

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



**ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI
RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI
(STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

ANDI SUSILO

00.12.029



**SEPTEMBER
2006**

SHINE
EXHIBITION

CHIANTI
VINTAGE 1970

CHIANTI

CHIANTI VINTAGE 1970
VINTAGE CHIANTI 1970
VINTAGE CHIANTI 1970

VINTAGE CHIANTI 1970
VINTAGE CHIANTI 1970
VINTAGE CHIANTI 1970
VINTAGE CHIANTI 1970

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI
RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI
(STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :
ANDI SUSILO
00.12.029

Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. H. CHOIRI
NIP. 131703042



Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
NIP.Y.1039500274

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

A B S T R A K S I

ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI (STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG

(Andi Susilo, Nim 00.12.029, Teknik Elektro/T.Energi Listrik)
(Dosen Pembimbing : Ir. H. Choiiri)

Kata Kunci : Jaringan Distribusi Radial, Topologi Jaringan, Analisa Kestabilan Tegangan, Pemodelan Beban, *Stability Index*

Jaringan distribusi tenaga listrik tak henti-hentinya dihadapkan dengan setiap peningkatan permintaan beban. Jaringan distribusi mengalami perubahan tingkatan beban dari tingkatan rendah ke tingkatan yang tinggi setiap harinya. Banyak permasalahan yang harus dihadapi dalam memonitoring pengoperasian sistem yang demikian. Untuk mengetahui besarnya tegangan setiap bus jika beban dinaikkan secara bertahap dari bermacam-macam model beban, serta besarnya nilai minimal kestabilan tegangan sebagai dasar untuk mengetahui seberapa besar kemampuan pembebanan maksimal suatu bus dari bermacam-macam model beban.

Sebuah index kestabilan baru bertujuan untuk mengidentifikasi node, yang mana lebih sensitif terhadap jatuh tegangan. Kondisi pengoperasian yang stabil pada jaringan distribusi radial yakni besarnya $SI \geq 0$. Pada analisa ini juga ditunjukkan bahwa solusi aliran daya pada jaringan distribusi radial yang unik. Empat tipe dari pemodelan beban, dinamakan daya konstan, arus konstan, impedansi konstan, dan model beban komposit yang dipertimbangkan untuk tujuan analisa kestabilan tegangan dan menampilkan sebuah analisa perbandingan antara analisa I dan analisa II. Pada analisa I, beban pada tiap-tiap bus dinaikkan secara bertahap dari nilai nominalnya. sedangkan pada analisa II kenaikan beban dilakukan pada bus dengan kapasitas beban paling besar saja dan menjaga kapasitas bus lainnya pada nilai nominalnya.

Pada penyulang Asahan, dengan meningkatkan beban pada node 53 dan menjaga beban node-node yang lain pada nilai nominalnya. Dari hasil analisa ditemukan bahwa, kondisi beban kritis terjadi pada saat bus 53 dibebani 15 % dari beban nominalnya dan jatuh tegangan terjadi pada node 41. Hal tersebut secara tidak langsung menyatakan bahwa fomena jatuh tegangan pada suatu node tergantung pada kondisi pembebanan kritis pada node tersebut. Hal tersebut ditunjukkan dengan index kestabilan pada suatu node tersebut hampir sangat linier terhadap perubahan kenaikan pembebanan. Sehingga penggunaan metode stability index pada analisa kestabilan tegangan lebih tepat digunakan pada analisa II (kenaikan beban dilakukan pada bus dengan kapasitas beban paling besar, dengan menjaga kapasitas bus-bus yang lain pada nilai nominalnya).

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, **“ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI(STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG”**.

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang guna mengakhiri pendidikan pada jenjang strata satu jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Atas segala bimbingan, pengarahan dan bantuan yang diberikan, sehingga tersusunnya skripsi ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSE**, selaku Rektor ITN Malang.
2. **Ir. Mochtar Asroni, MSME**, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. **Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. **Ir. H. Choiri**, selaku dosen pembimbing.
5. Kedua orang tuaku sarta tidak lupa temanku *Gundul* yang selalu membantu dalam pengerjaan skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, September 2006

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman :

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Metodologi Penelitian	5
1.6. Sistematika Pembahasan	6
1.7. Kontribusi Penelitian.....	7
BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK	8
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	8
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Primer	10
2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial	10
2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Loop / Ring.....	12

2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi Mesh	13
2.3. Rugi - Rugi Daya Saluran Distribusi.....	14
2.4. Faktor Daya	14
2.5. Sistem Per-Unit	16
2.6. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit.....	17

BAB III KESTABILAN TEGANGAN DENGAN PENDEKATAN

PEMODELAN BEBAN.....	19
3.1 Umum.....	19
3.2 Studi Kestabilan Tegangan	19
3.3 Klasifikasi Bus	21
3.3.1. Slack Bus/ Swing Bus.....	22
3.3.2. P-V Bus/ Generator Bus	22
3.3.3. P-Q Bus/ Load Bus	22
3.4 Analisa Topologi Jaringan Radial	22
3.4.1 Topologi Jaringan Radial	22
3.4.2 Matriks Topologi Jaringan Radial	24
3.5 Pemodelan Beban.....	28
3.6 Persamaan Kestabilan Tegangan dengan Model Beban.....	30
3.7 <i>Stability Index</i>	34

BAB IV ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN

TEGANGAN 20 KV SISTEM DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG

PENYULANG ASAHAH DENGAN METODE STABILITY

INDEX DI GI BLIMBING MALANG	35
4.1. Analisa dengan Metode <i>Stability Index</i>	35
4.2. Algoritma Program.....	37
4.3. Flowchart Program	42
4.4. Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20kV GI Blimbng Penyulang Asahan	46
4.4.1. Data Saluran	48
4.4.2. Data Panjang Saluran Penyulang Asahan	48
4.4.3. Perhitungan Impedansi Saluran.....	49
4.4.4. Data Pembelahan	50
4.5. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan	51
4.5.1. Prosedur Pelaksanaan Analisa I	51
4.5.2. Prosedur Pelaksanaan Analisa II	58
4.6. Analisa Perhitungan	64
4.6.1. Analisa Perhitungan dengan Meningkatkan Beban pada masing-masing Bus	64
4.6.2. Analisa Perhitungan dengan meningkatkan Beban pada Bus 53	66

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 68

5.1. Kesimpulan 68

5.2. Saran 70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2-1. Diagram Satu Garis Penyaluran Energi Listrik ke Pelanggan	8
2-2. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....	9
2-3. Bentuk Sederhana Dari Sistem Distribusi Radial	11
2-4. Bagan Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distibusi Radial.....	12
2-5. Jaringan Teganga Menengah Struktur Loop Yang Dipasok Dari Satu Sumber	13
2-6. Jaringan Tegangan Menengah Struktur Mesh	14
2-7. Segitiga Daya	15
3-1. Topologi Jaringan Radial	23
3-2. Topologi Jaringan Radial Setelah <i>Node</i> di Eleminasi	24
3-3. Diagram Satu Garis Dari Node 1 ke Node 2	30
4-1. Flowchart Program	45
4-2. Single Line Diagram Penyulang Asahan	47
4-3. Tampilan Utama Program	51
4-4. Tampilan Konfirmasi Kembali ke Tampilan Utama.....	52
4-5. Tampilan Inputan Persentase Pembebanan	52
4-6. Tampilan Kesimpulan Hasil Perhitungan Untuk Model Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit	55
4-7. Tampilan Grafik Profil Tegangan Pada Tiap-tiap Bus Untuk Model	

Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit 56

4-8.	Tampilan Konfirmasi Untuk Kembali ke Tampilan Utama Program	56
4-9.	Tampilan Menu Grafik Kestabilan Tegangan.....	57
4-10.	Tampilan Grafik (a) Daya Aktif terhadap <i>Stability Index Minimal</i> , (b) Daya Reaktif terhadap <i>Stability Index Minimal</i> , (c) Daya aktif terhadap Tegangan Minimal, dan (d) Daya Reaktif terhadap Tegangan Minimal.....	57
4-11.	Tampilan Utama Program	58
4-12.	Konfirmasi Kembali ke Tampilan Utama	58
4-13.	Tampilan Inputan Persentase Pembebatan	59
4-14.	Tampilan Kesimpulan Hasil Perhitungan Untuk Model Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit.....	61
4-15.	Tampilan Grafik Profil Tegangan Pada Tiap-tiap Bus Untuk Model Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit	62
4-16	Tampilan Konfirmasi Untuk Kembali ke Tampilan Utama Program.....	62
4-17	Tampilan Menu Grafik Kestabilan Tegangan	63
4-18	Tampilan Grafik (a) Daya Aktif terhadap <i>Stability Index Minimal</i> , (b) Daya Reaktif terhadap <i>Stability Index Minimal</i> , (c) Daya aktif terhadap Tegangan Minimal, dan (d) Daya Reaktif terhadap Tegangan Minimal.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman :
4-1. Data Jenis Konduktor Pada Penyulang Asahan.....	48
4-2. Data Panjang Saluran dan Jenis Konduktor Pada Penyulang Asahan.....	48
4-3. Hasil Perhitungan Impedansi Saluran.....	49
4-4. Hasil Perhitungan Pembebanan	50
4-5. Hasil Perhitungan Tegangan Pada Tiap-tiap Bus Saat Semua Bus Dibebani 95 % Dari Beban Nominalnya	53
4-6. Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap-tiap Saluran Saat Semua Bus Dibebani 95 % Dari Beban Nominalnya	53
4-7. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap-tiap Saluran Saat Semua Bus Dibebani 95 % Dari Beban Nominalnya	54
4-8. Kondisi Beban Kritis Pada Bus 41	54
4-9. Hasil Perhitungan Tegangan Pada Tiap-tiap Bus Saat Bus 53 Dibebani 15 % Dari Beban Nominalnya	59
4-10. Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap-tiap Saluran saat Bus 53 Dibebani 15 % dari Beban Nominalnya	60
4-11. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap-tiap Saluran saat Bus 53 Dibebani 15 % dari Beban Nominalnya	60
4-12. Kondisi Beban Kritis Pada Bus 41	61

Bab I

Pendahuluan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang^[1]

Jaringan distribusi tenaga listrik tak henti-hentinya dihadapkan dengan setiap peningkatan permintaan beban. Jaringan distribusi mengalami perubahan tingkatan beban dari tingkatan rendah ke tingkatan yang tinggi setiap harinya. Banyak permasalahan yang harus dihadapi dalam memonitoring pengoperasian sistem yang demikian, yang meliputi berbagai proses switching untuk pengalihan beban dan lain-lain. Sebagai tambahan, sebagian besar jaringan distribusi modern yang beroperasi telah mempertimbangkan dalam meminimalkan rugi-rugi agar supaya mencapai efisiensi yang tinggi.

Di kawasan industri tertentu, hal tersebut telah diamati dibawah kondisi-kondisi pembebanan kritis tertentu, pada sistem distribusi yang sering terjadi jatuh tegangan. Jatuh tegangan adalah suatu peristiwa lokal. Hal itu terjadi pada suatu bus di dalam area dengan beban yang tinggi dan profil tegangan yang rendah. Dalam kaitannya dengan meningkatnya permintaan beban pada jaringan distribusi khususnya kawasan industri, hal tersebut menimbulkan jatuh tegangan yang tak terduga. Ketika peristiwa seperti itu terjadi, beberapa beban industri akan diputus melalui saklar pemutus otomatis agar sistem dapat berjalan terus tanpa ada halangan lagi. Hal tersebut adalah suatu konsep utama dalam jaringan distribusi tenaga, yang mana hal yang sering terjadi adalah permasalahan kestabilan tegangan.

Survei literatur menunjukkan bahwa banyak pekerjaan telah dilaksanakan dalam menganalisa kestabilan tegangan pada jaringan transmisi, tetapi sedikit sekali pekerjaan yang dilaporkan dalam menganalisa kesabilan tegangan pada jaringan distribusi radial. Jasmon dan Lee serta Guleina dan Strmchnik sudah mempelajari dalam menganalisa kestabilan tegangan pada jaringan radial. Mereka sudah menggambarkan jaringan yang lengkap pada sebuah diagram segaris yang ekivalen. Diagram segaris yang ekivalen diperoleh oleh jasmon dan Lee adalah sah hanya di titik operasi di mana kestabilan tegangan tersebut diperoleh. Analisa kestabilan tegangan tersebut dapat digunakan untuk perubahan beban kecil di sekitar titik ini. Bagaimanapun juga, mulai dari perumusan aliran daya adalah sangat tak linier, bahkan dalam sistem radial yang sederhana, perumusan yang tak linier tersebut tidak akan cukup untuk menilai batasan kestabilan tegangan, karena teknik mereka tidak tergantung dari bentuk pemodelan beban pada beberapa node, dimana memiliki efek yang tinggi pada titik dimana jatuh tegangan terjadi. Konsep utama dalam jaringan sistem daya adalah permasalahan kestabilan tegangan. Dalam kaitannya dengan meningkatnya permintaan beban pada suatu jaringan sistem tenaga, jatuh tegangan adalah kejadian yang tak terduga yang sering terjadi.

Tegangan yang tidak stabil pada jaringan sistem tenaga adalah suatu fenomena tak linier yang tinggi sebagaimana juga prediksi permasalahan dalam sistem tenaga. Konsep utama pada skripsi adalah apakah akan tampil pada perhitungan komputer analisis perhitungan yang efisien untuk kestabilan tegangan. Jasmon dan lee telah mengusulkan teknik terbaru untuk menganalisa

penyelesaian yang sulit tersebut dengan menggunakan pemodelan pada matematika. Mereka telah menunjukkan sebuah model yang efisien untuk menganalisa kestabilan tegangan, dalam hal ini digunakan index kestabilan tegangan (*Stability Index*). Sampai suatu index dapat mengukur tingkat kestabilan tegangan dan dengan demikian tindakan yang sesuai mungkin diinisialkan jika indek mengindikasikan tingkatan yang rendah dari kestabilan tegangan.

Banyak modifikasi dari metode yang telah digunakan dengan tingkat keakuratan yang tinggi dan kesalahan (*error*) yang kecil. Dari beberapa metode tersebut terdapat metode alternatif yang akan digunakan untuk menganalisa Kestabilan tegangan pada jaringan distribusi yaitu metode *Stability Index*. Index kestabilan ini digunakan karena beban bergantung pada tegangan didalam sistem distribusi. Sehingga index kestabilan ini sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas sistem yang sedang dipelajari.^[1]

1.2. Rumusan Masalah

Variasi pembebanan daya aktif dan reaktif pada sistem akan menyebabkan variasi perubahan tegangan yang besar. Oleh karena itu masalah yang akan dibahas antara lain :

1. Berapa besarnya tegangan setiap bus jika beban dinaikkan secara bertahap dari bermacam-macam model beban.
2. Berapa besarnya nilai minimal kestabilan tegangan sebagai dasar untuk mengetahui seberapa besar kemampuan pembebanan maksimal suatu bus dari bermacam-macam model beban.

Sehubungan dengan permasalahan diatas maka skripsi ini mengambil judul :

**“ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI
RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI
(STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG”**

1.3. Tujuan Penelitian

Untuk memberikan suatu alternatif metode dalam penyelesaian masalah kestabilan tegangan yang menyangkut penentuan tegangan setiap bus jika beban dinaikkan secara bertahap, nilai minimal kestabilan tegangan sebagai dasar untuk mengetahui seberapa besar kemampuan pembebanan maksimal suatu bus dari bermacam-macam model beban dengan menggunakan perhitungan kestabilan tegangan metode *Stability Index*.

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka permasalahan dalam skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Analisa perhitungan menggunakan metode *Stability Index* pada jaringan distribusi primer type radial dengan tegangan 20 kV.
2. Analisa kenaikan beban dilakukan dengan 2 cara :
 - a) Beban pada semua bus dinaikkan secara bertahap dari nilai nominalnya.

- b) Kenaikan beban hanya dilakukan pada bus dengan kapasitas beban paling besar saja dan menjaga kapasitas bus-bus yang lain pada nilai nominalnya
3. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban suatu penyulang yang telah ada.
 4. Analisa dilakukan dengan menganggap sistem dalam keadaan normal.
 5. Jaringan distribusi primer yang dibahas adalah penyulang Asahan yang merupakan *Out Going Gardu Induk Blimbings* di PT. PLN (Persero) cabang Malang.
 6. Power faktor diasumsikan 0.85.
 7. Busbar dari GI Blimbings dianggap sebagai *Slack Bus* dan simpul-simpul yang ada di sepanjang saluran di pandang sebagai *Load Bus*.
 8. Rugi-rugi pada peralatan proteksi dan belitan trafo diabaikan.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah - langkah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur mengenai hal – hal yang mendukung penyusunan skripsi ini seperti jurnal IE “ Voltage Stability for Radial Distribution ”, serta mempelajari buku – buku yang berkaitan sebagai referensinya.
- b. Pengambilan data - data di lapangan dilakukan di PT. PLN Distribusi Malang dan PLN Rayon Blimbings untuk Penyulang Asahan yang meliputi data saluran dan data pembebanan

- c. Untuk langkah selanjutnya melakukan analisis tegangan dan kemudian menarik kesimpulan dari hasil analisis.
- d. Merancang perangkat lunak (software) dengan menggunakan bahasa pemrograman *Matlab* versi 7.0.
- e. Menarik kesimpulan.

1.6. Sistematika Pembahasan

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

BAB I : PENDAHULUAN

Merupakan pendahuluan yang meliputi latar belakang masalah yang melandasi skripsi ini, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Disini akan diuraikan sistem distribusi secara umum, klasifikasi sistem tenaga listrik dan struktur jaringan distribusi tenaga listrik.

BAB III : KESTABILAN TEGANGAN DENGAN PENDEKATAN PEMODELAN BEBAN

Pada bab ini akan dibahas konsep aliran daya serta kestabilan tegangan dengan metode *SI (Stability Index)* pada jaringan distribusi radial seimbang.

**BAB IV : ANALISIS KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN
TEGANGAN 20 KV SISTEM DISTRIBUSI RADIAL
SEIMBANG PENYULANG ASAHAAN DENGAN METODE
STABILITY INDEX DI GI BLIMBING MALANG.**

Membahas analisa data untuk menghitung besarnya tegangan tiap – tiap bus, aliran daya tiap-tiap saluran, rugi-rugi daya tiap-tiap saluran, stability index minimal, dan batas pembebahan maksimal suatu bus dengan menggunakan metode *Stability Index*.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan intisari dari pembahasan. Berisi kesimpulan dari analisa data dan saran-saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya.

1.7. Kontribusi Penelitian

Adapun kontribusi dari penelitian ini adalah diharapkan analisa kestabilan tegangan dengan menggunakan metode *Stability Index* ini bisa diterapkan di PT. PLN (Persero) sebagai program off-line untuk dapat mengetahui kondisi tegangan dari tiap-tiap bus serta untuk dapat mengetahui kondisi pembebahan maksimal suatu bus. Sehingga dapat dipakai oleh PLN sebagai perusahaan penyedia energi listrik di Indonesia untuk keperluan perencanaan operasi.

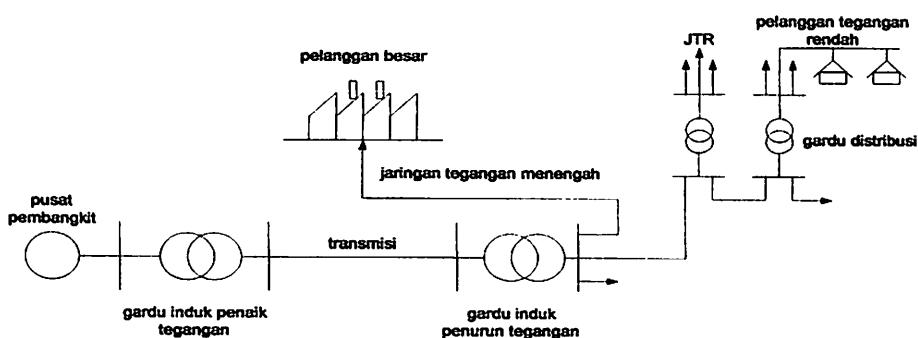
BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.^[5]

Di Indonesia tenaga listrik dibangkitkan di pusat-pusat pembangkit tenaga listrik, seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTP dan PLTD yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up transformer*) yang ada dipusat listrik. Saluran transmisi tegangan tinggi di PLN mempunyai tegangan 150 kV dan 500 kV, selanjutnya tegangan tersebut diturunkan menjadi tegangan menengah sebesar 20 kV di Gardu Induk, dengan menggunakan transformator penurun tegangan (*step down transformer*), setelah melalui jaringan distribusi, tegangan diturunkan lagi pada gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah sebesar 380/220 V untuk selanjutnya disalurkan kepelanggan PLN.

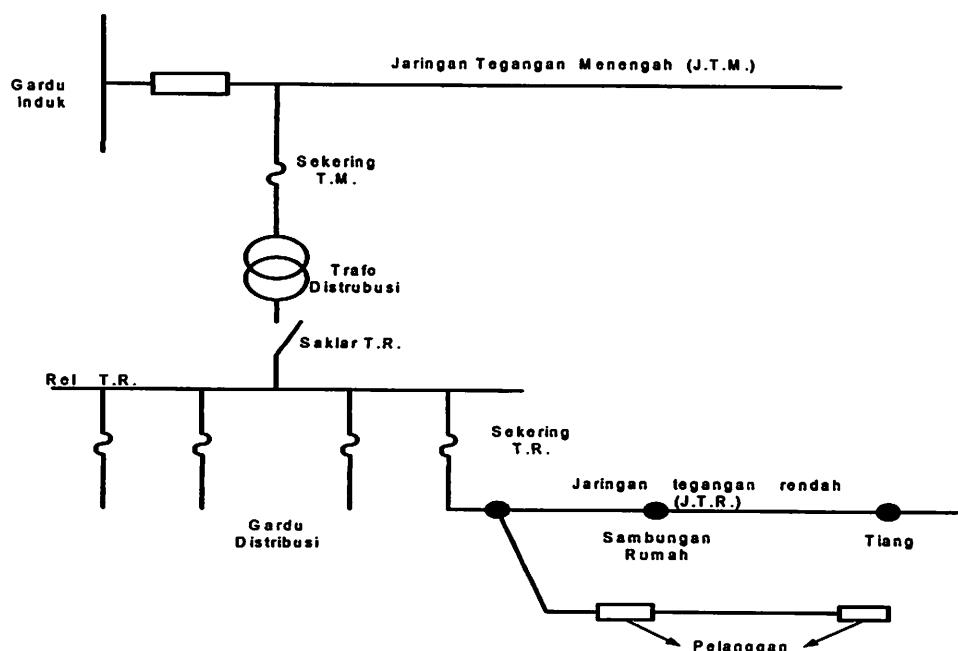
Sebagai gambaran, diagram satu garis sistem tenaga listrik dapat diperjelas seperti gambar 2-1 dibawah ini.



Gambar 2-1
Diagram Satu Garis Penyaluran Energi Listrik ke Pelanggan.
Sumber : Ir Hasan Basri, 1996,"Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Balai Penerbit dan ISTN

Jaringan distribusi berada pada akhir sistem tenaga listrik, peranannya mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) ke konsumen melalui Gardu Distribusi. Jaringan yang keluar dari GI biasanya disebut jaringan distribusi.

Sebagai gambaran, jaringan distribusi tegangan menengah (JTM), jaringan tegangan rendah (JTR) dan sambungan rumah ke pelanggan dapat diperjelas seperti gambar 2-2 dibawah ini.



Gambar 2-2
Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan
 Sumber : Djiteng Marsudji, 1990, "Operasi Sistem Tenaga Listrik", Balai penerbit dan Humas ISTN

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke pelanggan, tegangan yang disalurkan berbeda – beda tergantung dari besar tegangan yang dibutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan 220/380 Volt.

Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

a. **Sistem Distribusi Primer^[S]**

Suatu bagian dari suatu system distribusi yang terletak antara sisi sekunder trafo gardu induk sampai sisi prime trafo distribusi dengan tingkat tegangan yang digunakan adalah tegangan menengah yaitu 20 kV. Dan biasa disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah (SUTM).

b. **Sistem Distribusi Sekunder^[S]**

Sistem distribusi sekunder merupakan bagian yang mendistribusikan tenaga listrik secara langsung ke konsumen dengan tegangan rendah 110/170 Volt atau 220/380 Volt. Sistem jaringan yang biasanya digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik adalah sistem satu phasa dengan menggunakan dua kawat dan sistem tiga phasa dengan menggunakan empat kawat.

2.2. Struktur Jaringan Distribusi Primer^[S]

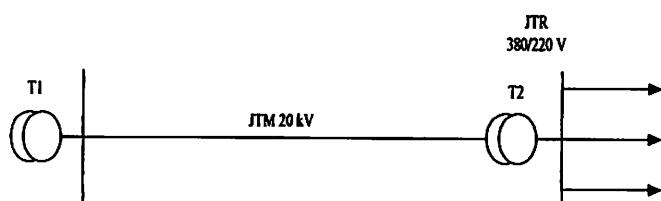
Pendistribusian tenaga listrik ke konsumen dilakukan dengan menggunakan sistem jaringan distribusi atau penyulang distribusi. Bentuk sistem jaringan distribusi primer yang umum digunakan adalah sebagai berikut :

2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial^[S]

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

dilayannya. Pada struktur jaringan ini tidak ada alternatif pasokan tenaga listrik, karena itu tingkat keandalannya relatif rendah.

Sebagai gambaran, bentuk sederhana dari sistem distribusi radial dapat diperjelas seperti gambar 2-3 dibawah ini.



Gambar 2-3

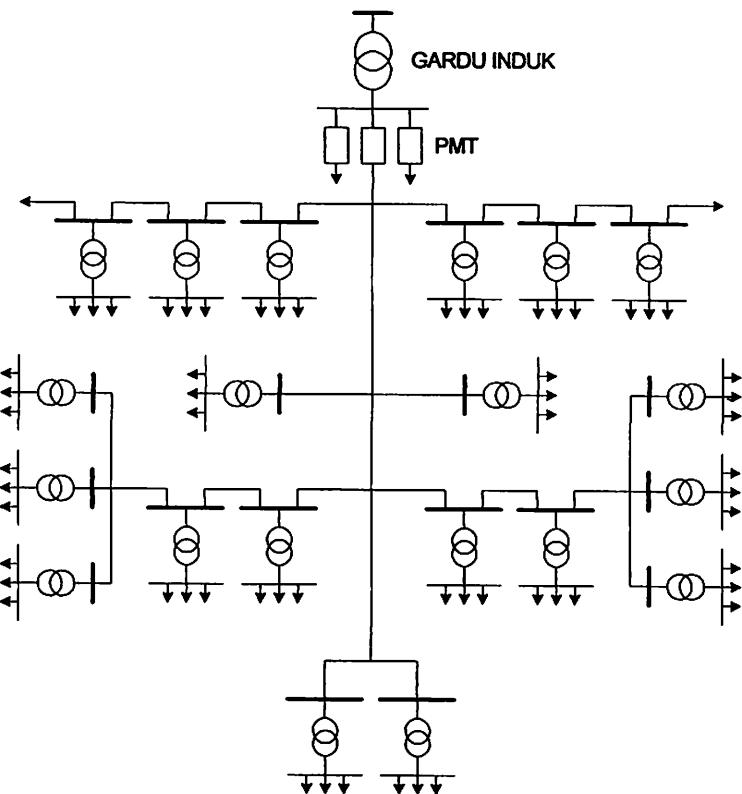
Bentuk Sederhana Dari Sistem Distribusi Radial

Sumber : Ir Hasan Basri, 1996,"Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Balai Penerbit dan ISTN

Pengaturan tegangan listrik dapat dilakukan untuk kelangsungan suplai tegangan listrik ke pelanggan. Sistem jaringan radial ganda sebagai langkah dalam usaha meningkatkan keandalan jaringan, hal ini terutama bila rute dari sirkuitnya berlainan satu sama lain. Langkah lain untuk mempertinggi tingkat keandalannya dari struktur radial adalah mengupayakan pasokan daya tidak hanya dari satu arah, walaupun pada pengoperasianya dilaksanakan secara radial.

Bentuk yang paling umum digunakan pada sistem distribusi radial adalah seperti pada gambar dibawah ini. Dapat dilihat bahwa sebuah penyulang memasok sejumlah gardu distribusi. Jika terjadi ganguan pada jaringan tegangan menengahnya, maka pemutus beban yang ada di gardu induk akan terbuka, hal ini menyebabkan semua gardu distribusinya akan mengalami pemadaman, maka pada penyulang dipasang peralatan pemisah seperti pelebur.

Sebagai gambaran, bagan jaringan tegangan menengah sistem distribusi radial dapat diperjelas seperti gambar 2-4 dibawah ini.



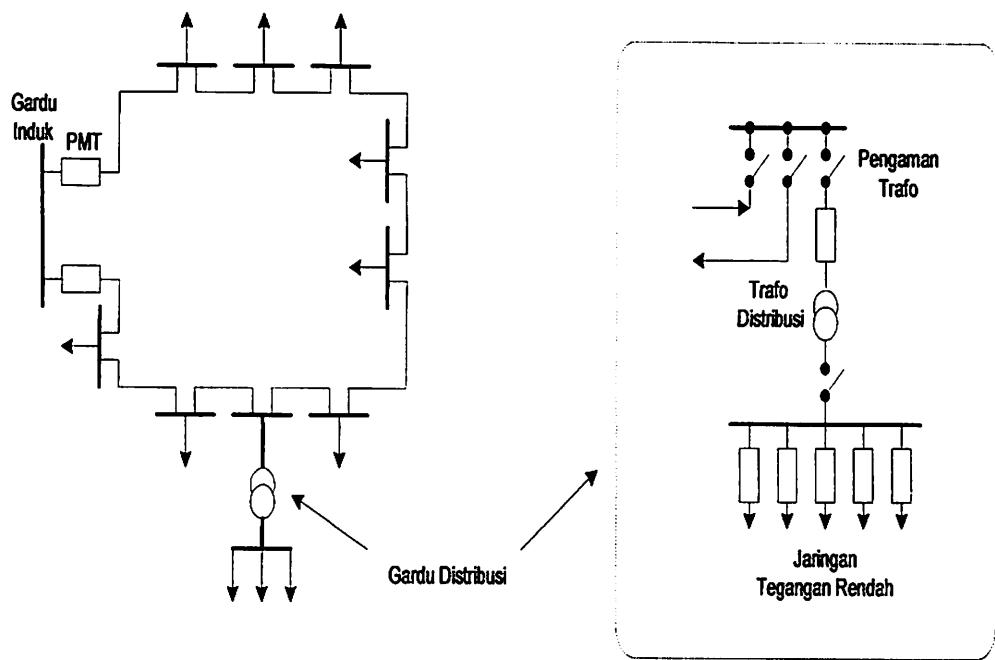
Gambar 2-4

Bagan Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distribusi Radial
Sumber : Ir. Hasan Basri, 1996,"Sistem Tenaga Listrik", Balai Penerbit Dan Humas ISTN

2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Loop / Ring.^[5]

Sistem ini disebut jaringan distribusi loop karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani, membentuk suatu rangkaian loop / Ring.

Sebagai gambaran, jaringan tegangan menengah struktur loop yang dipasok dari satu sumber dapat diperjelas seperti gambar 2-5 dibawah ini.



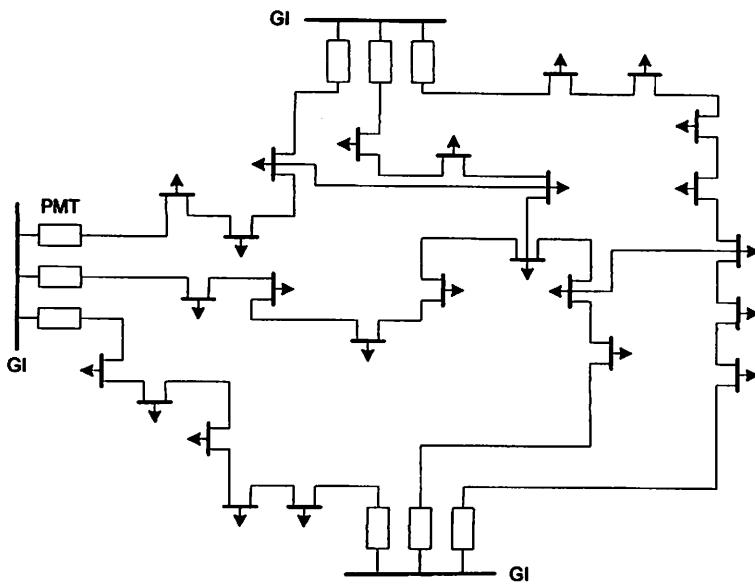
Gambar 2-5
Jaringan Tegangan Menengah Struktur Loop Yang Dipasok Dari Satu Sumber

Sumber : Ir. Hasan Basri, 1996,"Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Balai Penerbit dan Humas ISTN

2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi Mesh.^[5]

Jaringan Distribusi Mesh merupakan jaringan yang strukturnya komplek, dimana kelangsungan penyaluran dan pelayanannya diutamakan. Struktur jaringan ini umumnya digunakan pada jaringan tegangan rendah yang kepadatannya cukup tinggi.

Sebagai gambaran, jaringan tegangan menengah struktur mesh dapat diperjelas seperti gambar 2-6 dibawah ini.



Gambar 2-6

Jaringan Tegangan Menengah Struktur Mesh

Sumber : Ir. Hasan Basri, 1996,"Sistem Distribusi Tenaga Listrik," Balai Penerbit dan Humas ISTN.

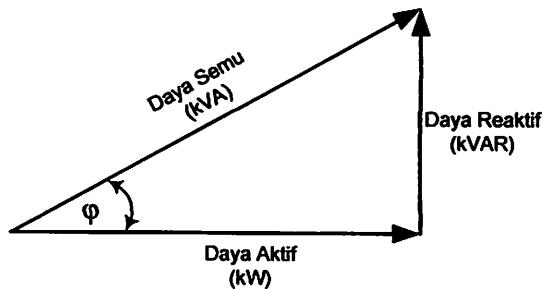
2.3. Rugi - Rugi Daya Saluran Distribusi.^[5]

Rugi daya adalah besarnya daya yang hilang dalam proses penyaluran daya listrik. Rugi daya ini terdiri dari rugi daya aktif dan daya reaktif. Rugi-rugi ini dapat terjadi pada penyulang / jaringan suatu sistem tenaga listrik seperti :

- a. Rugi pada penyulang utama dan peralatan saluran.
- b. Rugi pada trafo distribusi.

2.4. Faktor Daya.^[5]

Faktor daya adalah suatu besaran yang dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara komponen daya aktif (kW) dan daya semu (kVA), gambar segitiga daya seperti yang terlihat pada gambar 2-8 :



Gambar 2-7
Segitiga Daya

Sumber : Ir. Hasan Basri, 1996, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik," Balai Penerbit dan Humas ISTN

Faktor Daya :

$$k\text{VAR} = k\text{VA} \sin \varphi = kW \tan \varphi \dots \quad (2.4)$$

Faktor daya akan mendahului (*leading*) apabila arus mendahului tegangan dan akan tertinggal (*lagging*) bila arus terbelakang terhadap tegangan. Dengan diketahui besarnya faktor daya yang terjadi atau $\cos \theta$, maka berdasarkan gambar 2.6, dapat ditentukan nilai masing-masing daya, yaitu sebagai berikut :

1. Daya semu : $S = P + jQ$, dengan satuan VA
 2. Daya aktif : $P = S \cos \theta$, dengan satuan Watt.
 3. Daya reaktif : $Q = S \sin \theta$, dengan satuan VAR.

2.5. Sistem Per-Unit.^[4]

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

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{besaran sebenarnya}}{\text{besaran dasar dengan kuantitas yang sama}} \quad \dots\dots(2.7)$$

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

- Untuk sistem 1 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{kVA \text{ dasar}_{1\phi}}{kV \text{ dasar}_{L-N}} \quad \dots\dots(2.8)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(kV \text{ dasar}_{L-N})^2 \times 1000}{kVA \text{ dasar}_{1\phi}} \quad \dots\dots(2.9)$$

$$Z_d = \frac{(kV \text{ dasar}_{L-N})^2}{MVA \text{ dasar}_{1\phi}} \quad \dots\dots(2.10)$$

- Untuk sistem 3 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{kVA \text{ dasar 3 fasa}}{\sqrt{3} \text{ kV dasar L-L}} \quad \dots\dots(2.11)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(kV \text{ dasar L-L})^2 \times 10^{-3}}{kVA \text{ dasar 3 fasa}} \quad \dots\dots(2.12)$$

$$Z_d = \frac{(kV \text{ dasar } L - L)^2}{MVA \text{ dasar 3 fasa}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.13)$$

Dalam persamaan diatas nilai-nilai besaran diberikan untuk rangkaian satu fasa. Jadi tegangannya adalah tegangan antara fasa dengan tanah dan daya dengan setiap fasa.

Setelah besaran-besaran dasar telah ditentukan maka besaran-besaran itu dinormalisasikan terhadap besaran dasar. Dengan demikian impedansi persatuan didefinisikan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\text{impedansi sebenarnya } Z(\Omega)}{\text{impedansi dasar } Z_d} \text{ pu (2.14)}$$

2.6. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit.^[4]

Kadang-kadang impedansi per-unit untuk suatu komponen dari suatu sistem dinyatakan menurut dasar yang berbeda dengan dasar yang dipilih untuk bagian dari sistem dimana komponen tersebut berada. Karena semua impedansi dalam bagian manapun dari suatu sistem harus dinyatakan dengan dasar impedansi yang sama, maka dalam perhitungannya kita perlu mempunyai cara untuk dapat mengubah impedansi per-unit dari suatu dasar ke dasar yang lain.

$$Z_u = \frac{(\text{Impedansi sebenarnya, } \Omega) \cdot (\text{MVA dasar})}{(\text{Tegangan dasar, kV})^2} \dots \quad (2.15)$$

Persamaan (2.17.) memperlihatkan bahwa impedansi per-unit berbanding lurus dengan MVA dasar serta berbanding terbalik dengan kuadrat tegangan

dasar. Untuk mengubah dari impedansi per-unit menurut suatu dasar yang diberikan menjadi impedansi per-unit menurut suatu dasar yang baru, dapat dipakai persamaan berikut:

$$Z_{\text{baru per-unit}} = Z_{\text{diberikan per-unit}} \left(\frac{kV_{\text{diberikan dasar}}}{kV_{\text{baru dasar}}} \right)^2 \times \left(\frac{MVA_{\text{baru dasar}}}{MVA_{\text{diberikan dasar}}} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Persamaan ini tidak ada hubungannya dengan pemindahan nilai impedansi dalam ohm dari salah satu sisi transformator ke sisi yang lain.

BAB III

KESTABILAN TEGANGAN DENGAN PENDEKATAN PEMODELAN BEBAN

3.1. Umum

Dengan semakin kompleksnya problem di dalam sistem tenaga listrik, sebagai akibat dari meningkatnya permintaan konsumen, bertambahnya jumlah saluran distribusi, maka perlu adanya studi kestabilan tegangan dalam analisa sistem. Tujuan mempelajari Kestabilan tegangan ini antara lain :

- a. Untuk mengetahui besarnya tegangan setiap bus apabila beban dinaikkan secara bertahap.
- b. Untuk mengetahui besarnya kemampuan pembebanan maksimal pada suatu bus.

3.2. Studi Kestabilan Tegangan^[3]

Definisi kestabilan tegangan menurut *CIGRE* yakni suatu bagian dari kestabilan sistem daya secara keseluruhan. Sedangkan menurut *EPRI* definisi kestabilan analog dapat disamakan dengan definisi stabilitas untuk sistem dinamis yang lain. yakni :

Suatu sistem daya pada keadaan operasi tertentu adalah tegangan dengan gangguan kecil yang stabil, jika setelah adanya gangguan kecil, tegangan di dekat beban identik atau mendekati nilai sebelum gangguan. (stabilitas tegangan gangguan kecil dapat disamakan dengan model dinamik yang dilinierkan dengan nilai eigen yang memiliki bagian real

negatif. Untuk analisis, model diskontinyu dari tap pengubah mungkin harus digantikan dengan model kontinyu yang ekivalen).

Sistem daya pada keadaan operasi tertentu dan mendapat gangguan tertentu merupakan tegangan yang stabil jika tegangan di dekat beban mendekati nilai kesetimbangan pasca-gangguan. Keadaan terganggu berada dalam daerah atraksi dari kesetimbangan pasca gangguan yang stabil.

Suatu sistem daya pada status operasi yang terjadi dan persoalan mengenai gangguan adalah tegangan stabil jika tegangan yang dekat dengan beban mendekati nilai keseimbangan sesudah gangguan. Status yang diganggu adalah di dalam daerah dari atraksi dari keseimbangan setelah gangguan yang stabil.

Bentuk sederhana dari tegangan yang tidak stabil sering dianalisa sebagai permasalahan steady-state. Simulasi aliran daya adalah metode pembelajaran yang utama, berdasarkan pada simulasi selama peningkatan beban. Disamping itu aliran daya setelah gangguan. Dua dari metode aliran daya secara luas menggunakan curva $P-V$ dan curva $V-Q$. Dua metode tersebut menjelaskan batasan pembebangan steady-state yang mana berhubungan dengan kestabilan tegangan. Program aliran daya secara umum dapat digunakan untuk analisa perkiraan.

3.3. Klasifikasi Bus^[4]

Pada setiap simpul (rel atau bus) terdapat parameter-parameter sebagai berikut :

1. Daya aktif, diyatakan dengan P satuannya kilo Watt (kW).
2. Daya reaktif, dinyatakan dengan Q satuannya kilo Volt Ampere Reaktif (kVAR).
3. Besar (*magnitude*) tegangan mempunyai symbol $|V|$ dengan satuan kiloVolt (kV).
4. Sudut fasa tegangan mempunyai symbol δ dengan satuan radian.

Dalam analisis kestabilan tegangan, pada setiap busnya perlu diketahui 2 parameter dari keseluruhan 4 parameter yang diperhitungkan. Dengan melihat kedua parameter yang diketahui, setiap bus dalam suatu sistem dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu :

1. Bus referensi atau *slack bus*
2. Bus generator.
3. Bus beban atau *load bus*.

3.3.1. Slack Bus / Swing Bus

Pada bus ini nilai $|V|$ dan θ ditentukan besarnya sementara P dan Q dihitung. Biasanya nilai $|V|$ adalah 1 pu dan sudut fasa tegangan (θ) berharga nol derajat (0°), karena pada bus ini fasor tegangan dipakai sebagai referensi.

3.3.2. P-V Bus / Generator Bus.

Pada generator bus ini hanya terdapat daya pembangkitan dimana parameter P (daya aktif) dan $|V|$ diketahui sementara Q (daya reaktif) dan sudut fasa (θ) dihitung.

3.3.3. P-Q Bus / Load Bus.

Load bus adalah suatu bus yang hanya ada penyerapan daya. Pada bus ini terhubung dengan beban-beban dimana P (daya aktif) dan Q (daya reaktif) diketahui, sedangkan magnitude tegangan $|V|$ dan sudut fasa tegangan (θ) merupakan dua besaran yang akan dihitung nilainya.

3.4. Analisa Topologi Jaringan Radial^[7]

3.4.1. Topologi Jaringan Radial

Pada umumnya hampir seluruh jaringan distribusi berstruktur radial, dibanding dengan struktur jaringan yang lain maka struktur jaringan radial memiliki kekhususan yang dapat dimanfaatkan untuk mempermudah pemecahan masalah-masalah dalam menganalisa jaringan radial.

Kekhususan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Jaringan radial hanya memiliki satu node sebagai sumber daya dan untuk selanjutnya kita sebut sebagai node 0.
2. Node-node lainnya di dalam jaringan merupakan node beban, berarti bahwa seluruh node dalam sistem jaringan akan mempunyai injeksi arus negatif kecuali pada node 0. Injeksi arus adalah positif sebab merupakan satu-satunya sumber daya.

Pada umumnya jaringan distribusi hantaran udara mempunyai saluran relatif pendek sehingga efek kapasitansi saluran dapat diabaikan. Dengan demikian saluran dapat dipresentasikan sebagai saluran 2 kutub. Untuk jaringan distribusi yang menggunakan kabel tanah dimana efek kapasitansi harus diperhitungkan, maka jaringan yang harus dipresentasikan sebagai jaringan 4 kutub.

Berdasarkan prinsip transformasi 4 kutub ke 2 kutub analisa tetap bisa dilakukan dengan mempresentasikan jaringan dalam representasi 2 kutub. Pada suatu jaringan radial dengan :

n = jumlah node

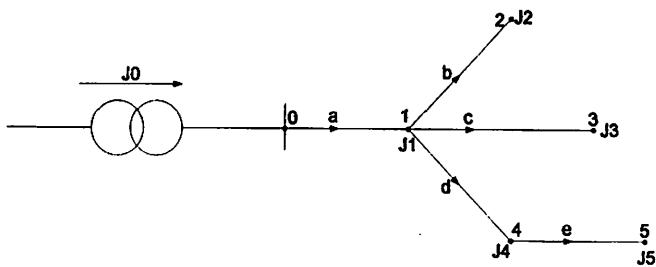
b = jumlah cabang

contoh :

untuk $n = 6 \rightarrow (0, 1, 2, 3, 4, 5)$ dan

$b = 5 \rightarrow (a, b, c, d, e)$ maka topologinya dapat diberikan seperti pada gambar

3-1

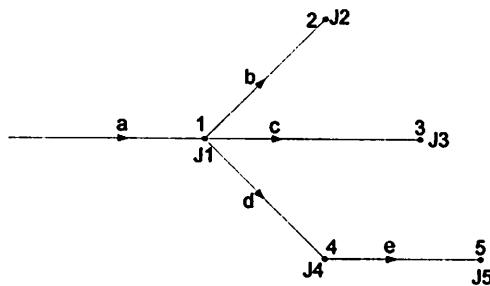


Gambar 3-1 Topologi Jaringan Radial

Karena : $J_0 = I_a$

$$= - (J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5)$$

maka node 0 dapat dieliminasi dan topologi jaringan radial dapat diberikan pada gambar 3-2



Gambar 3-2
Topologi Jaringan Radial Setelah *Node* di Eliminasi

3.4.2. Matriks Topologi Jaringan Radial

Matriks Topologi Jaringan $[T]$ dari jaringan gambar 3-1 berdimensi 5×6 ,

dimana :

n \ b	a	b	c	d	e
n	1	12	13	14	45
1	-1	1	1	1	0
2	0	-1	0	0	0
3	0	0	-1	0	0
4	0	0	0	-1	1
5	0	0	0	0	-1
0	1	0	0	0	0

n \ b	a	b	c	d	e
n	01	12	13	14	45

$$[T] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Setelah baris *node 0* dieliminir seperti topologi jaringan pada gambar 3-2, maka matriks topologi jaringan radial $[TR]$ akan berdimensi 5×5 , dimana :

$$[T] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks Topologi Jaringan Radial $[TR]$ di atas memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

1. Seluruh elemen diagonal bernilai -1
2. Seluruh elemen di bawah diagonal bernilai 0
3. Seluruh elemen di atas diagonal bernilai 0 atau 1
4. Matriks merupakan bujur sangkar $(n-1) \times (n-1)$

Matriks $[TR]$ memberikan hubungan antara arus injeksi pada *node* (tidak termasuk *node sumber*) dengan arus yang mengalir pada cabang dari jaringan.

$$\begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_d \\ I_e \end{bmatrix}$$

(n-1)x1 (n-1) x (n-1) (n-1)x1

Hubungan antara arus injeksi dan arus cabang dalam persamaan matrikal:

Karena setiap *node* dalam sistem merupakan *node* cabang, maka arus injeksi akan berharga negatif dan dapat ditulis :

$$K_i = -J_i$$

Dimana : K_i = arus injeksi negatif pada node i

Berdasarkan persamaan (3-2) maka arus cabang dapat dihitung sebagai berikut :

$$[I] = [TR]^{-1} [J]$$

$$= - [TR]^{-1} [K]$$

$$= [A] [K]$$

$$[A][K] = [-1]$$

dimana :

[K] = matriks kolom arus injeksi negatif

[A] = matriks topologi invers jaringan radial

[−1] = matriks kesatuan negatif

Dengan memperhatikan topologi jaringan radial pada gambar 3-2, dapat ditulis sekumpulan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_e &= -J_5 & = K_5 \\
 I_d &= I_e - J_4 & = -J_4 - J_5 & = K_4 + K_5 \\
 I_c &= -J_3 & & = K_3 \\
 I_b &= -J_2 & & = K_2 \\
 I_a &= -J_1 + I_b + I_c + I_d & & = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5
 \end{aligned}$$

Dalam persamaan matriks :

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_a \\ K_b \\ K_c \\ K_d \\ K_e \end{bmatrix}$$

Dan dalam bentuk persamaan matriks sederhana :

$$[I] = [A][K] \dots \quad (3.3)$$

Matriks $[A]$ disebut sebagai Matriks Topologi Invers Jaringan Radial

Dengan memperhatikan persamaan (3-3) matriks $[A]$ dapat diturunkan melalui persamaan :

$$[A] = [-1][TR]^{-1} \dots \quad (3.4)$$

Dengan mengamati persamaan (3-4), maka matriks $[A]$ dapat diturunkan secara langsung, seperti halnya matriks topologi $[T]$ dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Kebalikan dari matriks topologi $[T]$, maka pada matriks $[A]$ indeks baris berkaitan dengan cabang dan indeks kolom berkaitan dengan *node*

2. Elemen matriks $[A]$ bernilai +1, bila arus yang sampai ke *node n* melewati cabang b

3. Elemen matriks $[A]$ bernilai 0, bila ketentuan 2 diatas tidak dipenuhi

Matriks $[A]$ dari jaringan gambar (3-2) dapat diturunkan secara langsung dengan struktur sebagai berikut :

 b \ n	1	2	3	4	5
01 a	1	1	1	1	1
12 b	0	1	0	0	0
[A]=13 c	0	0	1	0	0
14 d	0	0	0	1	1
15 e	0	0	0	0	1

Ciri-ciri matriks $[A]$ ini adalah :

1. Seluruh elemen diagonal bernilai +1
2. Seluruh elemen dibawah diagonal bernilai 0
3. Elemen-elemen diatas diagonal bernilai 0 atau +1

3.5. Pemodelan Beban^[1]

Didalam sistem tenaga, daya mengalir dari pusat-pusat pembangkit ke pusat-pusat beban. Dalam proses ini banyak hal yang perlu diperhatikan antara lain keadaan tegangan setiap titik/rel dan aliran daya dalam saluran.

Tegangan hasil perhitungan pada setiap titik/rel yang digunakan untuk menentukan hasil aliran daya dapat ditentukan dengan pendekatan pemodelan beban.

Umumnya pada beberapa metode aliran daya sebuah beban dianggap sebagai daya aktif dan reaktif yang konstan. Hal ini dikenal dengan model beban daya konstan dan tidak dipengaruhi *magnitude* tegangan. Dengan kata lain selain sebagai model daya beban daya konstan, sebuah beban dapat dimodelkan sebagai impedansi konstan dan arus konstan. Pada model beban arus konstan daya aktif dan daya reaktif pada beban berubah secara linier terhadap *magnitude* tegangan. Pada model beban impedansi konstan, daya aktif dan daya reaktif berubah secara kuadratik terhadap *magnitude* tegangan.

Pernyataan umum untuk daya aktif dan reaktif yang nyata pada suatu beban untuk model-model beban adalah :

$$PL = fPL_0 |V|^k \dots \quad (3.5)$$

Dimana :

PL = Daya aktif baru (pu)

QL = Daya reaktif baru (pu)

f = faktor skala yang di update dari SI

PL₀ = Komponen daya aktif pada 1 pu

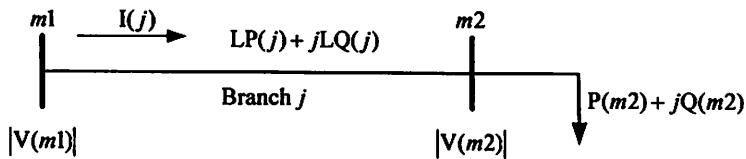
QL₀ = Komponen daya reaktif pada 1 pu

V = Tegangan magnitude

$$k = \begin{cases} 0 & \text{untuk model beban daya konstan} \\ 1 & \text{untuk model beban arus konstan} \\ 2 & \text{untuk model beban impedansi konstan} \end{cases}$$

3.6. Persamaan Kestabilan Tegangan dengan Model Beban^[1]

Struktur pada sistem distribusi seperti sebuah pohon dengan beberapa cabang dan dahan seperti terlihat pada gambar dibawah. Struktur umum dari sistem distribusi ini (satu sumber dan konfigurasi radial) telah dimanfaatkan sepenuhnya untuk mengembangkan beberapa metode aliran daya yang efisien. Pada skripsi ini dibahas persamaan Kestabilan tegangan pada sistem distribusi radial dengan satu sumber, satu penyulang utama, beberapa saluran dan sub saluran. Untuk sebuah sistem yang seperti itu jumlah cabang n_b dan jumlah busnya N dihubungkan melalui :



Gambar 3-3
Diagram Satu Garis dari node 1 ke node 2

Dari gambar 3-3, saluran j pada sistem distribusi terhubung antara rel m_1 dan rel m_2 , rel m_1 adalah sumber /rel utama. Impedansi saluran seri pada saluran masing-masing adalah $(r(j) + j x(j))$

Persamaan daya aktif dan reaktif yang menuju rel m_2 adalah $P(m_2)$ dan $Q(m_2)$. Berdasarkan pertimbangan $m_2 = 2$ pernyataan matematika untuk $P(m_2)$ dan $Q(m_2)$, perhitungannya diberikan di bawah ini:

$$Q(m2) = \sum_{i=2}^{NB} QL(m2) + \sum_{i=2}^{NB-1} LQ(m2) \quad \dots \quad (3.9)$$

Dimana :

$P(m2)$ = Penjumlahan daya aktif dari semua node di luar *node m2* ditambah daya aktif *node m2* itu sendiri ditambah rugi-rugi daya aktif dari semua cabang di luar *node m2*.

$Q(m2)$ = Penjumlahan daya reaktif dari semua node di luar *node m2* ditambah daya reaktif *node m2* itu sendiri ditambah jumlah rugi-rugi daya reaktif dari semua cabang di luar *node m2*.

Besarnya rugi-rugi daya aktif (LP) dan daya reaktif (LQ) pada setiap cabang yakni

Dimana:

$P(m2)$ = daya aktif pada node $m2$.

Q(m2) = daya reaktif pada node m2.

$LP(jj)$ = rugi daya aktif dari cabang ke jj .

LQ(*jj*) = rugi daya reaktif dari cabang ke *jj*.

Suatu model matematika dari jaringan distribusi radial dapat dengan mudah diperoleh dari gambar 3-3 diatas :

dan

dimana $Z(jj) = r(jj) + j \ x(jj)$, dan $m1$ merupakan rel sumber/pengirim dan $m2$ merupakan rel penerima akhir.

Dari persamaan (3-10) dan (3-11) diperoleh :

$$\frac{|V(m1)|\angle\delta(m1) - |V(m2)|\angle\delta(m2)}{r(jj) + j x(jj)} = \frac{P(m2) - j Q(m2)}{V(m2)} \dots \dots \dots \quad (3.14)$$

$$|\mathbf{V}(m1)| |\mathbf{V}(m2)| \angle \{\delta(m1) - \delta(m2)\} - |\mathbf{V}(m2)|^2 = \{ \mathbf{P}(m2) - j \mathbf{Q}(m2) \mathbf{r}(jj) + j \mathbf{x}(jj) \}$$

maka :

Dengan memisahkan bagian real dan imaginer maka akan didapatkan

$$|\mathbf{V}(m1)| |\mathbf{V}(m2)| \cos \{\delta(m1) - \delta(m2)\} - |\mathbf{V}(m2)|^2 = \{P(m2) r(jj) + Q(m2) x(jj) \} \quad \dots \dots \dots \quad (3.16)$$

dan

$$|\mathbf{V}(m1)\rangle|\mathbf{V}(m2)\rangle\sin\{\delta(m1)-\delta(m2)\}-|\mathbf{V}(m2)|^2=\{\mathbf{P}(m2)\mathbf{x}(jj)-\mathbf{Q}(m2)\mathbf{r}(jj)\}.. \quad (3.17)$$

Pengkuadratan dan penjumlahan persamaan (3-16) dan (3-17) didapatkan :

$$|\mathbf{V}(m1)|^2 |\mathbf{V}(m2)|^2 = \left\{ |\mathbf{V}(m2)|^2 + \mathbf{P}(m2) \mathbf{r}(jj) + \mathbf{Q}(m2) \mathbf{x}(jj) \right\}^2 \\ + \left\{ \mathbf{P}(m2) \mathbf{x}(jj)^2 - \mathbf{Q}(m2) \mathbf{r}(jj)^2 \right\}$$

atau

$$\begin{aligned} & |V(m2)|^4 |V(m1)|^2 - 2\{P(m2) r(jj) - 2 Q(m2) x(jj)\} |V(m2)|^2 \\ & + \{P^2(m2) + Q^2(m2)\} [r(jj)^2 + x(jj)^2] \dots \quad (3.18) \end{aligned}$$

Konstanta b dan c ditunjukkan sebagai berikut :

$$b(jj) = |V(m1)|^2 - 2 P(m2) r(jj) - 2 Q(m2) x(jj) \dots \quad (3.19)$$

$$c(jj) = \{P^2(m2) + Q^2(m2)\} \{r^2(jj) + x^2(jj)\} \dots \quad (3.20)$$

Dari persamaan (3.18), (3.19) dan (3.20) diperoleh :

$$|V(m2)|^4 - b(jj)|V(m2)|^2 + c(jj) = 0 \dots \quad (3.21)$$

Persamaan (3.19) memiliki empat solusi yang berbeda yakni :

$$(i). \left[\frac{1}{2} \left[b(jj) - \{b(jj)^2 - 4c(jj)\}^{0.5} \right] \right]^{0.5} \dots \quad (3.22)$$

$$(ii). - \left[\frac{1}{2} \left[b(jj) - \{b(jj)^2 - 4c(jj)\}^{0.5} \right] \right]^{0.5} \dots \quad (3.23)$$

$$(iii). - \left[\frac{1}{2} \left[b(jj) + \{b(jj)^2 - 4c(jj)\}^{0.5} \right] \right]^{0.5} \dots \quad (3.24)$$

$$(vi). \left[\frac{1}{2} \left[b(jj) + \{b(jj)^2 - 4c(jj)\}^{0.5} \right] \right]^{0.5} \dots \quad (3.25)$$

Jika P, Q, r, x, dan V dinyatakan dalam per unit, $b(jj)$ adalah selalu bernilai positif sebab pernyataan $2\{P(m2)r(jj) + Q(m2)x(jj)\}$ nilainya lebih kecil jika dibandingkan dengan $|V(m1)|^2$ dan juga pernyataan $4c(jj)$ dapat diabaikan jika dibandingkan dengan $b^2(jj)$. Bagaimanapun juga $\{b(jj)^2 - 4c(jj)\}$ adalah hampir sama dengan $b(jj)$ maka untuk solusi pertama dan kedua atau seperti yang ditunjukkan pada rumus (3.22) dan (3.23) adalah hampir sama dengan nol jadi tidak mungkin. Solusi ketiga atau pada rumus (3.24) adalah bernilai negatif jadi tidak mungkin. Sedangkan untuk solusi keempat atau rumus (3.25) adalah

bernilai positif jadi mungkin. Maka persamaan tegangan pada sebuah titik beban yakni :

$$|\mathbf{V}(i)| = \left[\frac{1}{2} \left[\mathbf{b}(jj) + \left\{ \mathbf{b}(jj)^2 - 4.0c(jj) \right\}^{0.5} \right] \right]^{0.5} \dots \quad (3.26)$$

dimana :

|V(i)| = Tegangan pada tiap-tiap node

b(jj) = Konstanta b pada tiap-tiap saluran.

$c(jj)$ = Konstanata c pada tiap-tiap saluran.

3.7. Stability Index (SI) [1]

Metode ini digunakan untuk mengetahui besarnya nilai kestabilan tegangan tiap-tiap node pada jaringan distribusi tipe radial. Besarnya *Stability Index* pada node 2 yakni :

$$SI(m2) = \left| V(m1) \right|^4 - 4.0 \{ P(m2) x(jj) - r(jj) \}^2 - 4.0 \{ P(m2) r(jj) + Q(m2) x(jj) \} \left| V(m1) \right|^2 \quad \dots \dots \dots \quad (3.27)$$

Kondisi pengoperasian yang stabil pada jaringan distribusi radial yakni besarnya $SI \geq 0$. Node dimana nilai SI adalah kecil maka menunjukkan bahwa node tersebut lebih sensitif terhadap jatuh tegangan.

Karena dalam analisa kestabilan tegangan ini dipertimbangkan untuk sistem, maka tegangan awal ($|V(i)| = 1.0$ p.u. untuk $i = 1 \dots NB$). Penggunaan rumus (3.26) untuk menghitung tegangan pada masing-masing node. Tegangan baru dibandingkan tegangan lama pada setiap iterasi, dan jika *error* kurang dari 0.0001 p.u. untuk masing-masing *node* penyelesaiannya konvergen.

BAB IV

ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN 20 KV SISTEM DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG PENYULANG ASAHAAN DENGAN METODE *STABILITY INDEX* DI GI BLIMBING MALANG

4.1. Analisa dengan Metode *Stability Index*

Perhitungan kestabilan tegangan banyak dilakukan dalam perencanaan sistem. Pilihan suatu metode solusi untuk aplikasi praktis sering sulit, pilihan ini memerlukan analisis yang cermat atas kelebihan dan kekurangan pada banyak metode yang tersedia seperti karakteristik *convergence*, dan kecepatan.

Untuk solusi dari permasalahan-permasalahan diatas maka dipergunakan suatu alternatif metode yang disebut *Stability Index* yang diterapkan pada pemodelan beban, dalam skripsi ini model beban yang digunakan yaitu model beban daya konstan, model beban arus konstan, model beban impedansi konstan dan model beban komposit. kelebihan dari penerapan metode ini antara lain :

- Dapat dipakai untuk jaringan radial
- Perhitungan dengan metode ini lebih sederhana, sehingga konvergensi dari proses perhitungan akan tercapai lebih cepat dan efisien.
- Algoritma sederhana

Dalam perhitungan analisa kestabilan tegangan, kita bisa melakukan perhitungan secara manual atau dengan menggunakan program komputer. Apabila kita melakukan perhitungan secara manual maka kita perlu melakukan perhitungan sampai beberapa iterasi dan membutuhkan waktu yang lama, tetapi

bila kita melakukan dengan program komputer maka perhitungan dengan beberapa/banyak iterasi dapat dilakukan secara otomatis sehingga tidak memerlukan waktu yang lama.

Pada prinsipnya penggunaan program komputer dapat menganalisa sebuah sistem distribusi radial dengan jumlah cabang dan jumlah bus yang tidak terbatas, tergantung dari persediaan kapasitas memori yang tersedia pada komputer yang digunakan.

Dalam penyusunan skripsi ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu : tahap pertama mempelajari metode kestabilan tegangan yang digunakan untuk menghitung besar tegangan, dan besarnya index kestabilan. Tahap kedua adalah mencari data yang diperlukan sebagai penunjang dalam penyusunan skripsi ini dan data-data yang diperlukan adalah *single line diagram*, impedansi saluran dan data pembebanan rata-rata. Tahap ketiga yaitu mengolah data-data sebelum dimasukkan ke dalam program komputer. Tahap keempat yaitu pembuatan program komputer untuk menghitung besar tegangan, dan besarnya index kestabilan dengan menggunakan program Matlab 7.0. Tahap kelima yaitu memasukkan data-data yang diperoleh kedalam program komputer.

4.2. Algoritma Program

Analisa perhitungan tegangan tiap bus, indeks kestabilan tiap-tiap bus, aliran daya dan rugi-rugi daya tiap saluran dengan metode *Stability Index* pada jaringan distribusi radial, algoritma program sebagai berikut :

1. Mulai
2. Baca data beban dan data saluran yang meliputi : daya aktif ($PL_0(i)$), daya reaktif ($QL_0(i)$), resistansi saluran ($r(j)$), serta reaktansi saluran ($x(j)$).
3. Men-set besarnya tegangan pada tiap-tiap bus ($V(i)$) = 1 pu, rugi-rugi daya aktif awal ($LP(j)$) = 0 dan rugi-rugi daya reaktif awal ($LQ(j)$) = 0, tegangan dasar = 20 kV, Daya dasar = 100 kVA
4. Menguji apakah Hasil analisa ? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 5, jika “ tidak” lanjutkan ke langkah 36.
5. Membuka aplikasi program *Microsoft Excel* pada sub direktori program.
6. Menguji apakah analisa I ? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 8, jika “ tidak” lanjutkan ke langkah 7.
7. Menguji apakah analisa II ? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 9, jika “ tidak” lanjutkan ke langkah 29.
8. Analisa 1, Memberi inputan manual pada persentase kenaikan beban pada semua bus, lanjutkan ke langkah 9.
9. Menaikkan beban pada semua bus, lanjutkan ke langkah 12.
10. Analisa 2, Memberi inputan manual pada persentase kenaikan beban pada bus dengan beban paling besar, lanjutkan ke langkah 11.

11. Mencari bus dengan kapasitas beban paling besar kemudian menaikkan beban pada bus tersebut, lanjutkan ke langkah 12.
12. Merubah ke dalam bentuk per unit (pu) untuk daya aktif (PL_0), daya reaktif (QL_0), resistansi saluran (Z_r), serta reaktansi saluran (Z_x).
Lanjutkan ke langkah 13a.
13. Membentuk matriks [A] dengan topologi jaringan.
 - A. Bentuk matriks A dengan nilai nol untuk n baris dan n kolom.
 - B. Set $i = 1$
 - C. Set $j = 1$
 - D. Bentuk matriks X_a dari bilangan imaginer matriks Z, untuk baris ke i dan kolom ke j.
 - E. Menguji apakah X_a tidak sama dengan nol jika “Tidak” kembali ke langkah C. Jika “Ya” lanjutkan ke langkah F.
 - F. Bentuk matriks A dengan nilai 1, untuk baris ke $j-1$ dan kolom ke $j-1$.
 - G. Set $k = j$
 - H. Bentuk matriks X_a dari bilangan imaginer matriks Z, untuk baris ke j dan kolom ke k.
 - I. Menguji apakah X_a tidak sama dengan nol jika “Tidak” kembali ke langkah H. Jika “Ya” lanjutkan ke langkah J.
 - J. Bentuk matriks A dengan nilai 1, untuk baris ke $j-1$ dan kolom ke $k-1$.
 - K. Menguji apakah $k = N$. Jika “Tidak” lanjutkan ke langkah H dengan memasukkan nilai k yang baru. Jika “Ya” lanjutkan ke langkah L.

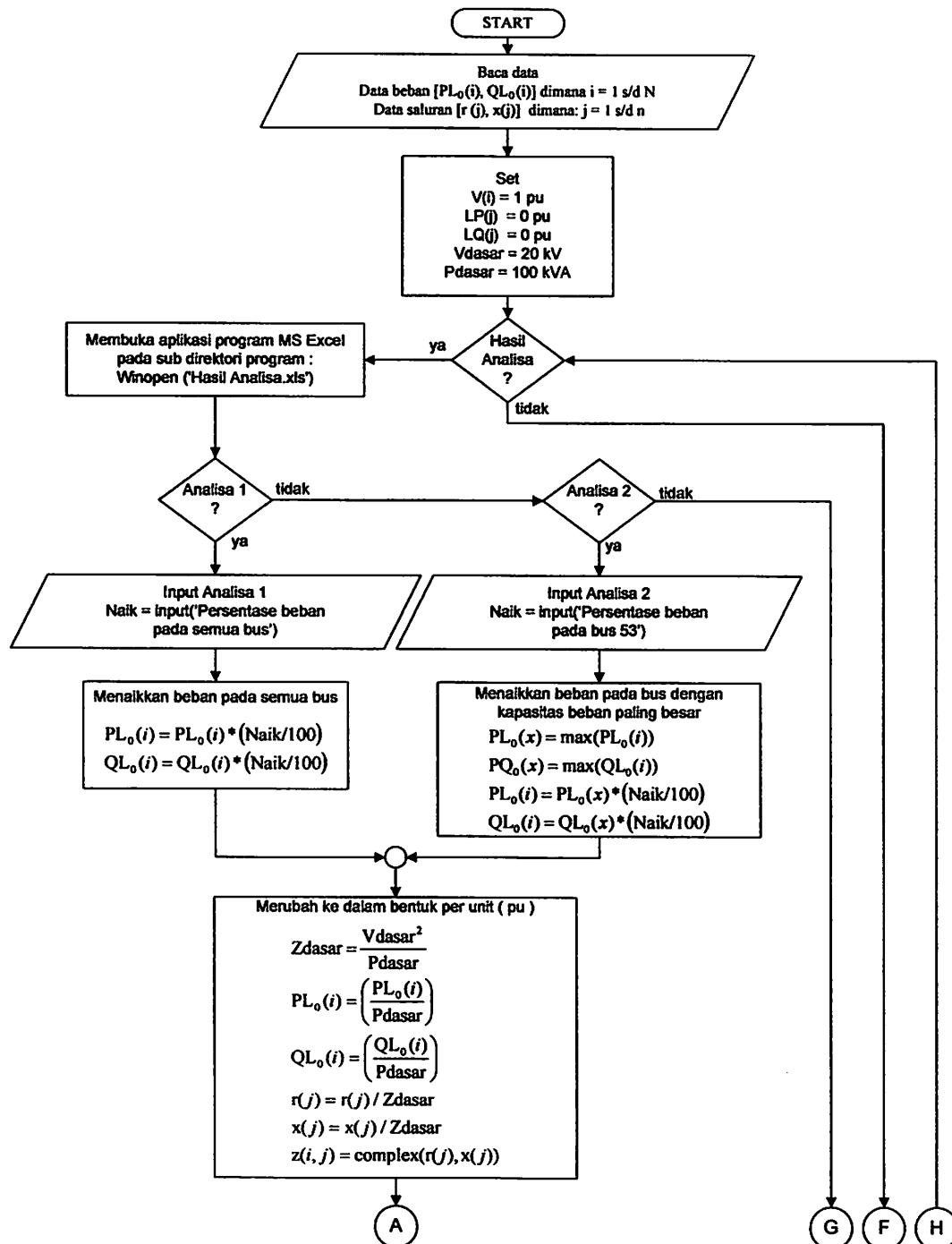
- L. Menguji apakah $j = N$. Jika “Tidak” lanjutkan ke langkah D dengan memasukkan nilai j yang baru. Jika “Ya” lanjutkan ke langkah M.
- M. Menguji apakah $i = N$. Jika “Tidak” lanjutkan ke langkah C dengan memasukkan nilai i yang baru. Jika “Ya” lanjutkan ke langkah 14.
14. Men-set $K = 0$.
15. Men-set iterasi = 1.
16. Men-set $i = 1$, dan besarnya faktor skala (f) sama dengan nilai SI .
17. Menghitung besarnya daya aktif (PL) dan daya reaktif (QL) dengan menggunakan pemodelan beban, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 3.5 dan 3.6.
18. Menghitung besarnya daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) untuk tiap-tiap node dengan menggunakan persamaan 3.8 dan 3.9.
19. Menghitung besarnya konstanta b dan c dengan menggunakan persamaan 3.19 dan 3.20.
20. Menghitung besarnya tegangan (V) tiap-tiap node dengan menggunakan persamaan 3.26.
21. Menghitung besarnya rugi-rugi daya aktif (LP) dan daya reaktif (LQ) dengan menggunakan persamaan 3.10 dan 3.11.
22. Menghitung besarnya *Stability Index* (SI) untuk tiap-tiap node dengan menggunakan persamaan 4.
23. Mencari nilai *Stability Index* yang paling kecil pada jaringan.
24. Mengecek besarnya konvergensi apakah sudah mencapai nilai yang ditentukan (≤ 0.0001 pu). Jika “Tidak” perhitungan kembali ke langkah 16

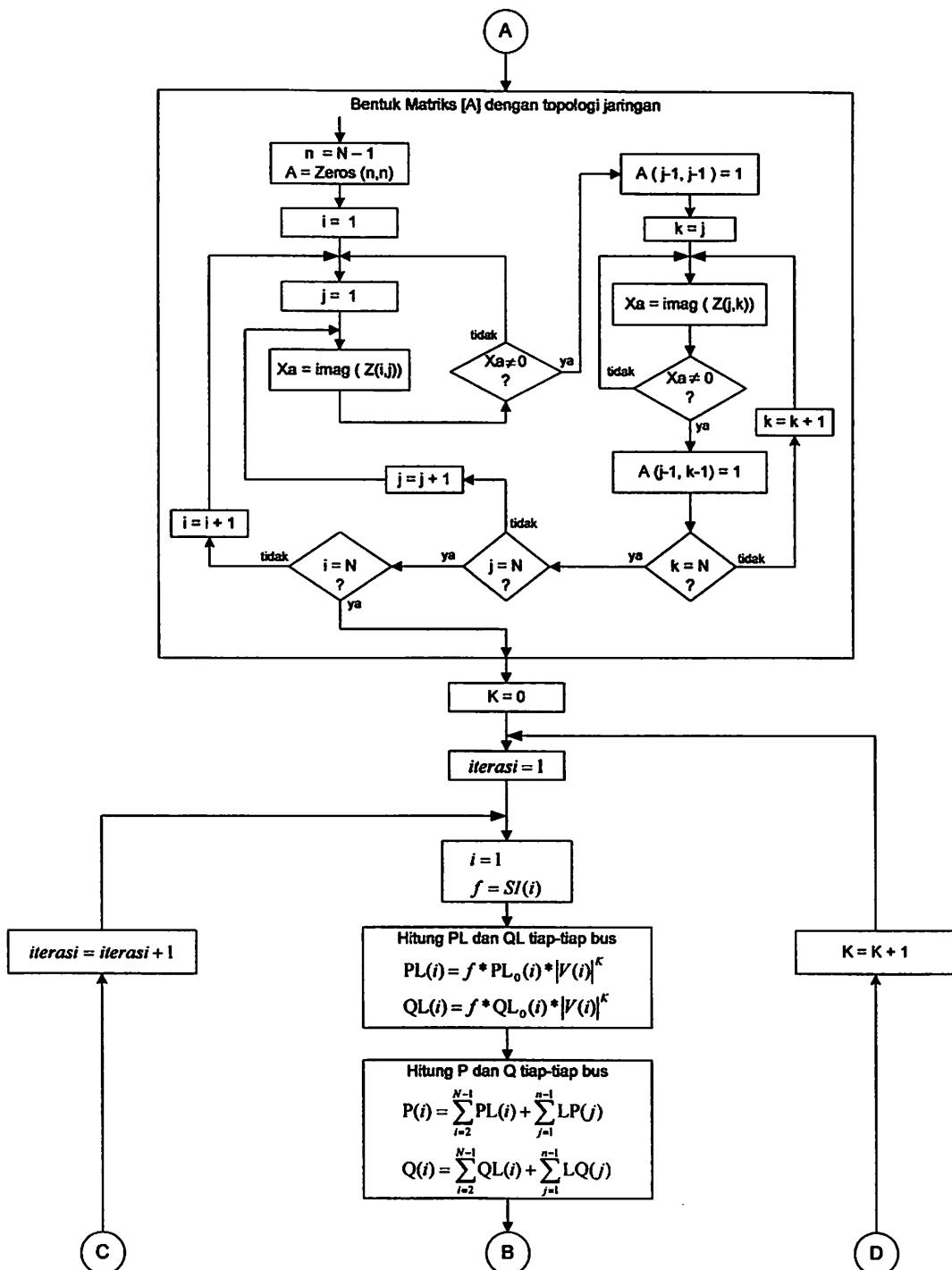
dengan cara men-set nilai iterasi yang baru. Jika “Ya” perhitungan dilanjutkan ke langkah 25.

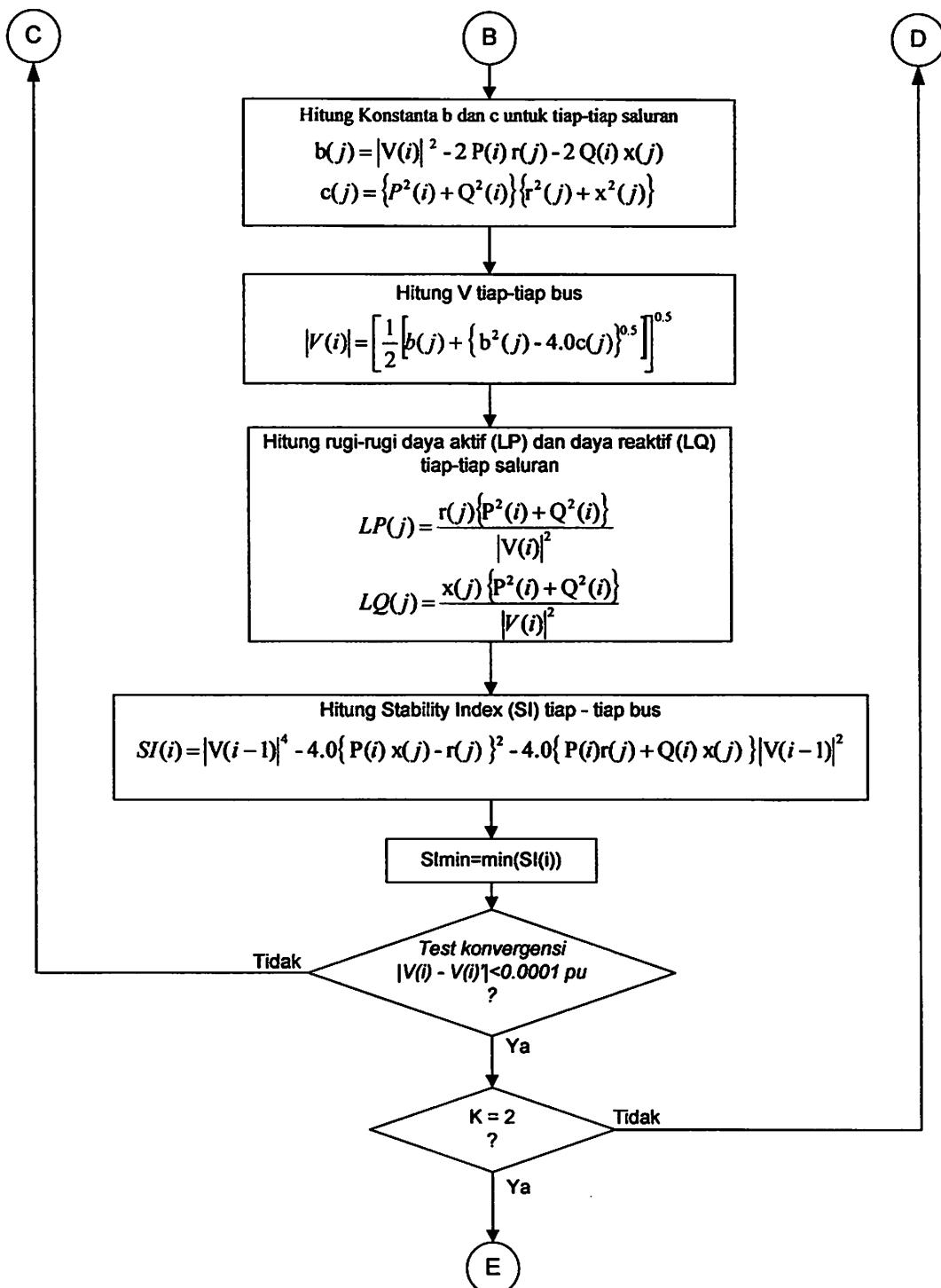
25. Mengecek Nilai K apakah sudah sama dengan 2, jika “Ya“ perhitungan dilanjutkan ke langkah 26. jika “Tidak” perhitungan kembali ke langkah 15 dengan cara men-set nilai K yang baru.
26. Merubah variabel $P(i)$, $Q(i)$, $LP(j)$ dan $LQ(j)$ ke dalam bentuk sebenarnya.
27. inisialisasi tampilan hasil pada *Microsoft Excel* .
28. Mencetak hasil pada *Microsoft Excel*.
29. Menguji apakah Grafik ? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 31, jika “ tidak” lanjutkan ke langkah 30.
30. Menguji apakah Close program? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 36, jika “ tidak” kembali ke langkah 3.27.
31. Menguji apakah Grafik Analisa I? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 34, jika “ tidak” lanjutkan ke langkah 32.
32. Menguji apakah Grafik Analisa II? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 35, jika “ tidak” lanjutkan ke langkah 33.
33. Menguji apakah Close program? jika “ ya “ lanjutkan ke langkah 36, jika “ tidak” kembali ke langkah 32.
34. Bentuk Grafik P terhadap S_{Imin} , Q terhadap S_{Imin} , P terhadap V, dan Q terhadap V dari tiap-tiap model beban dari hasil analisa I. Lanjutkan ke langkah 36.

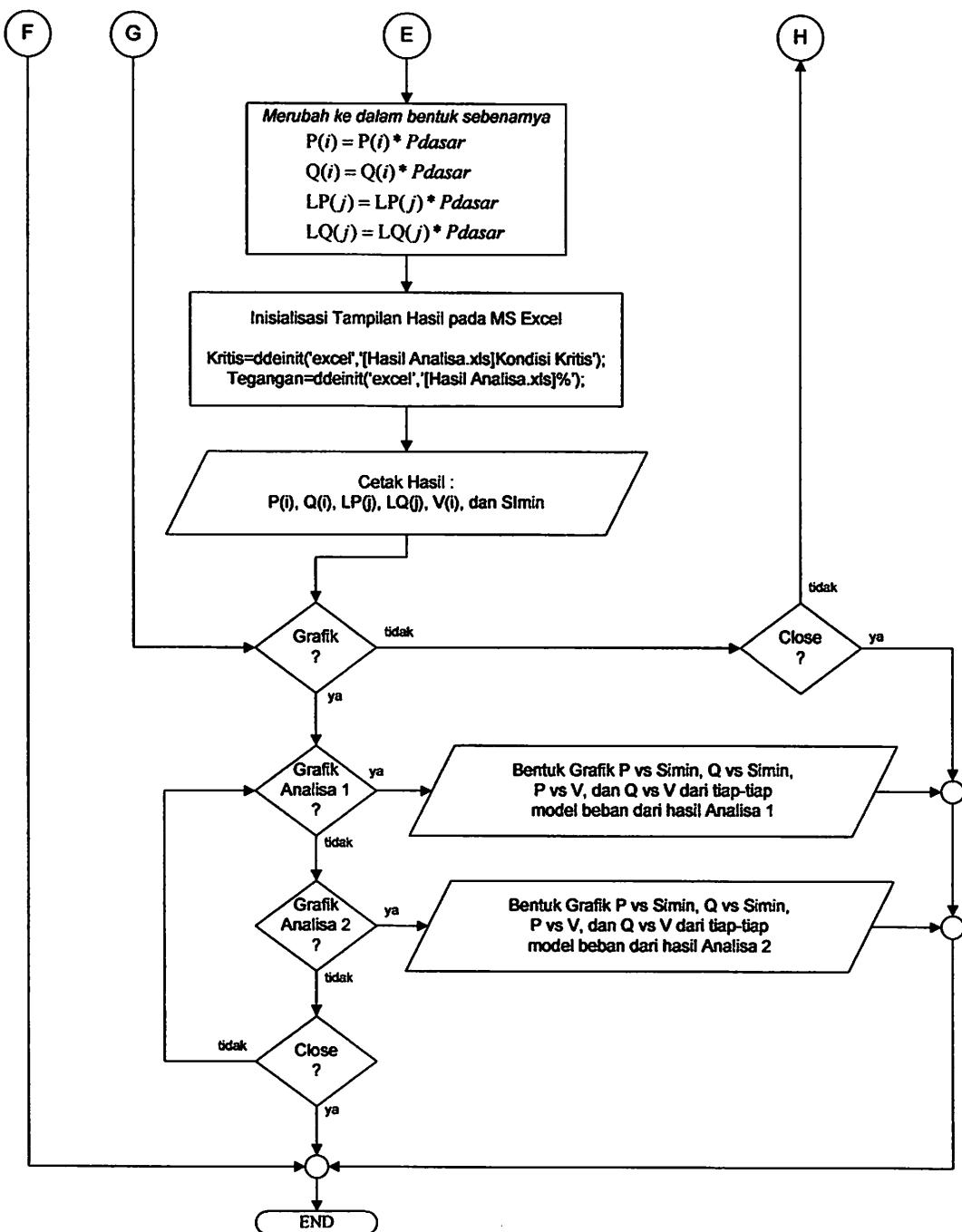
35. Bentuk Grafik P terhadap SImin, Q terhadap SImin, P terhadap V, dan Q terhadap V dari tiap-tiap model beban dari hasil analisa II. Lanjutkan ke langkah 36.
36. Selesai.

4.3. Flowchart Program









Gambar 4-1
Flowchart Program

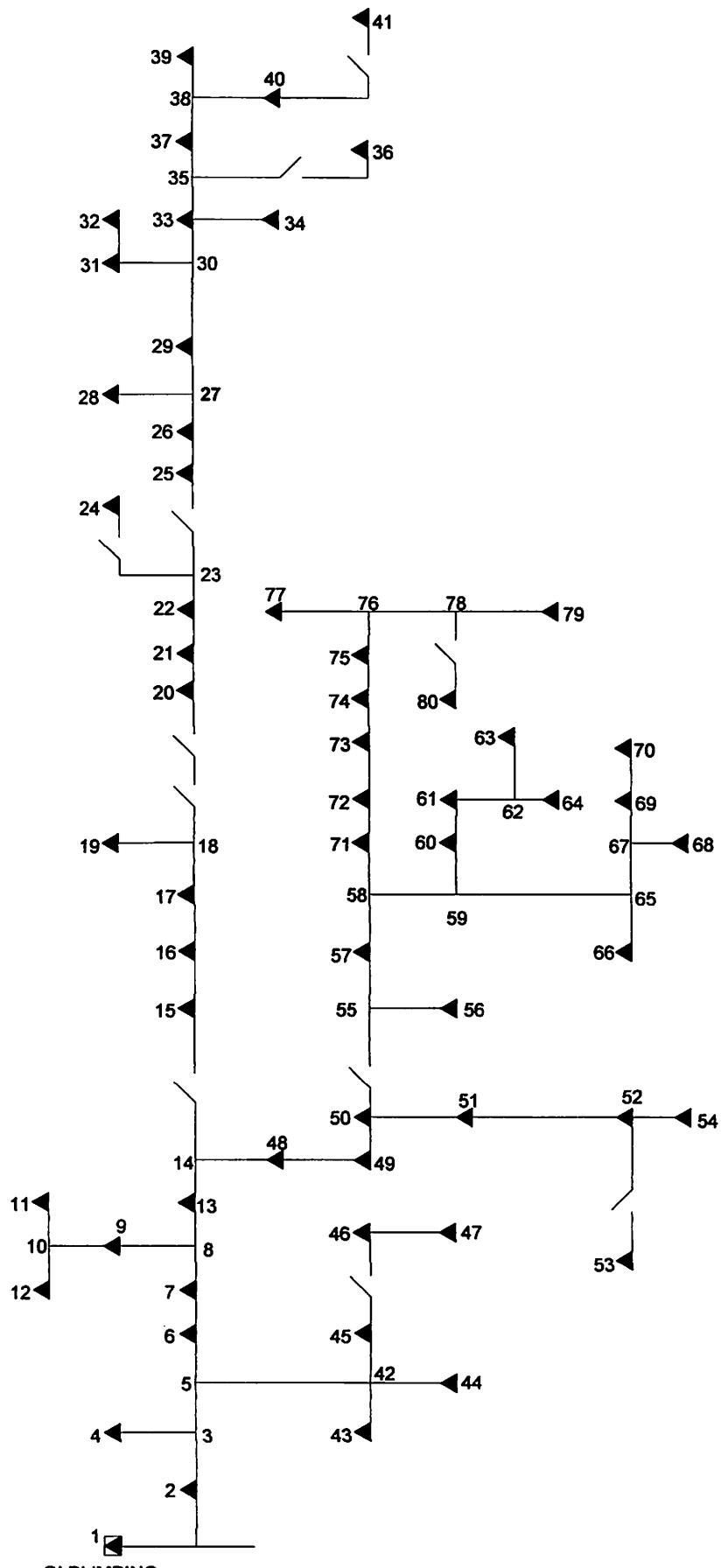
4.4. Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20kV GI Blimbings Penyulang Asahan.

Perhitungan kestabilan tegangan pada skripsi ini mengambil data dari GI Blimbings Malang, yang melayani 9 (sembilan) buah penyulang dengan 3 (tiga) buah trafo masing-masing :

1. 70/20 kV - 20 MVA
2. 70/20 kV - 30 MVA
3. 70/20 kV - 10 MVA

Namun pada skripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada penyulang Asahan. Sistem distribusi radial pada penyulang Asahan memakai tegangan 20 kV, dan daya maksimal 30 MVA. Untuk menyelesaikan perhitungan kestabilan tegangan terlebih dahulu ditetapkan *Single Line Diagram* sesuai dengan gambar 4-2 yang akan dianalisa.

Selanjutnya *node-node* yang ada diklasifikasikan, yaitu *Busbar* GI Blimbings diasumsikan sebagai *slack bus*, sedangkan *node-node* yang lain sepanjang saluran radial dipandang sebagai *load bus*. Dalam hal ini tidak ada bus generator karena sepanjang saluran tidak terdapat pembangkitan.



GI BLIMBING

Gambar 4-2***Single Line Diagram Penyulang Asahan***

Sumber : PT PLN (Persero) Unit Distribusi Jawa Timur
Area Pelayanan Malang

4.4.1. Data Saluran

Untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk Blimbing sampai ke pelanggan pada Penyulang Asahan menggunakan kabel saluran udara, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4-1
Data Jenis Konduktor Pada Penyulang Asahan

Jenis Konduktor	Penampang nominal (mm) ²	Impedansi Urutan Positif (Ω/km)	GMR (mm)	Kuat Hantar Arus (A)
AAAC	150	0,2162+j0,3305	5,2365	425
AAAC	120	0,2688+j0,3376	4,6837	365
AAAC	70	0,4608+j0,3572	3,4262	255
AAAC	50	0,6452+j0,3678	2,8957	210

4.4.2. Data Panjang Saluran Penyulang Asahan

Data panjang saluran Penyulang Asahan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4-2
Data Panjang Saluran dan Jenis Konduktor Pada Penyulang Asahan

No Saluran	Dari Node	ke Node	Panjang (m)	Jenis Konduktor	Penampang nominal (mm) ²
1	1	2	543,5	AAAC	150
2	2	3	376	AAAC	150
3	3	4	573	AAAC	120
4	4	5	50	AAAC	150
5	4	6	70	AAAC	150
6	6	7	5	AAAC	120
7	7	8	36,5	AAAC	120
8	8	9	112	AAAC	150
9	9	10	7	AAAC	150
10	10	11	48	AAAC	150

No. saluran 11-79 selanjutnya dapat dilihat pada lampiran

4.4.3. Perhitungan Impedansi Saluran

Dari data spesifikasi saluran pada tabel 4-2, diketahui penyulang Asahan menggunakan jenis kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) dengan penampang nominal 150mm^2 dan impedansi saluran $0,2162+j0,3305$ (Ω/km).

Berikut contoh perhitungan impedansi saluran yang dilakukan pada node 1 ke node 2 :

Diketahui jarak dari node 1 ke node 2 = $543,5 \text{ m} = 543,5 \times 10^{-3} = 0,5435 \text{ km}$

Untuk mencari r :

$$r = 0,5435 \times 0,2162 = 0,117505 \Omega/\text{km}$$

Untuk mencari x :

$$x = 0,5435 \times 0,3305 = 0,179627 \Omega/\text{km}$$

Dengan cara yang sama pada contoh diatas maka diperoleh hasil perhitungan seperti pada tabel 4-3.

Tabel 4-3
Hasil Perhitungan Impedansi Saluran

No Saluran	Dari Node	ke Node	Panjang (m)	Impedansi Saluran	
				$r (\Omega)$	$x (\Omega)$
1	1	2	543,5	0,117505	0,179627
2	2	3	376	0,081291	0,124268
3	3	4	573	0,154022	0,193445
4	4	5	50	0,010810	0,016525
5	4	6	70	0,015134	0,023135
6	6	7	5	0,001344	0,001688
7	7	8	36,5	0,009811	0,012322
8	8	9	112	0,024214	0,037016
9	9	10	7	0,001513	0,002314
10	10	11	48	0,010378	0,015864

No. saluran 11-79 selanjutnya dapat dilihat pada lampiran

4.4.4. Data Pembebanan

Data pembeban diperoleh dengan mengambil data dari masing-masing trafo distribusi dengan asumsi bahwa sistem berada pada kondisi normal dengan faktor daya sebesar 0,85. Jika besarnya pembebanan adalah nol, maka pada node tersebut tidak terdapat trafo distribusi tetapi hanya merupakan simpul (node penghubung). Pada tahap ini rugi-rugi yang terjadi pada trafo distribusi diabaikan.

Contoh perhitungan dilakukan pada bus 2 sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas Trafo} = 200 \text{ kVA}$$

$$\text{Faktor Daya} = \cos \varphi = 0,85$$

$$\varphi = \cos^{-1}(0,85) = 31,7883^\circ$$

$$\sin \varphi = 0,5268$$

$$\text{Beban Aktif} = 200 \times \cos \varphi = 200 \times 0,85 = 170 \text{ kW}$$

$$\text{Beban Reaktif} = 200 \times \sin \varphi = 200 \times 0,5268 = 105,36 \text{ kVAR}$$

Dengan cara yang sama perhitungan dapat dilanjutkan untuk bus-bus yang lain, adapun data pembebanan seperti pada tabel 4-4.

**Tabel 4-4
Hasil Perhitungan Pembebanan**

No Node	No Gardu	Kapasitas (kVA)	Data Beban	
			P (kW)	Q (kVAr)
1	-	0	0,00	0,00
2	39	200	170,00	105,36
3	-	0	0,00	0,00
4	267	100	136,00	84,29
5	-	0	0,00	0,00
6	125	160	212,50	131,70
7	124	100	170,00	105,36
8	-	0	0,00	0,00
9	128	160	170,00	105,36
10	-	0	0,00	0,00

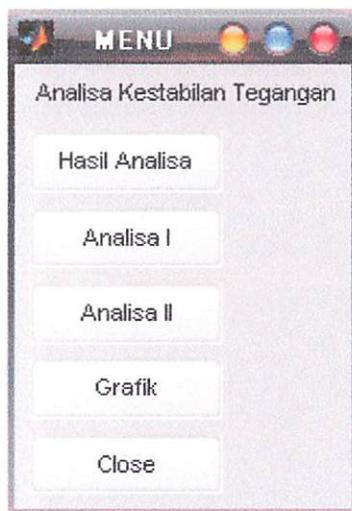
No. Node 11-80 selanjutnya dapat dilihat pada lampiran

4.5. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan

Dalam Skripsi ini menggunakan bantuan bahasa pemrograman *MATLAB* versi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer P4 3GB, dengan memory 512 MB dengan sistem operasi *Microsoft Windows XP Service Pack 2*. Mengenai proses program sebagai berikut :

4.5.1. Prosedur Pelaksanaan Analisa I

1. Tampilan Utama Program



Gambar 4-3
Tampilan Utama Program

2. Tekan tombol “*Hasil Analisa*” untuk membuka aplikasi program *Ms Excel* yang sudah tersimpan pada sub direktori program.
3. Setelah aplikasi program *Ms Excel* terbuka, tekan tombol “*Back*” untuk kembali ke tampilan utama program.



Gambar 4-4
Konfirmasi Kembali ke Tampilan Utama

4. Pada tampilan utama program tekan tombol Analisa I untuk memasukkan persentase beban
5. Pada *Command Window* memasukkan persentase beban secara manual dari *keyboard* kemudian tekan *Enter*.

The screenshot shows a "Command Window" with the following text:

```

File Edit Debug Desktop Window Help
=====
SKRIPSI
Analisa Kestabilan Tegangan Pada Jaringan Distribusi Radial Seimbang
Dengan menggunakan Metode Stability Index
Di Gardu Induk Blimbing Penyulang Asahan

Disusun Oleh :
Nama : ANDI SUSILO
Nim : 00.12029
=====

Analisa I
Semua Beban dinaikan secara bertahap

Masukkan Persentase Beban (%) = 95
  
```

Gambar 4-5
Tampilan Inputan Persentase Pembebanan

6. Hasil perhitungan tegangan tiap-tiap bus pada penyulang Asahan untuk model beban daya konstan, arus konstan, impedansi konstan dan model beban komposit.

Tabel 4-5
Hasil Perhitungan Tegangan Pada Tiap-Tiap Bus Saat Semua Bus
Dibebani 95 % Dari Beban Nominalnya

Bus	Tegangan (pu)			
	Model beban			
	Daya Konstan	Arus Konstan	Impedansi Konstan	Komposit
1	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
2	0,98582	0,98638	0,98687	0,98503
3	0,97621	0,97715	0,97797	0,97489
4	0,97603	0,97697	0,97780	0,97470
5	0,97496	0,97595	0,97682	0,97357
6	0,97336	0,97441	0,97534	0,97188
7	0,97323	0,97429	0,97522	0,97175
8	0,97232	0,97342	0,97438	0,97080
9	0,97211	0,97321	0,97418	0,97057
10	0,97210	0,97320	0,97417	0,97056

11 – 80 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-6
Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap-Tiap Saluran Saat Semua Bus
Dibebani 95 % dari Beban Nominalnya

No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi Konstan		Komposit	
			P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
	Dari	Ke								
1	1	2	11993,6498	7700,6260	11536,4409	7395,9156	11132,6300	7127,6215	11589,4642	8818,9489
2	2	3	11712,7390	7417,9936	11266,7620	7128,4532	10872,6386	6873,1383	11305,4590	8510,0474
3	3	4	129,2187	80,0990	126,2421	78,2536	123,5448	76,5814	126,3022	93,7046
4	3	5	11503,1111	7214,9746	11066,2451	6936,6571	10680,0291	6690,9792	11095,2582	8288,0887
5	5	6	10498,4838	6582,6919	10087,3199	6321,0394	9724,3200	6090,3748	10114,4422	7552,0568
6	5	42	10284,3851	6438,8908	9879,3523	6181,9156	9521,8373	5955,3934	9904,9077	7386,6554
7	6	7	10121,8409	6337,4872	9721,0433	6083,1897	9367,3496	5859,0805	9746,3894	7268,5423
8	7	8	872,2505	540,7231	848,8570	526,2172	827,7454	513,1265	849,3657	629,9178
9	8	9	710,6157	440,4249	691,5563	428,6119	674,3560	417,9512	691,9580	513,0882
10	8	13	201,8781	125,1197	196,4633	121,7637	191,5766	118,7349	196,5772	145,7625

11 – 79 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-7
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap-tiap Saluran saat Semua Bus
Dibebani 95 % dari Beban Nominalnya

No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi konstan		Komposit	
			Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)
	Dari	Ke								
1	1	2	119,4108	182,5403	110,3794	168,7343	102,7050	157,0026	124,6700	190,5800
2	2	3	80,4092	122,9200	74,2748	113,5424	69,0646	105,5778	83,8986	128,2541
3	3	4	0,0187	0,0235	0,0178	0,0223	0,0170	0,0214	0,0200	0,0252
4	3	5	10,4573	15,9858	9,6562	14,7611	8,9759	13,7213	10,9077	16,6743
5	5	6	12,2237	18,6861	11,2583	17,2104	10,4409	15,9607	12,7206	19,4457
6	5	42	1,0443	1,3116	0,9613	1,2073	0,8910	1,1191	1,0862	1,3642
7	6	7	7,3816	9,2765	6,7917	8,5352	6,2927	7,9081	7,6746	9,6447
8	7	8	0,1349	0,2062	0,1274	0,1948	0,1209	0,1849	0,1437	0,2196
9	8	9	0,0056	0,0086	0,0053	0,0081	0,0050	0,0077	0,0060	0,0091
10	8	13	0,0031	0,0047	0,0029	0,0045	0,0028	0,0042	0,0033	0,0050

11 – 79 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-8
Kondisi Beban Kritis Pada Bus 41

Persen (%)	Model Beban	Kondisi Beban Kritis			
		P (kW)	Q (kVAR)	Stability Index Minimal Simin = SI 41 pu	Tegangan Minimal Vmin = V 41 pu
95	Daya Konstan	161,50	100,092	0,0072	0,94138
	Arus Konstan	152,481	94,502	0,0125	0,94416
	Impedansi Konstan	144,708	89,685	0,0159	0,94658
	Komposit	152,817	112,935	0,0024	0,93902

0% - 90% selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Command Window

KESIMPULAN

```

Pada saat semua bus dinaikkan sebesar = 95 %

1. Model Beban Daya Konstan
    Jumlah Iterasi          = 3
    Waktu Iterasi           = 0.0625 detik
    Daya Slack Bus          = 11993.6498+7700.62597i kVA
    Total Daya Pembebanan   = 11652.225+7221.653i kVA
    Total Rugi-Rugi Saluran = 341.4248+478.973i kVA
    Beban kritis pada bus   = 41
    Daya Aktif               = 161.5 kW
    Daya Reaktif             = 100.092 kVAr
    Stability Index minimal = 0.00724 pu
    Tegangan Minimal         = 0.94138 pu

-----
2. Model Beban Arus Konstan
    Jumlah Iterasi          = 4
    Waktu Iterasi           = 0.078125 detik
    Daya Slack Bus          = 11965.598+7661.89261i kVA
    Total Daya Pembebanan   = 11652.225+7221.653i kVA
    Total Rugi-Rugi Saluran = 313.373+440.23961i kVA
    Beban kritis pada bus   = 41
    Daya Aktif               = 152.4812 kW
    Daya Reaktif             = 94.5025 kVAr
    Stability Index minimal = 0.01254 pu
    Tegangan Minimal         = 0.94416 pu

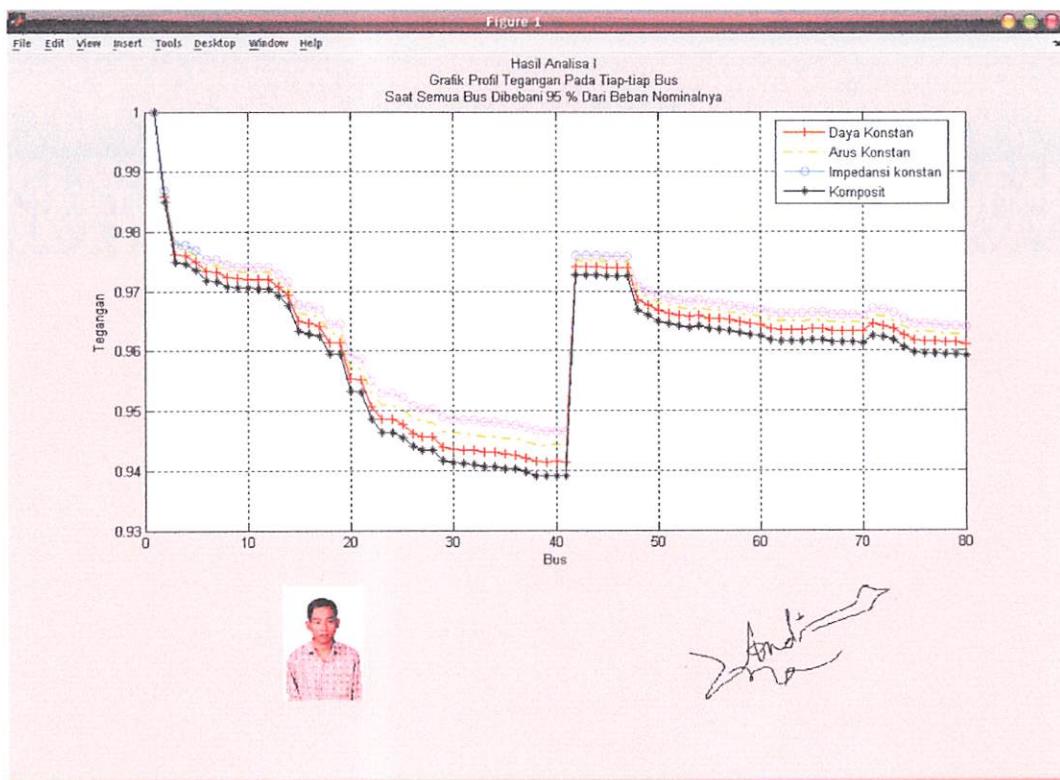
-----
3. Model Beban Impedansi Konstan
    Jumlah Iterasi          = 5
    Waktu Iterasi           = 0.0625 detik
    Daya Slack Bus          = 11941.9962+7629.23902i kVA
    Total Daya Pembebanan   = 11652.225+7221.653i kVA
    Total Rugi-Rugi Saluran = 289.7712+407.586i kVA
    Beban kritis pada bus   = 41
    Daya Aktif               = 144.7077 kW
    Daya Reaktif             = 89.6847 kVAr
    Stability Index minimal = 0.01586 pu
    Tegangan Minimal         = 0.94658 pu

-----
4. Model Beban Komposit
    Jumlah Iterasi          = 4
    Waktu Iterasi           = 0.09375 detik
    Daya Slack Bus          = 12006.4196+7719.1713i kVA
    Total Daya Pembebanan   = 11652.225+7221.653i kVA
    Total Rugi-Rugi Saluran = 354.1946+497.5183i kVA
    Beban kritis pada bus   = 41
    Daya Aktif               = 152.8165 kW
    Daya Reaktif             = 112.9348 kVAr
    Stability Index minimal = 0.00238 pu
    Tegangan Minimal         = 0.93902 pu

```

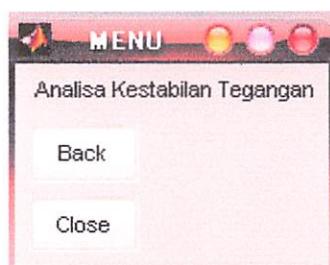
Gambar 4-6

Tampilan Kesimpulan Hasil Perhitungan Untuk Model Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit

**Gambar 4-7**

Tampilan Grafik Profil Tegangan Pada Tiap-Tiap Bus Untuk Model Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit

7. Tekan tombol “Back” untuk kembali ke tampilan utama program dan mengulangi dengan cara yang sama untuk persentase beban yang berbeda (tiap kenaikan 5 persen) hingga batas minimal indeks kestabilan tercapai.

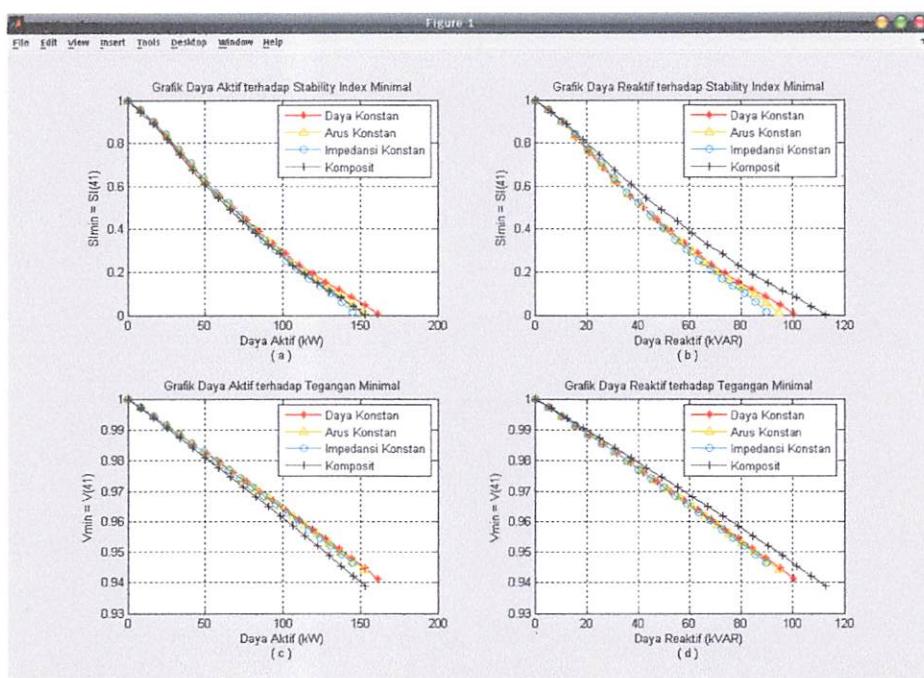
**Gambar 4-8**

Tampilan Konfirmasi Untuk Kembali ke Tampilan Utama Program

8. Pada tampilan utama program tekan tombol “Grafik” untuk membuka menu grafik kestabilan tegangan
9. Pada tampilan menu grafik kestabilan tegangan Tekan Tombol “Grafik Analisa I” untuk membentuk grafik daya aktif terhadap stability index minimal, grafik daya reaktif terhadap stability index minimal, grafik daya aktif terhadap tegangan minimal, dan grafik daya reaktif terhadap tegangan minimal.



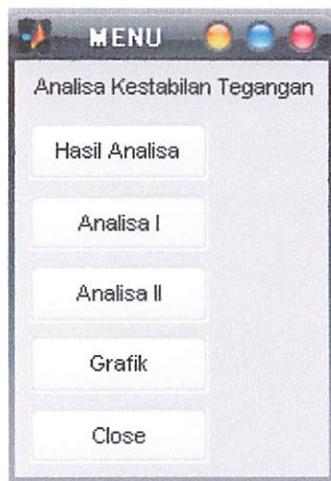
Gambar 4-9
Tampilan Menu Grafik Kestabilan Tegangan



Gambar 4-10
Tampilan Grafik (a) Daya Aktif terhadap Stability Index Minimal, (b) Daya Reaktif terhadap Stability Index Minimal, (c) Daya Aktif terhadap Tegangan Minimal, dan (d) Daya Reaktif terhadap Tegangan Minimal

4.5.2. Prosedur Pelaksanaan Analisa II

1. Tampilan Utama Program



Gambar 4-11
Tampilan Utama Program

2. Tekan tombol “Hasil Analisa” untuk membuka aplikasi program Ms Excel yang sudah tersimpan pada sub direktori program.
3. Setelah aplikasi program Ms Excel terbuka, tekan tombol “Back” untuk kembali ke tampilan utama program.



Gambar 4-12
Konfirmasi Kembali ke Tampilan Utama

4. Pada tampilan utama program tekan tombol Analisa II untuk memasukkan persentase beban

5. Pada Command Window memasukkan persentase beban secara manual dari keyboard kemudian tekan Enter.

```

Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
=====
| SKRIPSI
| Analisa Kestabilan Tegangan Pada Jaringan Distribusi Radial Seimbang
| Dengan menggunakan Metode Stability Index
| Di Gardu Induk Blimbing Penyulang Asahan
|
| Disusun Oleh :
| Nama : ANDI SUSILO
| Nim : 00.12029
|
Analisa II
Beban yang paling besar dinaikkan secara bertahap
Masukkan Persentase Beban (%) = 15

```

Gambar 4-13
Tampilan Inputan Persentase Pembebanan

6. Hasil perhitungan tegangan tiap-tiap bus pada penyulang Asahan untuk model beban daya konstan, arus konstan, impedansi konstan dan model beban komposit.

Tabel 4-9

Hasil Perhitungan Tegangan Pada Tiap-tiap Bus Saat Bus 53 Dibebani 15 % Dari Beban Nominalnya

Bus	Tegangan (pu)			
	Model beban			
	Daya Konstan	Arus Konstan	Impedansi Konstan	Komposit
1	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
2	0,98650	0,98702	0,98748	0,98574
3	0,97737	0,97824	0,97901	0,97609
4	0,97718	0,97806	0,97883	0,97589
5	0,97618	0,97710	0,97791	0,97484
6	0,97468	0,97566	0,97652	0,97325
7	0,97456	0,97554	0,97641	0,97313
8	0,97370	0,97472	0,97562	0,97223
9	0,97348	0,97451	0,97541	0,97200
10	0,97347	0,97450	0,97540	0,97198

1 – 80 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-10
Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap-tiap Saluran saat Bus 53
Dibebani 15 % dari Beban Nominalnya

No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi konstan		Komposit	
			P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
	Dari	Ke								
1	1	2	11429,2942	7330,0020	11002,8614	7046,1969	10625,9837	6796,1400	11052,5950	8403,2571
2	2	3	11150,9328	7058,9926	10734,7302	6788,8206	10366,7042	6550,4561	10771,4549	8105,4031
3	3	4	136,0206	84,3159	133,0350	82,4649	130,3218	80,7828	133,0945	98,7565
4	3	5	10942,1533	6863,4516	10534,3762	6603,4465	10173,6904	6373,8373	10562,3301	7890,4205
5	5	6	9886,1688	6200,2485	9504,1598	5956,8662	9166,8228	5742,2829	9530,3346	7117,1568
6	5	42	9662,8550	6052,0178	9286,8613	5813,1287	8954,9258	5602,5417	9311,6394	6946,0851
7	6	7	9491,9354	5945,5028	9120,1719	5709,2814	8792,0651	5501,1061	9144,7572	6821,8181
8	7	8	918,1663	569,1943	894,7297	554,6613	873,5157	541,5067	895,2314	664,0380
9	8	9	748,0173	463,6065	728,9227	451,7716	711,6388	441,0590	729,3175	540,8707
10	8	13	212,5034	131,7052	207,0786	128,3429	202,1681	125,2995	207,1905	153,6551

11 – 79 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-11
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap-tiap Saluran saat Bus 53
Dibebani 15 % dari Beban Nominalnya

No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi konstan		Komposit	
			Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)
	Dari	Ke								
1	1	2	108,3614	165,6494	100,3377	153,3837	93,5093	142,9453	113,3112	173,2160
2	2	3	72,7589	111,2251	67,3189	102,9092	62,6920	95,8361	76,0303	116,2260
3	3	4	0,0206	0,0259	0,0197	0,0248	0,0189	0,0237	0,0222	0,0279
4	3	5	9,4401	14,4308	8,7308	13,3466	8,1278	12,4248	9,8610	15,0743
5	5	6	10,8138	16,5308	9,9719	15,2437	9,2582	14,1529	11,2658	17,2218
6	5	42	0,9196	1,1549	0,8474	1,0643	0,7863	0,9876	0,9574	1,2025
7	6	7	6,4753	8,1375	5,9640	7,4950	5,5311	6,9510	6,7386	8,4685
8	7	8	0,1490	0,2278	0,1412	0,2159	0,1344	0,2054	0,1591	0,2433
9	8	9	0,0062	0,0095	0,0059	0,0090	0,0056	0,0085	0,0066	0,0101
10	8	13	0,0034	0,0052	0,0032	0,0050	0,0031	0,0047	0,0037	0,0056
11	9	10	0,0077	0,0118	0,0073	0,0112	0,0069	0,0106	0,0082	0,0126

11 – 79 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-12
Kondisi Beban Kritis Pada Bus 41

Persen Beban (%)	Bus 53 = 1600 kVA		Model Beban	Kondisi Beban Kritis	
	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (kVAR)		Stability Index Minimal SI min = SI (41) pu	Tegangan Minimal Vmin = V (41) pu
15	204	126,864	Daya Konstan	0,00802	0,94151
			Arus Konstan	0,01306	0,94428
			Impedansi Konstan	0,01674	0,94669
			Komposit	0,00305	0,93917

0% - 10% selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

```

Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help

KESIMPULAN

Pada saat bus 53 dinaikkan sebesar = 15 %

1. Model Beban Daya Konstan
Jumlah Iterasi = 3
Waktu Iterasi = 0.0625 detik
Daya Slack Bus = 11429.294247330.002051 kVA
Total Daya Pembebanan = 11109.5+6885.2921 kVA
Total Rugi-Rugi Saluran = 319.7942444.711 kVA
Beban kritis pada bus = 41
Daya Aktif = 170 kW
Daya Reaktif = 105.36 kVAr
Stability Index minimal = 0.00802 pu
Tegangan Minimal = 0.94151 pu

2. Model Beban Arus Konstan
Jumlah Iterasi = 4
Waktu Iterasi = 0.078125 detik
Daya Slack Bus = 11403.107647294.255781 kVA
Total Daya Pembebanan = 11109.5+6885.2921 kVA
Total Rugi-Rugi Saluran = 293.60764+408.96381 kVA
Beban kritis pada bus = 41
Daya Aktif = 160.5266 kW
Daya Reaktif = 99.4887 kVAr
Stability Index minimal = 0.01306 pu
Tegangan Minimal = 0.94428 pu

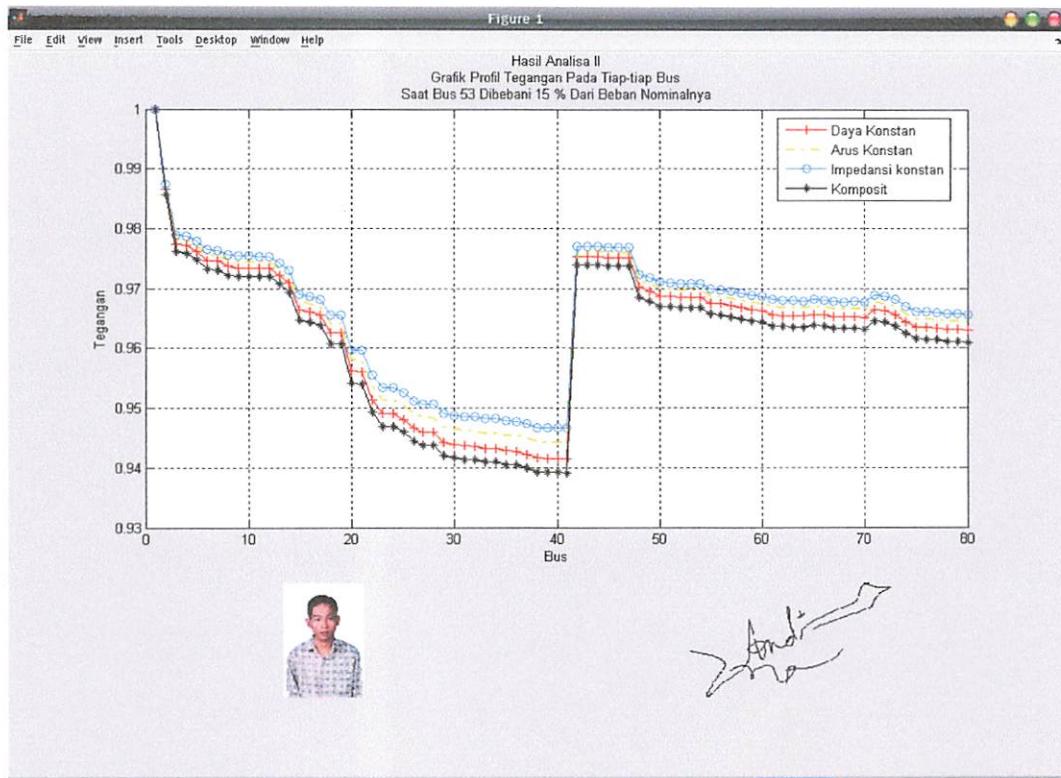
3. Model Beban Impedansi Konstan
Jumlah Iterasi = 5
Waktu Iterasi = 0.0625 detik
Daya Slack Bus = 11381.084747264.125881 kVA
Total Daya Pembebanan = 11109.5+6885.2921 kVA
Total Rugi-Rugi Saluran = 271.56474+370.83391 kVA
Beban kritis pada bus = 41
Daya Aktif = 152.3584 kW
Daya Reaktif = 94.4264 kVAr
Stability Index minimal = 0.01674 pu
Tegangan Minimal = 0.94669 pu

4. Model Beban Komposit
Jumlah Iterasi = 4
Waktu Iterasi = 0.09375 detik
Daya Slack Bus = 11441.340147347.446591 kVA
Total Daya Pembebanan = 11109.5+6885.2921 kVA
Total Rugi-Rugi Saluran = 331.8481+462.15461 kVA
Beban kritis pada bus = 41
Daya Aktif = 160.8811 kW
Daya Reaktif = 118.8966 kVAr
Stability Index minimal = 0.00305 pu
Tegangan Minimal = 0.93917 pu

```

Gambar 4-14

Tampilan Kesimpulan Hasil Perhitungan Untuk Model Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit



Gambar 4-15

Tampilan Grafik Profil Tegangan Pada Tiap-Tiap Bus Untuk Model Beban Daya Konstan, Arus Konstan, Impedansi Konstan dan Komposit

7. Tekan tombol “Back” untuk kembali ke tampilan utama program dan mengulangi dengan cara yang sama untuk persentase beban yang berbeda (tiap kenaikan 5 persen) hingga batas minimal indeks kestabilan tercapai.



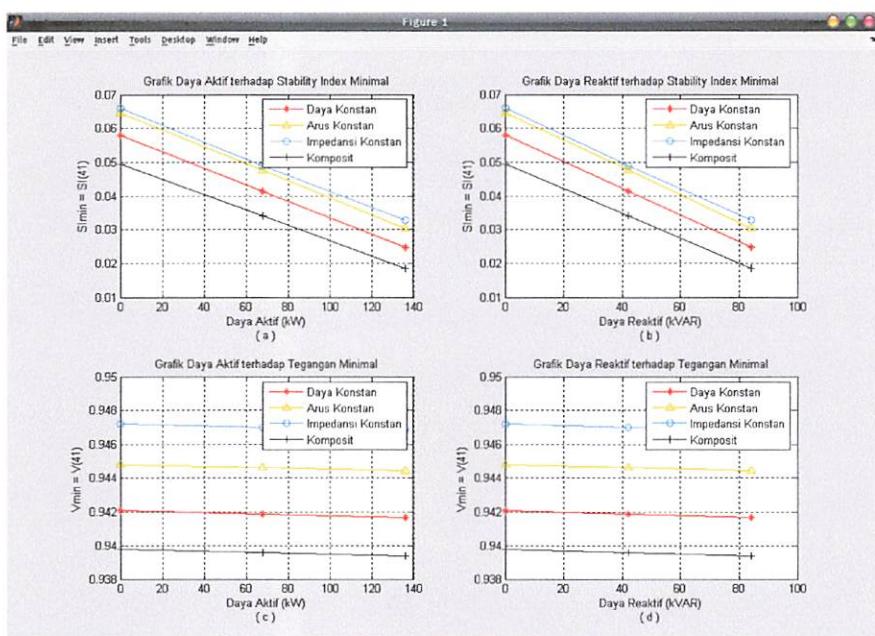
Gambar 4-16

Tampilan Konfirmasi Untuk Kembali ke Tampilan Utama Program

8. Pada tampilan utama program tekan tombol “Grafik” untuk membuka menu grafik kestabilan tegangan
9. Pada tampilan menu grafik kestabilan tegangan Tekan Tombol “Grafik Analisa II” untuk membentuk grafik daya aktif terhadap stability index minimal, grafik daya reaktif terhadap stability index minimal, grafik daya aktif terhadap tegangan minimal, dan grafik daya reaktif terhadap tegangan minimal.



Gambar 4-17
Tampilan Menu Grafik Kestabilan Tegangan



Gambar 4-18
Tampilan Grafik (a) Daya Aktif terhadap Stability Index Minimal, (b) Daya Reaktif terhadap Stability Index Minimal, (c) Daya Aktif terhadap Tegangan Minimal, dan (d) Daya Reaktif terhadap Tegangan Minimal

4.5. Analisa Perhitungan

Perhitungan kestabilan tegangan terdiri dari dua analisa. Pada analisa pertama, beban pada tiap-tiap bus dinaikkan secara bertahap. Sedangkan pada analisa kedua kenaikan beban hanya dilakukan pada bus dengan kapasitas beban yang terbesar saja. Pada penyulang Asahan, bus dengan kapasitas beban terbesar ada pada bus 53.

Untuk memudahkan perhitungan dan analisa pada sistem tenaga, biasanya dipakai harga-harga dalam per-satuan. Harga per-satuan adalah harga yang sebenarnya dibagi dengan harga dasar, harga dasar ini dapat dipilih sembarang. Harga yang dipilih pada studi kestabilan tegangan ini adalah 20 kV dan 100 kVA sebagai tegangan dasar dan daya dasar. Mengingat bahwa pada jaringan tidak dilakukan pengukuran faktor daya maka perhitungan ini diambil harga faktor daya sebesar 0,85.

4.5.1. Analisa Perhitungan dengan Meningkatkan Beban pada masing-masing Bus

Perhitungan dapat dilakukan dengan menampilkan *single line diagram* dari penyulang yang mewakili keadaan sistem yang sesungguhnya. Dari gambar 4-1 diperlihatkan single line diagram dari penyulang Asahan. Pada penyulang ini jumlah bus dan jumlah saluran masing-masing adalah :

- ✓ Slack bus : 1
- ✓ Load bus : 79
- ✓ Jumlah saluran : 80

Dengan mengacu pada gambar 4-2 maka dapat dilakukan analisa perhitungan kestabilan tegangan pada penyulang Asahan. Perhitungan dimulai dengan menaikkan beban pada tiap-tiap bus secara bertahap dengan cara mengalikan beban pada tiap-tiap bus (baik daya aktif maupun daya reaktif) dengan persentase kenaikan beban. Dengan kenaikan sebesar 5 % dari kapasitas beban tiap-tiap bus. Kenaikan beban dimulai dari 0 % (tidak ada beban) sampai kondisi jatuh tegangan terjadi, dalam hal ini dibatasi dengan besarnya index kestabilan (*Stability Index*) lebih besar sama dengan Nol). Setelah semua beban dinaikkan sesuai dengan persentase inputan data. Dari hasil kenaikan beban didapatkan data pembebanan (daya aktif dan daya reaktif) yang baru. Kemudian dihitung besarnya pemodelan beban untuk model beban daya konstan, model beban arus konstan, model beban impedansi konstan, dan model beban komposit. Dari hasil perhitungan pada pemodelan beban didapatkan daya aktif dan reaktif yang baru. Dengan memasukkan nilai daya yang baru, kemudian menjumlahkan daya tiap-tiap bus dengan rugi-rugi tiap-tiap saluran sesuai dengan topologi jaringan. Proses tersebut dimulai dari bus paling akhir sampai bus awal. Kemudian menghitung besar tegangan setiap bus, dimulai dari bus paling awal sampai bus akhir. Dari hasil perhitungan tegangan dapat dihitung besarnya rugi-rugi saluran yang baru. Setelah itu menghitung besar index kestabilan (*stability index*) setiap bus, dimulai dari bus paling awal sampai bus akhir. Mencari besarnya indeks kestabilan minimal (besarnya indeks kestabilan yang terkecil dalam jaringan) untuk diproses kembali dalam perhitungan pemodelan beban.

Kemudian menguji konvergensi berdasarkan hasil perhitungan tegangan dengan iterasi sebelumnya.

Dengan menggunakan bantuan program komputer untuk analisa kestabilan tegangan menggunakan metode *Stability Index* maka didapatkan besar Daya Aktif, Daya Reaktif, Stability Index minimal dan Tegangan minimal saat kondisi beban kritis terjadi. Kondisi beban kritis terjadi saat beban pada semua bus dibebani sebesar 95 % dari beban nominalnya. Dalam hal ini kondisi beban kritis terjadi pada bus 41 seperti ditunjukkan pada tabel 4-8.

4.6.2. Analisa Perhitungan dengan Meningkatkan Beban Pada Bus 53

Dengan mengacu pada gambar 4-2 maka dapat dilakukan analisa perhitungan kestabilan tegangan pada penyulang Asahan. Perhitungan dimulai dengan menaikkan beban pada suatu bus dengan kapasitas yang terbesar. Pada penyulang Asahan, bus dengan kapasitas beban yang terbesar berada pada bus 53. selanjutnya bus ini dipilih untuk dinaikkan bebannya secara bertahap dan menjaga kapasitas bus lainnya pada nilai nominalnya. Dalam menaikkan beban pada bus 53 secara bertahap dengan cara mengalikan beban pada bus 53 (baik daya aktif maupun daya reaktif) dengan persentase kenaikan beban. Dengan kenaikan sebesar 5 % dari kapasitas bus. Kenaikan beban dimulai dari 0 % (tidak ada beban) sampai kondisi jatuh tegangan terjadi, dalam hal ini dibatasi dengan besarnya index kestabilan (*Stability Index*) lebih besar sama dengan Nol). Setelah beban dinaikkan maka dapat dihitung besarnya pemodelan beban untuk model beban daya konstan, model beban arus konstan, model beban impedansi konstan,

dan model beban komposit. Dengan memasukkan nilai daya yang baru, kemudian menjumlahkan daya tiap-tiap bus dengan rugi-rugi tiap-tiap saluran sesuai dengan topologi jaringan. Proses tersebut dimulai dari bus paling akhir sampai bus awal. Kemudian menghitung besar tegangan setiap bus, dimulai dari bus paling awal sampai bus akhir. Dari hasil perhitungan tegangan dapat dihitung besarnya rugi-rugi saluran yang baru. Setelah itu menghitung besar index kestabilan (*stability index*) setiap bus, dimulai dari bus paling awal sampai bus akhir. Mencari besarnya indeks kestabilan minimal (besarnya indeks kestabilan yang terkecil dalam jaringan) untuk diproses kembali dalam perhitungan pemodelan beban. Kemudian menguji konvergensi berdasarkan hasil perhitungan tegangan dengan iterasi sebelumnya.

Dengan menggunakan bantuan program komputer untuk analisa kestabilan tegangan menggunakan metode *Stability Index* maka didapatkan besar Daya Aktif, Daya Reaktif, *Stability Index* minimal dan Tegangan minimal saat kondisi beban kritis terjadi. Kondisi beban kritis terjadi saat beban pada bus 53 dinaikkan sebesar 15 % dari kondisi nominalnya Dalam hal ini kondisi beban kritis terjadi pada bus 41 seperti pada tabel 4-12.

Pada gambar 4-10a grafik daya aktif terhadap *stability index* minimal tidak linier karena dari hasil perhitungan aliran daya pada tiap-tiap model beban terlihat bahwa seiring dengan kenaikan beban nilai *stability index* menurun secara tiba-tiba. Pada gambar 4-19a seiring dengan kenaikan beban nilai *stability index* minimal hampir mendekati linier dengan peningkatan beban.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa kestabilan tegangan pada jaringan distribusi radial di Gardu Induk Blimbing Penyulang Asahan dengan menggunakan metode *Stability Index*, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Dari hasil perhitungan kestabilan tegangan pada analisa I, kondisi beban kritis terjadi pada saat semua bus dibebani 95 % dari beban nominalnya. Dalam hal ini kondisi beban kritis terjadi pada bus 41. Dari hasil perhitungan pemodelan beban didapatkan :
 - a) Analisa dengan menggunakan model beban daya konstan didapatkan nilai *stability index* minimal sebesar 0.00724 pu, tegangan minimal sebesar 0,94138 pu.
 - b) Analisa dengan menggunakan model beban Arus konstan didapatkan nilai *stability index* minimal sebesar 0.01254 pu, tegangan minimal sebesar 0,94416 pu.
 - c) Analisa dengan menggunakan model beban impedansi konstan didapatkan nilai *stability index* minimal sebesar 0.01586 pu, tegangan minimal sebesar 0,94658 pu.
 - d) Analisa dengan menggunakan model beban komposit didapatkan nilai *stability index* minimal sebesar 0.00238 pu, tegangan minimal sebesar 0,93902 pu.

Pada analisa I, dari hasil pemodelan beban diketahui bahwa analisa dengan menggunakan model beban komposit lebih sensitif terhadap jatuh tegangan karena memiliki nilai *stability index* yang paling kecil dibandingkan model beban lainnya (daya konstan, arus konstan dan impedansi konstan).

2. Dari hasil perhitungan kestabilan tegangan pada analisa II, kondisi beban kritis terjadi pada saat bus 53 dibebani 15 % dari beban nominalnya. Dalam hal ini kondisi beban kritis terjadi pada bus 41, dimana dari hasil perhitungan pemodelan beban didapatkan :
 - a) Analisa dengan menggunakan model beban daya konstan didapatkan nilai stability index minimal sebesar 0,00802 pu, tegangan minimal sebesar 0,94151 pu.
 - b) Analisa dengan menggunakan model beban Arus konstan didapatkan nilai stability index minimal sebesar 0,01 pu, tegangan minimal sebesar 0,94428 pu.
 - c) Analisa dengan menggunakan model beban impedansi konstan didapatkan nilai stability index minimal sebesar 0,01674 pu, tegangan minimal sebesar 0,94669 pu.
 - d) Analisa dengan menggunakan model beban komposit didapatkan nilai stability index minimal sebesar 0,00305 pu, tegangan minimal sebesar 0,93917 pu.

Pada analisa II, dari hasil pemodelan beban diketahui bahwa analisa dengan menggunakan model beban komposit lebih sensitif terhadap jatuh tegangan

karena memiliki nilai *stability index* yang paling kecil dibandingkan model beban lainnya (daya konstan, arus konstan dan impedansi konstan).

3. Dari kedua analisa tersebut penggunaan metode stability index pada analisa kestabilan tegangan lebih tepat digunakan pada analisa II (kenaikan beban dilakukan pada bus dengan kapasitas beban paling besar, dengan menjaga kapasitas bus-bus yang lain pada nilai nominalnya). Karena Seperti terlihat pada gambar 4-19a dan 4-19b, seiring dengan peningkatan beban, nilai stability index minimal sangat linear terhadap daya aktif dan daya reaktif.

5.2 Saran

Perhitungan kestabilan tegangan dengan menggunakan metode *Stability Index* yang telah di bahas perlu dilakukan pengujian-pengujian lagi dengan jumlah cabang, jumlah bus, saluran dan pembebanan yang lebih banyak serta struktur distribusi tidak hanya terbatas pada jaringan radial.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. S Sivanagaraju, N Sreenivasulu, M Vijayakumar,"Voltage Stability for Radial Distribution Networks", IE, Vol. 84, December 2003.
- [2]. F Gubina and B Strmenik. "A Simple Approach to Voltage Stability Assesment in Radial Networks", IEEE Transaction on Power System, vol 12, no 3, Agust 1997, p 1121.
- [3]. Taylor, Carson W " Power System Voltage Stability", Mc Graw-Hill, 1994.
- [4]. William D. Stevenson, JR "Analisis Sistem Tenaga Listrik", Edisi ke-4, Erlangga 1996.
- [5]. Hasan Basri, Ir "Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Balai Penerbit dan Humas IST Bumi Srengsreng Indah P. Minggu, Jakarta Selatan, 1996.
- [6]. Djiteng Marsudji " Operasi Sistem Tenaga listrik Listrik", Balai Penerbit Dan Humas ISTN 1990.
- [7]. Yusra Sabri, "Analisa Topologi Jaringan Radial ", Team pelaksana penyelenggara pendidikan dan penataran sarjana teknik PLN, kerjasama PLN dan ITB Bandung.

Lampiran

Tabel 4-2
Data Jenis Konduktor dan Panjang Saluran Pada Penyulang Asahan

No Saluran	Dari Node	Ke Node	Jenis Konduktor	Penampang Nominal (mm) ²	Panjang Saluran (meter)
1	1	2	AAAC	150	543,5
2	2	3	AAAC	150	376,0
3	3	4	AAAC	120	573,0
4	3	5	AAAC	150	50,0
5	5	6	AAAC	150	70,0
6	6	7	AAAC	120	5,0
7	7	8	AAAC	120	36,5
8	8	9	AAAC	150	112,0
9	9	10	AAAC	150	7,0
10	10	11	AAAC	150	48,0
11	11	12	AAAC	150	17,0
12	8	13	AAAC	110	63,0
13	13	14	AAAC	110	56,0
14	14	15	AAAC	110	446,0
15	15	16	AAAC	110	44,5
16	16	17	AAAC	110	48,5
17	17	18	AAAC	110	346,0
18	18	19	AAAC	55	78,0
19	18	20	AAAC	110	756,0
20	20	21	AAAC	110	20,0
21	21	22	AAAC	110	613,0
22	22	23	AAAC	110	314,0
23	23	24	AAAC	110	103,5
24	23	25	AAAC	110	136,0
25	25	26	AAAC	110	224,0
26	26	27	AAAC	110	97,0
27	27	28	AAAC	110	97,0
28	27	29	AAAC	110	316,0
29	29	30	AAAC	110	63,0
30	30	31	AAAC	110	256,0
31	31	32	AAAC	110	180,0
32	30	33	AAAC	110	158,5
33	33	34	AAAC	110	32,0
34	33	35	AAAC	110	101,0
35	35	36	AAAC	110	165,5
36	35	37	AAAC	110	190,5
37	37	38	AAAC	110	256,5
38	38	39	AAAC	110	53,0
39	38	40	AAAC	70	46,5
40	40	41	AAAC	150	54,0
41	5	42	AAAC	70	245,5
42	42	43	AAAC	70	96,2
43	42	44	AAAC	70	37,4
44	42	45	AAAC	70	40,8
45	45	46	AAAC	70	83,0
46	46	47	AAAC	150	76,6
47	14	48	AAAC	150	69,0
48	48	49	AAAC	150	84,0
49	49	50	AAAC	150	

Lampiran

50	50	51	AAAC	110	82,2
51	51	52	AAAC	110	81,5
52	52	53	AAAC	120	93,2
53	52	54	AAAC	110	11,6
54	50	55	AAAC	150	165,6
55	55	56	AAAC	150	146,0
56	55	57	AAAC	150	48,0
57	57	58	AAAC	150	48,0
58	58	59	AAAC	70	93,0
59	59	60	AAAC	70	100,0
60	60	61	AAAC	70	456,0
61	61	62	AAAC	55	134,0
62	62	63	AAAC	55	45,0
63	62	64	AAAC	55	80,0
64	59	65	AAAC	70	349,0
65	65	66	AAAC	70	92,5
66	65	67	AAAC	70	254,0
67	67	68	AAAC	70	184,0
68	67	69	AAAC	70	50,0
69	69	70	AAAC	70	240,0
70	58	71	AAAC	150	82,5
71	71	72	AAAC	150	46,0
72	72	73	AAAC	150	152,0
73	73	74	AAAC	70	205,0
74	74	75	AAAC	70	169,0
75	75	76	AAAC	150	35,0
76	76	77	AAAC	150	120,0
77	76	78	AAAC	150	120,0
78	78	79	AAAC	120	32,2
79	78	80	AAAC	120	77,2

Tabel 4-3
Hasil Perhitungan Impedansi Saluran

No Saluran	Dari Node	Ke Node	Panjang Saluran (meter)	r (Ohm)	x (Ohm)
1	1	2	543,5	0,117505	0,179627
2	2	3	376,0	0,081291	0,124268
3	3	4	573,0	0,154022	0,193445
4	3	5	50,0	0,010810	0,016525
5	5	6	70,0	0,015134	0,023135
6	6	7	5,0	0,001344	0,001688
7	7	8	36,5	0,009811	0,012322
8	8	9	112,0	0,024214	0,037016
9	9	10	7,0	0,001513	0,002314
10	10	11	48,0	0,010378	0,015864
11	11	12	17,0	0,003675	0,005619
12	8	13	63,0	0,019354	0,021515
13	13	14	56,0	0,017203	0,019124
14	14	15	446,0	0,137011	0,152309
15	15	16	44,5	0,013670	0,015197
16	16	17	48,5	0,014899	0,016563
17	17	18	346,0	0,106291	0,118159
18	18	19	78,0	0,046730	0,028486
19	18	20	756,0	0,232243	0,258174
20	20	21	20,0	0,006144	0,006830
21	21	22	613,0	0,188314	0,209340
22	22	23	314,0	0,096461	0,107231
23	23	24	103,5	0,031795	0,035345
24	23	25	136,0	0,041779	0,046444
25	25	26	224,0	0,068813	0,076496
26	26	27	97,0	0,029798	0,033126
27	27	28	97,0	0,029798	0,033126
28	27	29	316,0	0,097075	0,107914
29	29	30	63,0	0,019354	0,021515
30	30	31	256,0	0,078643	0,087424
31	31	32	180,0	0,055296	0,061470
32	30	33	158,5	0,048691	0,054128
33	33	34	32,0	0,009830	0,010928
34	33	35	101,0	0,031027	0,034492
35	35	36	165,5	0,050842	0,056518
36	35	37	190,5	0,058522	0,065056
37	37	38	256,5	0,078797	0,087595
38	38	39	53,0	0,016282	0,018100
39	38	40	46,5	0,014285	0,015880
40	40	41	131,5	0,040397	0,044907
41	5	42	245,5	0,113126	0,087693
42	42	43	96,2	0,044329	0,034363
43	42	44	54,0	0,011675	0,017847
44	42	45	40,8	0,018801	0,014574
45	45	46	37,4	0,017234	0,013359
46	46	47	83,0	0,017945	0,027432
47	14	48	76,6	0,016561	0,025316
48	48	49	69,0	0,014918	0,022805
49	49	50	84,0	0,018161	0,027762

Lampiran

50	50	51	82,2	0,025252	0,028071
51	51	52	81,5	0,025037	0,027832
52	52	53	93,2	0,025052	0,031464
53	52	54	11,6	0,003564	0,003961
54	50	55	165,6	0,035803	0,054731
55	55	56	146,0	0,031565	0,048253
56	55	57	48,0	0,010378	0,015864
57	57	58	48,0	0,010378	0,015864
58	58	59	93,0	0,042854	0,033220
59	59	60	100,0	0,046080	0,035720
60	60	61	456,0	0,210125	0,162883
61	61	62	134,0	0,080279	0,048937
62	62	63	45,0	0,026960	0,016434
63	62	64	80,0	0,047928	0,029216
64	59	65	349,0	0,160819	0,124663
65	65	66	92,5	0,042624	0,033041
66	65	67	254,0	0,117043	0,090729
67	67	68	184,0	0,084787	0,065725
68	67	69	50,0	0,023040	0,017860
69	69	70	240,0	0,110592	0,085728
70	58	71	82,5	0,017837	0,027266
71	71	72	46,0	0,009945	0,015203
72	72	73	152,0	0,032862	0,050236
73	73	74	205,0	0,094464	0,073226
74	74	75	169,0	0,077875	0,060367
75	75	76	35,0	0,007567	0,011568
76	76	77	120,0	0,025944	0,039660
77	76	78	120,0	0,025944	0,039660
78	78	79	32,2	0,008655	0,010871
79	78	80	77,2	0,020751	0,026063

Tabel 4-4
Hasil Perhitungan Pembebanan

No Node	No Gardu	Kapasitas (kVA)	Data Beban	
			P (kW)	Q (kVAr)
1	-	0	0,00	0,00
2	39	200	170,00	105,36
3	-	0	0,00	0,00
4	267	160	136,00	84,29
5	-	0	0,00	0,00
6	125	250	212,50	131,70
7	124	200	170,00	105,36
8	-	0	0,00	0,00
9	128	200	170,00	105,36
10	-	0	0,00	0,00
11	623	250	212,50	131,70
12	757	630	535,50	331,88
13	622	250	212,50	131,70
14	-	0	0,00	0,00
15	286	200	170,00	105,36
16	752	200	170,00	105,36
17	582	250	212,50	131,70
18	-	0	0,00	0,00
19	285	75	63,75	39,51
20	667	250	212,50	131,70
21	354	160	136,00	84,29
22	83	100	85,00	52,68
23	-	0	0,00	0,00
24	815	150	127,50	79,02
25	384	75	63,75	39,51
26	818	200	170,00	105,36
27	-	0	0,00	0,00
28	314	250	212,50	131,70
29	3	200	170,00	105,36
30	-	0	0,00	0,00
31	364	150	127,50	79,02
32	2	200	170,00	105,36
33	910	250	212,50	131,70
34	234	100	85,00	52,68
35	-	0	0,00	0,00
36	624	200	170,00	105,36
37	851	250	212,50	131,70
38	-	0	0,00	0,00
39	528	630	535,50	331,88
40	279	250	212,50	131,70
41	223	200	170,00	105,36
42	-	0	0,00	0,00
43	668	200	170,00	105,36
44	865	150	127,50	79,02
45	654	100	85,00	52,68
46	1015	630	535,50	331,88
47	88	150	127,50	79,02
48	739	160	136,00	84,29

49	495	160	136,00	84,29
50	621	100	85,00	52,68
51	301	200	170,00	105,36
52	660	160	136,00	84,29
53	445	1600	1360,00	842,88
54	509	160	136,00	84,29
55	-	0	0,00	0,00
56	924	200	170,00	105,36
57	726	160	136,00	84,29
58	-	0	0,00	0,00
59	-	0	0,00	0,00
60	738	100	85,00	52,68
61	834	160	136,00	84,29
62	-	0	0,00	0,00
63	913	100	85,00	52,68
64	960	200	170,00	105,36
65	-	0	0,00	0,00
66	372	250	212,50	131,70
67	-	0	0,00	0,00
68	434	160	136,00	84,29
69	373	160	136,00	84,29
70	697	160	136,00	84,29
71	694	200	170,00	105,36
72	767	250	212,50	131,70
73	734	160	136,00	84,29
74	735	160	136,00	84,29
75	875	160	136,00	84,29
76	-	0	0,00	0,00
77	938	250	212,50	131,70
78	-	0	0,00	0,00
79	939	100	85,00	52,68
80	899	1250	1062,50	658,50

Tabel 4-5

**Hasil Perhitungan Tegangan Pada Tiap-tiap Bus saat Semua Bus Dibebani
95 % dari Beban Nominalnya**

Bus	Tegangan (pu)			
	Model beban			
	Daya Konstan	Arus Konstan	Impedansi Konstan	Komposit
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	0,985816	0,986376	0,986868	0,985032
3	0,976208	0,977147	0,977974	0,974888
4	0,976027	0,976970	0,977801	0,974695
5	0,974959	0,975947	0,976817	0,973569
6	0,973360	0,974413	0,975340	0,971882
7	0,973234	0,974291	0,975223	0,971750
8	0,972322	0,973417	0,974381	0,970796
9	0,972110	0,973211	0,974181	0,970570
10	0,972099	0,973201	0,974171	0,970558
11	0,972078	0,973180	0,974151	0,970536
12	0,972080	0,973182	0,974153	0,970538
13	0,970759	0,971920	0,972942	0,969173
14	0,969400	0,970619	0,971692	0,967762
15	0,965096	0,966540	0,967807	0,963334
16	0,964688	0,966153	0,967439	0,962914
17	0,964264	0,965752	0,967058	0,962479
18	0,961421	0,963066	0,964507	0,959562
19	0,961401	0,963046	0,964488	0,959541
20	0,955313	0,957297	0,959031	0,953296
21	0,955163	0,957156	0,958897	0,953143
22	0,950776	0,953018	0,954973	0,948648
23	0,948604	0,950970	0,953031	0,946422
24	0,948570	0,950937	0,953000	0,946387
25	0,947710	0,950127	0,952232	0,945506
26	0,946274	0,948773	0,950948	0,944035
27	0,945695	0,948228	0,950432	0,943443
28	0,945642	0,948177	0,950384	0,943388
29	0,943984	0,946616	0,948905	0,941691
30	0,943672	0,946321	0,948626	0,941371
31	0,943473	0,946134	0,948448	0,941168
32	0,943393	0,946058	0,948376	0,941086
33	0,943009	0,945697	0,948034	0,940693
34	0,943001	0,945690	0,948028	0,940685
35	0,942665	0,945373	0,947728	0,940341
36	0,942591	0,945303	0,947662	0,940265
37	0,942101	0,944842	0,947225	0,939763
38	0,941484	0,944261	0,946675	0,939132
39	0,941409	0,944191	0,946609	0,939056
40	0,941437	0,944217	0,946634	0,939085
41	0,941379	0,944162	0,946581	0,939025
42	0,974104	0,975115	0,976005	0,972680
43	0,974050	0,975062	0,975953	0,972624
44	0,974090	0,975101	0,975992	0,972665
45	0,974003	0,975016	0,975908	0,972575
46	0,973920	0,974935	0,975830	0,972489
47	0,973899	0,974914	0,975809	0,972466

48	0,968491	0,969742	0,970845	0,966798
49	0,967691	0,968971	0,970100	0,965950
50	0,966742	0,968056	0,969215	0,964944
51	0,966363	0,967691	0,968861	0,964548
52	0,966024	0,967363	0,968544	0,964192
53	0,965726	0,967075	0,968265	0,963878
54	0,966020	0,967359	0,968540	0,964188
55	0,965517	0,966877	0,968076	0,963647
56	0,965465	0,966827	0,968028	0,963592
57	0,965179	0,966552	0,967763	0,963289
58	0,964855	0,966240	0,967462	0,962946
59	0,964512	0,965910	0,967142	0,962593
60	0,964352	0,965755	0,966993	0,962429
61	0,963752	0,965177	0,966434	0,961811
62	0,963613	0,965043	0,966305	0,961669
63	0,963598	0,965028	0,966290	0,961653
64	0,963558	0,964990	0,966253	0,961613
65	0,963783	0,965207	0,966464	0,961843
66	0,963717	0,965144	0,966402	0,961775
67	0,963435	0,964871	0,966139	0,961484
68	0,963350	0,964790	0,966061	0,961398
69	0,963389	0,964827	0,966097	0,961437
70	0,963279	0,964722	0,965994	0,961324
71	0,964486	0,965885	0,967119	0,962556
72	0,964297	0,965703	0,966943	0,962355
73	0,963737	0,965165	0,966424	0,961764
74	0,962608	0,964079	0,965378	0,960604
75	0,961755	0,963259	0,964587	0,959728
76	0,961656	0,963164	0,964495	0,959623
77	0,961603	0,963113	0,964446	0,959567
78	0,961369	0,962889	0,964230	0,959320
79	0,961363	0,962883	0,964224	0,959313
80	0,961176	0,962702	0,964050	0,959117

Tabel 4-6
Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap-Tiap Saluran saat Semua Bus dibebani 95 % dari Beban Nominalnya

No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi Konstan		Komposit	
	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
1	1	2	11993,6498	7700,6260	11536,4409	7395,9156	11132,6300	7127,6215	11589,4642	8818,9489
2	2	3	11712,7390	7417,9936	11266,7620	7128,4532	10872,6386	6873,1383	11305,4590	8510,0474
3	3	4	129,2187	80,0990	126,2421	78,2536	123,5448	76,5814	126,3022	93,7046
4	3	5	11503,1111	7214,9746	11066,2451	6936,6571	10680,0291	6690,9792	11095,2582	8288,0887
5	5	6	10498,4838	6582,6919	10087,3199	6321,0394	9724,3200	6090,3748	10114,4422	7552,0568
6	5	42	10284,3851	6438,8908	9879,3523	6181,9156	9521,8373	5955,3934	9904,9077	7386,6554
7	6	7	10121,8409	6337,4872	9721,0433	6083,1897	9367,3496	5859,0805	9746,3894	7268,5423
8	7	8	872,2505	540,7231	848,8570	526,2172	827,7454	513,1265	849,3657	629,9178
9	8	9	710,6157	440,4249	691,5563	428,6119	674,3560	417,9512	691,9580	513,0882
10	8	13	201,8781	125,1197	196,4633	121,7637	191,5766	118,7349	196,5772	145,7625
11	9	10	508,7320	315,2967	495,0877	306,8402	482,7744	299,2086	495,3748	367,3166
12	10	11	9242,2087	5787,4876	8865,3946	5548,4373	8533,3115	5338,0459	8889,3492	6628,9798
13	10	12	9028,1619	5648,8418	8658,0178	5414,4176	8331,8864	5208,1303	8680,3919	6469,3872
14	13	14	3568,9935	2243,6329	3388,5474	2128,3978	3232,1534	2028,6953	3402,2501	2540,4601
15	14	15	3394,5377	2129,1386	3220,8077	2018,7111	3070,3176	1923,1978	3232,8266	2410,0394
16	14	48	3231,8595	2027,7367	3063,7172	1920,8319	2918,2051	1828,4527	3075,4533	2292,9974
17	15	16	3028,8192	1901,3263	2867,7131	1798,8421	2728,4668	1710,3952	2879,1284	2147,1084
18	16	17	60,5638	37,5353	58,3255	36,1481	56,3388	34,9168	58,3881	43,2443
19	17	18	2960,9455	1855,6649	2802,8576	1755,4349	2666,2349	1668,9273	2813,3396	2095,6371
20	18	19	2743,7292	1713,4956	2595,9091	1620,4392	2468,2103	1540,1233	2604,2968	1935,1475
21	18	20	2614,1770	1633,0286	2471,9311	1543,4457	2349,1299	1466,1806	2480,1048	1843,0939
22	20	21	2523,6214	1572,0822	2386,2465	1486,0479	2267,6351	1411,8104	2393,1271	1775,0690
23	21	22	121,1286	75,0730	115,1849	71,3891	110,0104	68,1820	115,3881	85,3431

24	22	23	2397,7762	1491,7660	2266,8650	1409,9936	2153,8510	1339,4335	2272,9809	1684,4365
25	23	24	2335,3624	1452,1735	2207,6770	1372,5012	2097,4564	1303,7543	2213,4684	1639,7302
26	23	25	2170,9653	1348,8609	2051,8754	1274,6740	1949,0962	1210,6675	2057,0314	1522,9704
27	25	26	201,8844	125,1254	191,4206	118,6399	182,3481	113,0167	191,7919	141,8085
28	26	27	1967,9940	1222,5271	1859,4891	1154,9605	1765,8807	1096,6866	1864,1443	1379,9444
29	27	28	1803,5809	1119,1967	1704,0248	1057,3369	1618,1400	1003,9800	1708,0221	1263,4410
30	27	29	282,6851	175,2278	267,4408	165,7766	254,2642	157,6076	268,0014	198,1262
31	29	30	161,5112	100,1045	152,7975	94,7034	145,2660	90,0351	153,1154	113,1850
32	30	31	1520,4065	943,4251	1436,1497	891,0774	1363,4860	845,9391	1439,5281	1064,7672
33	30	33	80,7505	50,0466	76,3645	47,3282	72,5755	44,9800	76,5246	56,5637
34	31	32	1236,9057	767,2905	1168,0973	724,5658	1108,7737	687,7346	1170,8112	865,8156
35	33	34	161,5103	100,1035	152,6748	94,6270	145,0465	89,8987	153,0000	113,0894
36	33	35	1075,0258	666,7761	1015,0947	629,5744	963,4334	597,5092	1017,4394	752,3129
37	35	36	872,6238	541,0753	823,8888	510,8420	781,8841	484,7854	825,7601	610,4490
38	35	37	508,7579	315,3226	480,3598	297,7208	455,8819	282,5490	481,4190	355,7885
39	37	38	363,3980	225,2325	343,1143	212,6601	325,6305	201,8233	343,8707	254,1375
40	38	39	161,5082	100,1011	152,4885	94,5106	144,7143	89,6920	152,8248	112,9440
41	38	40	994,1699	616,2969	969,2690	600,8566	946,7332	586,8830	969,9083	719,3576
42	40	41	161,5084	100,0985	157,4802	97,6019	153,8343	95,3422	157,5659	116,8590
43	42	43	121,1262	75,0709	118,1101	73,2015	115,3802	71,5096	118,1734	87,6447
44	42	44	710,7211	440,4963	692,9065	429,4545	676,7832	419,4611	693,2988	514,1793
45	42	45	629,9018	390,3966	614,1084	380,6080	599,8144	371,7488	614,4498	455,6988
46	45	46	121,1269	75,0719	118,0881	73,1885	115,3377	71,4838	118,1528	87,6282
47	46	47	5448,8162	3393,7007	5259,9752	3275,4643	5090,9603	3169,6828	5267,4091	3916,9958
48	48	49	5315,9853	3308,0747	5131,3100	3192,6530	4966,0298	3089,3868	5138,2177	3818,2370
49	49	50	5183,6678	3223,2335	5003,2222	3110,6338	4841,7332	3009,8899	5009,6621	3720,3821
50	50	51	1713,2063	1062,4759	1656,9233	1027,5473	1606,4420	996,2207	1658,4534	1229,4482
51	50	55	1551,1573	961,7736	1500,1295	930,1202	1454,3625	901,7310	1501,4679	1112,9036
52	51	52	1292,3103	801,1257	1249,7471	774,7333	1211,5727	751,0626	1250,8267	926,9998

53	52	53	129,2004	80,0760	124,9829	77,4620	121,1993	75,1170	125,0856	92,6907
54	52	54	3386,0984	2105,1884	3264,7718	2029,5078	3156,3002	1961,8630	3269,1875	2427,1667
55	55	56	161,5061	100,1013	156,1479	96,7801	151,3441	93,8026	156,2784	115,8000
56	55	57	3221,5472	2000,4321	3105,8010	1928,4124	3002,3242	1864,0371	3109,7216	2306,4942
57	57	58	3091,5468	1919,1331	2980,1810	1849,8815	2880,6282	1787,9839	2983,9008	2212,6078
58	58	59	1042,9501	646,5818	1006,4256	623,9314	973,7364	603,6598	1007,5159	746,4171
59	58	71	452,5320	280,5093	436,7647	270,7341	422,6504	261,9837	437,2071	323,8962
60	59	60	371,7118	230,4089	358,7149	222,3514	347,0819	215,1396	359,0800	266,0122
61	59	65	242,2957	150,1659	233,8137	144,9091	226,2219	140,2039	234,0379	173,3691
62	60	61	80,7513	50,0468	77,9270	48,2964	75,3991	46,7297	77,9999	57,7824
63	61	62	161,5093	100,0977	155,8541	96,5928	150,7924	93,4557	156,0012	115,5643
64	62	63	590,0715	365,8039	569,3391	352,9478	550,7856	341,4431	569,9455	422,2393
65	62	64	201,8879	125,1250	194,8499	120,7629	188,5496	116,8581	195,0316	144,4822
66	65	66	387,7669	240,3559	374,1025	231,8851	361,8750	224,3051	374,4773	277,4186
67	65	67	129,2106	80,0837	124,6604	77,2635	120,5885	74,7397	124,7798	92,4373
68	67	68	258,4252	160,1706	249,3205	154,5273	241,1729	149,4774	249,5601	184,8748
69	67	69	129,2138	80,0862	124,6545	77,2603	120,5747	74,7316	124,7749	92,4330
70	69	70	2047,8591	1271,4238	1973,0719	1224,9055	1906,2549	1183,3506	1975,6132	1465,0111
71	71	72	1885,8025	1170,4810	1816,5667	1127,4408	1754,7207	1088,9991	1818,9063	1348,4529
72	72	73	1683,6642	1044,9634	1621,3723	1006,2448	1565,7444	971,6722	1623,5104	1203,4757
73	73	74	1553,7703	963,8272	1496,0318	927,9781	1444,4776	895,9711	1497,9756	1109,9050
74	74	75	1422,8702	882,4336	1369,9017	849,5611	1322,6075	820,2115	1371,5219	1016,1748
75	75	76	1292,4923	801,4452	1244,3603	771,5840	1201,3838	744,9223	1245,7128	922,9492
76	76	77	201,8829	125,1271	194,4353	120,5108	187,7828	116,3874	194,6356	144,1615
77	76	78	1090,5147	676,1735	1049,8377	650,9396	1013,5197	628,4107	1050,9784	778,6368
78	78	79	80,7504	50,0465	77,7529	48,1888	75,0761	46,5298	77,8334	57,6453
79	78	80	1009,5334	625,7739	971,8714	602,4247	938,2453	581,5778	972,9040	720,6231

Tabel 4-7
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap-tiap Saluran saat Semua Bus Dibebani 95 % dari Beban Nominalnya

No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi konstan		Komposit	
	Dari	Ke	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)
1	1	2	119,4108	182,5403	110,3794	168,7343	102,7050	157,0026	124,6700	190,5800
2	2	3	80,4092	122,9200	74,2748	113,5424	69,0646	105,5778	83,8986	128,2541
3	3	4	0,0187	0,0235	0,0178	0,0223	0,0170	0,0214	0,0200	0,0252
4	3	5	10,4573	15,9858	9,6562	14,7611	8,9759	13,7213	10,9077	16,6743
5	5	6	12,2237	18,6861	11,2583	17,2104	10,4409	15,9607	12,7206	19,4457
6	5	42	1,0443	1,3116	0,9613	1,2073	0,8910	1,1191	1,0862	1,3642
7	6	7	7,3816	9,2765	6,7917	8,5352	6,2927	7,9081	7,6746	9,6447
8	7	8	0,1349	0,2062	0,1274	0,1948	0,1209	0,1849	0,1437	0,2196
9	8	9	0,0056	0,0086	0,0053	0,0081	0,0050	0,0077	0,0060	0,0091
10	8	13	0,0031	0,0047	0,0029	0,0045	0,0028	0,0042	0,0033	0,0050
11	9	10	0,0070	0,0107	0,0066	0,0101	0,0062	0,0096	0,0074	0,0113
12	10	11	12,1718	13,5308	11,1709	12,4182	10,3263	11,4793	12,6260	14,0358
13	10	12	10,3522	11,5082	9,4952	10,5556	8,7726	9,7522	10,7328	11,9313
14	13	14	12,9558	14,4024	11,6440	12,9441	10,5661	11,7459	13,1883	14,6608
15	14	15	1,1783	1,3099	1,0571	1,1752	0,9578	1,0648	1,1976	1,3313
16	14	48	1,1652	1,2954	1,0435	1,1601	0,9439	1,0493	1,1824	1,3144
17	15	16	7,3099	8,1261	6,5300	7,2591	5,8931	6,5511	7,4006	8,2269
18	16	17	0,0013	0,0008	0,0012	0,0007	0,0011	0,0007	0,0013	0,0008
19	17	18	15,3413	17,0543	13,6949	15,2240	12,3512	13,7302	15,5219	17,2550
20	18	19	0,3522	0,3916	0,3139	0,3490	0,2827	0,3143	0,3559	0,3956
21	18	20	9,8056	10,9004	8,7288	9,7034	7,8525	8,7293	9,8962	11,0012
22	20	21	4,7166	5,2432	4,1966	4,6651	3,7736	4,1949	4,7581	5,2893
23	21	22	0,0036	0,0040	0,0032	0,0036	0,0029	0,0033	0,0037	0,0041
24	22	23	1,8513	2,0580	1,6462	1,8301	1,4796	1,6448	1,8666	2,0751

25	23	24	2,8971	3,2206	2,5756	2,8632	2,3143	2,5727	2,9205	3,2466
26	23	25	1,0869	1,2083	0,9658	1,0736	0,8674	0,9643	1,0952	1,2175
27	25	26	0,0094	0,0104	0,0084	0,0093	0,0076	0,0084	0,0095	0,0106
28	26	27	2,9131	3,2384	2,5867	2,8755	2,3218	2,5810	2,9335	3,2610
29	27	28	0,4893	0,5439	0,4343	0,4828	0,3897	0,4332	0,4926	0,5476
30	27	29	0,0488	0,0543	0,0435	0,0483	0,0391	0,0435	0,0493	0,0548
31	29	30	0,0112	0,0125	0,0100	0,0111	0,0090	0,0100	0,0113	0,0126
32	30	31	0,8753	0,9730	0,7766	0,8633	0,6966	0,7743	0,8808	0,9791
33	30	33	0,0005	0,0006	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006
34	31	32	0,3696	0,4109	0,3278	0,3644	0,2938	0,3267	0,3717	0,4133
35	33	34	0,0103	0,0115	0,0092	0,0102	0,0082	0,0092	0,0104	0,0116
36	33	35	0,5269	0,5858	0,4671	0,5193	0,4187	0,4654	0,5299	0,5890
37	35	36	0,4680	0,5202	0,4147	0,4611	0,3716	0,4131	0,4704	0,5230
38	35	37	0,0329	0,0366	0,0292	0,0324	0,0261	0,0290	0,0331	0,0368
39	37	38	0,0147	0,0164	0,0131	0,0145	0,0117	0,0130	0,0148	0,0165
40	38	39	0,0082	0,0091	0,0073	0,0081	0,0065	0,0073	0,0083	0,0092
41	38	40	0,8142	0,6311	0,7723	0,5987	0,7355	0,5701	0,8702	0,6746
42	40	41	0,0084	0,0065	0,0080	0,0062	0,0076	0,0059	0,0090	0,0070
43	42	43	0,0012	0,0019	0,0012	0,0018	0,0011	0,0017	0,0013	0,0020
44	42	44	0,0693	0,0537	0,0657	0,0509	0,0626	0,0485	0,0740	0,0574
45	42	45	0,0499	0,0387	0,0473	0,0367	0,0451	0,0349	0,0533	0,0413
46	45	46	0,0019	0,0029	0,0018	0,0028	0,0017	0,0027	0,0021	0,0031
47	46	47	3,6309	5,5505	3,3748	5,1589	3,1541	4,8215	3,8096	5,8236
48	48	49	3,1175	4,7657	2,8970	4,4285	2,7069	4,1381	3,2703	4,9993
49	49	50	3,6131	5,5231	3,3568	5,1314	3,1361	4,7940	3,7895	5,7928
50	50	51	0,5490	0,6103	0,5121	0,5693	0,4803	0,5339	0,5779	0,6425
51	50	55	0,4465	0,4964	0,4165	0,4630	0,3905	0,4341	0,4700	0,5225
52	51	52	0,3103	0,3897	0,2894	0,3635	0,2713	0,3408	0,3266	0,4102
53	52	53	0,0004	0,0005	0,0004	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005
54	52	54	3,0451	4,6549	2,8229	4,3153	2,6320	4,0234	3,1874	4,8725
55	55	56	0,0061	0,0093	0,0057	0,0087	0,0053	0,0082	0,0064	0,0098

56	55	57	0,8004	1,2236	0,7418	1,1340	0,6915	1,0570	0,8376	1,2804
57	57	58	0,7375	1,1274	0,6834	1,0446	0,6369	0,9735	0,7717	1,1796
58	58	59	0,3466	0,2687	0,3218	0,2495	0,3005	0,2329	0,3633	0,2816
59	58	71	0,0702	0,0544	0,0652	0,0505	0,0609	0,0472	0,0736	0,0571
60	59	60	0,2161	0,1675	0,2006	0,1555	0,1874	0,1452	0,2265	0,1756
61	59	65	0,0351	0,0214	0,0326	0,0199	0,0304	0,0186	0,0368	0,0224
62	60	61	0,0013	0,0008	0,0012	0,0007	0,0011	0,0007	0,0014	0,0008
63	61	62	0,0093	0,0057	0,0087	0,0053	0,0081	0,0049	0,0098	0,0060
64	62	63	0,4166	0,3230	0,3867	0,2998	0,3610	0,2798	0,4366	0,3385
65	62	64	0,0129	0,0100	0,0120	0,0093	0,0112	0,0087	0,0136	0,0105
66	65	66	0,1311	0,1016	0,1217	0,0943	0,1136	0,0880	0,1374	0,1065
67	65	67	0,0106	0,0082	0,0098	0,0076	0,0091	0,0071	0,0111	0,0086
68	67	68	0,0115	0,0089	0,0106	0,0083	0,0099	0,0077	0,0120	0,0093
69	67	69	0,0138	0,0107	0,0128	0,0099	0,0119	0,0092	0,0144	0,0112
70	69	70	0,5566	0,8509	0,5152	0,7876	0,4797	0,7332	0,5818	0,8894
71	71	72	0,2633	0,4026	0,2436	0,3724	0,2267	0,3466	0,2751	0,4206
72	72	73	0,6939	1,0607	0,6416	0,9808	0,5967	0,9122	0,7246	1,1077
73	73	74	1,7001	1,3179	1,5714	1,2181	1,4611	1,1326	1,7748	1,3758
74	74	75	1,1780	0,9131	1,0886	0,8438	1,0119	0,7844	1,2295	0,9531
75	75	76	0,0946	0,1446	0,0874	0,1336	0,0813	0,1242	0,0987	0,1509
76	76	77	0,0079	0,0121	0,0073	0,0112	0,0068	0,0104	0,0083	0,0126
77	76	78	0,2309	0,3530	0,2134	0,3262	0,1983	0,3032	0,2410	0,3684
78	78	79	0,0004	0,0005	0,0004	0,0005	0,0004	0,0005	0,0004	0,0006
79	78	80	0,1584	0,1989	0,1463	0,1838	0,1360	0,1708	0,1653	0,2076

Tabel 8
Hasil Perhitungan Analisa I
Kondisi Beban Kritis Pada Bus 41

Persen Beban (%)	Daya Konstan				Arus Konstan				Impedansi Konstan				Komposit			
	P (kW)	Q (kVAR)	SImin (pu)	Vmin (pu)	P (kW)	Q (kVAR)	SImin (pu)	Vmin (pu)	P (kW)	Q (kVAR)	SImin (pu)	Vmin (pu)	P (kW)	Q (kVAR)	SImin (pu)	Vmin (pu)
0	0,00	0,000	1,0000	1,00000	0,000	0,000	1,0000	1,00000	0,000	0,000	1,0000	1,00000	0,000	0,000	1,0000	1,00000
5	8,50	5,268	0,9496	0,99708	8,475	5,253	0,9542	0,99709	8,451	5,237	0,9557	0,99710	8,476	6,302	0,9432	0,99683
10	17,00	10,536	0,8956	0,99415	16,901	10,475	0,9013	0,99418	16,803	10,414	0,9029	0,99420	16,903	12,563	0,8873	0,99366
15	25,50	15,804	0,8247	0,99120	25,277	15,666	0,8342	0,99126	25,059	15,531	0,8424	0,99132	25,282	18,785	0,8172	0,99048
20	34,00	21,072	0,7530	0,98823	33,604	20,826	0,7619	0,98834	33,219	20,588	0,7717	0,98845	33,613	24,967	0,7472	0,98730
25	42,50	26,340	0,6842	0,98524	41,880	25,956	0,6962	0,98542	41,284	25,586	0,7065	0,98558	41,896	31,109	0,6754	0,98411
30	51,00	31,608	0,6148	0,98224	50,107	31,055	0,6249	0,98249	49,254	30,526	0,6358	0,98273	50,130	37,211	0,6063	0,98092
35	59,50	36,876	0,5505	0,97921	58,284	36,122	0,5605	0,97956	57,131	35,408	0,5706	0,97989	58,316	43,273	0,5436	0,97773
40	68,00	42,144	0,4990	0,97617	66,411	41,159	0,5104	0,97663	64,916	40,232	0,5231	0,97706	66,455	49,296	0,4907	0,97453
45	76,50	47,412	0,4424	0,97311	74,487	46,165	0,4529	0,97369	72,609	45,000	0,4625	0,97424	74,544	55,278	0,4337	0,97132
50	85,00	52,680	0,3869	0,97003	82,514	51,139	0,3953	0,97075	80,212	49,712	0,4046	0,97143	82,587	61,222	0,3789	0,96812
55	93,50	57,948	0,3357	0,96693	90,490	56,083	0,3427	0,96781	87,724	54,369	0,3512	0,96863	90,581	67,126	0,3277	0,96490
60	102,00	63,216	0,2867	0,96381	98,416	60,995	0,2967	0,96487	95,148	58,970	0,3065	0,96584	98,528	72,990	0,2829	0,96168
65	110,50	68,484	0,2336	0,96067	106,292	65,876	0,2425	0,96192	102,484	63,516	0,2536	0,96306	106,426	78,814	0,2274	0,95846
70	119,00	73,752	0,1958	0,95751	114,117	70,726	0,2014	0,95897	109,736	68,010	0,2103	0,96028	114,277	84,600	0,1861	0,95524
75	127,50	79,020	0,1554	0,95433	121,891	75,544	0,1636	0,95601	116,899	72,450	0,1706	0,95752	122,080	90,345	0,1482	0,95200
80	136,00	84,288	0,1200	0,95112	129,615	80,331	0,1299	0,95305	123,977	76,837	0,1377	0,95477	129,836	96,052	0,1127	0,94877
85	144,50	89,556	0,0871	0,94790	137,288	85,086	0,0970	0,95009	130,971	81,171	0,1026	0,95203	137,544	101,719	0,0800	0,94552
90	153,00	94,824	0,0466	0,94465	144,910	89,810	0,0551	0,94713	137,880	85,453	0,0629	0,94930	145,204	107,346	0,0400	0,94228
95	161,50	100,092	0,0072	0,94138	152,481	94,502	0,0125	0,94416	144,708	89,685	0,0159	0,94658	152,817	112,935	0,0024	0,93902

Tabel 4-9
Hasil Perhitungan Tegangan Pada Tiap-tiap Bus saat Bus 53
Dibebani 15 % dari Beban Nominalnya

Bus	Tegangan (pu)			
	Model beban			
	Daya Konstan	Arus Konstan	Impedansi Konstan	Komposit
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	0,986501	0,987022	0,987481	0,985743
3	0,977368	0,978242	0,979012	0,976092
4	0,977177	0,978055	0,978830	0,975889
5	0,976181	0,977100	0,977911	0,974838
6	0,974677	0,975657	0,976520	0,973251
7	0,974558	0,975543	0,976410	0,973126
8	0,973704	0,974723	0,975621	0,972233
9	0,973462	0,974506	0,975410	0,971995
10	0,973470	0,974495	0,975399	0,971982
11	0,973448	0,974474	0,975378	0,971959
12	0,973451	0,974476	0,975380	0,971961
13	0,972257	0,973337	0,974288	0,970729
14	0,971004	0,972136	0,973134	0,969427
15	0,966473	0,967841	0,969042	0,964765
16	0,966044	0,967434	0,968654	0,964323
17	0,965598	0,967011	0,968252	0,963865
18	0,962605	0,964183	0,965565	0,960794
19	0,962584	0,964163	0,965546	0,960772
20	0,956175	0,958109	0,959797	0,954196
21	0,956018	0,957960	0,959656	0,954035
22	0,951399	0,953603	0,955524	0,949302
23	0,949113	0,951447	0,953479	0,946959
24	0,949077	0,951412	0,953446	0,946922
25	0,948172	0,950559	0,952638	0,945995
26	0,946661	0,949134	0,951286	0,944446
27	0,946052	0,948560	0,950742	0,943823
28	0,945996	0,948506	0,950692	0,943765
29	0,944251	0,946863	0,949135	0,941979
30	0,943922	0,946553	0,948841	0,941642
31	0,943713	0,946355	0,948654	0,941427
32	0,943629	0,946276	0,948578	0,941341
33	0,943224	0,945895	0,948218	0,940928
34	0,943217	0,945888	0,948211	0,940920
35	0,942862	0,945554	0,947895	0,940557
36	0,942785	0,945481	0,947826	0,940478
37	0,942269	0,944995	0,947366	0,939949
38	0,941619	0,944384	0,946787	0,939285
39	0,941541	0,944310	0,946718	0,939205
40	0,941570	0,944338	0,946744	0,939235
41	0,941509	0,944280	0,946689	0,939172
42	0,975282	0,976224	0,977055	0,973903
43	0,975225	0,976168	0,977000	0,973843
44	0,975267	0,976210	0,977041	0,973887
45	0,975175	0,976120	0,976953	0,973792
46	0,975089	0,976035	0,976871	0,973701
47	0,975066	0,976013	0,976849	0,973677

48	0,970241	0,971400	0,972421	0,968618
49	0,969575	0,970757	0,971799	0,967911
50	0,968789	0,969998	0,971065	0,967077
51	0,968647	0,969860	0,970931	0,966927
52	0,968543	0,969760	0,970833	0,966818
53	0,968496	0,969714	0,970789	0,966769
54	0,968539	0,969756	0,970829	0,966814
55	0,967502	0,968757	0,969864	0,965712
56	0,967448	0,968705	0,969813	0,965654
57	0,967148	0,968415	0,969533	0,965336
58	0,966807	0,968086	0,969216	0,964974
59	0,966447	0,967739	0,968879	0,964603
60	0,966279	0,967576	0,968722	0,964429
61	0,965648	0,966968	0,968133	0,963780
62	0,965502	0,966827	0,967996	0,963630
63	0,965486	0,966811	0,967981	0,963614
64	0,965444	0,966770	0,967942	0,963571
65	0,965681	0,966999	0,968163	0,963813
66	0,965612	0,966932	0,968099	0,963742
67	0,965315	0,966646	0,967821	0,963436
68	0,965226	0,966560	0,967739	0,963345
69	0,965267	0,966599	0,967776	0,963386
70	0,965151	0,966488	0,967669	0,963267
71	0,966419	0,967713	0,968854	0,964563
72	0,966220	0,967521	0,968669	0,964352
73	0,965632	0,966955	0,968122	0,963730
74	0,964446	0,965812	0,967019	0,962509
75	0,963550	0,964949	0,966185	0,961587
76	0,963446	0,964849	0,966088	0,961477
77	0,963390	0,964795	0,966036	0,961418
78	0,963145	0,964559	0,965808	0,961158
79	0,963138	0,964552	0,965802	0,961151
80	0,962941	0,964362	0,965619	0,960944

Tabel 4-10
Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap-tiap Saluran saat Bus 53 Dibebani 15 % dari Beban Nominalnya

No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi konstan		Komposit	
			P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
	Dari	Ke								
1	1	2	11429,2942	7330,0020	11002,8614	7046,1969	10625,9837	6796,1400	11052,5950	8403,2571
2	2	3	11150,9328	7058,9926	10734,7302	6788,8206	10366,7042	6550,4561	10771,4549	8105,4031
3	3	4	136,0206	84,3159	133,0350	82,4649	130,3218	80,7828	133,0945	98,7565
4	3	5	10942,1533	6863,4516	10534,3762	6603,4465	10173,6904	6373,8373	10562,3301	7890,4205
5	5	6	9886,1688	6200,2485	9504,1598	5956,8662	9166,8228	5742,2829	9530,3346	7117,1568
6	5	42	9662,8550	6052,0178	9286,8613	5813,1287	8954,9258	5602,5417	9311,6394	6946,0851
7	6	7	9491,9354	5945,5028	9120,1719	5709,2814	8792,0651	5501,1061	9144,7572	6821,8181
8	7	8	918,1663	569,1943	894,7297	554,6613	873,5157	541,5067	895,2314	664,0380
9	8	9	748,0173	463,6065	728,9227	451,7716	711,6388	441,0590	729,3175	540,8707
10	8	13	212,5034	131,7052	207,0786	128,3429	202,1681	125,2995	207,1905	153,6551
11	9	10	535,5077	331,8918	521,8383	323,4197	509,4651	315,7510	522,1203	387,2056
12	10	11	8567,2938	5368,1710	8219,4782	5147,1252	7913,0183	4952,6485	8242,7871	6149,3116
13	10	12	8344,3609	5224,8732	8003,0648	5008,2876	7702,4451	4817,7846	8025,0037	5983,8166
14	13	14	3760,3582	2365,6351	3571,7469	2244,9952	3408,1847	2140,5664	3586,5636	2679,5339
15	14	15	3576,0174	2244,3331	3394,3127	2128,6815	3236,8292	2028,6024	3407,2804	2541,2621
16	14	48	3404,7130	2137,5230	3228,6781	2025,4508	3076,2571	1928,5630	3241,3477	2417,8125
17	15	16	3190,9230	2004,3889	3022,0325	1896,8103	2875,9884	1803,9287	3034,3659	2263,9587
18	16	17	63,7514	39,5109	61,4665	38,0947	59,4342	36,8352	61,5300	45,5772
19	17	18	3119,0777	1955,8804	2953,3306	1850,6723	2810,0206	1759,8303	2964,6365	2209,2666
20	18	19	2889,5902	1805,2962	2734,5591	1707,6213	2600,5690	1623,2841	2743,5660	2039,2379
21	18	20	2753,2002	1720,5726	2603,9292	1626,4885	2475,0071	1545,3093	2612,7121	1942,2300
22	20	21	2657,3408	1655,8208	2513,2015	1565,5013	2388,6948	1487,5342	2520,5607	1869,9762
23	21	22	127,5040	79,0244	121,3081	75,1842	115,9091	71,8380	121,5205	89,8840
24	22	23	2524,6133	1570,9896	2387,2436	1485,1480	2268,6027	1411,0462	2393,7683	1774,2317
25	23	24	2458,8129	1529,2003	2324,8216	1445,5638	2209,1080	1373,3668	2330,9932	1727,0353
26	23	25	2285,6042	1420,2733	2160,6159	1342,3912	2052,7009	1275,1694	2166,1005	1603,9005
27	25	26	212,5104	131,7116	201,5659	124,9280	192,0703	119,0425	201,9562	149,3301

28	26	27	2071,8899	1287,2234	1957,9799	1216,2735	1859,6692	1155,0580	1962,9309	1453,2215
29	27	28	1898,6634	1178,2766	1794,1480	1113,3265	1703,9491	1057,2823	1798,3870	1330,3709
30	27	29	297,5665	184,4539	281,5849	174,5455	267,7641	165,9770	282,1764	208,6124
31	29	30	170,0124	105,3738	160,8771	99,7114	152,9772	94,8147	161,2124	119,1739
32	30	31	1600,5549	993,2202	1512,0818	938,2460	1435,7530	890,8251	1515,6649	1121,1518
33	30	33	85,0006	52,6806	80,4005	49,8297	76,4249	47,3657	80,5695	59,5550
34	31	32	1302,0848	807,7618	1229,8192	762,8860	1167,4922	724,1866	1232,6958	911,6249
35	33	34	170,0114	105,3727	160,7411	99,6267	152,7339	94,6636	161,0844	119,0679
36	33	35	1131,6640	701,9339	1068,7149	662,8556	1014,4326	629,1610	1071,1995	792,0991
37	35	36	918,5803	569,5851	867,3869	537,8251	823,2479	510,4432	869,3683	642,7078
38	35	37	535,5364	331,9205	505,7076	313,4318	479,9873	297,4898	506,8274	374,5731
39	37	38	382,5254	237,0883	361,2198	223,8824	342,8488	212,4955	362,0196	267,5553
40	38	39	170,0091	105,3701	160,5347	99,4977	152,3657	94,4344	160,8903	118,9068
41	38	40	1046,5445	648,7723	1021,4856	633,2337	998,7398	619,1295	1022,1344	758,1895
42	40	41	170,0093	105,3672	165,9572	102,8558	162,2789	100,5761	166,0426	123,1613
43	42	43	127,5014	79,0221	124,4678	77,1420	121,7141	75,4353	124,5308	92,3715
44	42	44	748,1338	463,6853	730,2048	452,5726	713,9300	442,4851	730,5970	541,9095
45	42	45	663,0573	410,9460	647,1620	401,0942	632,7331	392,1514	647,5026	480,2724
46	45	46	127,5021	79,0232	124,4435	77,1275	121,6670	75,4067	124,5080	92,3531
47	46	47	4575,1828	2849,4333	4423,2254	2754,2963	4286,7812	2668,9038	4429,2931	3294,1143
48	48	49	4436,6314	2761,2431	4288,7363	2668,7805	4155,9491	2585,7902	4294,4097	3192,0036
49	49	50	4298,4676	2673,6453	4154,6967	2583,8723	4025,6214	2503,2981	4160,0195	3090,5873
50	50	51	646,1278	400,5151	626,5905	388,4026	608,9944	377,4935	627,0621	464,8366
51	50	55	476,0500	295,0687	461,6417	286,1372	448,6650	278,0933	461,9846	342,4488
52	51	52	204,0077	126,4417	197,8285	122,6117	192,2633	119,1624	197,9740	146,7423
53	52	53	136,0005	84,2905	131,8869	81,7410	128,1820	79,4448	131,9831	97,8287
54	52	54	3564,8646	2216,6664	3443,3499	2140,8443	3334,3140	2072,8260	3447,8453	2560,6138
55	55	56	170,0067	105,3703	164,6857	102,0721	159,8979	99,1045	164,8120	122,1499
56	55	57	3391,4967	2106,1580	3275,5363	2033,9907	3171,4898	1969,2482	3279,5028	2433,0670
57	57	58	3254,6132	2020,5175	3143,0102	1951,1067	3042,8813	1888,8406	3146,7692	2333,9667
58	58	59	1097,9073	680,6626	1061,4157	658,0318	1028,6360	637,7035	1062,5030	787,3176
59	58	71	476,3665	295,2857	460,6220	285,5245	446,4764	276,7546	461,0599	341,6376
60	59	60	391,2890	242,5456	378,3059	234,4967	366,6426	227,2659	378,6675	280,5805

61	59	65	255,0505	158,0708	246,5763	152,8188	238,9637	148,1008	246,7967	182,8577
62	60	61	85,0014	52,6809	82,1801	50,9323	79,6454	49,3614	82,2515	60,9445
63	61	62	170,0103	105,3663	164,3602	101,8645	159,2844	98,7188	164,5045	121,8884
64	62	63	621,1584	385,0803	600,4372	372,2309	581,8255	360,6898	601,0406	445,3680
65	62	64	212,5143	131,7111	205,4859	127,3550	199,1713	123,4413	205,6640	152,3902
66	65	66	408,1842	253,0128	394,5227	244,5437	382,2528	236,9374	394,8931	292,6029
67	65	67	136,0116	84,2990	131,4627	81,4796	127,3770	78,9472	131,5801	97,4949
68	67	68	272,0279	168,6016	262,9252	162,9596	254,7495	157,8923	263,1608	194,9900
69	67	69	136,0152	84,3018	131,4562	81,4760	127,3617	78,9382	131,5746	97,4902
70	69	70	2155,8918	1338,6104	2080,8373	1291,9174	2013,5373	1250,0548	2083,4115	1545,3426
71	71	72	1985,2774	1232,3112	1915,7556	1189,0868	1853,4281	1150,3401	1918,1252	1422,3532
72	72	73	1772,4867	1100,1668	1709,8880	1061,2519	1653,7824	1026,3776	1712,0576	1269,4145
73	73	74	1635,7207	1014,7059	1577,6716	978,6608	1525,6512	946,3616	1579,6411	1170,6642
74	74	75	1497,8439	928,9610	1444,5803	895,9030	1396,8496	866,2805	1446,2071	1071,7373
75	75	76	1360,5434	843,6629	1312,1415	813,6327	1268,7664	786,7224	1313,4871	973,3695
76	76	77	212,5087	131,7134	205,0265	127,0756	198,3188	122,9179	205,2247	152,0344
77	76	78	1147,9303	711,7899	1107,0181	686,4091	1070,3573	663,6664	1108,1531	821,1679
78	78	79	85,0005	52,6806	81,9871	50,8130	79,2864	49,1392	82,0668	60,7923
79	78	80	1062,6748	658,7196	1024,7946	635,2347	990,8504	614,1903	1025,8193	759,9675

Tabel 4-11
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap-tiap Saluran saat Bus 53 Dibebani 15 % dari Beban Nominalnya

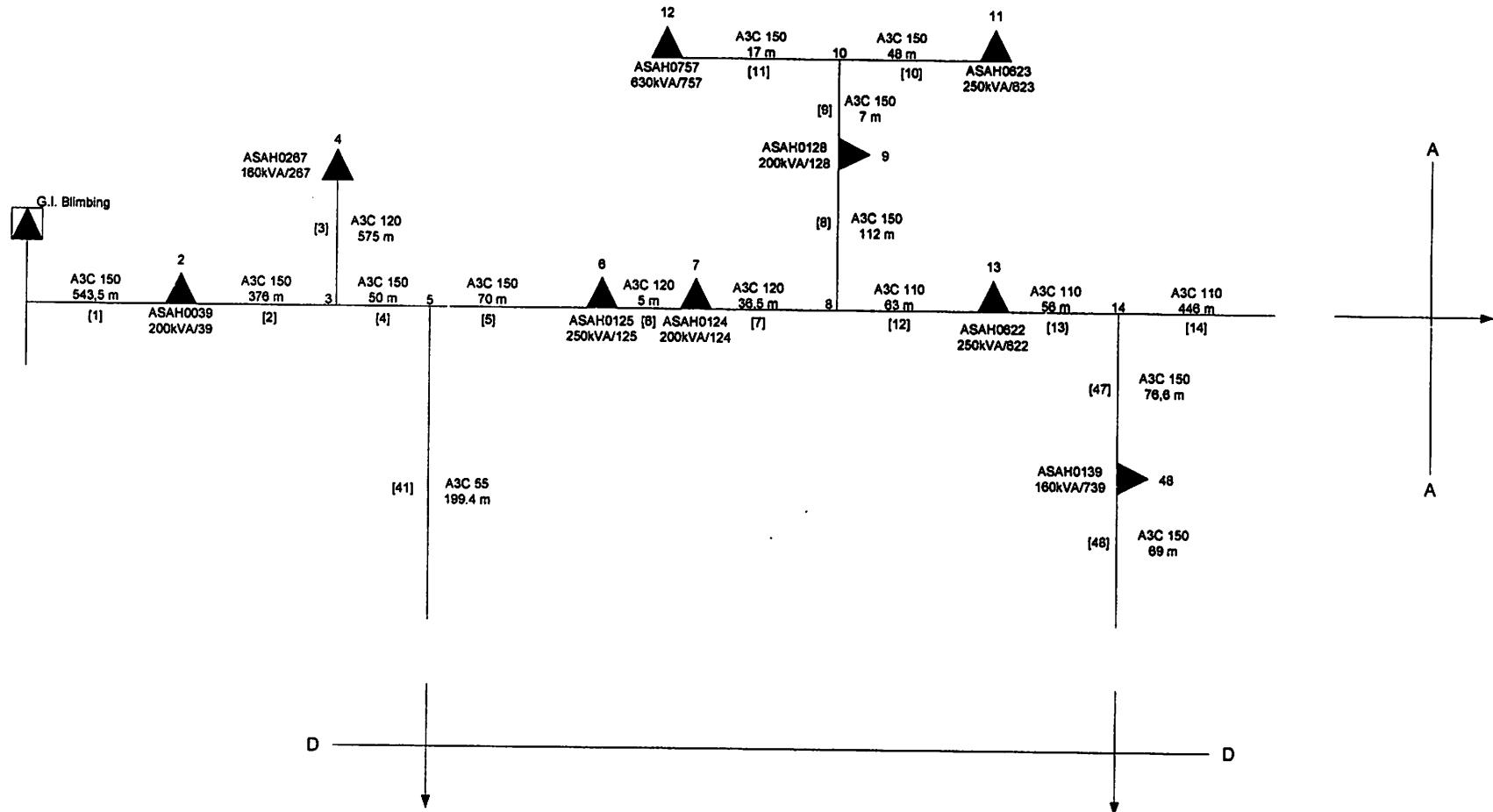
No Saluran	Bus		Daya Konstan		Arus Konstan		Impedansi konstan		Komposit	
			Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)	Ploss (kW)	Qloss (kVAR)
1	1	2	108,3614	165,6494	100,3377	153,3837	93,5093	142,9453	113,3112	173,2160
2	2	3	72,7589	111,2251	67,3189	102,9092	62,6920	95,8361	76,0303	116,2260
3	3	4	0,0206	0,0259	0,0197	0,0248	0,0189	0,0237	0,0222	0,0279
4	3	5	9,4401	14,4308	8,7308	13,3466	8,1278	12,4248	9,8610	15,0743
5	5	6	10,6138	16,5308	9,9719	15,2437	9,2582	14,1529	11,2658	17,2218
6	5	42	0,9196	1,1549	0,8474	1,0643	0,7863	0,9876	0,9574	1,2025
7	6	7	6,4753	8,1375	5,9640	7,4950	5,5311	6,9510	6,7386	8,4685
8	7	8	0,1490	0,2278	0,1412	0,2159	0,1344	0,2054	0,1591	0,2433
9	8	9	0,0062	0,0095	0,0059	0,0090	0,0056	0,0085	0,0066	0,0101
10	8	13	0,0034	0,0052	0,0032	0,0050	0,0031	0,0047	0,0037	0,0056
11	9	10	0,0077	0,0118	0,0073	0,0112	0,0069	0,0106	0,0082	0,0126
12	10	11	10,4329	11,5978	9,5797	10,6494	8,8597	9,8490	10,8272	12,0361
13	10	12	8,8198	9,8047	8,0925	8,9962	7,4792	8,3144	9,1470	10,1684
14	13	14	14,3408	15,9421	12,9017	14,3423	11,7179	13,0263	14,6113	16,2427
15	14	15	1,3043	1,4500	1,1713	1,3022	1,0621	1,1808	1,3268	1,4750
16	14	48	1,2900	1,4341	1,1563	1,2854	1,0466	1,1635	1,3100	1,4563
17	15	16	8,0939	8,9976	7,2354	8,0433	6,5336	7,2631	8,1994	9,1149
18	16	17	0,0014	0,0009	0,0013	0,0008	0,0012	0,0007	0,0015	0,0009
19	17	18	16,9875	18,8842	15,1743	16,8686	13,6932	15,2221	17,1975	19,1176
20	18	19	0,3901	0,4336	0,3478	0,3867	0,3134	0,3484	0,3943	0,4383
21	18	20	10,8593	12,0718	9,6717	10,7516	8,7047	9,6766	10,9647	12,1889
22	20	21	5,2236	5,8068	4,6499	5,1691	4,1830	4,6501	5,2718	5,8604
23	21	22	0,0040	0,0044	0,0036	0,0040	0,0033	0,0036	0,0041	0,0045
24	22	23	2,0503	2,2793	1,8241	2,0278	1,6400	1,8232	2,0682	2,2991
25	23	24	3,2087	3,5670	2,8538	3,1725	2,5653	2,8517	3,2358	3,5971
26	23	25	1,2039	1,3383	1,0701	1,1896	0,9614	1,0688	1,2134	1,3489
27	25	26	0,0104	0,0116	0,0093	0,0104	0,0084	0,0094	0,0106	0,0117

28	26	27	3,2266	3,5869	2,8661	3,1862	2,5735	2,8608	3,2502	3,6131
29	27	28	0,5419	0,6024	0,4812	0,5350	0,4320	0,4802	0,5457	0,6067
30	27	29	0,0541	0,0601	0,0482	0,0535	0,0433	0,0482	0,0546	0,0607
31	29	30	0,0124	0,0138	0,0111	0,0123	0,0100	0,0111	0,0125	0,0139
32	30	31	0,9695	1,0778	0,8605	0,9566	0,7720	0,8582	0,9759	1,0849
33	30	33	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0006	0,0006
34	31	32	0,4094	0,4551	0,3632	0,4037	0,3257	0,3620	0,4119	0,4579
35	33	34	0,0114	0,0127	0,0102	0,0113	0,0091	0,0102	0,0115	0,0128
36	33	35	0,5837	0,6489	0,5176	0,5754	0,4640	0,5158	0,5871	0,6526
37	35	36	0,5184	0,5763	0,4596	0,5109	0,4119	0,4579	0,5212	0,5794
38	35	37	0,0364	0,0405	0,0323	0,0359	0,0290	0,0322	0,0367	0,0407
39	37	38	0,0163	0,0181	0,0145	0,0161	0,0130	0,0144	0,0164	0,0182
40	38	39	0,0091	0,0101	0,0081	0,0090	0,0072	0,0080	0,0092	0,0102
41	38	40	0,8999	0,6976	0,8558	0,6634	0,8167	0,6331	0,9640	0,7473
42	40	41	0,0093	0,0072	0,0089	0,0069	0,0085	0,0066	0,0100	0,0077
43	42	43	0,0014	0,0021	0,0013	0,0020	0,0013	0,0019	0,0015	0,0023
44	42	44	0,0766	0,0594	0,0728	0,0564	0,0695	0,0539	0,0820	0,0636
45	42	45	0,0551	0,0427	0,0524	0,0406	0,0500	0,0388	0,0591	0,0458
46	45	46	0,0021	0,0032	0,0020	0,0031	0,0019	0,0029	0,0023	0,0035
47	46	47	2,5514	3,9003	2,3790	3,6366	2,2297	3,4084	2,6847	4,1040
48	48	49	2,1638	3,3078	2,0169	3,0833	1,8898	2,8890	2,2762	3,4796
49	49	50	2,4752	3,7838	2,3066	3,5260	2,1607	3,3030	2,6032	3,9794
50	50	51	0,0777	0,0864	0,0729	0,0811	0,0687	0,0764	0,0823	0,0914
51	50	55	0,0419	0,0465	0,0393	0,0436	0,0370	0,0411	0,0443	0,0492
52	51	52	0,0077	0,0097	0,0072	0,0091	0,0068	0,0085	0,0081	0,0102
53	52	53	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0006	
54	52	54	3,3611	5,1381	3,1279	4,7815	2,9263	4,4733	3,5305	5,3970
55	55	56	0,0067	0,0103	0,0063	0,0097	0,0059	0,0091	0,0071	0,0109
56	55	57	0,8835	1,3506	0,8220	1,2565	0,7688	1,1752	0,9278	1,4183
57	57	58	0,8141	1,2444	0,7572	1,1575	0,7081	1,0824	0,8547	1,3065
58	58	59	0,3825	0,2965	0,3566	0,2764	0,3341	0,2590	0,4024	0,3119
59	58	71	0,0775	0,0601	0,0723	0,0560	0,0677	0,0525	0,0815	0,0632
60	59	60	0,2385	0,1849	0,2223	0,1723	0,2083	0,1615	0,2509	0,1945

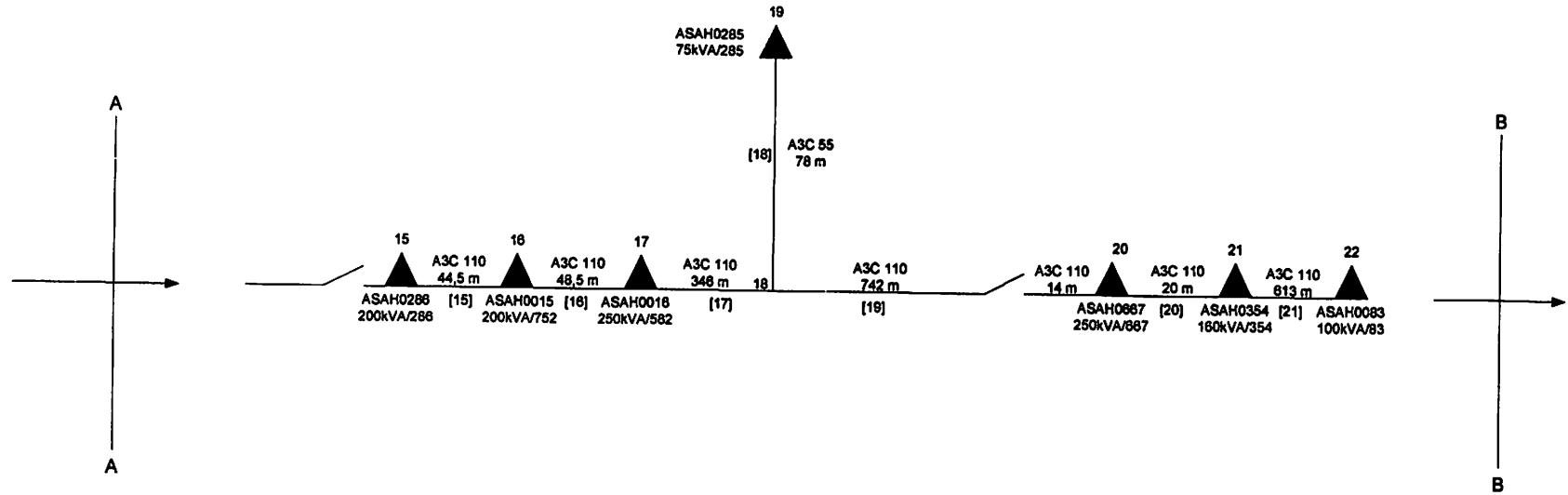
61	59	65	0,0388	0,0236	0,0361	0,0220	0,0338	0,0206	0,0408	0,0249
62	60	61	0,0014	0,0009	0,0013	0,0008	0,0013	0,0008	0,0015	0,0009
63	61	62	0,0103	0,0063	0,0096	0,0058	0,0090	0,0055	0,0108	0,0066
64	62	63	0,4598	0,3564	0,4285	0,3322	0,4014	0,3112	0,4836	0,3749
65	62	64	0,0143	0,0111	0,0133	0,0103	0,0125	0,0097	0,0150	0,0117
66	65	66	0,1447	0,1122	0,1348	0,1045	0,1263	0,0979	0,1522	0,1180
67	65	67	0,0116	0,0090	0,0109	0,0084	0,0102	0,0079	0,0122	0,0095
68	67	68	0,0127	0,0098	0,0118	0,0091	0,0110	0,0086	0,0133	0,0103
69	67	69	0,0152	0,0118	0,0142	0,0110	0,0133	0,0103	0,0160	0,0124
70	69	70	0,6144	0,9392	0,5709	0,8726	0,5333	0,8152	0,6445	0,9851
71	71	72	0,2907	0,4444	0,2700	0,4127	0,2521	0,3853	0,3048	0,4659
72	72	73	0,7660	1,1709	0,7109	1,0867	0,6634	1,0141	0,8026	1,2269
73	73	74	1,8768	1,4549	1,7412	1,3497	1,6243	1,2591	1,9659	1,5239
74	74	75	1,3004	1,0081	1,2062	0,9350	1,1249	0,8720	1,3618	1,0557
75	75	76	0,1044	0,1597	0,0969	0,1481	0,0903	0,1381	0,1094	0,1672
76	76	77	0,0087	0,0134	0,0081	0,0124	0,0076	0,0116	0,0092	0,0140
77	76	78	0,2550	0,3897	0,2364	0,3614	0,2204	0,3370	0,2669	0,4081
78	78	79	0,0005	0,0006	0,0004	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0006
79	78	80	0,1748	0,2196	0,1621	0,2036	0,1512	0,1899	0,1831	0,2299

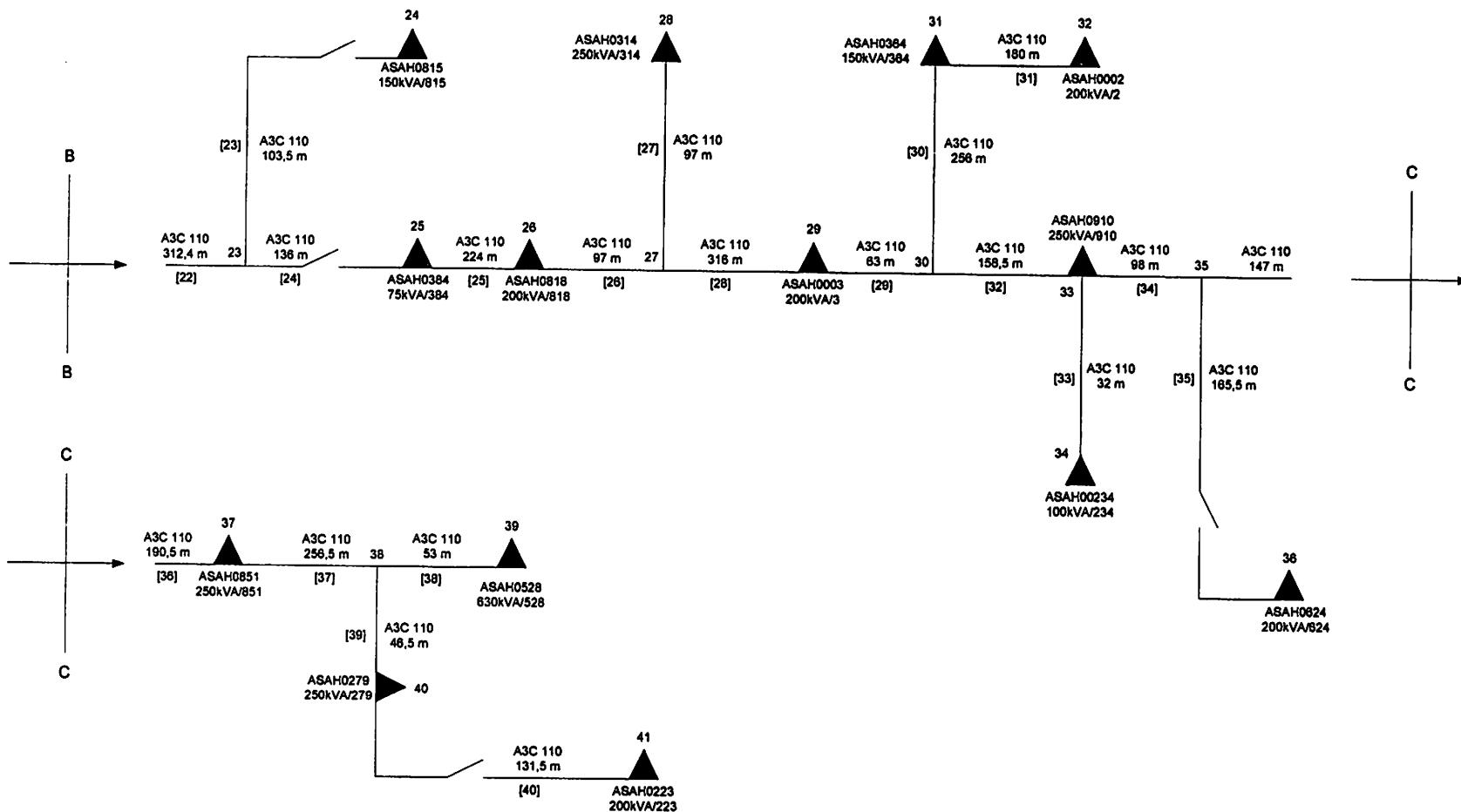
Tabel 4-12
Hasil Perhitungan Analisa II
Kondisi Beban Kritis Pada Bus 41

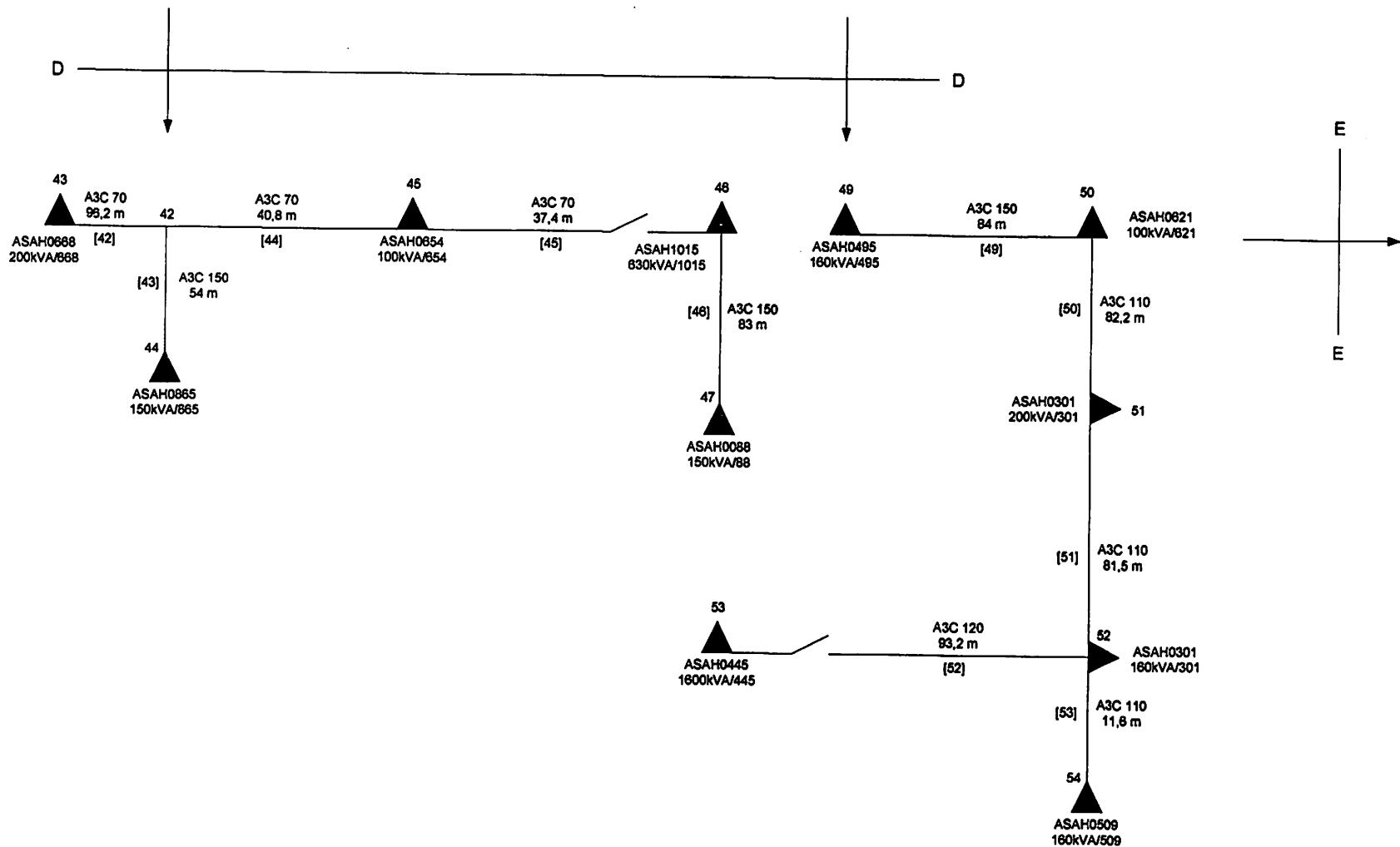
Persen Beban (%)	Bus 53 = 1600 kVA		Model Beban	Kondisi Beban Kritis	
	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (kVAR)		Stability Index Minimal SI min = SI (41) pu	Tegangan Minimal Vmin = V (41) pu
0	0,00	0,00	Daya Konstan	0,05797	0,94211
			Arus Konstan	0,06452	0,94482
			Impedansi Konstan	0,06619	0,94719
			Komposit	0,04955	0,93977
5	68,00	42,14	Daya Konstan	0,04132	0,94191
			Arus Konstan	0,04766	0,94464
			Impedansi Konstan	0,04904	0,94702
			Komposit	0,03405	0,93957
10	136,00	84,29	Daya Konstan	0,02467	0,94171
			Arus Konstan	0,03036	0,94446
			Impedansi Konstan	0,03289	0,94685
			Komposit	0,01855	0,93937
15	204,00	126,43	Daya Konstan	0,00802	0,94151
			Arus Konstan	0,01306	0,94428
			Impedansi Konstan	0,01674	0,94669
			Komposit	0,00305	0,93917

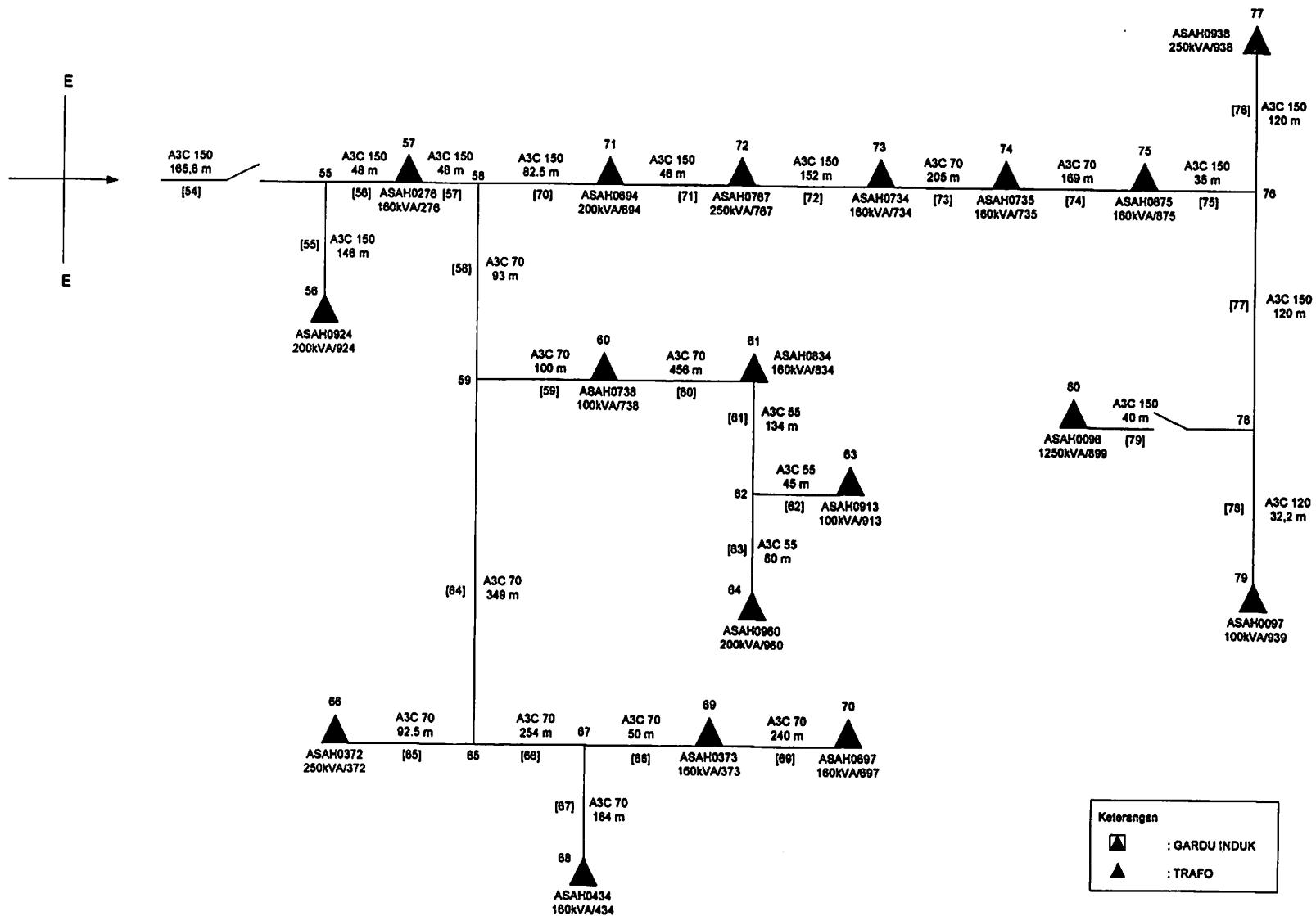


Single Line Diagram Sistem 20 kV Penyulang Asahan
Sumber : PT PLN (PERSERO) Distribusi JATIM – CABANG MALANG









Listing Program

```

function [V,SI,Iterasi,S,Sloss,Stot,Slmin]=Daya(N,Ns,z,Beban,Vs)
%Copyrigh (c) 2006 by AndiX
% Analisa SI untuk Model Beban Daya Konstan
%
[A]=MatrikA(N,z);
[Z]=Saluran(N,z);
V=ones(N-1,1);
f=1;
[Load]=UbahNoBeban(N,Beban);
Test=0;
Iterasi=0;
for l=1:10
    if Test==1
        break;
    end
    [V0]=SimpanTeg(N,V);
    [PL,QL]=ModelBeban(N,V,Load,f);
    [P,Q,Sloss,Stot]=AliranDaya(N,A,Z,PL,QL,V);
    [V]=UpdateTegangan(N,P,Q,z,V,Vs);
    [SI,Slmin]=StabilityIndex(N,Ns,P,Q,z,V,Vs);
    [Test]=Konvergen(N,V0,V);
    Iterasi=Iterasi+1;
end
S=zeros(N-1,1);
for l=1:N-1
    S(l)=complex(P(l),Q(l));
end
function [A]=MatrikA(N,z)
n=N-1;
A=zeros(n,n);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa=imag(z(i,j));
        if Xa~=0
            A(j-1,j-1)=1;
            for k=j:N
                Xa=imag(z(j,k));
                if Xa~=0
                    A(j-1,k-1)=1;
                end
            end
        end
    end
end
function [Z]=Saluran(N,z)
n=N-1;
Z=zeros(n,1);
for l=1:N
    for j=1:N
        Xa=imag(z(l,j));
        if Xa~=0
            Z(j-1)=z(l,j);
        end
    end
end
function [Load]=UbahNoBeban(N,Beban)
n=N-1;
Load=zeros(n,1);
for l=1:n
    Load(l)=complex(Beban(l+1,2),Beban(l+1,3));
end
function [V0]=SimpanTeg(N,V)

```

```

n=N-1;
V0=zeros(n,1);
for i=1:n
    V0(i)=V(i);
end
function [PL,QL,SL]=ModelBeban(N,V,Load,f)
n=N-1;
PL=zeros(n,1);
QL=zeros(n,1);
SL=0+0i;
for i=1:n
    PL(i)=real(Load(i))*f*V(i)^0;
    QL(i)=imag(Load(i))*f*V(i)^0;
    SL=SL+complex(PL(i),QL(i));
end
function [P,Q,Sloss,Stot]=AliranDaya(N,A,Z,PL,QL,V) % update [A]
n=N-1;
P=zeros(n,1);
Q=zeros(n,1);
Sloss=zeros(n,1);
for i=n:-1:1
    P(i)=PL(i);
    Q(i)=QL(i);
    if i~=n
        for j=i+1:n
            if A(i,j)~=0
                P(i)=P(i)+P(j);
                Q(i)=Q(i)+Q(j);
            end
        end
    end
    Ploss=real(Z(i))*(P(i)^2+Q(i)^2)/(V(i)^2);
    Qloss=imag(Z(i))*(P(i)^2+Q(i)^2)/(V(i)^2);
    P(i)=P(i)+Ploss;
    Q(i)=Q(i)+Qloss;
    Sloss(i)=complex(Ploss,Qloss);
end
Stot=complex(P(1),Q(1));
function [V]=UpdateTegangan(N,P,Q,z,V,Vs)
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa=imag(z(i,j));
        if Xa~=0
            Ri=real(z(i,j));
            Xi=imag(z(i,j));
            if i==1
                V(j-1)=(0.5*((Vs^2-(2*P(j-1)*Ri)-(2*Q(j-1)*Xi)) + (((Vs^2-(2*P(j-1)*Ri)-(2*Q(j-1)*Xi))^2)-(4*(P(j-1)^2+Q(j-1)^2)*(Ri^2+Xi^2)))^0.5;
            else
                V(j-1)=(0.5*((V(i-1)^2-(2*P(j-1)*Ri)-(2*Q(j-1)*Xi)) + (((V(i-1)^2-(2*P(j-1)*Ri)-(2*Q(j-1)*Xi))^2)-(4*(P(j-1)^2+Q(j-1)^2)*(Ri^2+Xi^2)))^0.5;
            end
        end
    end
end
function [SI,Slmin]=StabilityIndex(N,Ns,P,Q,z,V,Vs)
SI=zeros(N-1,1);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa=imag(z(i,j));
        if Xa~=0
            Ri=real(z(i,j));
            Xi=imag(z(i,j));
            if i==1

```

```

        SI(j-1)=Vs^4 - (4*((P(j-1)*Xi)-(Q(j-1)*Ri))^2) - (4*((P(j-1)*Ri)+(Q(j-1)*Xi))*Vs^2);
    else
        SI(j-1)=V(i-1)^4 - (4*((P(j-1)*Xi)-(Q(j-1)*Ri))^2) - (4*((P(j-1)*Ri)+(Q(j-1)*Xi))*V(i-
1)^2);
    end
end
f=SI;
SImin= min(SI(1:Ns));
function [Test]=Konvergen(N,V0,V)
Test=1;
n=N-1;
tol=0.00001;
for i=1:n
    dV=V(i)-V0(i);
    dV=abs(dV);
    if dV>tol
        Test=0;
    end
end

function [V1,SI1,iterasi1,S1,Sloss1,Stot1,SImin1]=Arus(N,Ns,z,Beban,Vs)
%Copyrigh (c) 2006 by AndiX
% Analisa SI untuk Model Beban Arus Konstan
%-----
[A1]=MatrikA1(N,z);
[Z1]=Saluran1(N,z);
V1=ones(N-1,1);
f=1;
[Load1]=UbahNoBeban1(N,Beban);
Test1=0;
iterasi1=0;
for i=1:10
    if Test1==1
        break;
    end
    [V01]=SimpanTeg1(N,V1);
    [PL1,QL1]=ModelBeban1(N,V1,Load1,f);
    [P1,Q1,Sloss1,Stot1]=AliranDaya1(N,A1,Z1,PL1,QL1,V1);
    [V1]=UpdateTegangan1(N,P1,Q1,z,V1,Vs);
    [SI1,SImin1]=StabilityIndex1(N,Ns,P1,Q1,z,V1,Vs);
    [Test1]=Konvergen1(N,V01,V1);
    iterasi1=iterasi1+1;
end
S1=zeros(N-1,1);
for i=1:N-1
    S1(i)=complex(P1(i),Q1(i));
end
function [A1]=MatrikA1(N,z)
n=N-1;
A1=zeros(n,n);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa1=imag(z(i,j));
        if Xa1~=0
            A1(j-1,j-1)=1;
            for k=j:N
                Xa1=imag(z(j,k));
                if Xa1~=0
                    A1(j-1,k-1)=1;
                end
            end
        end
    end
end

```

```

    end
end
function [Z1]=Saluran1(N,z)
n=N-1;
Z1=zeros(n,1);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa1=imag(z(i,j));
        if Xa1~=0
            Z1(j-1)=z(i,j);
        end
    end
end
function [Load1]=UbahNoBeban1(N,Beban)
n=N-1;
Load1=zeros(n,1);
for i=1:n
    Load1(i)=complex(Beban(i+1,2),Beban(i+1,3));
end
function [V01]=SimpanTeg1(N,V1)
n=N-1;
V01=zeros(n,1);
for i=1:n
    V01(i)=V1(i);
end
function [PL1,QL1,SL1]=ModelBeban1(N,V1,Load1,f)
n=N-1;
PL1=zeros(n,1);
QL1=zeros(n,1);
SL1=0+0i;
for i=1:n
    PL1(i)=real(Load1(i))*f*V1(i)^1;
    QL1(i)=imag(Load1(i))*f*V1(i)^1;
    SL1=SL1+complex(PL1(i),QL1(i));
end
function [P1,Q1,Sloss1,Stot1]=AliranDaya1(N,A1,Z1,PL1,QL1,V1)
n=N-1;
P1=zeros(n,1);
Q1=zeros(n,1);
Sloss1=zeros(n,1);
for i=n:-1:1
    P1(i)=PL1(i);
    Q1(i)=QL1(i);
    if i~=n
        for j=i+1:n
            if A1(i,j)~=0
                P1(i)=P1(i)+P1(j);
                Q1(i)=Q1(i)+Q1(j);
            end
        end
    end
    Ploss1=real(Z1(i))*(P1(i)^2+Q1(i)^2)/(V1(i)^2);
    Qloss1=imag(Z1(i))*(P1(i)^2+Q1(i)^2)/(V1(i)^2);
    P1(i)=P1(i)+Ploss1;
    Q1(i)=Q1(i)+Qloss1;
    Sloss1(i)=complex(Ploss1,Qloss1);
end
Stot1=complex(P1(1),Q1(1));
function [V1]=UpdateTegangan1(N,P1,Q1,z,V1,Vs)
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa1=imag(z(i,j));
        if Xa1~=0
            Ri=real(z(i,j));
            Z1(i,j)=Ri+j*Xa1;
        else
            Z1(i,j)=z(i,j);
        end
    end
end

```

```

Xi=imag(z(i,j));
if j==1
    V1(j-1)=(0.5*((Vs^2-(2*P1(j-1)*Ri)-(2*Q1(j-1)*Xi)) + (((Vs^2-(2*P1(j-1)*Ri)-(2*Q1(j-1)*Xi))^2)-(4*(P1(j-1)^2+Q1(j-1)^2)*(Ri^2+Xi^2)))^0.5;
else
    V1(j-1)=(0.5*((V1(i-1)^2-(2*P1(j-1)*Ri)-(2*Q1(j-1)*Xi)) + (((V1(i-1)^2-(2*P1(j-1)*Ri)-(2*Q1(j-1)*Xi))^2)-(4*(P1(j-1)^2+Q1(j-1)^2)*(Ri^2+Xi^2)))^0.5;
end
end
end
function [SI1,SImin1]=StabilityIndex1(N,Ns,P1,Q1,z,V1,Vs)
SI1=zeros(N-1,1);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa1=imag(z(i,j));
        if Xa1~=0
            Ri=real(z(i,j));
            Xi=imag(z(i,j));
            if i==1
                SI1(j-1)=Vs^4 - (4*((P1(j-1)*Xi)-(Q1(j-1)*Ri))^2) - (4*((P1(j-1)*Ri)+(Q1(j-1)*Xi))*Vs^2);
            else
                SI1(j-1)=V1(i-1)^4 - (4*((P1(j-1)*Xi)-(Q1(j-1)*Ri))^2) - (4*((P1(j-1)*Ri)+(Q1(j-1)*Xi))*V1(i-1)^2);
            end
        end
    end
end
f=SI1;
SImin1= min(SI1(1:N));
function [Test1]=Konvergen1(N,V01,V1)
Test1=1;
n=N-1;
tol1=0.00001;
for i=1:n
    dV1=V1(i)-V01(i);
    dV1=abs(dV1);
    if dV1>tol1
        Test1=0;
    end
end
end

function [V3,SI3,Iterasi3,S3,Sloss3,Stot3,SImin3]=Komposit(N,Ns,z,Beban,Vs)
%Copyrigh (c) 2006 by AndiX
% Analisa SI untuk Model Beban Komposit
%
[A3]=MatrikA3(N,z);
[Z3]=Saluran3(N,z);
V3=ones(N-1,1);
f=1;
[Load3]=UbahNoBeban3(N,Beban);
Test3=0;
Iterasi3=0;
for i=1:10
    if Test3==1
        break;
    end
    [V03]=SimpanTeg3(N,V3);
    [PL3,QL3]=ModelBeban3(N,V3,Load3,f);
    [P3,Q3,Sloss3,Stot3]=AliranDaya3(N,A3,Z3,PL3,QL3,V3);
    [V3]=UpdateTegangan3(N,P3,Q3,z,V3,Vs);
    [SI3,Simin3]=StabilityIndex3(N,Ns,P3,Q3,z,V3,Vs);
    [Test3]=Konvergen3(N,V03,V3);
end

```

```

iterasi3=iterasi3+1;
end
S3=zeros(N-1,1);
for i=1:N-1
    S3(i)=complex(P3(i),Q3(i));
end
function [A3]=MatrikA3(N,z)
n=N-1;
A3=zeros(n,n);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa3=imag(z(i,j));
        if Xa3~=0
            A3(j-1,j-1)=1;
            for k=j:N
                Xa3=imag(z(j,k));
                if Xa3~=0
                    A3(j-1,k-1)=1;
                end
            end
        end
    end
end
function [Z3]=Saluran3(N,z)
n=N-1;
Z3=zeros(n,1);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa3=imag(z(i,j));
        if Xa3~=0
            Z3(j-1)=z(i,j);
        end
    end
end
function [Load3]=UbahNoBeban3(N,Beban)
n=N-1;
Load3=zeros(n,1);
for i=1:n
    Load3(i)=complex(Beban(i+1,2),Beban(i+1,3));
end
function [V03]=SimpanTeg3(N,V3)
n=N-1;
V03=zeros(n,1);
for i=1:n
    V03(i)=V3(i);
end
function [PL3,QL3,SL3]=ModelBeban3(N,V3,Load3,f)
n=N-1;
PL3=zeros(n,1);
QL3=zeros(n,1);
SL3=0+0i;
for i=1:n

    PL3(i)=(0.4*(real(Load3(i))*f^V3(i)^0))+(0.3*(real(Load3(i))*f^V3(i)^1))+(0.3*(real(Load3(i))
    *f^V3(i)^2));

    QL3(i)=(0.4*(imag(Load3(i))*f^V3(i)^0))+(0.4*(imag(Load3(i))*f^V3(i)^1))+(0.4*(imag(Load
    3(i))*f^V3(i)^2));
    SL3=SL3+complex(PL3(i),QL3(i));
end
function [P3,Q3,Sloss3,Stot3]=AliranDaya3(N,A3,Z3,PL3,QL3,V3)
n=N-1;
P3=zeros(n,1);
Q3=zeros(n,1);

```

```

Sloss3=zeros(n,1);
for i=n:-1:1
    P3(i)=PL3(i);
    Q3(i)=QL3(i);
    if i~=n
        for j=i+1:n
            if A3(i,j)~=0
                P3(i)=P3(i)+P3(j);
                Q3(i)=Q3(i)+Q3(j);
            end
        end
    end
    Ploss3=real(Z3(i))*(P3(i)^2+Q3(i)^2)/(V3(i)^2);
    Qloss3=imag(Z3(i))*(P3(i)^2+Q3(i)^2)/(V3(i)^2);
    P3(i)=P3(i)+Ploss3;
    Q3(i)=Q3(i)+Qloss3;
    Sloss3(i)=complex(Ploss3,Qloss3);
end
Stot3=complex(P3(1),Q3(1));
function [V3]=UpdateTegangan3(N,P3,Q3,z,V3,Vs)
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa3=imag(z(i,j));
        if Xa3~=0
            Ri=real(z(i,j));
            Xi=imag(z(i,j));
            if i==1
                V3(j-1)=(0.5*((Vs^2-(2*P3(j-1)*Ri)-(2*Q3(j-1)*Xi)) + (((Vs^2-(2*P3(j-1)*Ri)-(2*Q3(j-1)*Xi))^2)-(4*(P3(j-1)^2+Q3(j-1)^2)*(Ri^2+Xi^2)))^0.5);
            else
                V3(j-1)=((0.5*((V3(i-1)^2-(2*P3(j-1)*Ri)-(2*Q3(j-1)*Xi)) + (((V3(i-1)^2-(2*P3(j-1)*Ri)-(2*Q3(j-1)*Xi))^2)-(4*(P3(j-1)^2+Q3(j-1)^2)*(Ri^2+Xi^2)))^0.5);
            end
        end
    end
end
function [SI3,SImin3]=StabilityIndex3(N,Ns,P3,Q3,z,V3,Vs)
SI3=zeros(N-1,1);
for i=1:N
    for j=1:N
        Xa3=imag(z(i,j));
        if Xa3~=0
            Ri=real(z(i,j));
            Xi=imag(z(i,j));
            if i==1
                SI3(j-1)=Vs^4 - (4*((P3(j-1)*Xi)-(Q3(j-1)*Ri))^2) - (4*((P3(j-1)*Ri)+(Q3(j-1)*Xi))*Vs^2);
            else
                SI3(j-1)=V3(i-1)^4 - (4*((P3(j-1)*Xi)-(Q3(j-1)*Ri))^2) - (4*((P3(j-1)*Ri)+(Q3(j-1)*Xi))*V3(i-1)^2);
            end
        end
    end
end
f=SI3;
SImin3= min(SI3(1:N));
function [Test3]=Konvergen3(N,V03,V3)
Test3=1;
n=N-1;
tol3=0.00001;
for i=1:n
    dV3=V3(i)-V03(i);
    dV3=abs(dV3);
    if dV3>tol3

```



PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI
REGION JAWA TIMUR & BALI

Jalan Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257
 Telepon : (031) 7882113, 7882114
 Kotak Pos : 4119 SBS

Faxsimile : (031) 7882578, 7881024
 E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

Website : www.pln-jawa-bali.co.id

Nomor : *l82* /330/RJTB/2005
 Surat Sdr. No. : ITN- 614,6152 & 626/III.TA/2/2005
 Lampiran : 1 (satu) Lampiran
 Perihal : Ijin survey

30 DEC 2005

Kepada

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

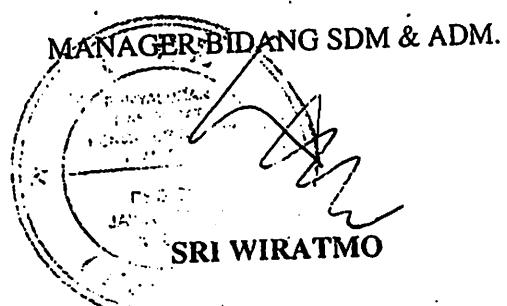
Menunjuk surat Saudara Nomor : ITN- 614, 615 & 626 / III.TA / 2 / 2005 tanggal 15 Desember 2005 Perihal : Survey, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

- ANDI SUSILO Nim : 01.12.029
- MUSTIKO ENDRO TRI S. Nim : 01.12.109
- MUSTOLIP Nim : 01.12.093

Untuk melakukan survey pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali UPT. Malang, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermaterai Rp. 6.000.-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan / ketentuan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jatim & Bali UPT Malang, sehingga faktor-faktor kerahasiaan harus benar – benar diutamakan.
3. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
4. Buku Laporan Kerja Praktek Mahasiswa tersebut agar dikirimkan kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ! (satu) buah.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang SDM & Administrasi.

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.



Tembusan Yth. :

- * 1 M.SDMO PLN P3B.
- 2 M. UPT. Malang
- 3 Andi Susilo Cs.



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

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

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

Nomor : ITN- 702 /III.TA/2/06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 5 Januari 2006

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur
Area Pelayanan Dan Jaringan Malang
Jl. Jend Basuki Rahmad No. 100
Di – Malang

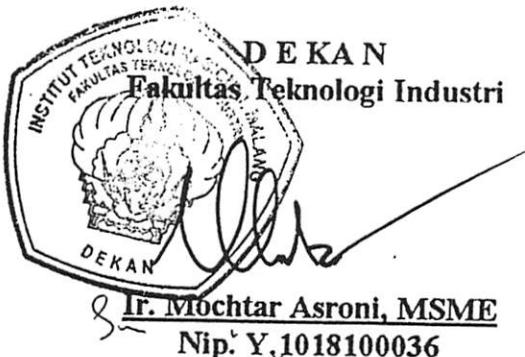
Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan Judul : Analisa Kestabilan Tegangan Pada Jaringan Distribusi Radial Seimbang Dengan Menggunakan Metode SI (Stability Indek) Di Gardu Induk Blimbing Malang

Mahasiswa tersebut Adalah :

Andi Susilo Nim. 00.12.029

Adapun lamanya Survey adalah : 30 Hari

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



Nomor : 0093 /330/ APJ-MLG/ 2006
Surat Sdr.No : ITN-702/III.TA/2/06
Lampiran : -
Perihal : SURVEY

Malang, 19 Januari 2006

Kepada
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
JL. Bendungan Sigura-gura no 2
DI
MALANG

Menjawab surat Saudara nomor ITN-702/III.TA/2/06 pada tanggal 05 Januari 2006 perihal tersebut diatas, dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengizinkan siswa Saudara atas nama :

ANDI SUSILO

NIM. 00.12.029

Untuk melaksanakan Survey di PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang mulai tanggal 23 Januari 2006 sampai dengan 24 Februari 2006 dengan catatan PLN hanya memberikan data yang TIDAK BERSIFAT RAHASIA.

Sebelumnya diminta agar siswa tersebut mengisi surat pernyataan, dilengkapi dengan pas photo ukuran 3 X 4 Cm di SDM & Administrasi PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang.

Demikian agar menjadikan maklum.



Tembusan :
Supervisor Terkait
Manager Terkait

Minta data Pengulum P. Asahan
28/06/06



**Institut Teknologi Nasional Malang
Fakultas Teknologi Industri
Jurusan Teknik Elektro S-I**

LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI · JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika

Perhatian :

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



Institut Teknologi Nasional Malang
Fakultas Teknologi Industri
Jurusan Teknik Elektro S-1

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika

1	Nama Mahasiswa : ANDI SUSILO		Nim : 00.12029	
2	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan	16 DESEMBER 2005		Ruang : SEMINAR
3	Spesifikasi judul			
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya		
4	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE STABILITY INDEX DI GARUK INDUK BLIMbing MALANG		
5	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6	Catatan :		
7	Disetujui, Dosen Keahlian I Ir. H. Taufiq Hidayat, MT	Persetujuan Judul Skripsi		Disetujui, Dosen Keahlian II Ir. Teguh Herbasuti, MT
	Mengetahui, Ketua Jurusan. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip. Y. 1039500274	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs.		 Ir. H. Choiri

Perhatian :

- coret yang tidak perlu
- dilingkari a, b, c, ... atau g sesuai bidang keahlian.

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
JL. Bendungan Sigura-gura No. 2
M A L A N G**

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. H. Choiri
Dosen Institut Teknologi Nasional
M A L A N G

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ANDI SUSILO
Nim : 00.12029
Semester : XI
Jurusan : Teknik Elektro S-I
Konsentrasi : Energi Listrik

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

ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI ('STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG.

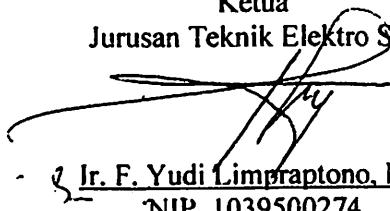
Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapan terima kasih.

Malang, Oktober 2005

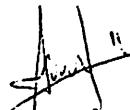
Ketua

Jurusan Teknik Elektro S-I



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

Hormat kami,



Andi Susilo
Nim . 00.12029

* coret yang tidak perlu

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
M A L A N G

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : ANDI SUSILO

Nim : 00.12029

Semester : XI

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Energi Listrik

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

ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI (STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG.

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, Oktober 2005

Kami yang membuat pernyataan,

Ir. H. Choiri
NIP. 130703042

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang
Bersangkutan Kepada Jurusan untuk
diproses lebih lanjut
* coret yang tidak perlu

Form S-3b



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

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, 28 Des. 2005

Nomor : ITN-987/I.TA/2/05
Lampiran : satu lembar
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. Ir. H. CHOIRI
Dosen Institut Teknologi Nasional
di –
Malang

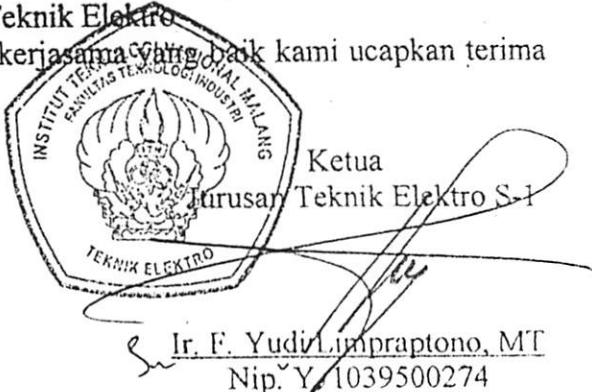
Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi
melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama	: ANDI SUSILO
Nim	: 0012029
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro
Konsentrasi	: T. Energi Listrik (S-1)

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

16 Des. 2005 s/d 16 Mei 2006

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



Tindasan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (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

Nomor : ITN-1662/I.TA/2/2006
Lampiran :
Perihal : Bimbingan Skripsi

Malang, 22 Agt. 2006

Kepada : Yth. Sdr. Ir. H. C H O I R I *)

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk mahasiswa:

Nama : ANDI SUSILO
Nim : 0012029
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika S-I

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

16 Mei 2006 s/d 16 Nov. 2006

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik, Jurusan Elektro apabila lewat dari batas waktu
tsb. Maka, skripsinya akan digugurkan.
Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan
terima kasih

Tindasan:

- 1.*) Perpanjangan
2. Mahasiswa yang Bersangkutan
3. Arsip



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

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : **ANDI SUSILO**
 Nim : **00.12.029**
 Masa Bimbingan : **16 Desember 2005 s/d 16 Mei 2006**
 Judul Skripsi : **ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI (STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG**

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	25-12-05	Konsultasi: BAB. I. (kalinat & pergeser)	JH
2.	15-1-06	Konsultasi: BAB. II (kalinat menyebut gitar, basis dasar 3-fasa).	JH
3.	18-1-06	Konsultasi: BAB. III (revis.)	JH
4.	25-1-06	Konsultasi: BAB. I, II, III (Ase revis.)	JH
5.	2-2-06	Konsultasi: BAB. III (Ase)	JH
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 200
 Dosen Pembimbing,

Irf. H. Choiri
 Nip. 130 703 042

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ANDI SUSILO
Nim : 00.12.029
Masa Bimbingan : 16 Mei 2006 s/d 16 November 2006
Judul Skripsi : ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI (STABILITY INDEX) DI GARU INDUK BLIMBING MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
6.	29-8-06	Konsultasi . BAB . IV Cek Analisa I dan <u>II</u>	JH
7.	5-9-06	Konsultasi . BAB . IV	JH
8.	6-9-06	Konsultasi . BAB . V.	JH
		Ace . & seminar kan	JH

Malang, 6 - 9 - 2006
Dosen Pembimbing,

Ir. H. Choiri

Iri. H. Choiri
Nip. 131 703 042



BERITA ACARA SEMINAR SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: ANDI SUSILO			Nim: 00.12029
2.	Keterangan Pelaksanaan	Tanggal 14 - 9 - 2006	Waktu	Tempat Ruang: AMPI L
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**			
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya		
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	...ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE STC (STABILITY INDEX). DI GARUT INDUK BLIMbing MALANG		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian/Pengamat		
6.	Keputusan: Dari hasil penilaian sejumlah orang dosen keahlian dan orang dosen pengamat sesuai format penilaian terlampir, peserta seminar tersebut diatas (1) dengan judul skripsi (4) dinyatakan LULUS/TIDAK LULUS *) dengan nilai Komulatif:(angka) atau(huruf)			
	Persetujuan Judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I <i>M. HERBASUKI</i>	Disetujui, Dosen Keahlian II 		
7.	Disetujui, Dosen Pengamat I 	Disetujui, Dosen Pengamat II 		
	Mengetahui, Ketua Jurusan. Ir. F. Yudi Limpraptono,MT NIP. P. 1039500274	Disetujui, Dosen Pembimbing <i>H. Choiri</i>		

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
**) dilingkari a, b, c,atau g sesuai bidang keahlian



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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ANDI SUSILO

NIM : 00.12.029

NIRM : 0032021102029

Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Judul Skripsi :

ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI

RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI

(STABILITY INDEX) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG

Tanggal Mengajukan Skripsi : 16 Desember 2005

Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 6 September 2006

Dosen Pembimbing : Ir. H. Choiri

Telah dievaluasi dengan nilai : 82

Malang, September 2006

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

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

Disetujui
Dosen Pembimbing

Ir. H. Choiri
NIP.130703042



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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : ANDI SUSILO
NIM : 00.12.029
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISA KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE SI (*STABILITY INDEX*) DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG

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

Hari : Kamis
Tanggal : 21 September 2006
Dengan Nilai : 75,5 (B+)

Panitia Ujian Skripsi



Ketua
Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP.Y. 1018100036

Sekretaris

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

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1018800188

Penguji Kedua

Bambang Prio H, ST, MT
NIP.Y. 1028400082

Riwayat Hidup



Penulis bernama Andi Susilo, lahir di Kota Cepu Kabupaten Blora Propinsi Jawa Tengah pada tanggal 24 Februari 1982 pada hari yang sangat cerah. Kelahirannya adalah karunia Allah SWT. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara.

Riwayat Pendidikan Penulis :

Tahun 1994 : Lulus SDN Ngelo 1 Cepu.

Tahun 1997 : Lulus SMPN 2 Cepu.

Tahun 2000 : Lulus SMUN 1 Cepu.

Tahun 2000 : Diterima masuk Jurusan Teknik Elektro ST – ITN Malang dengan NIM 00.12029.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Andi Susilo". The signature is fluid and cursive, with a distinct upward flourish at the end.

(Andi Susilo)