 9.425 | | | |
| 1 | -90.092 | -23.741 | 93.167 | 1.374 | 4.680 | |
| 3 | 81.092 | 20.941 | 83.752 | 0.835 | 2.848 | |

| | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|-------|--------|--|
| 1 | -22.700 | 18.000 | 28.971 | | | |
| 1 | -119.789 | -27.371 | 122.877 | 3.091 | 10.538 | |
| 2 | -80.257 | -18.093 | 82.271 | 0.835 | 2.848 | |
| 7 | 177.347 | 63.464 | 188.360 | 5.378 | 18.421 | |

| | | | | | | |
|---|---------|--------|--------|-------|-------|--|
| 1 | -28.100 | -9.400 | 29.631 | | | |
| 1 | -28.100 | -9.400 | 29.631 | 0.098 | 0.070 | |

| | | | | | | |
|---|---------|----------|---------|-------|-------|--|
| 1 | 168.800 | -197.440 | 259.762 | | | |
| 1 | 168.800 | -197.440 | 259.762 | 6.177 | 4.442 | |

| | | | | | | |
|---|---------|--------|--------|-------|-------|--|
| 1 | -15.600 | -4.700 | 16.293 | | | |
| 1 | -15.600 | -4.700 | 16.293 | 0.007 | 0.054 | |

| | | | | | | |
|---|----------|---------|---------|-------|--------|--|
| 1 | -122.800 | -59.200 | 136.325 | | | |
| 1 | -171.969 | -45.043 | 177.770 | 5.378 | 18.421 | |
| 1 | 15.607 | 4.754 | 16.316 | 0.007 | 0.054 | |
| 1 | 57.698 | 8.952 | 58.389 | 0.398 | 1.152 | |
| 1 | -24.137 | -27.863 | 36.864 | 0.252 | 0.858 | |

| | | | | | | |
|---|---------|--------|--------|-------|-------|--|
| 1 | -57.300 | -7.800 | 57.828 | | | |
| 1 | -57.300 | -7.800 | 57.828 | 0.398 | 1.152 | |

| | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|-------|-------|--|
| 1 | 74.850 | 53.546 | 92.031 | | | |
| 1 | 24.389 | 28.721 | 37.679 | 0.252 | 0.858 | |
| 1 | 50.461 | 24.825 | 56.237 | 0.861 | 1.645 | |

| | | | | | | |
|---|---------|---------|--------|-------|-------|--|
| 1 | -49.600 | -23.180 | 54.749 | | | |
| 1 | -49.600 | -23.180 | 54.749 | 0.861 | 1.645 | |

| | | | | | | |
|------|--------|--------|--|--|--|--|
| Loss | 18.471 | 44.709 | | | | |
|------|--------|--------|--|--|--|--|

This program obtains the Bus Admittance Matrix for power flow solution

va = 100; accuracy = 0.001; maxiter = 10;

Transmisi 150 kv UPT. Malang

| Bus No | Bus code | Voltage Mag. | Angle Degree | Load | | Generator | | | Injected | |
|--------|----------|--------------|--------------|-------|------|-----------|------|------|----------|------|
| | | | | MW | Mvar | MW | Mvar | Qmin | Qmax | Mvar |
| 1 | 1 | 0.984 | 0 | 80.2 | 32.6 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1.1 | 0 | 9.0 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1.0 | 0 | 22.7 | 7.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 25 |
| 4 | 0 | 1.0 | 0 | 28.1 | 9.4 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | 0.986 | 0 | 9.0 | 2.8 | 177.8 | 30.0 | -40 | 50 | 0 |
| 6 | 0 | 1.0 | 0 | 15.6 | 4.7 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 1.0 | 0 | 122.8 | 59.2 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 25 |
| 8 | 0 | 1.0 | 0 | 57.3 | 32.8 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 25 |
| 9 | 2 | 1.006 | 0 | 0.15 | 0.0 | 75.0 | 0.0 | -10 | 32.2 | 0 |
| 10 | 2 | 1.006 | 0 | 69.6 | 36.4 | 20.0 | 0.0 | -10 | 5.1 | 0 |

| Bus bus | R | X | Line code | |
|---------|--------|--------|-----------|--|
| nl nr | p.u. | p.u. | 1/2 B | = 1 for lines > 1 or < 1 tr. tap at bus nl |
| 1 2 | 0.0145 | 0.0494 | 0.0000 | 1 |
| 1 3 | 0.0181 | 0.0617 | 0.0000 | 1 |
| 1 4 | 0.0107 | 0.0077 | 0.0000 | 1 |
| 1 5 | 0.0089 | 0.0064 | 0.0000 | 1 |
| 2 3 | 0.0109 | 0.0372 | 0.0000 | 1 |
| 3 7 | 0.0134 | 0.0459 | 0.0000 | 1 |
| 5 6 | 0.0903 | 0.0655 | 0.0000 | 1 |
| 5 7 | 0.0022 | 0.0161 | 0.0000 | 1 |
| 7 8 | 0.0092 | 0.0266 | 0.0000 | 1 |
| 7 9 | 0.0146 | 0.0487 | 0.0000 | 1 |
| 9 10 | 0.0224 | 0.0428 | 0.0000 | 1 |

1); i = sqrt(-1);

busdata(:,1); nr = linedata(:,2); R = linedata(:,3);

busdata(:,4); Bc = j*linedata(:,5); a = linedata(:,6);

length(linedata(:,1)); nbus = max(max(nl), max(nr));

j*X; y = ones(nbr,1)./Z; %branch admittance

1:nbr

if a(n) == 0 a(n) = 1; else end

zeros(nbus,nbus); % initialize Ybus to zero

% formation of the off diagonal elements

nbr;

busdata(nl(k),nr(k))=Ybus(nl(k),nr(k))-y(k)/a(k);

busdata(nr(k),nl(k))=Ybus(nl(k),nr(k));

% formation of the diagonal elements

1:nbus

for n=1:nbr

nl(k)=n

busdata(n,n) = Ybus(n,n)+y(k)/(a(k)^2) + Bc(k);

if nr(k)==n

busdata(n,n) = Ybus(n,n)+y(k) +Bc(k);

end

end

power flow solution by Newton-Raphson method

delta=0; Vm=0; delta=0; yload=0; deltad=0;

length(busdata(:,1));

nbus

for k=1:nbus

busdata(k,2); Vm(n)=busdata(k,3); delta(n)=busdata(k,4);

busdata(k,5); Qd(n)=busdata(k,6); Pg(n)=busdata(k,7); Qg(n) = busdata(k,8);

busdata(k,9); Qmax(n)=busdata(k,10);

busdata(k,11);


```

n(n) <= 0 Vm(n) = 1.0; V(n) = 1 + j*0;
delta(n) = pi/180*delta(n);
I(n) = Vm(n)*(cos(delta(n)) + j*sin(delta(n)));
V(n)=(Pg(n)-Pd(n))/basemva;
Q(n)=(Qg(n)-Qd(n)+ Qsh(n))/basemva;
I(n) = P(n) + j*Q(n);

:nbus
== 1, ns = ns+1; else, end
== 2 ng = ng+1; else, end
= ng;
= ns;

s(Ybus); t = angle(Ybus);
bus-ng-2*ns;
or = 1; converge=1;
;
t of iterations
DC J DX
maxerror >= accuracy & iter <= maxiter % Test for max. power mismatch
m
:m
=0; %Initializing Jacobian matrix
nd
er+1;
:nbus
ss(n);
is+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
J22=0; J33=0; J44=0;
1:nbr
(i) == n | nr(i) == n
nl(i) == n, l = nr(i); end
nr(i) == n, l = nl(i); end
J1=J11+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
J3=J33+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
kb(n)~=1
J2=J22+ Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
J4=J44+ Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
se, end
kb(n) ~= 1 & kb(l) ~=1
= nbus+l-ngs(l)-nss(l)-ns;
= l -nss(l);
off diagonalelements of J1
A(n, l) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
if kb(l) == 0 % off diagonal elements of J2
A(nn, lk) =Vm(n)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
if kb(n) == 0 % off diagonal elements of J3
A(lm, ll) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n)+delta(l)); end
if kb(n) == 0 & kb(l) == 0 % off diagonal elements of J4
A(lm, lk) =-Vm(n)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
se end
, end

Vm(n)^2*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J33;
-Vm(n)^2*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J11;
n) == 1 P(n)=Pk; Q(n) = Qk; end % Swing bus P
(n) == 2 Q(n)=Qk;
Qmax(n) ~= 0
Qgc = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
if iter <= 7 % Between the 2th & 6th iterations
if iter > 2 % the Mvar of generator buses are
if Qgc < Qmin(n), % tested. If not within limits Vm(n)
Vm(n) = Vm(n) + 0.01; % is changed in steps of 0.01 pu to
elseif Qgc > Qmax(n), % bring the generator Mvar within
Vm(n) = Vm(n) - 0.01;end % the specified limits.
else, end
else,end

```

```

else,end

n) ~= 1
n,nn) = J11; %diagonal elements of J1
(nn) = P(n)-Pk;

n) == 0
n,lm) = 2*Vm(n)*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J22; %diagonal elements of J2
n,nn)= J33; %diagonal elements of J3
n,lm) =-2*Vm(n)*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J44; %diagonal of elements of J4
(lm) = Q(n)-Qk;

DC';
:nbus
:nss(n);
bus+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
(n) ~= 1
a(n) = delta(n)+DX(nn); end
(n) == 0
n)=Vm(n)+DX(lm); end

error=max(abs(DC));
er == maxiter & maxerror > accuracy
f('\nWARNING: Iterative solution did not converged after ')
f('%g', iter), fprintf(' iterations.\n\n')
f('Press Enter to terminate the iterations and print the results \n')
erge = 0; pause, else, end

erge ~= 1
f(' ITERATIVE SOLUTION DID NOT CONVERGE'); else,
f(' Power Flow Solution by Newton-Raphson Method');

n.*cos(delta)+j*Vm.*sin(delta);
:180/pi*delta;
1);

1:nbus
(n) == 1
+1;
= P(n)+j*Q(n);
n) = P(n)*basemva + Pd(n);
n) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
(k)=Pg(n);
(k)=Qg(n); %june 97
if kb(n)==2
+1;
=P(n)+j*Q(n);
n) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
(k)=Pg(n);
(k)=Qg(n); % June 1997

) = (Pd(n)- j*Qd(n)+j*Qsh(n))/(basemva*Vm(n)^2);

a(:,3)=Vm'; busdata(:,4)=deltad';
um(Pg); Qgt = sum(Qg); Pdt = sum(Pd); Qdt = sum(Qd); Qsht = sum(Qsh);

A DC DX J11 J22 J33 J44 Qk delta lk ll lm
A DC DX J11 J22 J33 Qk delta lk ll lm
program prints the power flow solution in a tabulated form
the screen.

ch)
Maximum Power Mismatch = %g \n', maxerror)
No. of Iterations = %g \n\n', iter)

```

```

[' Bus Voltage Angle -----Load----- ---Generation--- Injected'
 No. Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Mvar Mvar '
];

end)
:nbus
fprintf(' %5g', n), fprintf(' %7.3f', Vm(n)),
fprintf(' %8.3f', deltad(n)), fprintf(' %9.3f', Pd(n)),
fprintf(' %9.3f', Qd(n)), fprintf(' %9.3f', Pg(n)),
fprintf(' %9.3f', Qg(n)), fprintf(' %8.3f\n', Qsh(n))

fprintf(' \n'), fprintf(' Total ')
fprintf(' %9.3f', Pdt), fprintf(' %9.3f', Qdt),
fprintf(' %9.3f', Pgt), fprintf(' %9.3f', Qgt), fprintf(' %9.3f\n\n', Qsht)
This program is used in conjunction with lfgauss or lf Newton
the computation of line flow and line losses.
0;
\n')

Line Flow and Losses \n\n')
--Line-- Power at bus & line flow --Line loss-- Transformer\n')
from to MW Mvar MVA MW Mvar tap\n')

:nbus
= 0;
= 1:nbr;
busprnt == 0
fprintf(' \n'), fprintf('%6g', n), fprintf(' %9.3f', P(n)*basemva)
fprintf('%9.3f', Q(n)*basemva), fprintf('%9.3f\n', abs(S(n)*basemva))

sprnt = 1;
e, end
nl(L)==n k = nr(L);
= (V(n) - a(L)*V(k))*y(L)/a(L)^2 + Bc(L)/a(L)^2*V(n);
= (V(k) - V(n)/a(L))*y(L) + Bc(L)*V(k);
k = V(n)*conj(ln)*basemva;
n = V(k)*conj(lk)*basemva;
= Snk + Skn;
T = SLT + SL;
eif nr(L)==n k = nl(L);
= (V(n) - V(k)/a(L))*y(L) + Bc(L)*V(n);
= (V(k) - a(L)*V(n))*y(L)/a(L)^2 + Bc(L)/a(L)^2*V(k);
k = V(n)*conj(ln)*basemva;
n = V(k)*conj(lk)*basemva;
= Snk + Skn;
T = SLT + SL;
e, end
nl(L)==n | nr(L)==n
fprintf('%12g', k),
fprintf('%9.3f', real(Snk)), fprintf('%9.3f', imag(Snk))
fprintf('%9.3f', abs(Snk)),
fprintf('%9.3f', real(SL)),
if nl(L) ==n & a(L) ~= 1
fprintf('%9.3f', imag(SL)), fprintf('%9.3f\n', a(L))
else, fprintf('%9.3f\n', imag(SL))
end
e, end

SLT/2;
\n'), fprintf(' Total loss ')
9.3f', real(SLT)), fprintf('%9.3f\n', imag(SLT))
n SL SLT Skn Snk

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method
Maximum Power Mismatch = 1.00282e-007
No. of Iterations = 10

Voltage Angle -----Load----- ---Generation--- Injected
lag. Degree MW Mvar MW Mvar Mvar Mvar

```

| | | | | | | |
|-------|--------|---------|--------|---------|----------|--------|
| 0.984 | 0.000 | 80.200 | 32.600 | 155.486 | 150.975 | 0.000 |
| 0.971 | -1.556 | 9.000 | 2.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.963 | -2.567 | 22.700 | 7.000 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 0.980 | -0.069 | 28.100 | 9.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.986 | 0.749 | 9.000 | 2.800 | 177.800 | -107.686 | 0.000 |
| 0.929 | -4.334 | 15.600 | 4.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.934 | -5.057 | 122.800 | 59.200 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 0.926 | -6.019 | 57.300 | 32.800 | 0.000 | 0.000 | 25.000 |
| 0.966 | -4.785 | 0.150 | 0.000 | 75.000 | 51.417 | 0.000 |
| 0.956 | -6.161 | 69.600 | 36.400 | 20.000 | 40.645 | 0.000 |

414.450 187.700 428.286 135.351 75.000

Line Flow and Losses

Power at bus & line flow --Line loss-- Transformer
 to MW Mvar MVA MW Mvar tap

| | | | | | |
|-----------|----------|---------|-------|-------|--|
| 75.286 | 118.375 | 140.288 | | | |
| 2 55.773 | 11.178 | 56.883 | 0.485 | 1.651 | |
| 3 72.828 | 13.827 | 74.129 | 1.027 | 3.502 | |
| 4 28.198 | 9.470 | 29.746 | 0.098 | 0.070 | |
| 5 -81.513 | 83.899 | 116.976 | 1.258 | 0.904 | |
| -9.000 | -2.800 | 9.425 | | | |
| 1 -55.289 | -9.527 | 56.104 | 0.485 | 1.651 | |
| 3 46.289 | 6.727 | 46.775 | 0.253 | 0.864 | |
| -22.700 | 18.000 | 28.971 | | | |
| 1 -71.801 | -10.325 | 72.539 | 1.027 | 3.502 | |
| 2 -46.036 | -5.863 | 46.408 | 0.253 | 0.864 | |
| 7 95.137 | 34.189 | 101.093 | 1.477 | 5.059 | |
| -28.100 | -9.400 | 29.631 | | | |
| 1 -28.100 | -9.400 | 29.631 | 0.098 | 0.070 | |
| 168.800 | -110.486 | 201.744 | | | |
| 1 82.771 | -82.995 | 117.214 | 1.258 | 0.904 | |
| 3 86.029 | -27.491 | 90.315 | 7.576 | 5.496 | |
| -15.600 | -4.700 | 16.293 | | | |
| 6 -78.453 | 32.986 | 85.106 | 7.576 | 5.496 | |
| 7 62.853 | -37.686 | 73.286 | 0.137 | 1.002 | |
| -122.800 | -34.200 | 127.473 | | | |
| -93.660 | -29.129 | 98.085 | 1.477 | 5.059 | |
| -62.716 | 38.688 | 73.689 | 0.137 | 1.002 | |
| 3 57.659 | 8.837 | 58.332 | 0.359 | 1.037 | |
| -24.083 | -52.596 | 57.847 | 0.560 | 1.905 | |
| -57.300 | -7.800 | 57.828 | | | |
| -57.300 | -7.800 | 57.828 | 0.359 | 1.037 | |
| 74.850 | 51.417 | 90.809 | | | |
| 24.643 | 54.501 | 59.813 | 0.560 | 1.905 | |
| 0 50.207 | -3.084 | 50.302 | 0.607 | 1.161 | |
| -49.600 | 4.245 | 49.781 | | | |
| -49.600 | 4.245 | 49.781 | 0.607 | 1.161 | |

Loss 13.836 22.651

```

ng: checkPos: Invalid position (-273604) should be in the range [0,24565]
ng: IllegalArgumentException: Invalid index (-273604) should be in the range [0,24565]
om.mathworks.util.CharBuffer.checkHelper(CharBuffer.java:687)
om.mathworks.util.CharBuffer.checkRange(CharBuffer.java:671)
om.mathworks.util.CharBuffer.toString(CharBuffer.java:657)
om.mathworks.mwt.text.MWTextModel.getText(MWTextModel.java:662)
om.mathworks.ide.cmdline.MatlabCommandWidget.sendCommand(MatlabCommandWidget.java:3519)
om.mathworks.ide.cmdline.MatlabCommandWidget.doActualPaste(MatlabCommandWidget.java:4200)
om.mathworks.ide.cmdline.MatlabCommandWidget.doPaste(MatlabCommandWidget.java:4156)
om.mathworks.ide.cmdline.MatlabCommandWidget.doCommand(MatlabCommandWidget.java:5484)
om.mathworks.mwt.command.MWCommandCenter.processKey(MWCommandCenter.java:297)
om.mathworks.mwt.MWComponent.processAcceleratorKey(MWComponent.java:613)
om.mathworks.mwt.MWComponent.processKeyEvent(MWComponent.java:519)
om.mathworks.mwt.text.MWTextView$TextCanvas.processKeyEvent(MWTextView.java:6810)
va.awt.Component.processEvent(Unknown Source)
va.awt.Component.dispatchEventImpl(Unknown Source)
va.awt.Component.dispatchEvent(Unknown Source)
va.awt.LightweightDispatcher.processKeyEvent(Unknown Source)
va.awt.LightweightDispatcher.dispatchEvent(Unknown Source)
va.awt.Container.dispatchEventImpl(Unknown Source)
va.awt.Window.dispatchEventImpl(Unknown Source)
va.awt.Component.dispatchEvent(Unknown Source)
va.awt.EventQueue.dispatchEvent(Unknown Source)
va.awt.EventDispatchThread.pumpOneEventForHierarchy(Unknown Source)
va.awt.EventDispatchThread.pumpEventsForHierarchy(Unknown Source)
va.awt.EventDispatchThread.pumpEvents(Unknown Source)
va.awt.EventDispatchThread.run(Unknown Source)
)stBlock    "Goto59"
)stPort     1

ne {
ircBlock    "Demux"
ircPort     60
)stBlock    "Goto60"
)stPort     1

ne {
ircBlock    "Demux"
rcPort     61
)stBlock    "Goto61"
)stPort     1

e {
rcBlock    "Demux"
rcPort     62
)stBlock    "Goto62"
)stPort     1

ck {
ockType     Output
ame         "Out"
osition     [600, 83, 625, 107]
itialOutput "0"

e {
cBlock     "Mux phaseurs"
cPort     1
)stBlock    "State-Space"
)stPort     1

e {
cBlock     "Complex to\nReal-Imag"
cPort     1
)stBlock    "Mux phaseurs"
)stPort     1

```

```

line {
SrcBlock      "Complex to\nReal-Imag"
SrcPort      2
DstBlock      "Mux phaseurs"
DstPort      2

```

```

line {
SrcBlock      "State-Space"
SrcPort      1
Points      [0, 0]
Branch {
dstBlock      "convert"
dstPort      1
}
Branch {
dstBlock      "synchronous_machine"
dstPort      1
}
Branch {
dstBlock      "distributed_param_line"
dstPort      1
}
Branch {
dstBlock      "transit"
dstPort      2
}

```

```

line {
SrcBlock      "Mux"
SrcPort      1
DstBlock      "Complex to\nReal-Imag"
DstPort      1

```

```

line {
SrcBlock      "transit"
SrcPort      1
Points      [0, 0]
DstBlock      "Out"
DstPort      1

```

```

line {
SrcBlock      "convert"
SrcPort      1
DstBlock      "transit"
DstPort      1

```

```

line {
SrcBlock      "synchronous_machine"
SrcPort      1
DstBlock      "Mux"
DstPort      1

```

```

line {
SrcBlock      "distributed_param_line"
SrcPort      1
DstBlock      "Mux"
DstPort      2

```

```

line {
SrcBlock      "electrical sources"
SrcPort      1
DstBlock      "Mux"
DstPort      3

```

```

{
kType      Output

```

```

ime "A "
sition [230, 18, 260, 32]

k {
ockType Outport
ime "B "
sition [230, 63, 260, 77]
rt "2"

k {
ockType Outport
ime "C "
sition [225, 118, 255, 132]
rt "3"

{
:Block "lc"
:Port 1
iBlock "Mux1"
iPort 6

{
:Block "lb"
:Port 1
Block "Mux1"
Port 5

{
Block "la"
Port 1
Block "Mux1"
Port 4

{
Block "Vc"
Port 1
Block "Mux1"
Port 3

[
Block "Vb"
Port 1
Block "Mux1"
Port 2

.
Block "source"
Port 1
Block "Mux1"
Port 1

Block "Mux1"
Port 1
ts [0, 0; 20, 0]
ch {
Block "Phasor Measurements"
Port 1

ch {
nts [0, 30]
Block "Mux3"
Port 2

lock "Simulation method"
ort 1
    
```



```
Block "Phasor Measurements"
Port enable
```

```
{
Block "Phasor Measurements"
Port 1
Block "Mux3"
Port 1
```

```
{
Block "Mux3"
Port 1
nts [0, 0; 30, 0]
nch {
oints [0, -30]
stBlock "Selector V"
stPort 1
```

```
nch {
oints [0, 25]
stBlock "Selector I"
stPort 1
```

```
{
Block "Selector I"
Port 1
Block "Ki"
Port 1
```

```
{
Block "Selector V"
Port 1
Block "Kv"
Port 1
```

```
{
Block "Ki"
Port 1
Block "Iabc"
Port 1
```

```
{
oints [0, 0]
Block "Kv"
Port 1
Block "Vabc"
Port 1
```

```
{
Block "Constant2"
Port 1
nts [15, 0; 0, -5]
Block "C "
Port 1
```

```
{
Block "Constant1"
Port 1
Block "B "
Port 1
```

```
{
Block "Constant"
Port 1
Block "A "
Port 1
```

```

{
cBlock "C"
cPort 1
tBlock "Terminator2"
tPort 1

```

```

{
cBlock "B"
cPort 1
tBlock "Terminator1"
tPort 1

```

```

{
cBlock "A"
cPort 1
tBlock "Terminator"
tPort 1

```

```

k {
ckType Reference
me "powergui"
ts []
sition [760, 640, 856, 681]
egroundColor "[1.000000, 1.000000, 0.000000]"
ckgroundColor "gray"
pShadow on
owName off
ority "2"
tSize 11
rceBlock "powerlib2/powergui"
rceType "PSB option menu block"
nge "[0:2:500]"
g off
g on
e off
able "ZData"
mFFT on
tTime "0.0"
es "1"
layStyle "1"
amental "60"
yAxis off
:Frequency "1000"
uencyindice "50"
uencyindicesteady "50"
:Steady "2"
lay off
"0"
hode on
uency "50"
omessages off

```

```

ilock "(15.1 km)"
'ort 1
ilock "Sgkaling"
'ort 1

```

```

ilock "(15.1 km)"
'ort 2
ilock "Sgkaling"
'ort 2

```

```

ilock "(15.1 km)"

```

```

cPort      3
tBlock     "Sgkaling"
tPort      3

{
cBlock     "Sgkaling"
cPort      1
ints       [-35, 0]
anch {
Block     "57.3 + j32.8 MVA"
Port      1

anch {
Block     "25 Mvar "
Port      1

{
Block     "Sgkaling"
Port      2
ints       [-25, 0; 0, 0]
anch {
ts        [0, 0]
Block     "57.3 + j32.8 MVA"
Port      2

anch {
Block     "25 Mvar "
Port      2

{
Block     "Sgkaling"
Port      3
ints       [-15, 0; 0, 0]
anch {
Block     "57.3 + j32.8 MVA"
Port      3

anch {
Block     "25 Mvar "
Port      3

{
Block     "Blkandang"
Port      1
Block     "9 + j2.8 MVA"
Port      1

:
Block     "Blkandang"
Port      2
Block     "9 + j2.8 MVA"
Port      2

Block     "Blkandang"
Port      3
Block     "9 + j2.8 MVA"
Port      3

Block     "Slack BusIn150 kV"
Port      1
Block     "Bangil"
Port      1
    
```

```
{
:Block      "Slack Bus\n150 kV"
:Port      2
tBlock      "Bangil"
tPort      2
```

```
{
:Block      "Slack Bus\n150 kV"
:Port      3
tBlock      "Bangil"
tPort      3
```

```
{
:Block      "Bangil"
:Port      1
ints       [0, 5]
inch {
:Block      "80.2 + j32.6 MVA"
:Port      1
```

```
inch {
ts         [0, 55]
```

```
inch {
:Block      "(6.2 km)"
:Port      1
```

```
inch {
:Block      "(34.68 km)"
:Port      1
```

```
inch {
:Block      "(27.77km)"
:Port      1
```

```
inch {
s          [120, 0; 0, -20]
:Block      "(5.15 km)"
:Port      1
```

```
{
:Block      "Bangil"
:Port      2
ints       [0, 20]
inch {
:Block      "80.2 + j32.6 MVA"
:Port      2
```

```
inch {
s          [0, 55]
```

```
inch {
:Block      "(6.2 km)"
:Port      2
```

```
inch {
:Block      "(34.68 km)"
:Port      2
```

```
inch {
:Block      "(27.77km)"
:Port      2
```

```
inch {
s          [90, 0; 0, -20]
:Block      "(5.15 km)"
:Port      2
```

```

{
:Block      "Bangil"
:Port      3
ints      [0, 35]
nch {
Block      "80.2 + j32.6 MVA"
Port      3

nch {
ts      [0, 55]
ch {
:Block      "(34.68 km)"
Port      3

ch {
nts      [0, 5]
nch {
stBlock    "(27.77km)"
stPort    3

nch {
ints      [0, -5]
stBlock    "(6.2 km)"
stPort    3

nch {
ts      [55, 0; 0, -20]
lock      "(5.15 km)"
ort      3

{
Block      "Lawang"
Port      1
nts      [30, 0]
nch {
lock      "22.7 + j7 MVA"
ort      1

nch {
s      [0, 50]
lock      "25 Mvar 1"
ort      1

[
Block      "Lawang"
Port      2
nts      [45, 0]
nch {
lock      "22.7 + j7 MVA"
ort      2

nch {
lock      "25 Mvar 1"
ort      2

Block      "Lawang"
Port      3
ts      [60, 0]
nch {
lock      "22.7 + j7 MVA"

```

```

Port      3

inch {
  ts      [-5, 0]
  Block   "25 Mvar 1"
  Port    3

{
  Block   "(34.68 km)"
  Port    1
  ts      [10, 0]
  inch {
    ts    [35, 0]
    ch {
      Block "Lawang"
      Port  1
    }
  }
  ch {
    ts    [0, 0]
    Block "(25.8 km)"
    Port  1
  }

  inch {
    Block "(20.91 km)"
    Port  1

{
  Block   "(34.68 km)"
  Port    2
  ts      [20, 0]
  inch {
    ts    [40, 0]
    ch {
      Block "Lawang"
      Port  2
    }
  }
  ch {
    ts    [0, 0]
    Block "(25.8 km)"
    Port  2

  inch {
    ts    [0, 145]
    Block "(20.91 km)"
    Port  2

  Block   "(34.68 km)"
  Port    3
  ts      [30, 0]
  inch {
    ts    [45, 0]
    ch {
      Block "Lawang"
      Port  3
    }
  }
  ch {
    ts    [0, 0]
    Block "(25.8 km)"
    Port  3

  ch {

```

```

ts      [0, 145]
lock    "(20.91 km)"
ort     3

{
Block   "150 kV"
Port    1
Block   "Pier"
Port    1

{
Block   "150 kV"
Port    2
Block   "Pier"
Port    2

{
Block   "150 kV"
Port    3
Block   "Pier"
Port    3

{
Block   "Pier"
Port    1
nts     [0, 0; 0, 10]
nch {
lock    "9 + j2.8 MVA "
ort     1

nch {
lock    "(52.507 km)"
ort     1

nch {
lock    "Subsystem1"
ort     1

[
Block   "Pier"
Port    2
nts     [0, 25]
nch {
lock    "(52.507 km)"
ort     2

nch {
s       [0, 0]
nch {
lock    "9 + j2.8 MVA "
Port    2

nch {
lock    "Subsystem2"
Port    1

:
lock    "Pier"
Port    3
nts     [0, 40]
nch {
lock    "9 + j2.8 MVA "
ort     3

```



```

nch {
ts      [0, 0]
ch {
Block   "(52.507 km)"
Port    3

ch {
nts     [0, -5]
Block   "Subsystem8"
Port    1

{
Block   "Pakis"
Port    1
nts     [0, 10]
nch {
lock    "15.6 + j4.7 MVA"
ort     1

nch {
s       [0, 30]
lock    "(12.9 km)"
ort     1

{
Block   "Pakis"
Port    2
nts     [0, 25]
nch {
lock    "15.6 + j4.7 MVA"
ort     2

nch {
s       [0, 30]
lock    "(12.9 km)"
ort     2

Block   "Pakis"
Port    3
nts     [0, 40]
nch {
lock    "15.6 + j4.7 MVA"
ort     3

nch {
s       [0, 30]
lock    "(12.9 km)"
ort     3

lock    "(52.507 km)"
ort     1
lock    "Pakis"
ort     1

lock    "(52.507 km)"
ort     2
lock    "Pakis"
ort     2

```

```

cBlock      "(52.507 km)"
cPort       3
itBlock     "Pakis"
itPort      3

} {
cBlock      "Kbagung"
cPort       1
oints      [0, 10]
branch {
Block      "122.8 + J59.2 MVA"
Port       1

branch {
nts        [0, 15]
branch {
oints      [0, 50]
branch {
Points     [0, 30]
DstBlock   "(27.95 km)"
DstPort    1

branch {
Points     [85, 0]
DstBlock   "Static Var Compensator\n(SVC)"
DstPort    1

branch {
DstBlock   "(15.1 km)"
DstPort    1

}

ie {
ircBlock   "Kbagung"
ircPort    2
oints      [0, 25]
branch {
itBlock    "122.8 + J59.2 MVA"
itPort     2

branch {
oints      [0, 15]
branch {
oints      [0, 50]
branch {
Points     [0, 30]
DstBlock   "(27.95 km)"
DstPort    2

Branch {
Points     [70, 0]
DstBlock   "Static Var Compensator\n(SVC)"
DstPort    2

}

branch {
DstBlock   "(15.1 km)"
DstPort    2

}

ine {
SrcBlock   "Kbagung"
SrcPort    3
Points     [0, 40]
Branch {
```

```

Block      "122.8 + J59.2 MVA"
Port      3

Branch {
  Points   [0, 15]
  Branch {
    Points [0, 50]
    Branch {
      Points [0, 30]
      DstBlock "(27.95 km)"
      DstPort  3
    }
  }
  Points   [55, 0]
  DstBlock "Static Var Compensator\n(SVC)"
  DstPort  3
}

Branch {
  Points   [0, 0]
  DstBlock "(15.1 km)"
  DstPort  3
}

Line {
  SrcBlock "(12.9 km)"
  SrcPort  1
  Points   [-75, 0; 0, 80]
  Branch {
    DstBlock "Kbagung"
    DstPort  1
  }
  Branch {
    DstBlock "Subsystem5"
    DstPort  1
  }
}

Line {
  SrcBlock "(12.9 km)"
  SrcPort  2
  Points   [-60, 0; 0, 50]
  Branch {
    DstBlock "Kbagung"
    DstPort  2
  }
  Branch {
    DstBlock "Subsystem4"
    DstPort  1
  }
}

Line {
  SrcBlock "(12.9 km)"
  SrcPort  3
  Points   [-45, 0; 0, 25]
  Branch {
    DstBlock "Kbagung"
    DstPort  3
  }
  Branch {
    DstBlock "Subsystem3"
    DstPort  1
  }
}

Line {
  SrcBlock "(25.8 km)"
  SrcPort  3
  DstBlock "Subsystem3"
}

```

```

stPort      enable

e {
  SrcBlock   "(25.8 km)"
  SrcPort    2
  DstBlock   "Subsystem4"
  DstPort    enable

e {
  SrcBlock   "(25.8 km)"
  SrcPort    1
  DstBlock   "Subsystem5"
  DstPort    enable

e {
  SrcBlock   "M2 90 MVA"
  SrcPort    1
  DstBlock   "90 MVA \n13.8 kV/150 kV"
  DstPort    1

e {
  SrcBlock   "M2 90 MVA"
  SrcPort    2
  DstBlock   "90 MVA \n13.8 kV/150 kV"
  DstPort    2

e {
  SrcBlock   "M2 90 MVA"
  SrcPort    3
  DstBlock   "90 MVA \n13.8 kV/150 kV"
  DstPort    3

e {
  SrcBlock   "Turbine &\nRegulators M2"
  SrcPort    1
  Points     [-10, 0]
  DstBlock   "M2 90 MVA"
  DstPort    1

e {
  SrcBlock   "Turbine &\nRegulators M2"
  SrcPort    2
  Points     [-25, 0; 0, -105]
  DstBlock   "M2 90 MVA"
  DstPort    2

e {
  SrcBlock   "M2 90 MVA"
  SrcPort    4
  Points     [15, 0; 0, 55]
  DstBlock   "Turbine &\nRegulators M2"
  DstPort    1

e {
  SrcBlock   "Pref2"
  SrcPort    1
  DstBlock   "Turbine &\nRegulators M2"
  DstPort    2

e {
  SrcBlock   "(27.95 km)"
  SrcPort    1
  Points     [-75, 0]
  Branch {
  DstBlock   "Sutami"
  DstPort    1
  }
  Branch {

```

```
nts [0, -5]
Block "(23.6 km)"
Port 1

{
  SrcBlock "(27.95 km)"
  SrcPort 2
  Points [-60, 0]
  Branch {
    Block "Sutami"
    Port 2
  }
  Branch {
    Points [0, -5]
    Block "(23.6 km)"
    Port 2
  }
}

{
  SrcBlock "(27.95 km)"
  SrcPort 3
  Points [-45, 0]
  Branch {
    Block "Sutami"
    Port 3
  }
  Branch {
    Points [0, -5]
    Block "(23.6 km)"
    Port 3
  }
}

{
  SrcBlock "Sutami"
  SrcPort 1
  Points [0, 10]
  Branch {
    Points [0, -5]
    DstBlock "Subsystem6"
    DstPort enable
  }
  Branch {
    Points [80, 0]
    DstBlock "0.15 MW"
    DstPort 1
  }
}

{
  SrcBlock "90 MVA \n13.8 kV/150 kV"
  SrcPort 1
  DstBlock "Subsystem6"
  DstPort 1
}

{
  SrcBlock "90 MVA \n13.8 kV/150 kV"
  SrcPort 2
  Points [0, 0]
  DstBlock "Subsystem7"
  DstPort 1
}

{
  SrcBlock "Sutami"
  SrcPort 2
  Points [0, 15]
  Branch {
    Points [0, 0]
    DstBlock "Subsystem7"
  }
}
```

```

Port      enable

Branch {
Ports    [80, 0]
SubBlock "0.15 MW"
Port     2

{
SrcBlock "90 MVA \n13.8 kV/150 kV"
SrcPort  3
Ports    [0, 0]
SubBlock "Subsystem9"
SubPort  1

{
SrcBlock "Sutami"
SrcPort  3
Ports    [0, 20]
Branch {
Block    "Subsystem9"
Port     enable

Branch {
Ports    [80, 0]
Block    "0.15 MW"
Port     3

e {
SrcBlock "M2 35 MVA"
SrcPort  1
SubBlock "35MVA \n13.8 kV/150 kV"
SubPort  1

e {
SrcBlock "M2 35 MVA"
SrcPort  2
SubBlock "35MVA \n13.8 kV/150 kV"
SubPort  2

e {
SrcBlock "M2 35 MVA"
SrcPort  3
SubBlock "35MVA \n13.8 kV/150 kV"
SubPort  3

e {
SrcBlock "Turbine &\nRegulators M1"
SrcPort  1
Ports    [-10, 0]
SubBlock "M2 35 MVA"
SubPort  1

e {
SrcBlock "Turbine &\nRegulators M1"
SrcPort  2
Ports    [-25, 0; 0, -105]
SubBlock "M2 35 MVA"
SubPort  2

e {
SrcBlock "M2 35 MVA"
SrcPort  4
Ports    [15, 0; 0, 55]
SubBlock "Turbine &\nRegulators M1"
SubPort  1

```

```

{
Block      "Pref1"
Port      1
Block      "Turbine &\nRegulators M1"
Port      2

{
Block      "(23.6 km)"
Port      1
oints     [-90, 0]
Block      "Wlingi"
Port      1

{
Block      "(23.6 km)"
Port      2
oints     [-75, 0]
Block      "Wlingi"
Port      2

{
Block      "(23.6 km)"
Port      3
Block      "Wlingi"
Port      3

{
Block      "Wlingi"
Port      1
oints     [0, 0; 0, 5]
Branch {
Block      "Subsystem10"
Port      enable

Branch {
Block      "69.6 + j36.4 MVA "
Port      1

e {
rcBlock    "35MVA \n13.8 kV/150 kV"
rcPort     1
stBlock    "Subsystem10"
stPort     1

e {
rcBlock    "35MVA \n13.8 kV/150 kV"
rcPort     2
stBlock    "Subsystem11"
stPort     1

e {
rcBlock    "Wlingi"
rcPort     2
oints     [0, 0; 0, 20]
Branch {
Block      "Subsystem11"
Port      enable

Branch {
Block      "69.6 + j36.4 MVA "
Port      2

e {
rcBlock    "35MVA \n13.8 kV/150 kV"
rcPort     3
stBlock    "Subsystem12"

```



```

Port      1

{
cBlock    "Wlingi"
cPort     3
oints     [0, 0; 0, 35]
ranch {
Block     "Subsystem12"
Port      enable

ranch {
Block     "69.6 + j36.4 MVA "
Port      3

} {
cBlock    "(27.77km)"
cPort     1
oints     [0, 25]
tBlock    "Subsystem13"
tPort     enable

} {
cBlock    "(20.91 km)"
cPort     1
oints     [-30, 0]
ranch {
Block     "Subsystem13"
Port      1

ranch {
Block     "Blkandang"
Port      1

} {
cBlock    "(20.91 km)"
cPort     2
oints     [-25, 0]
ranch {
Block     "Blkandang"
Port      2

ranch {
Block     "Subsystem15"
Port      1

} {
cBlock    "(27.77km)"
cPort     2
oints     [0, 40]
stBlock   "Subsystem15"
stPort    enable

} {
cBlock    "(20.91 km)"
cPort     3
oints     [-5, 0]
ranch {
oints     [-5, 0]
tBlock    "Blkandang"
tPort     3

ranch {
oints     [-5, 0]
tBlock    "Subsystem14"
tPort     1

```

```

{
  srcBlock      "(27.77km)"
  srcPort      3
  dstBlock      "Subsystem14"
  dstPort      enable
}

{
  srcBlock      "(6.2 km)"
  srcPort      1
  dstBlock      "Bmcokro"
  dstPort      1
}

{
  srcBlock      "(6.2 km)"
  srcPort      2
  dstBlock      "Bmcokro"
  dstPort      2
}

{
  srcBlock      "(6.2 km)"
  srcPort      3
  dstBlock      "Bmcokro"
  dstPort      3
}

{
  srcBlock      "Bmcokro"
  srcPort      1
  dstBlock      "28.1 + j9.4 MVA "
  dstPort      1
}

{
  srcBlock      "Bmcokro"
  srcPort      2
  dstBlock      "28.1 + j9.4 MVA "
  dstPort      2
}

{
  srcBlock      "Bmcokro"
  srcPort      3
  dstBlock      "28.1 + j9.4 MVA "
  dstPort      3
}

{
  srcBlock      "Static Var Compensator(SVC)"
  srcPort      1
  points      [0, -15]
  dstBlock      "B (pu)"
  dstPort      1
}

{
  srcBlock      "Static Var Compensator(SVC)"
  srcPort      2
  points      [0, -10]
  dstBlock      "Meas (pu)"
  dstPort      1
}

{
  srcBlock      "(5.15 km)"
  srcPort      1
  points      [170, 0]
  dstBlock      "Subsystem1"
  dstPort      enable
}

{
  srcBlock      "(5.15 km)"
  srcPort      2
}

```

```
ints [150, 0]
tBlock "Subsystem2"
tPort enable

{
cBlock "(5.15 km)"
cPort 3
tBlock "Subsystem8"
tPort enable
}

otation {
ime "SIMULASI SISTEM TRANSMISI 150 KV UPT. MALANG"
sition [452, 68]
ntName "Stencil"
ntSize 24
```