

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



**ANALISA PENYUSUNAN ULANG JARINGAN PADA SISTEM
DISTRIBUSI UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA
DAN MENJAGA KESEIMBANGAN BEBAN MENGGUNAKAN
METODE *TREE SEARCH* DI GARDU INDUK BLIMBING
MALANG**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

NOOR UTOMO RAHARJO

NIM : 96.12.024

NIRM : 96.7.061.32021.14899

April 2006

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

ANALISA TENSIUM ULANG JARINGAN PADA SISTEM
DISTRIBUSI LISTRIK BERKAWAN BERKAWAN
DAN PEMADA KESEKIPAN BERANALISA
METODE TRIP STUDI DI DAERAH

MAJALANG

1998



: 1998

URAHAN ONTO RUMAH
KAWAN : 1998
KAWAN : 1998

1998

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENYUSUNAN ULANG JARINGAN PADA SISTEM
DISTRIBUSI UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA
DAN MENJAGA KESEIMBANGAN BEBAN MENGGUNAKAN
METODE *TREE SEARCH* DI GARDU INDUK BLIMBING
MALANG**

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Mencapai Gelar
Sarjana Teknik Elektro Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :
NOOR UTOMO RAHARJO
NIM : 96.12.024



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

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

Disetujui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP.Y. 1018800190

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

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupanjatkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT untuk rahmat dan hidayah-NYA

Kepada kedua orang tua ku yang tlah memberikan dan menumpahkan sgalanya kepadaku sampai saat ini



toexz sodara2ku :

Mbak Rin sekeluarga ,mas Agus sekeluarga, adikku Pipit serta ponakan2ku Nita & Putri yang masih lucu2.

Ucapan Terima kasih untuk :

- *Keluarga Bapak Imam Daerowi yang telah mengijinkan TEA II E-5 Sengkaling sebagai tempat untuk Final FIGHTER kuliahku.*
- *Ismail "DINA" Hidayat terutama atas komputer, AoE II & RA-nya (sing sabar! Wis, to! Mesti oleh!!)*
- *AE 4213 CH yang telah menjadi AE 5432 AB yang telah mengantarku ke mana-mana.*
- *Legiun Veteran Angkatan '96 Elektro ITN baik yang sudah maupun yang belum (tidak) lulus tapi tiada henti memberi dukungan moral kepadaku dengan contoh antara lain sbb: Edi Wahyudi, Adam, Erwin (rekan PKN), Rudial (Bathang), Agus "GOGON", Bendot (Kowe ning ndi ae?), Anggoro, Kentang, Arif "SATE KAMBING" Rahman, Desi, Tomah, Ocon, mas Jayenk. Tidak lupa dengan Jaki yang ketika GUNDUL tampak lucu itu : "terima kasih atas bantuan skripsinya". Untuk Ari C, Soni & Zondra : "Ha..ha..ha!! Kita lulus bareng, Man!!!!" Untuk Walido (rekan wira-wiri),*

Restu, Ahong, Cak To, Tulus, Chandra, Agung 001, Blonthang, Yusis, Aji): Piye iki? Kapan nyusul?

- *KOPOK Racing Team: Agus "Bogor", Anantyo (hem putihmu pas) , Kodir, Reza "kuopok", Phetric, Cak Ji, Cepeh (jasmu keren, Peh), Ginggit, Agus Madiun (sing celono-ne tak silih suwiii, mulai seminar hasil!!!)*
- *GUEST STRAR: Angkatan '95(Rudi King, Anto, Sufian, Eko Yudhi), Angkatan '97 (Lukman :kuliah sing sregep!., Budi & Guntur: Lulus Bareng, Aris: Kowe ning ndi?), Arfan '98, Nelly (Jago GEBET jarang diGEBET. Kasihan deh lu!!) & Ayu (kamu jangan ketularan Nelly!! Bikin Malu!!)*
- *Spesial buat 423912: ????????*
- *Serta Rekan-rekan lain yang mohon maaf tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu (lali, rekk!)*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya kepada penyusun sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Elektro Konsentrasi Energi Listrik Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Tak lupa penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT, selaku dosen pembimbing.
5. Semua pihak yang telah membantu sehingga penulisan skripsi ini bisa terselesaikan.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah berusaha semaksimal mungkin namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna mengingat keterbatasan kemampuan dari pengetahuan yang ada dalam diri penulis. Oleh karena itu segala bentuk saran, kritik maupun pendapat yang bersifat membangun akan sangat penulis harapkan

Akhirnya penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi mahasiswa/i jurusan teknik elektro pada khususnya dan mahasiswa jurusan lain pada umumnya.

Malang, Maret 2006

Penulis

ABSTRAKSI

ANALISA PENYUSUNAN ULANG JARINGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA DAN MENJAGA KESEIMBANGAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE *TREE SEARCH* DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG

(Noor Utomo Raharjo, 96.12.024, Teknik Elektro Energi Listrik, 59 Hal, 2006)
(Dosen Pembimbing : Ir. Choirul Saleh, MT)

Kata Kunci : Operasi Sistem Distribusi, Perencanaan Sistem Distribusi, Analisa Aliran Daya, Optimasi Combinatorial

Rekonfigurasi jaringan pada sistem distribusi dilakukan dengan mengubah status dari beberapa bagian switch, dan biasanya digunakan untuk mengurangi kerugian atau untuk keseimbangan beban pada sistem. Pada tulisan ini, perumusan umum dan metode solusi diusulkan untuk masalah ini. Pada Rekonfigurasi jaringan untuk mengurangi kerugian, solusi meliputi sebuah pencarian yang sangat cocok untuk konfigurasi radial. Untuk membantu pencarian, kurang lebih dua metode aliran daya dengan berbagai macam derajat ketelitian telah dikembangkan. Metode perhitungan sangat menarik dan secara umum memberikan perkiraan yang cermat dari pengurangan kerugian. Untuk keseimbangan beban, sebuah petunjuk beban seimbang menjelaskan dan menunjukkan bahwa rencana solusi metode untuk mengurangi kerugian dapat juga digunakan untuk keseimbangan beban. Hasil ujian termasuk menampilkan performance dari rencana metode.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAKSI.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I	PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metode Pembahasan.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN TEORI
	DASAR METODE
2.1. Sistem Distribusi	6
2.1.1. Struktur Jaringan Radial.....	7
2.1.2. Struktur Jaringan Loop.....	8
2.1.3. Struktur Jaringan Mesh	8
2.2. Macam-macam Struktur Jaringan Distribusi Radial	9
2.3. Daya Sistem Distribusi.....	10
2.3.1. Daya Nyata (<i>Real Power</i>)	10
2.3.2. Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>)	11
2.3.3. Daya Semu (<i>Complex Power</i>)	11
2.4. Beban Sistem Distribusi	12
2.5. Rugi-rugi Jaringan.....	12
2.5.1. Meminimalisasi Rugi Daya Pada Sistem Distribusi	13
2.6. Teori Dasar.....	16

	2.6.1. Konsep Dasar <i>Rekonfigurasi</i>	16
	2.6.2. Keseimbangan Beban.....	20
BAB III	METODE RECONFIGURASI DENGAN TREE SEARCH	
	3.1. Analisis Aliran Daya	21
	3.1.1. Tujuan	21
	3.1.2. Klasifikasi Bus	22
	3.1.3. Pembentukan Matrik Admitansi Simpul.....	23
	3.1.4. Penyelesaian Aliran Daya	24
	3.1.5. Metode <i>Newton Raphson</i>	26
	3.1.6. Pernyataan Permasalahan.....	31
	3.1.7. Metode Penyelesaian Studi Aliran Daya.....	33
	3.1.8. Kalkulasi dari Terminologi Obyek.....	35
	3.2. Metoda Backward and Forward Update.....	39
	3.2.1. Update Arus Daya.....	39
	3.2.2. Kalkulasi Pengurangan Kerugian Daya	41
BAB IV	PENERAPAN METODE TREE SEARCH DALAM MEREKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK	
	4.1. Metode <i>Tree Search</i>	42
	4.1.1. Maksud dan tujuan	42
	4.1.2. <i>Tree Search</i> Dalam Sistem Algoritma	42
	4.2. Bentuk Jaringan Sistem Distribusi	43
	4.3. Penjabaran Metode Backward dan Forward Update.....	45
	4.3.1. Metode Backward Update.....	45
	4.3.2. Metode Forward Update	47
	4.4. Model Penyusunan Ulang Jaringan Distribusi.....	49
	4.5. Pengolahan Data.....	52
	4.6. Analisa Perhitungan Program	55
	4.7. Hasil Perhitungan	61
	4.8. Rugi-rugi daya.....	62
	4.9. Pembagian Beban.....	63

4.9.1	Pembagian Beban Sebelum <i>Rekonfigurasi</i>	63
4.9.2	Pembagian Beban Setelah <i>Rekonfigurasi</i>	64

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan.....	67
5.2.	Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar

2-1	Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik.....	6
2-2	Struktur Jaringan Radial.....	7
2-3	Struktur Jaringan Loop.....	8
2-4	Struktur Jaringan Mesh	9
2-5	Rugi-rugi Pada Bagian Sistem Tenaga	13
2-6	Contoh Kondisi Gangguan Pada Sistem Distribusi Radial	15
3-1	Diagram satu garis dari suatu sistem distribusi kecil	31
3-2	Suatu diagram garis dari suatu jaringan radial.....	33
3-3	Pengulangan/Jerat dihubungkan dengan cabang terbuka b.....	37
4-1	Konfigurasi Jaringan Radial sebelum Rekonfigurasi.....	44
4-2	Flowchart Program.....	51
4-3	Tampilan Program Memasukkan Data Saluran	56
4-4	Tampilan Program Perhitungan Aliran Daya Awal	57
4-5	Tampilan hasil Program Besarnya Aliran Daya Setelah Rekonfigurasi	58
4-6	Tampilan Program Hasil Rekonfigurasi.....	59
4-7	Grafik Perbandingan Tegangan.....	60
4-8	Konfigurasi Jaringan Radial setelah Rekonfigurasi.....	60

DAFTAR TABEL

TABEL

4-1	DATA JARINGAN DISTRIBUSI IMPEDANSI PENYULANG	53
4-2	DATA JARINGAN DISTRIBUSI.....	54
4-3	PERHITUNGAN ALIRAN DAYA SEBELUM REKONFIGURASI.....	55
4-4	HASIL PERHITUNGAN ALIRAN DAYA SETELAH REKONFIGURASI.....	61
4-5	PERBANDINGAN RUGI-RUGI SALURAN	62
4-6	REDUKSI RUGI-RUGI SALURAN.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan bentuk energi yang paling cocok dan nyaman bagi manusia modern. Tanpa listrik infra struktur masyarakat sekarang tidak akan menyenangkan. Makin bertambahnya konsumsi listrik perkapita diseluruh dunia menunjuk kan kenaikan standar kehidupan manusia. Pemanfaatan secara optimum bentuk energi ini oleh masyarakat dapat dibantu dengan sistem distribusi yang efektif.

Dalam sistem distribusi yang efektif, tentunya harus benar-benar memperhatikan dan mengusahakan pelayanan yang baik kepada konsumen dengan cara penyaluran energi listrik yang lebih efektif, mulai dari sistem transmisi tenaga sampai dengan sistem distribusi.

Sistem distribusi perlu perhatian khusus sebab kesalahan-kesalahan sistem distribusi ini langsung berpengaruh langsung kepada konsumen. Sesungguhnya 90% dari terputusnya aliran kepada konsumen berasal dari sistem distribusi. Disamping itu sistem distribusi pada umumnya lebih rawan terutama lokasi beban yang bervariasi, sehingga banyak terjadi rugi-rugi daya dari sistem tersebut. Usaha untuk meminimalisasi rugi-rugi daya dari sistem distribusi dengan memformulasikan permasalahan sebagai persoalan rekonfigurasi jaringan distribusi.

Penggunaan metode *Tree Search* adalah untuk penyelesaian yang efisien pada persoalan jaringan konfigurasi secara optimal. Metode ini direduksi dengan mengubah status sectionalizing tombol, penentuan pemecahan persamaan arus dan persamaan tegangan dari jaringan. Untuk menopang pencarian aliran daya dengan derajat ketelitian yang bermacam-macam, digunakan Metoda *Backward and Forward*. Penggunaan program komputer sangat efektif untuk mendukung metode ini..

1.2. Rumusan Masalah

Pada sistem distribusi yang besar dan kompleks, serta dengan semakin bertambahnya beban pada jaringan distribusi akan timbul masalah dalam menentukan penyulang maupun trafo mana yang akan dipakai untuk menyalurkan energi listrik secara radial dengan cepat agar sistem tetap terjaga dan meminimalkan rugi-rugi pada jaringan.

Terkait dengan hal tersebut, maka dalam pembahasan skripsi ini rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Pengaturan beban pada trafo atau penyulang jaringan distribusi sehingga dapat meminimalkan rugi-rugi daya.
2. Menggunakan Metoda *Tree Search*. Untuk menopang pencarian aliran daya dengan derajat ketelitian yang bermacam-macam, digunakan Metoda *Backward and Forward* sebagai figur untuk mendapatkan pengurangan kerugian yang lebih kecil.

Dari permasalahan diatas, maka judul skripsi yang diangkat adalah:
**“ANALISA PENYUSUNAN ULANG JARINGAN PADA SISTEM
DISTRIBUSI UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA DAN
MENJAGA KESEIMBANGAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE
TREE SEARCH DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG”**

1.3. Tujuan Pembahasan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mensimulasikan *rekonfigurasi* penyulang distribusi dengan metode rekonfigurasi *Tree Search* sehingga di dapat suatu kondisi profile tegangan tiap penyulang sesuai dengan batas-batas yang diijinkan sehingga rugi-rugi daya pada sistem distribusi bisa direduksi seminimal mungkin.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari skripsi ini adalah:

1. Beban diasumsikan sebagai beban tiga fasa seimbang.
2. Hanya membahas rugi-rugi daya pada saluran.
3. Tidak membahas penyebab terjadinya gangguan.
4. Tidak membahas cara pengontrolan *switching* yang dilakukan.
5. Metode rekonfigurasi yang digunakan adalah *Tree Search*.
6. Pengambilan data dilakukan pada PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Cabang Malang.

1.5. Metode Pembahasan

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah :

1. Metode literatur, yaitu dengan mempelajari hal-hal yang sesuai pembahasan melalui literatur yang sesuai.
2. Memperoleh data sebagai acuan dalam melengkapi parameter-parameter yang digunakan untuk menganalisis masalah.
3. Menganalisa data yang diperoleh dengan metode *Tree Search*.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dalam lima bab yang masing-masing membahas hal sebagai berikut:

- BAB I : Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan pembahasan, batasan masalah, metode pembahasan, dan sistematika penulisan skripsi ini.
- BAB II: Pada bab ini akan dibahas mengenai sistem jaringan distribusi radial dan loop, macam-macam daya, macam-macam beban, rugi-rugi jaringan dan Teori Dasar *Tree Search*.
- BAB III: Bab ini membahas analisis aliran daya, rekonfigurasi jaringan dan metode rekonfigurasi jaringan *Tree Search*.
- BAB IV: Bab ini berisi tentang penerapan metode *rekonfigurasi jaringan Tree Search*.
- BAB V : Bab ini berisi kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.5. Metode Pembatasan

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah :

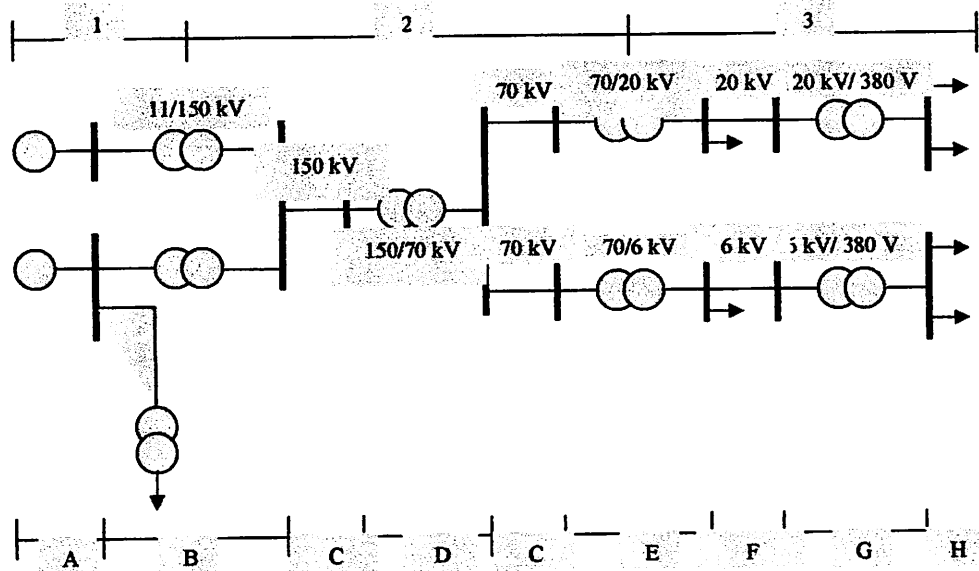
BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut.

Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian sub sistem, yaitu :

1. Sistem Pembangkitan, berperan sebagai sumber daya tenaga listrik dan disebut juga sebagai Produtor Energi.
2. Sistem Transmisi atau Penyaluran, berfungsi sebagai penyalur daya listrik secara besar-besaran dari pembangkit ke bagian sistem distribusi atau konsumen.
3. Sistem Distribusi dan Beban, berperan sebagai distributor energi ke konsumen yang memerlukan energi tersebut.



Gambar 2.1. Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik^[3]

Keterangan :

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. Sistem Pembangkitan | A. Generator |
| 2. Sistem Transmisi | B. Gardu Induk Pembangkitan |
| 3. Sistem Distribusi | C. Saluran Transmisi |
| | D. Gardu Induk |
| | E. Gardu Induk Distribusi |
| | F. Saluran Distribusi Primer |
| | G. Gardu Distribusi |
| | H. Saluran Distribusi Sekunder |

2.1. Sistem Distribusi

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berperan dalam mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) sampai ke konsumen. Sistem distribusi pada hakekatnya dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu:

1. Jaringan Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)

Jaringan distribusi primer merupakan sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik antara Gardu Induk Distribusi sampai ke Gardu Distribusi dengan tegangan kerja 20 kV atau 6 kV.

2. Jaringan Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

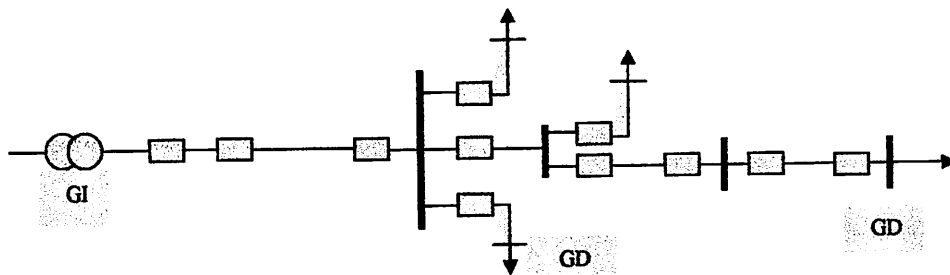
Jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik antara Gardu Distribusi sampai ke konsumen dengan tegangan kerja 110 V atau 220 V.

Secara garis besar jaringan distribusi dapat diklasifikasikan menjadi:

- Struktur Jaringan Radial
- Struktur Jaringan Loop (Lingkaran)
- Struktur Jaringan Grid atau Mesh (Anyaman)

2.1.1. Struktur Jaringan Radial

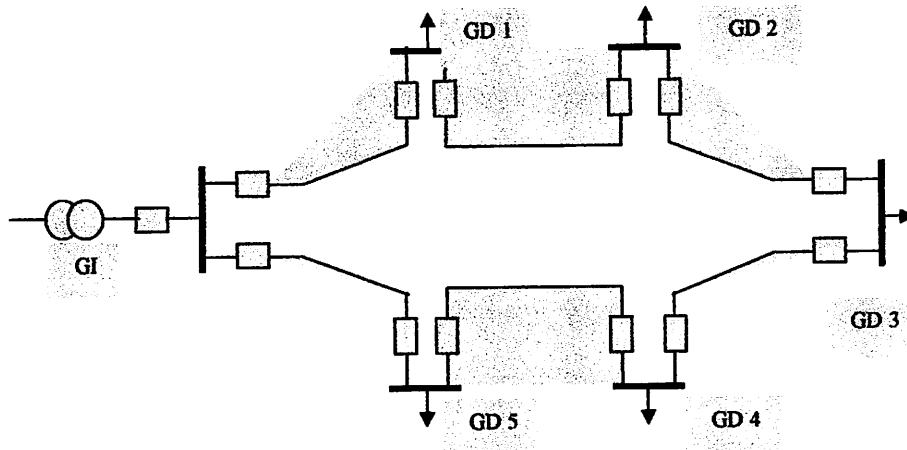
Struktur jaringan radial merupakan struktur jaringan yang paling sederhana dan paling murah biaya pembangunannya. Struktur jaringan ini dalam menyalurkan energi listrik, keandalannya kurang. Suatu gangguan pada penyulang dapat mengakibatkan gangguan dalam penyaluran energi listrik ke konsumen yang berada di belakang titik gangguan.




Gambar 2.2. Struktur Jaringan Radial^[3]

2.1.2. Struktur Jaringan Loop

Struktur jaringan loop merupakan gabungan dari dua struktur jaringan radial, dimana pada ujung kedua jaringan dipasang sebuah pemutus (PMT/CB) atau pemisah (PMS/DS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak berhenti. Dalam kondisi normal, struktur jaringan loop ini merupakan dua struktur jaringan radial. Struktur jaringan ini mempunyai keandalan yang cukup, sehingga biaya pembangunannya lebih mahal dibandingkan dengan biaya pembangunan struktur jaringan radial.



Gambar 2.3. Struktur Jaringan Loop^[3]

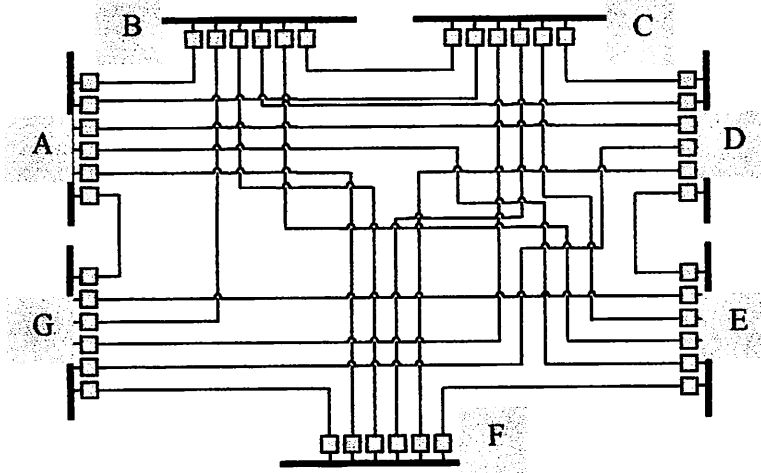
Keterangan :  = *Normally Open*

 = *Normally Close*

2.1.3. Struktur Jaringan Mesh

Struktur jaringan ini merupakan kombinasi antara struktur jaringan radial dengan struktur jaringan loop. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu maka dengan segera

dapat digantikan oleh penyulang yang lain. Dengan demikian kontinuitas penyaluran daya sangat terjamin. Gambar 2-4 menunjukkan bentuk dari struktur jaringan Mesh.



Gambar 2.4. Struktur Jaringan Mesh

2.2. Macam-Macam Struktur Jaringan Distribusi Radial

Tipe jaringan ini merupakan bentuk dasar, susunan maupun kebutuhan alat-alat penunjangnya paling sedikit dan paling sederhana. Tipe ini paling banyak digunakan untuk melayani konsumen terutama beban-beban rumah tangga yang tidak menuntut tingkat kontinuitas pelayanan yang tinggi. Sumber daya pada tipe ini hanya dari satu titik. Salurannya dicabang-cabang menuju ke titik-titik beban, dan antara titik sumber dengan titik beban hanya ada satu pilihan. Dengan demikian bila salah satu saluran cabang mengalami gangguan maka seluruh beban yang ada di saluran tersebut akan mengalami pemadaman total.

Jaringan distribusi radial mempunyai beberapa keuntungan dan kelemahan sebagai berikut :

Keuntungan jaringan radial :

1. Bentuknya sederhana dibandingkan dengan bentuk yang lain.
2. Biaya investasinya relatif lebih murah, karena saluran menuju ke tiap beban hanya tersedia satu jalur.

Kelemahan jaringan radial :

1. Kualitas pelayanan (penyaluran daya) dibanding dengan tipe yang lain lebih jelek, sebab jatuh tegangan dan rugi daya relatif besar. Kerugian ini terjadi pada saluran.
2. Kontinuitas penyaluran daya tidak terjamin. Dengan hanya mengandalkan satu saluran, maka bila terjadi gangguan pada saluran tersebut tidak dapat diharapkan suplai melalui saluran lain.

Jaringan radial ini dalam perkembangannya mengalami beberapa bentuk modifikasi sehingga dikenal beberapa macam jaringan distribusi radial, yaitu :

1. Sistem radial Pohon
2. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah
3. Sistem radial dengan Pusat Beban
4. Sistem radial dengan pembagian Daerah Fasa (*Phase Area*).

2.3. Daya Sistem Distribusi

Daya merupakan banyaknya perubahan tenaga terhadap waktu dalam besaran tegangan dan arus.

2.3.1. Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \varphi \quad (2.1)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang :

$$P = \sqrt{3} |V_{\text{jala-jala}}| |I_{\text{jala-jala}}| \cos \varphi \quad (2.2)$$

2.3.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| |I| \sin \varphi \quad (2.3)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$Q = \sqrt{3} |V_{\text{jala-jala}}| |I_{\text{jala-jala}}| \sin \varphi \quad (2.4)$$

2.3.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \quad (2.5)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} |V_{\text{jala-jala}}| |I_{\text{jala-jala}}| \quad (2.6)$$

Persamaan (2.2), (2.4), (2.6) berlaku tanpa memandang apakah bebannya dihubung secara segitiga (Δ) atau bintang (Y).

2.4. Beban Sistem Distribusi

Secara garis besar beban dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu :

1. Beban Perumahan (Rumah Tangga)

Beban perumahan pada umumnya berupa penerangan, kipas angin, alat-alat rumah tangga dan lain-lain

2. Beban Komersial

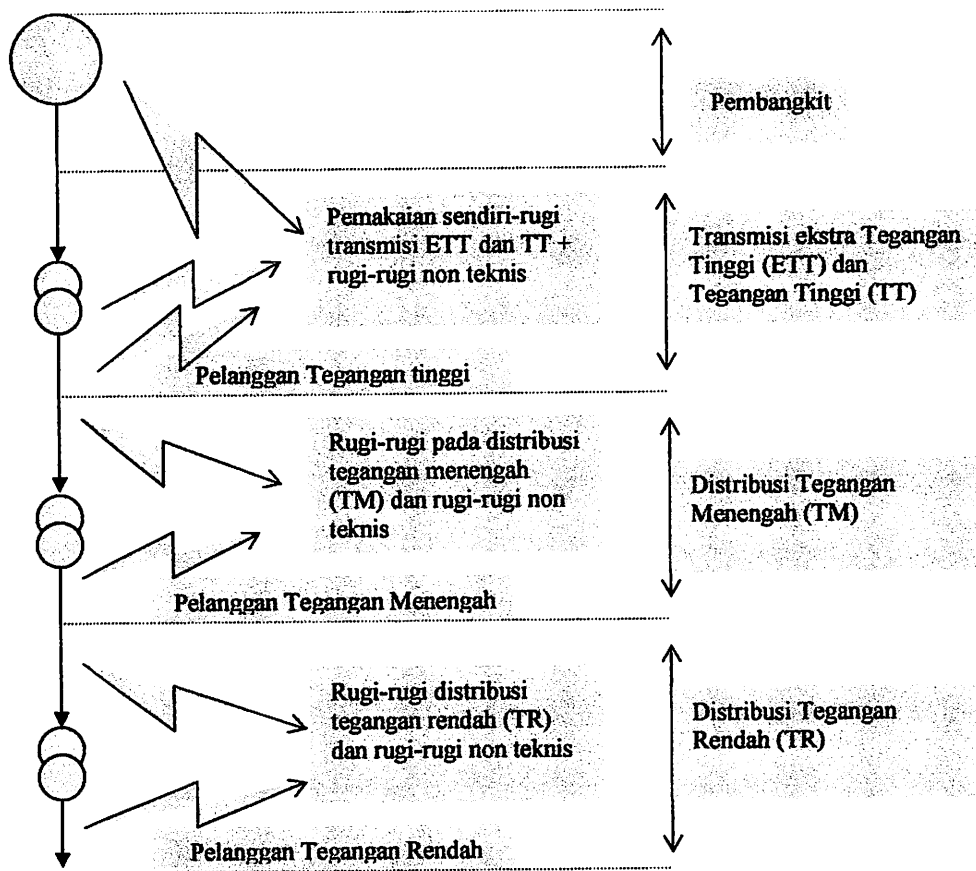
Beban komersial pada umumnya berupa penerangan toko, reklame dan lain-lain.

3. Beban Industri

Beban industri diklasifikasikan menjadi 2 yaitu skala besar dan kecil.

2.5. Rugi-rugi Jaringan

Dalam proses penyaluran energi listrik ke pelanggan terjadi rugi-rugi teknis (*losses*), yaitu rugi daya dan rugi energi, dimulai dari Pembangkit, Transmisi dan Distribusi. Rugi-rugi teknis adalah pada penghantar saluran, adanya tahanan dari penghantar yang dialiri arus, timbulah rugi-rugi teknis (I^2R) pada jaringan tersebut. Pada gambar 2.5. rugi teknis tersebut terdapat pada saluran dan transformator. Rugi teknis pada penyaluran merupakan penjumlahan dari I^2R atau rugi tahanan. Rugi teknis dari jaringan tenaga listrik tergantung dari macam pembebanan pada saluran tersebut (beban merata, terpusat).



Gambar 2.5. Rugi-rugi Pada Bagian Sistem Tenaga^[4]

Keterangan :

- = Aliran daya dan energi
- = Pembangkit
- = Trafo
- ⚡ = Rugi-rugi

2.5.1. Meminimalisasi Rugi Daya Pada Sistem Distribusi

Seperti telah disinggung sebelumnya bahwa pada kebanyakan sistem distribusi dalam penyaluran tenaga listrik umumnya dioperasikan secara radial.

Namun demikian, sistem radial tersebut dioperasikan dengan beberapa “*improvisasi*”. Biasanya terdapat beberapa *tie switch* yang tersedia untuk saling interkoneksi bagi beberapa bus beban (*load bus*) baik dalam satu *feeder* maupun berlainan *feeder*.

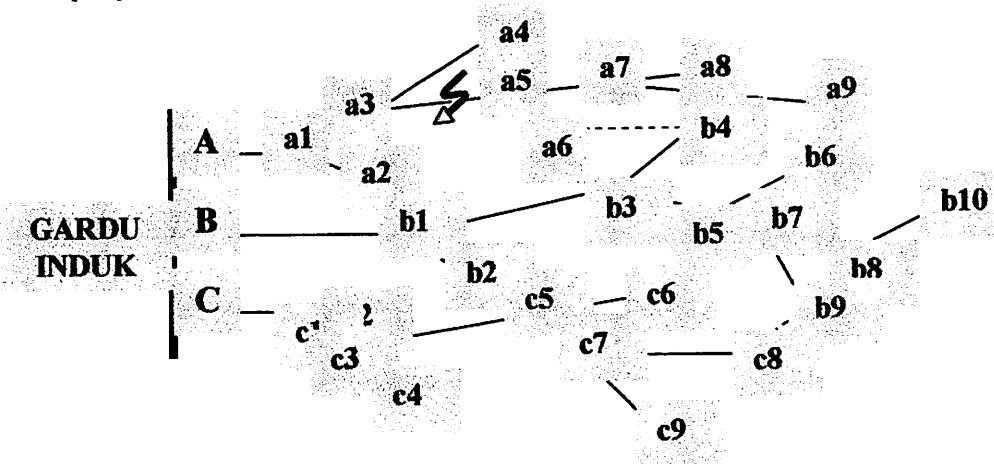
Kondisi improvisasi tersebut sangat diperlukan demi memenuhi persyaratan sebagai sistem yang cukup baik, terutama yaitu kontinuitas pelayanan. Hal ini dapat dijelaskan dengan melihat gambar 2.6.

Suatu sistem penyaluran distribusi radial dari gardu induk mempunyai tiga buah *feeder* (penyulang) yaitu *feeder* A, B dan C. *Feeder* A mempunyai bus-bus beban a_1, a_2, \dots, a_9 . *Feeder* B mempunyai bus-bus beban b_1, b_2, \dots, b_{10} . *Feeder* C mempunyai bus-bus beban c_1, c_2, \dots, c_9 . Jika pada *feeder* A terdapat gangguan pada saluran antara bus a_3 dan a_5 sehingga sampai menyebabkan putusnya saluran maka bus a_5, a_6, \dots, a_9 akan mengalami pemadaman total. Oleh karena itu bus-bus beban yang mengalami pemadaman total tersebut harus disupply dari *feeder* lain (bisa juga dari bus a_4). Tanda (----) menunjukkan bahwa pada saluran itu terdapat *switch* (*Normally Open switch*). Dari gambar dapat dilihat bahwa NO *switch* terdapat antara bus a_6 pada *feeder* A dengan bus b_4 pada *feeder* B. Jika pada saat gangguan terjadi sehingga bus a_3 dan a_5 *open* maka NO *switch* a_6 - b_4 dapat ditutup (*close*) sehingga dengan demikian bus-bus pada *feeder* A yang mengalami pemadaman total dapat diatasi. Hal yang sama juga dapat dilaksanakan antara *feeder* B dengan *feeder* C dengan NO *switch* b_9 - c_8 .

Pada kenyataan di lapangan, lokasi dari bus-bus itu sendiri mempunyai lokasi yang tidak sama sehingga akan menggunakan konduktor yang panjangnya

tidak sama. Kondisi ini tentunya akan membutuhkan resistansi dan reaktansi saluran yang berbeda-beda.

Bahkan bukan itu saja, hal sangat mungkin terjadi adalah bahwa besarnya beban-beban pada bus-bus tersebut tidak sama sehingga dapat dikatakan mempunyai variasi kerapatan beban.



Gambar 2.6. Contoh Kondisi Gangguan Pada Sistem Distribusi Radial

Kedua fenomena tersebut diatas itulah yang menyebabkan sulitnya sistem distribusi radial untuk memenuhi aspek teknis karena alasan lokasi beban dan variasi dari kerapatan beban itu sendiri. Pada akhirnya fenomena ini akan mengakibatkan rugi-rugi daya pada saluran distribusi menjadi tinggi.

Dari permasalahan tersebut diatas, maka diperlukan suatu upaya untuk dapat mengurangi kerugian daya yang terjadi. Dalam prakteknya, sebenarnya ada dua macam cara dalam upaya untuk mengurangi/meminimalisasi rugi-rugi daya pada sistem distribusi tenaga listrik yaitu :

1. Pemasangan/penginstalasian kapasitor.
2. Rekonfigurasi jaringan distribusi.

Untuk selanjutnya, pada skripsi ini akan dibahas mengenai upaya untuk mengurangi kerugian daya yang terjadi pada saluran dengan rekonfigurasi jaringan distribusi yaitu dengan memanfaatkan status dari *switch-switch* (NC/NO *switch*).

Minimalisasi rugi-rugi dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{Min } P_{\text{loss}}(S_v)$$

$$\text{Dengan } P_{\text{loss}} = \sum R_i \times |I_i|^2$$

$$I_i \leq I_{\text{loss}} \quad i = 1 \sim N_b$$

$$V_{\text{min}} \leq V_j \leq V_{\text{max}} \quad j = 1 \sim N$$

Di mana :

P_{loss} = total rugi saluran pada *feeder* distribusi,

S_v = status vector pada *switch*,

N_b = total jumlah cabang dari sistem keseluruhan,

R_i = tahanan cabang i ,

I_i = besarnya arus dari cabang i ,

I_{max} = batas atas dari besar arus cabang i ,

N = total jumlah bus,

V = besarnya tegangan dari bus j ,

V_{max} = batas atas dari besarnya tegangan bus,

V_{min} = batas bawah dari besarnya tegangan bus.

2.6. Teori Dasar

2.6.1. Konsep Dasar Rekonfigurasi

Saluran Distribusi disusun secara radial untuk koordinasi yang efektif pada sistem proteksinya. Saluran distribusi terdiri dari beberapa *switch* yaitu *normally close* dan *normally open* dalam merespon kesalahan, beberapa dari NC akan dibuka untuk memisahkan dari cabang yang mengalami gangguan. Pada waktu

yang sama, beberapa NC akan ditutup untuk mentransfer semua cabang yang dipisahkan ke cabang yang lainnya dalam satu saluran. Semua switch akan dikembalikan pada waktu kondisi normal setelah gangguannya diperbaiki. Para ahli distribusi kadangkala menyusun saluran distribusi menggunakan switch pembuka dan penutup (operasi saklar / switching operation) agar meningkatkan ketahanan dan menghilangkan rugi-rugi saluran. Hasil dari jaringan harus tetap berbentuk radial dan dapat menampung semua beban. Koordinasi skema pengaman yang baru sama dengan yang lama.

Pada skripsi ini, rumusan umum dari masalah penyusunan ulang penyulang untuk mengurangi kerugian dan keseimbangan beban memberikan suatu solusi metoda baru untuk diperkenalkan. Solusi yang mempekerjakan sebuah pencarian atas perbedaan bentuk susunan radial yang diciptakan dengan mempertimbangkan pertukaran cabang jenis switching.

Untuk memandu pencarian, dua perbedaan metoda pendekatan aliran daya dengan derajat ketelitian yang berbeda-beda telah dikembangkan dan diuji. Metoda ini digunakan untuk mengkalkulasi aliran daya baru pada sistem dan menggunakan pengembangan persamaan aliran daya untuk sistem distribusi radial.

Ketelitian analisa dan hasil yang terbaik menunjukkan bahwa :

- Metoda penilaian computationally sangat efisien dalam memberi hasil konservatif secara umum. Juga dalam memberikan pertimbangan aliran daya reaktif dan nyata. Oleh karena itu, metoda tersebut dapat digunakan untuk mencari dan mengatur kembali sistem yang ditentukan jika sistem

tidak bagus penyusunan ulangnya dan melibatkan pemindahan beban antara cabang stasiun yang berbeda.

- Metoda pencarian yang diperkenalkan pada skripsi ini, mempunyai properti menarik sebagai berikut : hal tersebut tidak menyeluruh, itu pesanan m^2 (m adalah banyaknya dari tombol yang terbuka), dan itu melibatkan solusi tentang aliran daya m . Karakteristik pemusatannya bisa diterima meskipun tidak menjamin pemusatan jumlah optimum global. Bagaimanapun, modifikasi pada pencarian dasar diusulkan untuk meningkatkan computational dan karakteristik pemusatan ketika diperlukan.

Bila kedua metoda dibandingkan untuk keseimbangan beban, metoda Distflow yang disederhanakan nampak lebih menarik dengan pertimbangan sebagai berikut .

- Sejak index dari kesetimbangan beban relatif, ketelitian dari metoda Distflow yang disederhanakan adalah cukup.
- Metoda Distflow yang disederhanakan menyediakan suatu perkiraan kasar dan cepat menyangkut aliran daya tanpa menuntut data pada parameter jaringan.
- Pada metoda *backward and forward update* menjadi lebih nyata daripada metoda Distflow yang disederhanakan dalam menaksir pengurangan kerugian daya berkaitan dengan suatu pertukaran cabang, terutama sebagai figur pengurangan kerugian yang lebih kecil. Oleh karena itu, keputusan untuk memilih metoda harus dibuat dengan pertimbangan yang besar

untuk menggambarkan pengurangan kerugian. Suatu rencana yang compromi antara perhitungan dan ketelitian akan dimulai dengan metoda Distflow yang disederhanakan dan kemudian tombol untuk metoda backward and forward update sebagai figur dari pengurangan kerugian untuk mendapatkan yang lebih kecil.

- Rencana pencarian memberikan solusi yang bisa diterima untuk tujuan yang praktis sejak solusi terpusat pada suatu titik optimal lokal, perbedaan antara solusi lokal dan solusi global akan menjadi lebih kecil. Lagipula, karakteristik pemusatan pencarian dapat ditingkatkan dengan memeriksa tempat solusi. Suatu rencana yang mungkin adalah melakukan pencarian cepat yang lain dengan menerapkan lebih dari satu pertukaran cabang dengan pengurangan kerugian yang besar pada masing-masing tingkatan pencarian. Kemudian dua solusi dapat dibandingkan untuk melihat jika mereka memusatkan pada titik yang sama.

Untuk menjaga keseimbangan beban, suatu index kesetimbangan beban menunjukkan bahwa pencarian dan metoda penilaian aliran daya dikembangkan untuk mengurangi kerugian daya dan dapat juga digunakan untuk menjaga keseimbangan beban karena dua permasalahan yang serupa. Antara dua metoda penilaian, kedua metoda Distflow yang disederhanakan, sepertinya lebih sesuai menjaga keseimbangan beban karena dari relatif alam, beban menjaga keseimbangan konsep.

2.6.2. Keseimbangan Beban

Keseimbangan beban dilakukan dengan mengalihkan beban dari penyulang yang mempunyai beban yang terlalu besar ke penyulang yang mempunyai beban tidak terlalu besar, dengan cara mengubah status switch pada masing-masing saluran. Ini dilakukan agar beban yang ditanggung masing-masing penyulang pada gardu induk bisa lebih merata.

Tetapi tentunya untuk keseimbangan beban tidak boleh mengabaikan tujuan dari rekonfigurasi yaitu mereduksi rugi-rugi daya. Jadi keseimbangan beban nanti harus diselaraskan dengan hasil dari rekonfigurasi rugi –rugi daya. Yaitu sesuai dengan saluran yang mampu mereduksi rugi-rugi daya yang paling besar. Jadi perubahan pada switch-switch nantinya disesuaikan dengan hasil dari rekonfigurasi. Besar kesimbangan beban itu sendiri berdasarkan persentase dari kapasitas masing-masing penyulang, bukan dari nilai nominal masing-masing penyulang pada gardu induk trafo II

BAB III

METODE RECONFIGURASI DENGAN TREE SEARCH

Dalam analisa metode *rekonfigurasi* diperlukan suatu proses aliran daya untuk mengetahui tegangan pada bus beban dan rugi-rugi daya pada saluran. Oleh karena itu pembahasan selanjutnya sebelum membahas proses metode rekonfigurasi adalah analisis aliran daya menggunakan metode *backward and forward update*.

3.1. Analisis Aliran Daya

3.1.1. Tujuan

Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan tegangan, arus, daya nyata dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jala-jala listrik pada keadaan pengoperasian normal untuk sekarang dan akan datang.

Tujuan dari aliran daya adalah:

- Untuk menentukan daya nyata dan daya reaktif.
- Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada sistem memenuhi batas-batas yang telah ditetapkan untuk operasi penyaluran daya.
- Untuk mengetahui kondisi awal pada perencanaan sistem yang baru.
- Untuk menentukan daya yang mengalir di tiap saluran jaringan tenaga listrik.

Di dalam analisa aliran daya terdapat 3 jenis variabel :

1. Variabel bebas, misalnya $|V|$ dan δ pada bus beban atau δ dan Q pada bus generator.

2. Variabel tidak bebas, misalnya P dan $|V|$ pada bus generator.
3. Variabel yang tidak dapat diatur, misalnya kebutuhan konsumen.

3.1.2. Klasifikasi Bus

Tujuan aliran daya pada sistem tenaga listrik adalah untuk menghitung besar (*magnitude*) tegangan $|V|$ dan sudut fasa tegangan δ pada semua bus, sehingga dengan diketahuinya parameter-parameter tersebut akan dapat dihitung besar daya yang mengalir beserta rugi-ruginya.

Pada setiap bus dari jaringan terdapat parameter sebagai berikut :

1. Daya nyata, dinyatakan dengan P satuannya MW.
2. Daya reaktif, dinyatakan dengan Q satuannya MVAR.
3. Besar (*magnitude*) tegangan, dinyatakan dengan $|V|$ satuannya kV.
4. Sudut fasa tegangan, dinyatakan dengan δ satuannya derajat.

1 dan 2 menyatakan daya yang dibangkitkan oleh generator yang mengalir ke bus. Jika pada bus terdapat beban, maka daya tersebut menyatakan selisih antara daya yang dibangkitkan dengan daya beban.

Dalam aliran daya, pada setiap busnya perlu diketahui 2 parameter dari 4 parameter yang diperhitungkan. Dengan melihat kedua parameter tersebut dapat diketahui jenis busnya, yaitu:

1. Bus beban

Pada bus ini daya nyata P dan daya reaktif Q diketahui, sementara *magnitude* tegangan $|V|$ dan sudut fasa δ dicari (dihitung).

2. Bus generator (rel tegangan konstan)

Pada bus ini daya nyata P dan magnitudo tegangan $|V|$ diketahui, sementara daya reaktif Q dan sudut fasa δ dicari.

3. Bus berayun

Pada bus ini magnitudo tegangan $|V|$ dan sudut fasa δ diketahui besarnya, sementara daya nyata P dan daya reaktif Q dicari. Sedangkan sudut fasa tegangan δ berharga nol, karena pada bus ini fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

3.1.3 Pembentukan Matrik Admitansi Simpul

Suatu rangkaian yang mempunyai n simpul (termasuk simpul referensi) dapat ditulis dalam bentuk persamaan arus :

$$I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + \dots + Y_{1n}V_n$$

$$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + \dots + Y_{2n}V_n$$

$$I_n = Y_{n1}V_1 + Y_{n2}V_2 + \dots + Y_{nn}V_n$$

Atau
$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \tag{3.1}$$

Dimana : $p = 1, 2, 3, \dots, n$.

I_p = arus yang masuk ke simpul p.

V_q = tegangan simpul q terhadap referensi.

Y_{pq} = admitansi antara simpul p dan q.

Persamaan diatas, dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut :

$$I_{bus} = Y_{bus} \cdot V_{bus} \tag{3.2}$$

Dimana : I_{bus} = matriks kolom vektor arus simpul.

Y_{bus} = matriks kolom vektor admitansi simpul.

V_{bus} = matriks kolom vektor tegangan simpul.

Elemen dari Y_{bus} matriks adalah arus yang mengalir pada simpul dari jaringan dimana terdapat unit sumber tegangan atau simpul dan referensi.

Untuk elemen diagonal Y_{pp} , unit sumber tegangan dipasang pada simpul terhadap referensi dan diukur arus yang melalui elemen tersebut, dimana semua simpul yang lain dihubung singkat, sedangkan elemen bukan diagonal Y_{pq} diukur arus pada simpul p dimana unit sumber tegangan dipasang pada simpul q sedangkan simpul yang lain dihubung singkat, jika p dan q tidak dihubungkan secara langsung maka arus yang mengalir akan sama dengan nol, atau Y_{pq} sama dengan nol.

3.1.4. Penyelesaian Aliran Daya

Untuk penyelesaian masalah aliran daya diperlukan suatu persamaan daya aktif dan daya reaktif yang dinyatakan dalam besaran kompleks. Dimana untuk jaringan sistem tenaga listrik pada tiap-tiap bus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + \dots + Y_{1n}V_n$$

$$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + \dots + Y_{2n}V_n$$

$$I_p = Y_{p1}V_1 + Y_{p2}V_2 + \dots + Y_{pn}V_n$$

Dimana persamaan tersebut dapat dituliskan menjadi bentuk umum :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \tag{3.3}$$

dimana : $p = 1, 2, 3, \dots, n$.

I_p = arus dalam bentuk kompleks yang masuk bus p .

V_q = tegangan bus q dalam bentuk kompleks terhadap referensi.

Y_{pq} = admitansi antara simpul p dan q .

Dalam bentuk matriks persamaan diatas dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & \cdots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & Y_{n3} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix}$$

atau dapat juga ditulis

$$I_{bus} = Y_{bus} \cdot V_{bus} \quad (3.4)$$

dimana : I_{bus} = matriks kolom vektor arus bus.

Y_{bus} = matriks kolom vektor admitansi bus.

V_{bus} = matriks kolom vektor tegangan bus.

Persamaan daya nyata dan daya reaktif yang masuk ke bus adalah :

$$P_p - jQ_p = V_p^* I_p \quad (3.5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3.3) ke persamaan (3.5) maka diperoleh persamaan :

$$P_p - jQ_p = V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \quad (3.6)$$

$$V_p^* = e_p - jf_p = |V_p| \angle -\delta_p$$

$$V_q = e_q - jf_q = |V_q| \angle \delta_q$$

$$Y_{pq} = G_{pq} - jB_{pq} = |Y_{pq}| \angle -\theta_{pq}$$

Dengan demikian persamaan ini dapat dinyatakan dalam bentuk *rectangular* sebagai berikut :

$$P_p - jQ_p = (e_p - jf_p) \sum_{q=1}^n (G_{pq} - jB_{pq}) (e_q + jf_q) \quad (3.7)$$

dimana : $p = 1, 2, 3, \dots, n$.

Persamaan-persamaan terakhir menyatakan dua buah persamaan aliran daya pada sistem dengan n bus, dimana tiap-tiap bus digolongkan dalam $4n$ variabel dan $2n$ variabel yang lain telah ditentukan terlebih dahulu.

Variabel dari bus berayun telah ditentukan terlebih dahulu sehingga persamaan untuk bus berayun ini dapat dihilangkan dan dengan demikian hanya dibutuhkan $(n-1)$ buah persamaan untuk studi aliran daya. Bentuk persamaan dua terakhir + 1 menyatakan hubungan matematis yang diperlukan untuk analisa aliran daya dengan komputer.

Selain itu persamaan diatas hanya berlaku untuk sistem satu fasa dan untuk sistem tiga fasa yang seimbang, dengan satuan yang dipakai adalah perunit, sebab sistem perunit tidak akan terpengaruh oleh perbedaan tegangan pada sistem jaringan yang sesungguhnya.

3.1.5. Metode *Newton Raphson*

Metode *Newton Raphson* dibentuk berdasarkan matriks admitansi simpul (Y_{bus}), sehingga merupakan suatu prosedur yang langsung dan sederhana.

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

Karena pada jaringan sistem tenaga listrik tidak semua simpul saling berhubungan satu dengan yang lainnya, maka Y_{bus} akan membentuk matriks yang terdiri dari elemen-elemen yang mempunyai nilai tidak sama dengan nol (diantara simpul-simpul tersebut mempunyai hubungan saluran) dan elemen-elemen yang bernilai sama dengan nol (diantara simpul-simpul tersebut tidak mempunyai hubungan saluran). Secara matematis persamaan aliran daya metode *Newton Raphson* dapat menggunakan koordinat rectangular, koordinat polar atau bentuk hibrid (gabungan antara bentuk kompleks dengan bentuk polar). Dalam pembahasan ini digunakan bentuk koordinat polar.

Hubungan antara arus simpul I_p dengan tegangan simpul V_q pada suatu jaringan dengan n simpul dapat dituliskan :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \quad (3.8)$$

Injeksi daya pada simpul p adalah :

$$S_p = P_p - jQ_p = V_p^* \cdot I_p \quad (3.9)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \quad (3.10)$$

Dalam penyelesaian aliran daya dengan *Newton Raphson* bentuk persamaan aliran daya yang dipilih adalah polar, dimana tegangan dinyatakan dalam bentuk polar yaitu :

$$V_p^* = |V_p| e^{-j\delta_p}$$

$$V_q = |V_q| e^{j\delta_q}$$

$$Y_{pq}^* = |Y_{pq}| e^{-j\theta_{pq}}$$

Maka persamaan (3.6) dapat ditulis :

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})} \quad (3.11)$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad (3.12)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad (3.13)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (*simultan*) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitude tegangan (V) dan sudut fasa (δ) di setiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.12) dan (3.13) yang dilinierkan dengan metode *Newton Raphson* seperti persamaan berikut ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Dimana :

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

ΔQ = selisih injeksi bersih daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya reaktif tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k.

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

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

H, L, M, N merupakan elemen-elemen *off* diagonal dan diagonal dari sub matriks Jaqobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.12) dan (3.13), dimana :

$$H_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} \qquad N_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial |V_q|}$$

$$M_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} \qquad L_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|}$$

Adapun rumus dari elemen matriks Jaqobian adalah :

Untuk H :

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

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

Untuk N :

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

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

Untuk M :

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

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

Untuk L :

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

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

Untuk menghitung selisih daya, maka mula-mula ditentukan nilai awal tegangan simpul dan sudut fasanya. Kemudian daya nyata dan daya reaktif dihitung dengan menggunakan persamaan (3.12) dan (3.13). Selisih antara daya yang telah ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini merupakan perubahan daya yang terjadi pada simpul.

$$\Delta P = P_{p\text{pembangkitan}} - P_{p\text{beban}} - P_{p\text{perhitungan}} \quad (3.15)$$

$$\Delta Q = Q_{p\text{pembangkitan}} - Q_{p\text{beban}} - Q_{p\text{perhitungan}} \quad (3.16)$$

Magnitude tegangan $|V|$ dan sudut fasa δ_p yang diasumsikan serta selisih daya yang dihitung (ΔP_p dan ΔQ_p) digunakan untuk memperoleh elemen-elemen matriks Jaqobian.

Persamaan (3.14) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi magnitude tegangan ($\Delta(|V|)$) dan sudut fasa tegangan ($\Delta\delta$) yang baru. Sehingga diperoleh harga magnitude tegangan dan sudut fasa tegangan yang baru, yaitu :

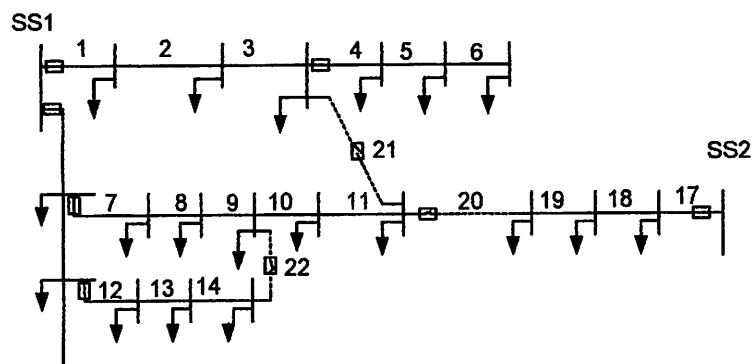
$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta|V|^k \quad (3.17)$$

$$\delta_{k+1} = \delta_k + \Delta\delta_k \quad (3.18)$$

Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya nyata dan daya reaktif antara yang dijadwalkan dengan yang dihitung, yaitu ΔP dan ΔQ untuk semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai *konvergen*.

3.1.6. Pernyataan Permasalahan

Untuk menyederhanakan presentasi, kita akan menghadirkan sistem pada suatu basis per tahap dan beban sepanjang suatu pensuplai adalah tetap sedangkan penempatan beban P,Q pada ujung baris. Kita juga mengasumsikan bahwa tiap-tiap tombol dihubungkan dengan satu baris pada suatu sistem. Sebagai contoh, kita berasumsi bahwa sistem gambar 3-1 dapat diterjemahkan untuk suatu jaringan padanan yang ditunjukkan pada gambar 3-2.



Gambar 3-1: Diagram satu garis dari suatu sistem distribusi kecil

Pada gambar, cabang padat merepresentasikan baris bahwa pada layanan dan ketentuan dasar susunan radial. Cabang yang diberi titik (cabang 20,21,22) menghadirkan baris dengan tombol terbuka.

Jaringan dasar dapat diatur kembali oleh penutupan pertama suatu cabang terbuka, katakan cabang 21 pada gambar. Sejak penekanan tombol ini akan menciptakan sebuah jaringan di dalam sistem, (yang terdiri atas cabang 1,2,3,21,11,10,9,8,7, dan 15), sebuah cabang di dalam jaringan yang berisi suatu tombol harus selalu terbuka, katakan pada cabang 7, untuk mengembalikan struktur radial dari sistem. Sebagai hasil dari switching, beban antara cabang 7-11 akan ditransfer dari satu pensuplai ke pensuplai lainnya. Kita gunakan istilah yang sama untuk cabang [7] dan menamainya operasi dasar *switching* yang merupakan suatu pertukaran cabang antara cabang 21 dan 7. Secara umum, seperti digambarkan pada pengenalan, rencana switching mungkin lebih rumit; kita akan meniru kasus dengan menerapkan beberapa pertukaran cabang berturut-turut.

Perpindahan beban antar feeder yang berbeda dapat ditirukan oleh pertukaran cabang jenis *switching* juga. Dalam hal ini, titik cabang stasiun (titik SS1 dan SS2 pada gambar) akan diperlakukan seperti umumnya walaupun mereka bukan pada titik yang sama. Metoda yang diperkenalkan pada makalah ini mampu menangani seluruh kasus. Ini adalah sesuatu yang penting dari metoda yang diusulkan.

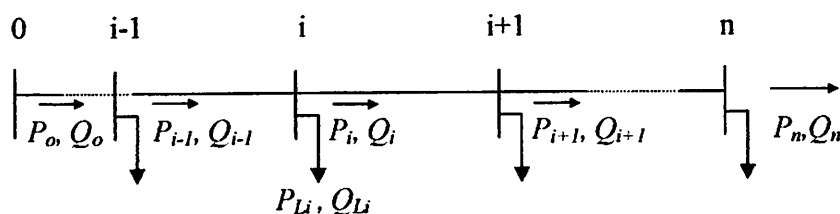
Permasalahan penyusunan ulang jaringan untuk pengurangan kerugian dan menjaga keseimbangan beban akan melibatkan jenis operasi yang sama, yakni beban yang berpindah antara *feeder* atau cabang stasiun oleh perubahan posisi tombol. Perbedaannya hanya pada sasaran. Faktor lain, seperti profil tegangan dari sistem, kapasitas *line/transformers*, penghambat keandalan dapat berfungsi sebagai penghambat.

Untuk menyatakan permasalahan ini sebagai permasalahan optimisasi, catat bahwa susunan yang radial sesuai dengan suatu " perputaran pohon" dari suatu grafik yang mewakili jaringan topologi. Sehingga, kita menyebutnya sebagai masalah perputaran pohon minimal yang dapat dicontohkan sebagai berikut. Berikan sebuah grafik, tentukan sebuah perputaran pohon bahwa fungsi sasaran diperkecil pada saat penghambat mencakup: (i) penghambat tegangan, (ii) penghambat kapasitas lines/transformers, (iii) penghambat keandalan.

Ini merupakan suatu masalah optimisasi *combinatorial* sejak solusi melibatkan pertimbangan dari segala kemungkinan perputaran pohon.

3.1.7 Metode Penyelesaian Studi Aliran Daya

Untuk mengkalkulasi istilah pada masalah optimisasi yang digambarkan pada bagian sebelumnya, kita akan menggunakan suatu persamaan aliran daya yang dari sudut bangunannya mewah dan berguna bagi rencana solusi *computationally* yang efisien [13]. Sebagai gambarannya, perhatikan jaringan radial pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2: Suatu diagram garis dari suatu jaringan radial

Kita mendapatkan baris dengan impedansi $z_1 = r_1 + jx_1$, dan beban sebagai daya tetap,

$$S_L = P_L + jQ_L.$$

Aliran daya pada suatu jaringan distribusi radial dapat diuraikan oleh satu persamaan berulang, disebut *cabang persamaan Distflow*, bahwa penggunaan daya nyata, daya reaktif, dan tegangan yang besar di pengiriman akhir dari suatu cabang- P_i, Q_i, V_i berturut-turut pernyataan jumlah yang sama tentang penerimaan akhir dari cabang sebagai berikut.

$$P_{i+1} = P_i - r_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} - P_{Li+1} \quad (3.19)$$

$$Q_{i+1} = Q_i - x_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} - Q_{Li+1} \quad (3.20)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(r_i P_i + x_i Q_i) + (r_i^2 + x_i^2) \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \quad (3.21)$$

Karenanya, jika P_o, Q_o, V_o di tangkai pohon pertama dari jaringan dikenal atau diperkirakan, kemudian jumlah yang sama di tangkai pohon yang lain dapat dihitung dengan menerapkan pada persamaan cabang yang berturut-turut. Kita akan mengacu pada prosedur pembaharuan ini.

Persamaan cabang Distflow dapat ditulis mundur, yaitu dengan menggunakan daya riil, daya reaktif, dan tegangan yang besar pada penerimaan akhir suatu cabang, P, Q_i, V_i untuk menyatakan jumlah yang sama di pengiriman akhir cabang itu. Hasil dari persamaan berulang tersebut, disebut *backward branch equations* (persamaan cabang mundur),

$$P_{i-1} = P_i + r_i \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{V_i^2} + P_{Li} \quad (3.22)$$

$$Q_{i-1} = Q_i + x_i \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{V_i^2} - Q_{Li} \quad (3.23)$$

$$V_{i-1}^2 = V_i^2 + 2(r_i P_i' + x_i Q_i') + (r_i^2 + x_i^2) \frac{P_i'^2 + Q_i'^2}{V_i^2} \quad (3.24)$$

di mana, $P_i' = P_i' + P_{Li}$, $Q_i' = Q_i + Q_{Li}$

Serupa untuk perbaruan ke depan, suatu perbaruan ke belakangpun dapat digambarkan: awal perbaruan dari tangkai pohon terakhir mengumpamakan variabel jaringan itu P_n , Q_n , V_n pada titik itu diberi dan diproses mundur menghitung jumlah yang sama di tangkai pohon yang lain dengan menerapkan Persamaan (2) berturut-turut. Pembaharuan proses berakhir di tangkai pohon yang pertama (tangkai pohon 0) dan akan menyediakan perkiraan baru dari suntikan daya ke dalam jaringan itu, P_0 , Q_0 .

Catat bahwa dengan rencana penerapan backward and forward update berturut-turut seseorang bisa mendapatkan suatu solusi arus daya sebagaimana diterangkan pada [13]

3.1.8 Kalkulasi dari Terminologi Obyek

Setelah suatu model jaringan, sekarang kita dapat menyatakan kerugian daya dan mengukur keseimbangan beban pada sistem dalam hal variabel sistem.

Untuk mengurangi kerugian, obyek akan memperkecil total i^2r kerugian pada sistem, yang mana dapat dihitung sebagai berikut.

$$LP = \sum_{i=0}^{n-1} r_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \quad \text{p.u.} \quad (3.25)$$

Ini akan menjadi fungsi obyek, c_p dari penyusunan ulang jaringan untuk mengurangi kerugian.

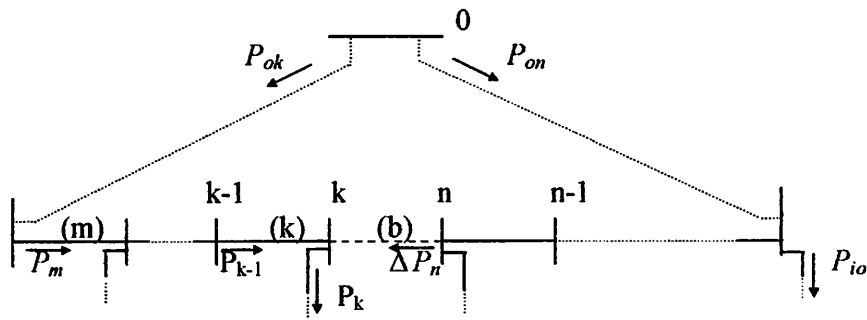
Untuk keseimbangan beban, kita akan menggunakan perbandingan daya kompleks pada pengiriman akhir dari suatu cabang. S_i di atas kapasitas kVA, S_i^{max} sebagai satu ukuran dari berapa banyak cabang itu terisi. Cabang bisa merupakan suatu trafo, suatu tie-line dengan suatu tombol yang sectionalizing atau sederhananya satu bagian baris. Kemudian kita menggambarkan index keseimbangan beban untuk keseluruhan sistem sebagai penjumlahan dari ukuran ini, yaitu.

$$c_b = \sum \left(\frac{S_i}{S_i^{max}} \right)^2 = \sum \frac{P_i^2 + Q_i^2}{S_i^{max2}} \quad (3.26)$$

Ini akan menjadi fungsi obyek, c_b dari keseimbangan beban

Seperti catatan sebelumnya, dua masalah serupa. Keduanya memerlukan data yang sama (parameter sistem dan beban) dan kalkulasi aliran beban untuk mengevaluasi sasaran hasil untuk suatu topologi jaringan yang ditentukan.

Seperti contoh pada bagian sebelumnya, pertukaran cabang dapat digunakan untuk menciptakan perputaran pohon relevan mulai dari perputaran dasar. Secara umum, suatu perputaran pohon T_0 , adalah menghubungkan suatu loop dengan tiap-tiap cabang terbuka pada jaringan dengan mempertimbangkan seolah-olah cabang tertutup. Gambar 3-3 menunjukkan sebuah loop dihubungkan dengan cabang b yang terbuka. Perubahan cabang menciptakan suatu pohon baru dengan menutup suatu cabang terbuka (cabang b pada gambar) dan dengan membuka suatu cabang tertutup pada loop (katakan cabang m pada gambar).



Gambar 3-3: Loop dihubungkan dengan cabang terbuka b

Gagasan dasar rencana pencarian yang menggunakan pertukaran cabang akan dimulai dengan kemungkinan suatu pohon dan kemudian menciptakan berturut-turut sesuatu yang baru dengan menerapkan satu pergantian cabang untuk ditetapkan menjadi "satu yang terbaik" (satu yang berfungsi untuk meningkatkan sasaran paling besar tanpa pelanggaran batasan) kemungkinan antara semua pohon (cabang) bahwa dapat diturunkan dari pejabat yang sekarang yang perputaran pohon (induk) dengan pertukaran cabang. Metoda dapat diuraikan sebagai suatu algoritma dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Langkah 1: Berikan dengan kemungkinan sebuah pohon (induk)

menjalankan Aliran Daya untuk menentukan titik operasi

Langkah 2: Menguji semua cabang dari induk sebagai berikut.

untuk masing-masing cabang terbuka b

- temukan suatu calon pohon baru, T dengan cara
 - mengidentifikasi loop
 - memutuskan atas cabang, m untuk dikembalikan

- untuk calon pohon, T

- mengkalkulasi pengurangan pada sasaran, Δc_{bm}

Langkah 3: Sort; Jenis cabang (pengujian pohon) dengan menggunakan

$\Delta c_{bm}'S$

Langkah 4: Temukan pohon T^* yang mana mempunyai $\Delta c_{bm} > 0$ yang terbesar dan memuaskan batasan kelayakan.

Langkah 5: Jika ada seperti sebuah T^* ,

Kemudian memilih T^* sebagai T_0 dan melangkah ke 1; selain itu stop.

Kita mencatat komentar berikut tentang pencarian.

- Pencarian ini tidak menguji kemungkinan semua pohon dan karenanya solusi akan terjadi di tempat optimal.
- Efisiensi computational dari engsel algoritma ini pada dua hal-hal; pemilihan cabang m untuk; menjadi terbuka, sejak secepatnya mempengaruhi banyaknya pencarian untuk dilakukan, dan kalkulasi dari terminologi sasaran, milik c , karena masing-masing kalkulasi memerlukan suatu aliran daya baru. Meskipun solusi aliran daya dapat diperoleh melalui Distflow yang secara efisien, adalah diinginkan untuk; menjadi mampu menaksir aliran daya lebih cepat tanpa benar-benar mempertimbangkan untuk menjalankan suatu Distflow untuk masing-masing pertukaran cabang. Ini akan mengurangi solusi Distflow ke satu untuk mencari tingkatan yang lain (berulang-ulang)

- Perkiraan aliran daya digunakan pada urutan cabang terbuka. Oleh karena itu, kesalahan perkiraan pada figur bisa mendorong kearah suatu pencarian berbeda dibandingkan dengan penggunaan suatu aliran daya yang tepat.

Pada bagian berikutnya, dua aliran daya dengan metoda pendekatan berbeda, dengan derajat ketelitian yang berbeda, diberikan untuk pengurangan kerugian. Pada bagian 5, ditunjukkan bahwa metoda ini dapat juga digunakan untuk menjaga keseimbangan beban

3.2 Metoda Backward and Forward Update

3.2.1 Update Arus Daya

Metoda yang kedua menggunakan Backward and Forward Update dari Distflow, pada bagian 2 diperkenalkan Update aliran daya di sekitar loop dari suatu pertukaran cabang. Untuk pertukaran cabang nominal b-k dari gambar 4, langkah-langkah metoda menjadi seperti berikut :

Langkah 1: Backward Update

Update aliran daya di sekitar loop oleh Backward Update dimulai dari titik k dan n pada loop dan dengan menyelesaikan Update tegangan dan daya secara terpisah (yaitu, menggunakan Persamaan (2.i) dan Persamaan (2.ii) dengan tegangan asli, V_i untuk perbaruan daya, dan menggunakan persamaan (2.iii) untuk perbaruan tegangan. Dengan mengabaikan perbaruan daya

$$\hat{P}_i, \hat{Q}_i, \quad i=k, \dots, ok ; \quad \hat{P}_i, \hat{Q}_i, \quad i=n, \dots, on \quad (3.27)$$

dan Update tegangan pada tangkai pohon yang umum adalah $\hat{V}_{on}^{\wedge'}$ dan $\hat{V}_{ok}^{\wedge'}$.

Langkah 2: Forward Update

Bandingkan perbedaan tegangan pada titik o (perbedaan antara V_o dan $\hat{V}_{on}^{\wedge'}$, $\hat{V}_{ok}^{\wedge'}$). Jika perbedaan tegangan terlalu besar (lebih besar dari suatu nilai yang sudah dikenal, ϵ^{\max}), berhasil; keliling suatu forward update untuk mengurangi kesalahan (waktu ini dimulai dari titik yang umum o dan penggunaan V_o , $\hat{P}_{ok}^{\wedge'}$, $\hat{P}_{on}^{\wedge'}$, seperti memaraf, pemberian nilai-nilai dan penerapan perbaruan depan). Maka update daya adalah :

$$\hat{P}_i^{\wedge''}, \hat{Q}_i^{\wedge''}, \quad i=ok+1, \dots, k \quad ; \quad \hat{P}_i^{\wedge''}, \hat{Q}_i^{\wedge''}, \quad i=on+1, \dots, n \quad (3.28)$$

Langkah 3: Mengoreksi aliran daya di titik yang umum

Menggunakan perbedaan antara perbaruan $\hat{P}_k^{\wedge'}$, $\hat{P}_n^{\wedge'}$ and $\hat{P}_k^{\wedge''}$, $\hat{P}_n^{\wedge''}$ seperti daya tak serasi dan mengoreksi $\hat{P}_{on}^{\wedge'}$ and $\hat{P}_{ok}^{\wedge'}$ oleh penambahan tidak sepadan mereka, yaitu.,

$$\hat{P}_{ok}^{\wedge''} = \hat{P}_{ok}^{\wedge'} + (\hat{P}_k^{\wedge'} - \hat{P}_k^{\wedge''}) \quad ; \quad \hat{P}_{on}^{\wedge''} = \hat{P}_{on}^{\wedge'} + (\hat{P}_n^{\wedge'} - \hat{P}_n^{\wedge''}) \quad (3.29)$$

Rincian pengembangan dari algoritma ini disampaikan pada catatan tambahan C.

Catatan backward and forward update mendasari suatu iterasi dari solusi aliran daya yang menggunakan cabang persamaan Distflow. Di sini, kita

memanfaatkan metoda dengan melokalisir loop pertukaran cabang dan melakukan suatu iterasi khusus. Oleh karena itu::

- ketelitian dari metoda sebagian besar tergantung pada pemindahan beban P_k, Q_k .

3.2.2 Kalkulasi Pengurangan Kerugian Daya

Karena penilaian kerugian daya, maka :

$$P_{ok} - \hat{P}_{ok} \approx \Delta P_k + \Delta LP_L \quad ; \quad P_{on} - \hat{P}_{on} \approx -\Delta P_k + \Delta LP_R \quad (3.30)$$

di mana, ΔLP_R dan ΔLP_L menyebabkan pengurangan kerugian daya pada R dan L sisi loop berturut-turut. Oleh karena itu, jumlah pengurangan kerugian daya dapat mendekati seperti :

$$\Delta L \hat{P} = \Delta LP_L + \Delta LP_R = (P_{ok} - \hat{P}_{ok}) + (P_{on} - \hat{P}_{on}) \quad (3.31)$$

BAB IV

PENERAPAN METODE *TREE SEARCH* DALAM MEREKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

4.1. Metode *Tree Search*

4.1.1 Maksud dan tujuan

Metode *Tree Search* adalah suatu aturan yang tersusun dari proses dengan berdasarkan pada pengalaman, intuisi dan pertimbangan-pertimbangan. Dengan kata lain metode *Tree Search* erat hubungannya dengan cara pikir seorang insinyur yang berbasis pada kemampuan analisis dan pengalaman, jadi bukan suatu bentuk optimasi yang berbasis murni matematika.

Metode *Tree Search* merupakan salah satu metode yang mendekati baik dalam menemukan solusi dengan waktu perhitungan yang singkat, hal ini disebabkan metode *tree search* mempunyai aturan-aturan (*rules*) yang mudah dan efisien sehingga mengurangi berbagai alternatif pencarian solusi. Dengan meminimalkan jumlah kandidat suatu solusi, maka metode *Tree Search* mempunyai nilai tambah tersendiri dibandingkan dengan metode lain.

4.1.2. *Tree Search* Dalam Sistem Algoritma

Pada dasarnya algoritma sering digunakan sebagai alat untuk mempermudah pemecahan suatu permasalahan yang dinyatakan dalam bentuk matematis. Sedangkan *Tree Search* adalah suatu kumpulan algoritma-algoritma, maka sangatlah penting untuk menetapkan *Tree Search* dalam bentuk algoritma

sehingga memiliki aturan-aturan yang jelas, apabila tidak diperoleh suatu metode yang efisien.

Untuk mendapat solusi yang baik pada suatu masalah ada beberapa strategi yang perlu dipertimbangkan yaitu :

- ▶ Mencari algoritma yang efisien
- ▶ Menunjukkan bahwa hanya kasus khusus dari masalah yang akan diselesaikan dengan membuat algoritma yang efisien
- ▶ Melonggarkan beberapa pembatas yang ada dan mengembangkan algoritma masalahnya sejauh tidak menyimpang dari aturan-aturan yang telah ditetapkan.

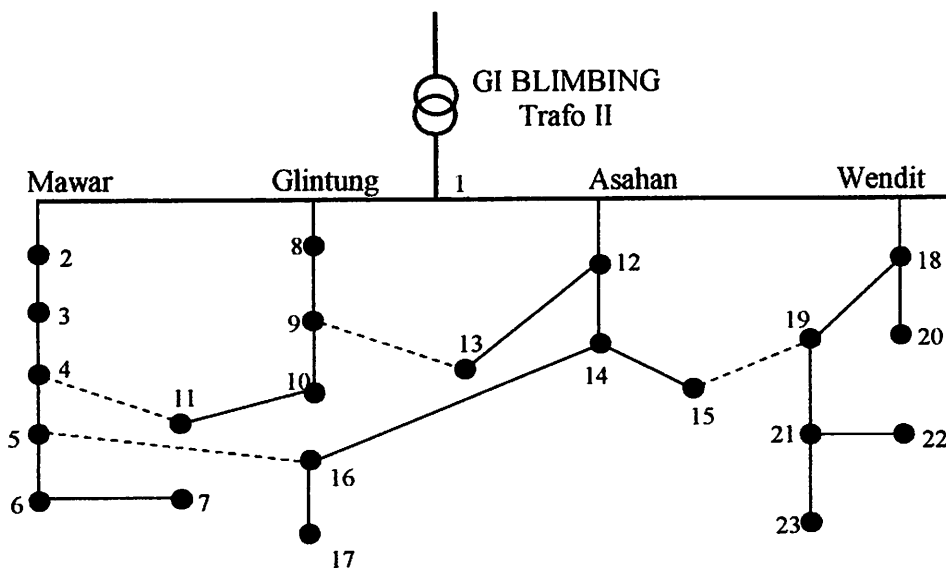
Untuk pemecahan masalah *rekonfigurasi* jaringan digunakan bantuan program komputer. Program komputer ini sangat berguna untuk mempercepat proses perhitungan yang membutuhkan ketelitian tinggi dan sering melibatkan iterasi yang membutuhkan waktu yang lama bila dikerjakan manual.

Program yang dipergunakan pada bahasa pemrograman *Borland Delphi* versi 7.0 merupakan bahasa pemrograman terstruktur yang relatif mudah untuk dipelajari dan mudah penggunaannya.

4.2. Bentuk Jaringan Sistem Distribusi

Sebagai sarana untuk mengilustrasikan pelaksanaan program penyusunan ulang jaringan distribusi dengan metode *Tree Search* dipergunakan contoh sistem jaringan distribusi primer yang dalam keadaan awalnya seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 dengan data impedansi seperti pada tabel 4.2.

Sistem distribusi yang pada awalnya diasumsikan bersifat radial yaitu dalam kelompok beban dilayani oleh satu sumbu dan beban-beban untuk tiap node ditetapkan besarnya serta terdapat *switch-switch* yang statusnya dapat diubah sesuai dengan karakteristik dan bentuk jaringan.. Pada jaringan distribusi ini digunakan tranformator II GI Blimbing sebagai sumber tenaga dan mensuplai daerah yang kepadatan bebannya sangat bervariasi, dimana semua itu di gunakan hanya sebagai contoh untuk menunjukkan bagaimana program penyusunan ulang jaringan dapat di tampilan. Tujuan dari program penyusunan ulang jaringan dapat ditampilkan. Tujuan utama pada program ini untuk mencari solusi yang mendekati *optimal* dalam mengatasi beban lebih pada jaringan dan tegangan abnormal pada jaringan, begitu pula secara bersama untuk mereduksi rugi-rugi daya yang ada pada suatu jaringan.



Gambar 4.1. Konfigurasi Jaringan Radial sebelum Rekonfigurasi

Keterangan : — = Switch Tertutup Otomatis (NC)
 - - - - - = Switch Terbuka Otomatis (NO)
 ● = Titik beban

4.3 Penjabaran Metode Backward dan Forward Update

4.3.1. Metode Backward Update

Update aliran daya di sekitar loop oleh Backward Update dilakukan dengan menyelesaikan Update tegangan dan daya secara terpisah, dimana untuk mengupdate aliran daya dan tegangan tersebut digunakan cara menghitung mundur dan dimulai dari saluran pada switch Normally Open.

Misalkan pada Loop I, dengan tombol Normally Open terletak pada saluran 4-11. Setelah digunakan metode Newton-Raphson, dan diketahui masing-masing daya dan tegangan pada tiap saluran, kemudian daya dan tegangan yang sudah diketahui tadi diperbaiki dengan menggunakan Backward Update dengan titik beban 4 (P_4) sebagai referensi awal (diketahui dari Metode Newton Raphson). Dari persamaan 3.22, 3.23, dan 3.24 untuk meng-update daya pada Loop I adalah :

untuk meng-up date P (Daya Nyata) adalah :

$$P_3 = P_{4-1} = P_4 + r_4 \frac{P_4'^2 + Q_4'^2}{V_4^2} + P_{L4}$$

$$P_2 = P_{3-1} = P_3 + r_3 \frac{P_3'^2 + Q_3'^2}{V_3^2} + P_{L3}$$

$$P_1 = P_{2-1} = P_2 + r_2 \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{V_2^2} + P_{L2}$$

$$P_{10} = P_{11-1} = P_{11} + r_{11} \frac{P_{11}'^2 + Q_{11}'^2}{V_{11}^2} + P_{L11}$$

$$P_9 = P_{10-1} = P_{10} + r_{10} \frac{P'_{10}{}^2 + Q'_{10}{}^2}{V_{10}{}^2} + P_{L10}$$

$$P_8 = P_{9-1} = P_9 + r_9 \frac{P'_9{}^2 + Q'_9{}^2}{V_9{}^2} + P_{L9}$$

untuk meng-up date Q (Daya Reaktif) adalah :

$$Q_3 = Q_{4-1} = Q_4 + x_4 \frac{P'_4{}^2 + Q'_4{}^2}{V_4{}^2} - Q_{L4}$$

$$Q_2 = Q_{3-1} = Q_3 + x_3 \frac{P'_3{}^2 + Q'_3{}^2}{V_3{}^2} - Q_{L3}$$

$$Q_1 = Q_{2-1} = Q_2 + x_2 \frac{P'_2{}^2 + Q'_2{}^2}{V_2{}^2} - Q_{L2}$$

$$Q_{10} = Q_{11-1} = Q_{11} + x_{11} \frac{P'_{11}{}^2 + Q'_{11}{}^2}{V_{11}{}^2} - Q_{L11}$$

$$Q_9 = Q_{10-1} = Q_{10} + x_{10} \frac{P'_{10}{}^2 + Q'_{10}{}^2}{V_{10}{}^2} - Q_{L10}$$

$$Q_8 = Q_{9-1} = Q_9 + x_9 \frac{P'_9{}^2 + Q'_9{}^2}{V_9{}^2} - Q_{L9}$$

dan untuk mengupdate tegangan adalah :

$$V_3 = V_{4-1}^2 = V_4^2 + 2(r_4 P'_4 + x_4 Q'_4) + (r_4^2 + x_4^2) \frac{P_4'^2 + Q_4'^2}{V_4^2}$$

$$V_2 = V_{3-1}^2 = V_3^2 + 2(r_3 P'_3 + x_3 Q'_3) + (r_3^2 + x_3^2) \frac{P_3'^2 + Q_3'^2}{V_3^2}$$

$$V_1 = V_{2-1}^2 = V_2^2 + 2(r_2 P'_2 + x_2 Q'_2) + (r_2^2 + x_2^2) \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{V_2^2}$$

$$V_{10} = V_{11-1}^2 = V_{11}^2 + 2(r_{11} P'_{11} + x_{11} Q'_{11}) + (r_{11}^2 + x_{11}^2) \frac{P_{11}^{\prime 2} + Q_{11}^{\prime 2}}{V_{11}^2}$$

$$V_9 = V_{10-1}^2 = V_{10}^2 + 2(r_{10} P'_2 + x_{10} Q'_{10}) + (r_{10}^2 + x_{10}^2) \frac{P_{10}^{\prime 2} + Q_{10}^{\prime 2}}{V_{10}^2}$$

$$V_8 = V_{9-1}^2 = V_9^2 + 2(r_9 P'_9 + x_9 Q'_9) + (r_9^2 + x_9^2) \frac{P_9^{\prime 2} + Q_9^{\prime 2}}{V_9^2}$$

di mana, $P_i' = P_i' + PL_i$, $Q_i' = Q_i + QL_i$

4.3.2. Metode Forward Update

Jika perbedaan tegangan terlalu besar (lebih besar dari suatu nilai yang sudah dikenal, ε^{\max}), maka perlu dilakukan Forward Update dimana untuk mengupdate aliran daya dan tegangan tersebut digunakan cara menghitung maju. Pada Loop I, perhitungan dimulai dari bus 1 sampai saluran dengan switch Normally Open dengan P_1 sebagai referensi awal.

Forward Update menggunakan persamaan seperti pada persamaan (3.19, 3.20, 3.21) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Untuk Daya Nyata (P) :

$$P_2 = P_{1+1} = P_1 - r_1 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{V_1^2} - P_{L1+1}$$

$$P_3 = P_{2+1} = P_2 - r_2 \frac{P_2^2 + Q_2^2}{V_2^2} - P_{L2+1}$$

$$P_4 = P_{3+1} = P_3 - r_3 \frac{P_3^2 + Q_3^2}{V_3^2} - P_{L3+1}$$

$$P_2 = P_{1+1} = P_1 - r_1 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{V_1^2} - P_{L1+1}$$

$$P_8 = P_{1+1} = P_1 - r_1 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{Y_1^2} - P_{L1+1}$$

$$P_9 = P_{8+1} = P_8 - r_8 \frac{P_8^2 + Q_8^2}{Y_8^2} - P_{L8+1}$$

$$P_{10} = P_{9+1} = P_9 - r_9 \frac{P_9^2 + Q_9^2}{Y_9^2} - P_{L9+1}$$

$$P_{11} = P_{10+1} = P_{10} - r_{10} \frac{P_{10}^2 + Q_{10}^2}{Y_{10}^2} - P_{L10+1}$$

Untuk Daya Reaktif :

$$Q_2 = Q_{1+1} = Q_1 - X_1 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{Y_1^2} - Q_{L1+1}$$

$$Q_3 = Q_{2+1} = Q_2 - X_2 \frac{P_2^2 + Q_2^2}{Y_2^2} - Q_{L2+1}$$

$$Q_4 = Q_{3+1} = Q_3 - X_3 \frac{P_3^2 + Q_3^2}{Y_3^2} - Q_{L3+1}$$

$$Q_8 = Q_{1+1} = Q_1 - X_1 \frac{P_1^2 + Q_1^2}{Y_1^2} - Q_{L1+1}$$

$$Q_9 = Q_{8+1} = Q_8 - X_8 \frac{P_8^2 + Q_8^2}{Y_8^2} - Q_{L8+1}$$

$$Q_{10} = Q_{9+1} = Q_9 - X_9 \frac{P_9^2 + Q_9^2}{Y_9^2} - Q_{L9+1}$$

$$Q_{11} = Q_{10+1} = Q_{10} - X_{10} \frac{P_{10}^2 + Q_{10}^2}{Y_{10}^2} - Q_{L10+1}$$

Untuk Tegangan :

$$V_2 = V_{1+1}^2 = V_1^2 - 2(r_1 P_1 + x_1 Q_1) + (r_1^2 + x_1^2) \frac{P_1^2 + Q_1^2}{V_1^2}$$

$$V_3 = V_{2+1}^2 = V_2^2 - 2(r_2 P_2 + x_2 Q_2) + (r_2^2 + x_2^2) \frac{P_2^2 + Q_2^2}{V_2^2}$$

$$V_4 = V_{3+1}^2 = V_3^2 - 2(r_3 P_3 + x_3 Q_3) + (r_3^2 + x_3^2) \frac{P_3^2 + Q_3^2}{V_3^2}$$

$$V_8 = V_{1+1}^2 = V_1^2 - 2(r_1 P_1 + x_1 Q_1) + (r_1^2 + x_1^2) \frac{P_1^2 + Q_1^2}{V_1^2}$$

$$V_9 = V_{8+1}^2 = V_8^2 - 2(r_8 P_8 + x_8 Q_8) + (r_8^2 + x_8^2) \frac{P_8^2 + Q_8^2}{V_8^2}$$

$$V_{10} = V_{9+1}^2 = V_9^2 - 2(r_9 P_9 + x_9 Q_9) + (r_9^2 + x_9^2) \frac{P_9^2 + Q_9^2}{V_9^2}$$

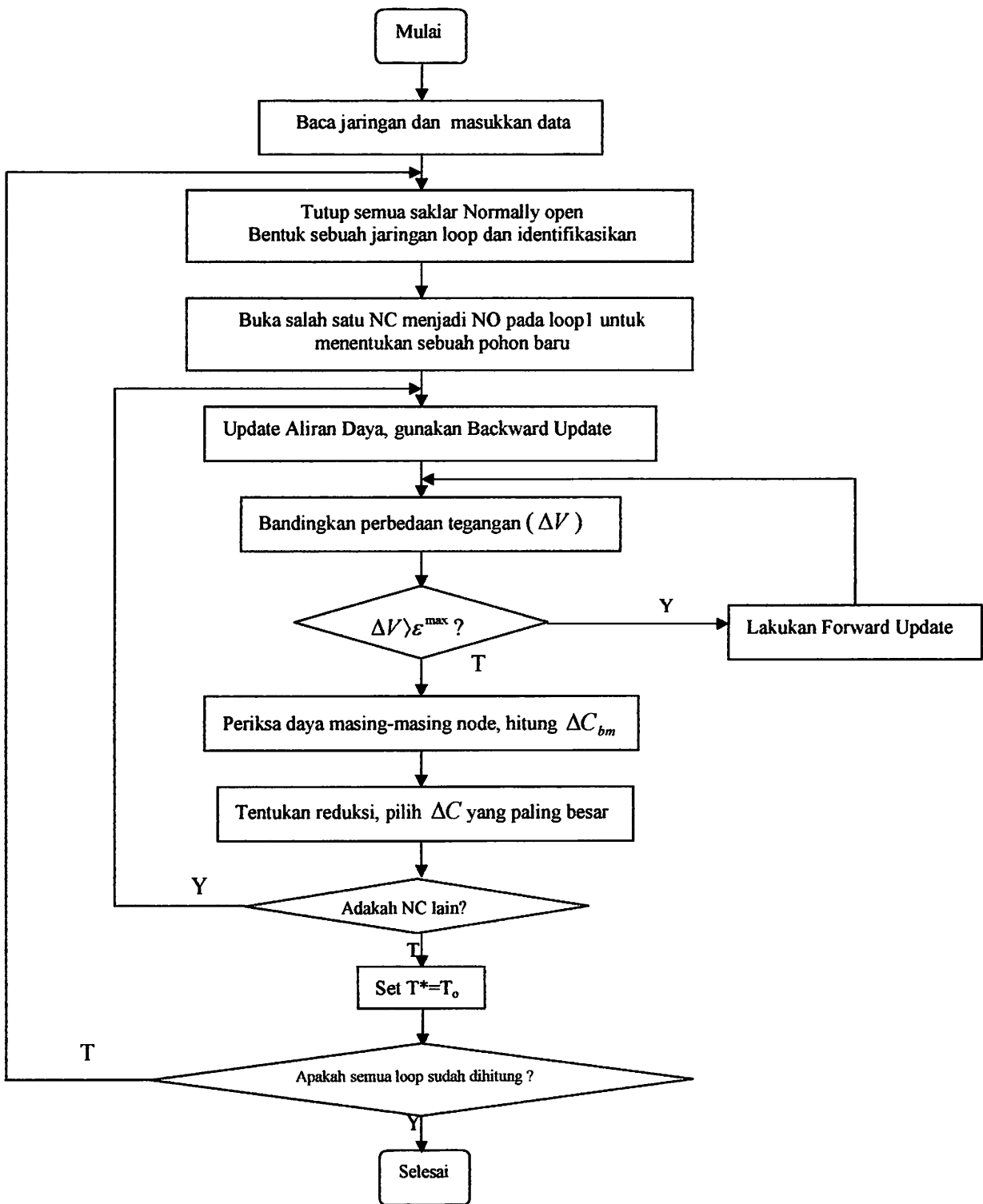
$$V_{11} = V_{10+1}^2 = V_{10}^2 - 2(r_{10} P_{10} + x_{10} Q_{10}) + (r_{10}^2 + x_{10}^2) \frac{P_{10}^2 + Q_{10}^2}{V_{10}^2}$$

Tetapi jika perubahan tegangan tidak melampaui nilai ε^{\max} , tidak perlu dilakukan Forward Update.

4.4. Model Penyusunan Ulang Jaringan Distribusi

Dalam strategi penyusunan ulang jaringan distribusi ada beberapa aturan untuk mendapat konfigurasi baru yang bisa mengatasi pelanggaran-pelanggaran diatas. Diagram alir (*flow-chart*) pengoperasian program penyusunan ulang jaringan secara *branch exchange* ditunjukkan pada gambar 4.2. dan secara garis besarnya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Masukkan data-data jaringan.
2. Tutup semua Normally Open, bentuk jaringan *loop*.
3. Tentukan pohon awal (T_0) dan hitung aliran daya.
4. Identifikasi loop.
5. Tentukan pohon baru (T) dengan membuka salah satu Normally Close menjadi Normally Open..
6. Update aliran daya dengan menggunakan Backward Update. Gunakan persamaan 3.4 dan 3.5 dengan tegangan yang asli dan gunakan persamaan 3.6 untuk meng-update tegangan
7. Bandingkan perbedaan tegangan pada node awal dengan kedua tegangan ujung (V_0 dengan V_{ok}, V_{on}). Jika perbedaan tegangan besar sekali, (lebih besar dari ε^{\max}), lakukan Forward Update untuk menguji error. ε^{\max} adalah batas tegangan yang diijinkan yaitu antara 1,05 pu sampai dengan 0,95 pu.
8. Periksa daya masing-masing node, dan hitung besarnya reduksi (ΔC_{bm}).
9. Periksa apakah ada NC pada loop ini. Jika ada, buka NC dan tutup NO. Kembali ke langkah 6. Jika tidak ada, tentukan reduksi pada loop 1 (T^*) dengan memilih ΔC yang paling besar, kemudian lanjutkan ke langkah 10.
10. Set $T^* = T_0$
11. Periksa apakah semua loop sudah dihitung, jika belum kembali ke langkah 3 dan jika sudah perhitungan selesai.



Gambar 4.2. Flowchart Program

4.5. Pengolahan Data

Untuk mengilustrasikan pelaksanaan running program penyusunan ulang jaringan distribusi, digunakan data jaringan Trafo II GI Blimbing.

Trafo II GI Blimbing terdiri dari :

1. Penyulang Mawar (M), dengan kapasitas terpasang 9.430 kVA
2. Penyulang Glintung (G), dengan kapasitas terpasang 7.300 kVA
3. Penyulang Asahan (A), dengan kapasitas terpasang 10.785 kVA
4. Penyulang Wendit (W), dengan kapasitas terpasang 10.230 kVA

Tegangan dasar : 20 kV

Daya dasar : 100 MVA

Penghantar SUTM 20 kV : AAAC 150 mm

Impedansi Penghantar : $0,2162 + j 0,3305 \Omega/\text{km}$

Cos φ : 0,8

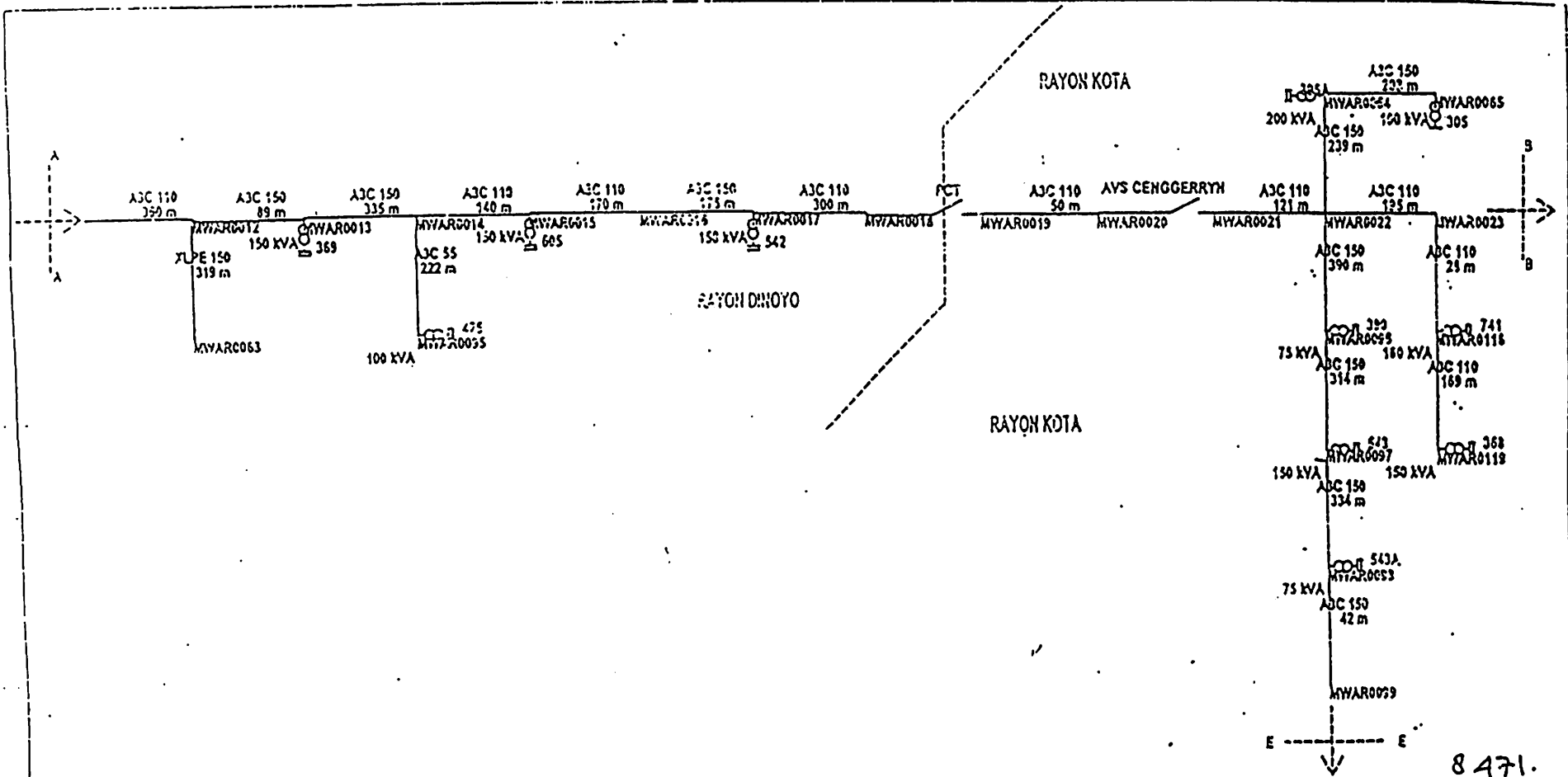
TABEL 4.1
DATA JARINGAN DISTRIBUSI
IMPEDANSI PENYULANG

BUS	R (Ω)	X (Ω)	Jarak (Km)
1-2	1.2142	1.856	5.745
2-3	0.8832	1.3501	4.085
3-4	1.0896	1.6657	5.040
4-5	0.8425	1.288	3.897
5-6	0.1464	0.2238	0.677
6-7	0.3628	0.5546	1.678
1-8	0.2986	0.4564	1.381
8-9	0.2581	0.3946	1.194
9-10	0.2197	0.3358	1.016
10-11	0.3226	0.4931	1.492
1-12	0.5349	0.8177	2.474
12-13	0.7444	1.1379	3.443
12-14	0.3559	0.544	1.646
14-15	0.2558	0.391	1.183
14-16	0.5935	0.9072	2.745
16-17	0.0283	0.0433	0.131
1-18	0.3853	0.589	1.782
18-19	0.6553	1.0017	3.031
18-20	1.6516	2.5247	7.640
19-21	0.3349	0.5119	1.549
21-22	0.3191	0.4878	1.476
21-23	1.0138	1.5497	4.689
4-11	0.0448	0.0684	0.207
9-13	0.0374	0.0572	0.173
15-19	0.2408	0.3682	1.114
5-16	0.0566	0.0866	0.262

Bus 1 merupakan bus berayun, Bus 2 sampai dengan 27 merupakan bus beban

Dari table 4.1 lampiran, daya P (MW) dan Q (MVAR), maka beban untuk masing-masing bus akan diperoleh hasil seperti pada tabel 4.2 berikut ini :

Lampiran



8471.

**PT. PLN (PERSERO)
JASA ENJINIRING**

Project Name: **PENJURULAN SUSUT KWH
PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG**

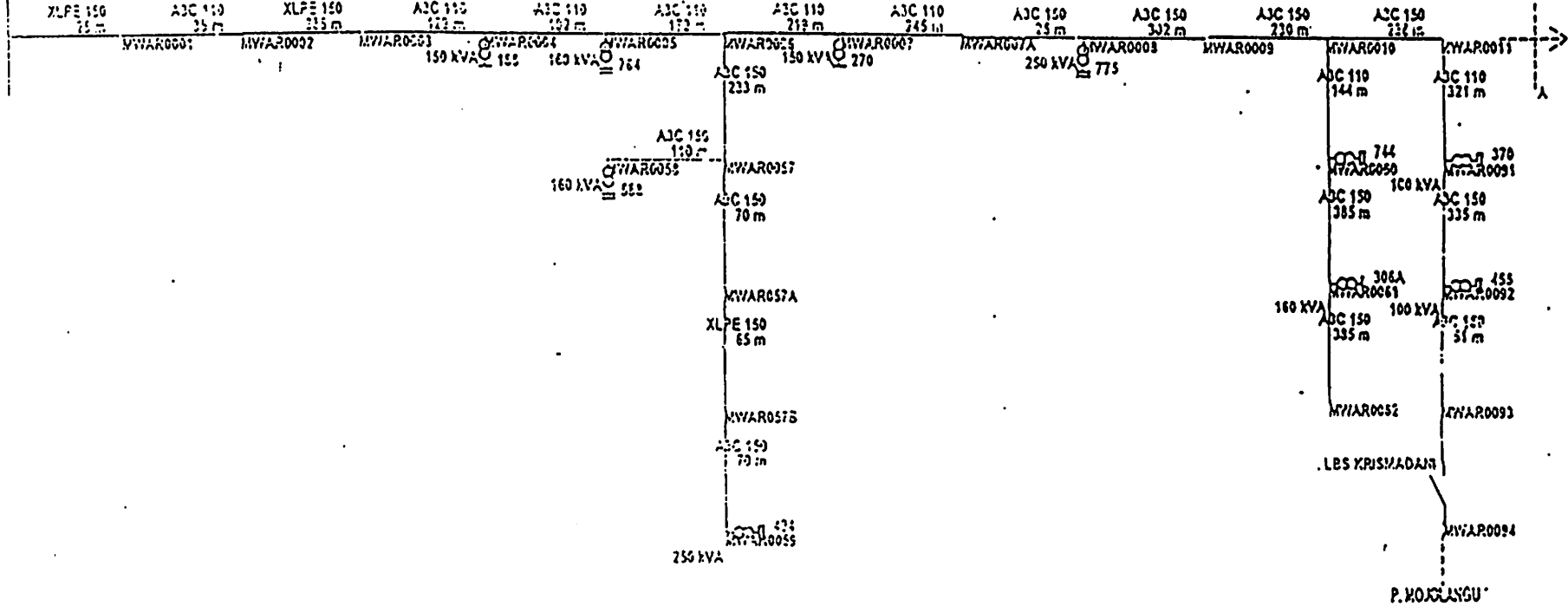
Title: **SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG MAMAR**

Design By : _____ Drawing No.:


Drawn By : _____ 4102-3100-L-51-05-MWAR-013-C3-0

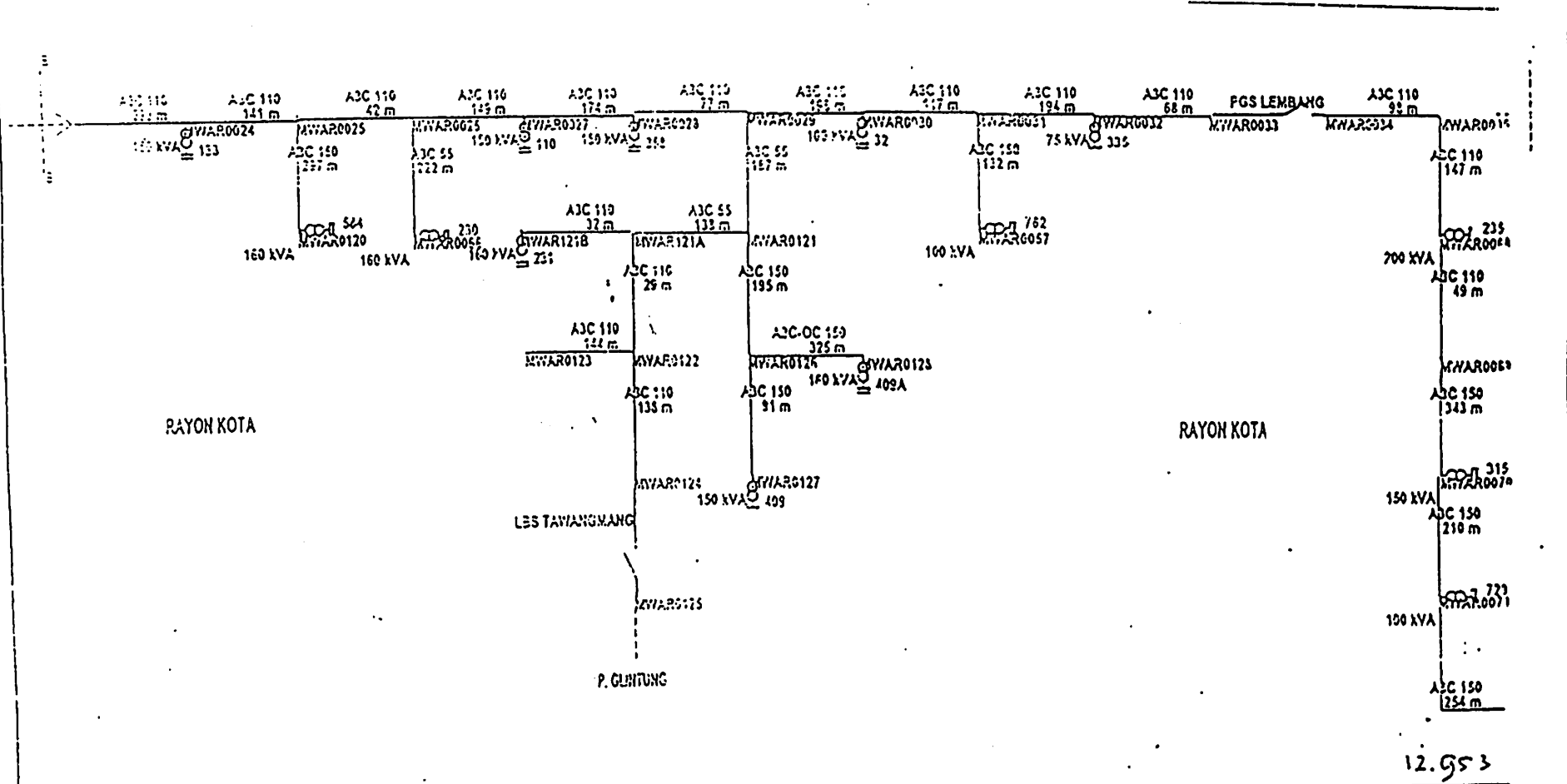
Approved By : _____
Checked By : _____
Date : SEPTEMBER 2000 Rev.: 0

G: BLUMENING




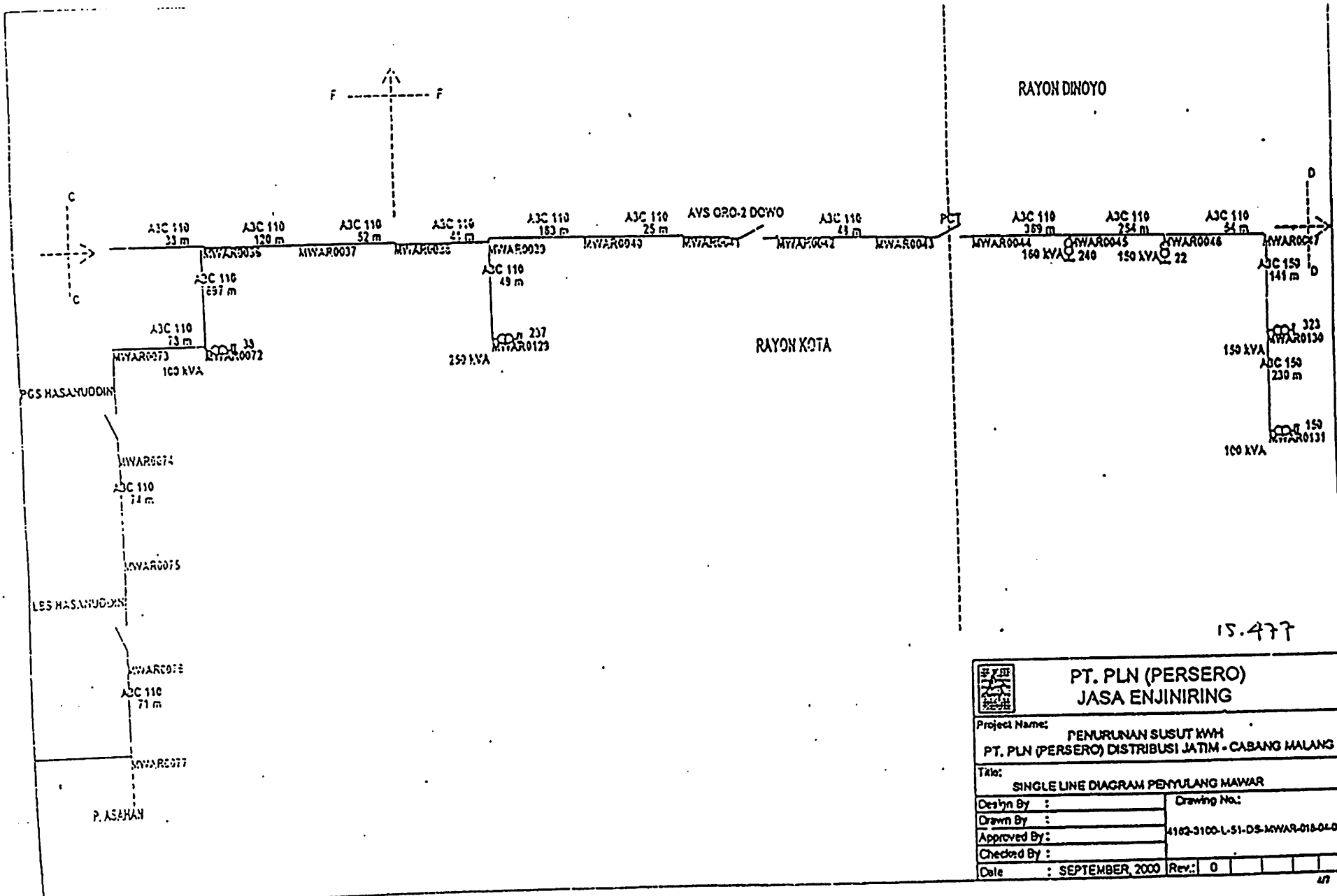
A.276

 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG MAWAR	
Design By :	Drawing No.:
Drawn By :	
Approved By :	4102-3100-L-31-DS-MWAR-013-01-9




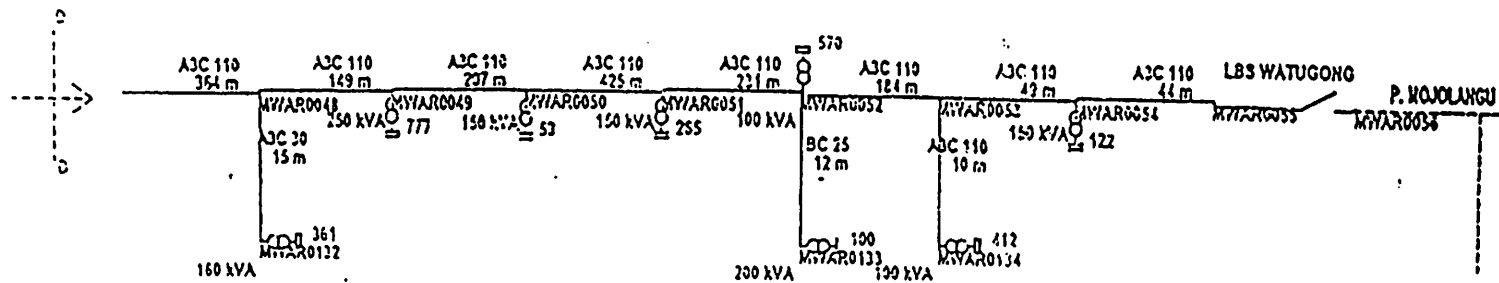
12.953

 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name:	
PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALI	
Title:	
SINGLE LINE DIAGRAM PENULANG MAWAR	
Design By :	Drawing No.:
Drawn By :	4182-3100-L-51-05-MWAR-1100
Approved By :	
Checked By :	
Date :	SEPTEMBER, 2000
Rev.:	0




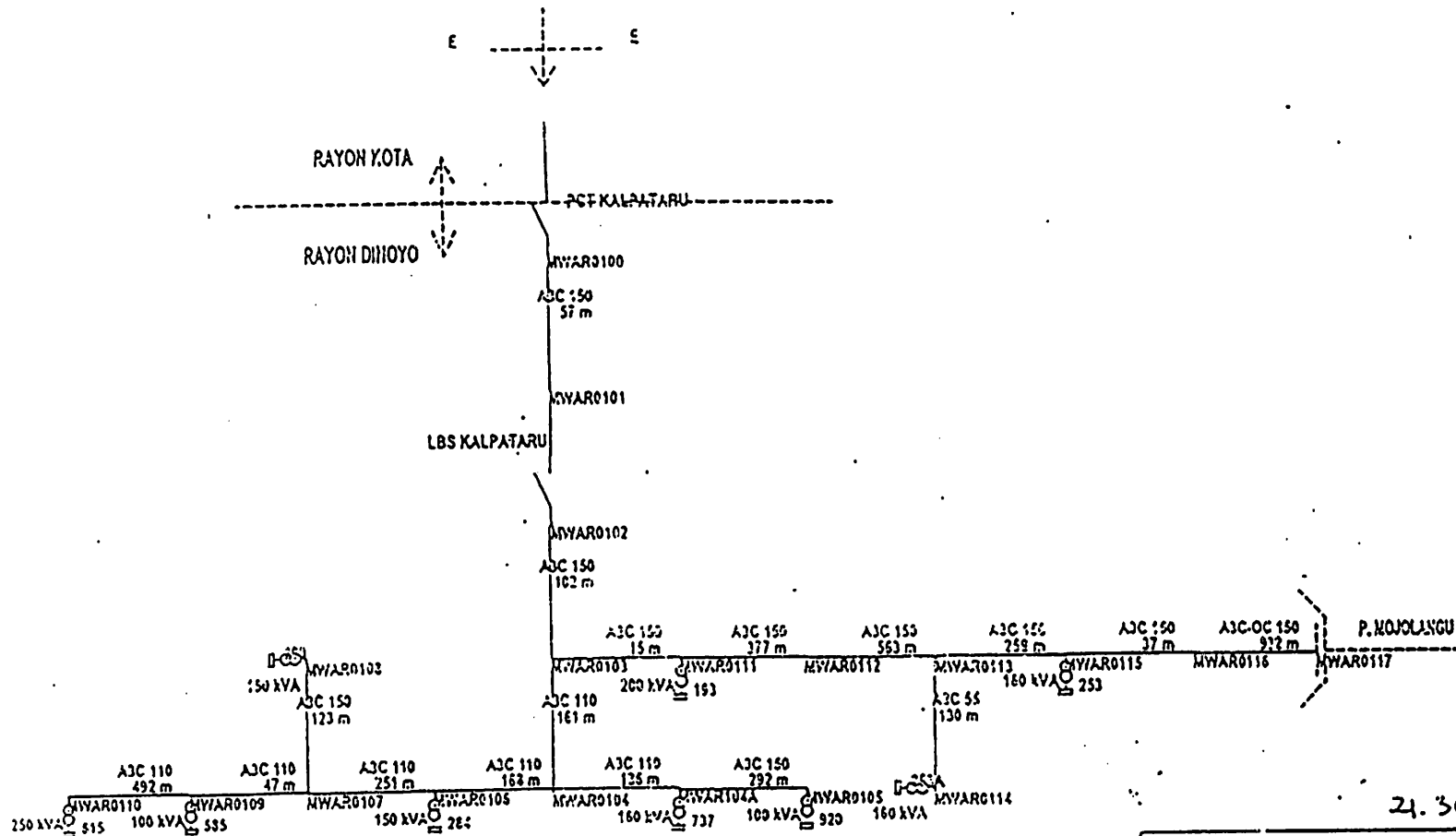
15.477

 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG MAWAR	
Design By :	Drawing No.:
Drawn By :	4162-3100-L-51-DS-MWAR-018-04-0
Approved By :	
Checked By :	
Date : SEPTEMBER 2000	Rev.: 0




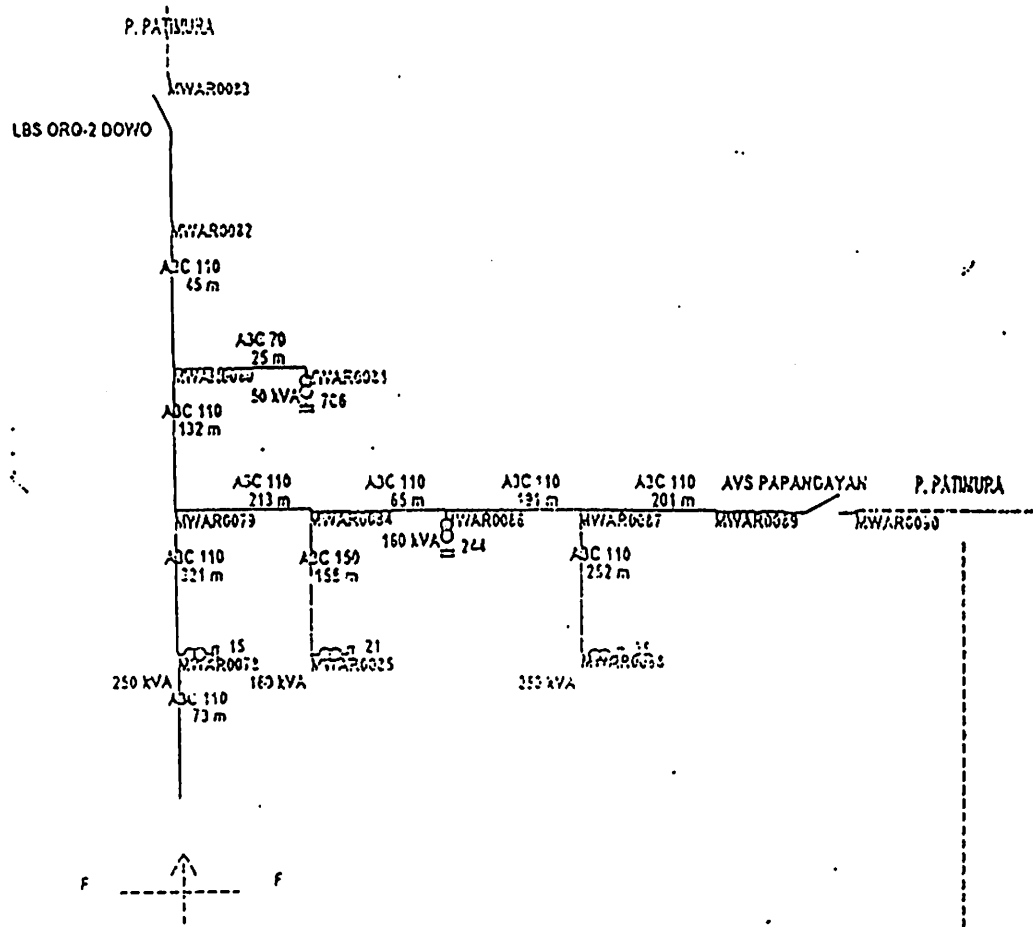
17.167


 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG MAWAR	
Design By :	Drawing No.:
Drawn By :	4182-3100-L-51-DS-MWAR-016-C-0
Approved By :	
Checked By :	
Date : SEPTEMBER 2000	Rev.: 0

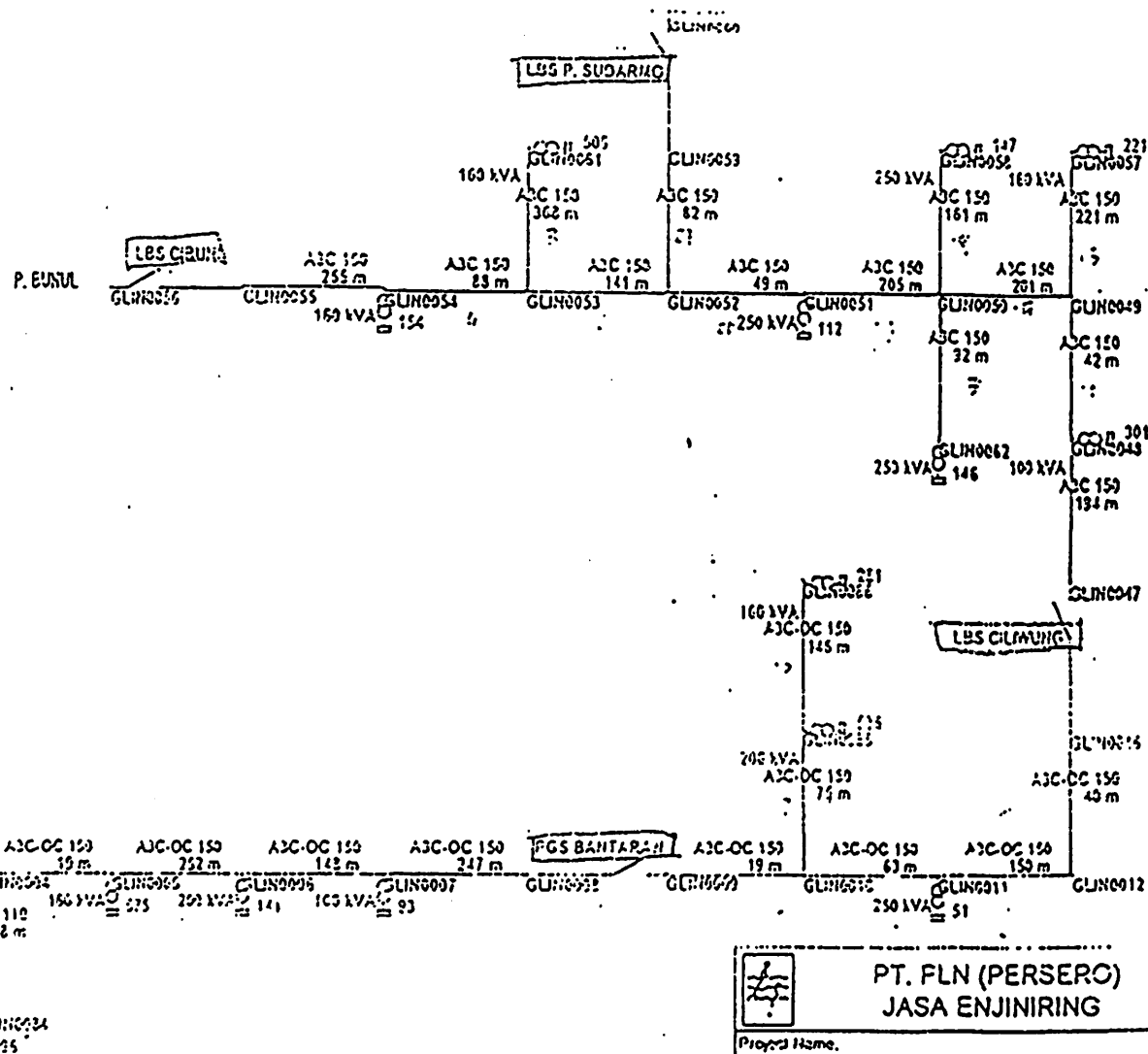


21.309

 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG MAWAR	
Design By :	Drawing No.:
Drawn By :	4102-3100-L-51-05-MWAR-013-05-0
Approved By :	
Checked By :	
Date : SEPTEMBER 2000	Rev.: 0



 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG MAVIAR 22,985	
Design By :	Drawing No.:
Drawn By :	
Approved By :	4102-3160-L-51-05-MWAR-01567-0



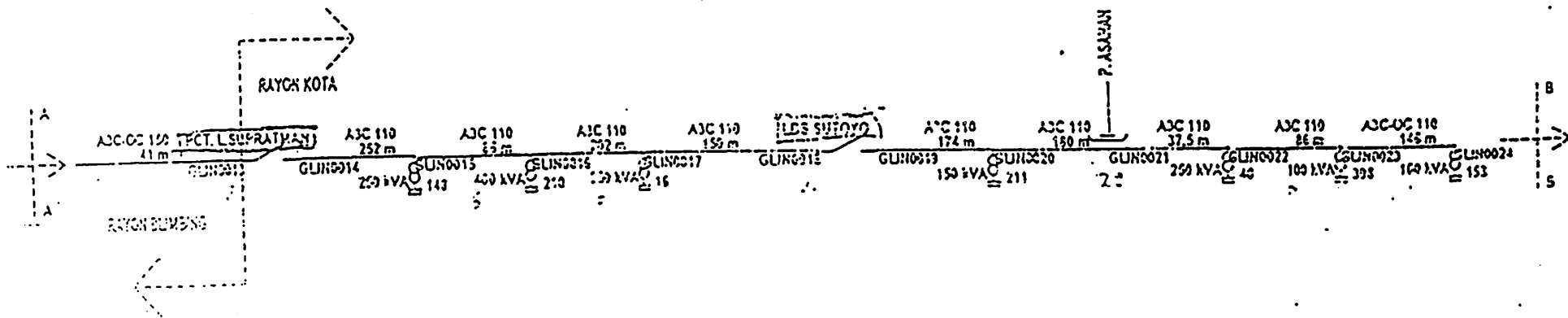
**PT. FLN (PERSERO)
JASA ENJINIRING**


Project Name: **PERMURAHAN SUSUT KWH
PT. PUI (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CARANG MAJALINGRAH**

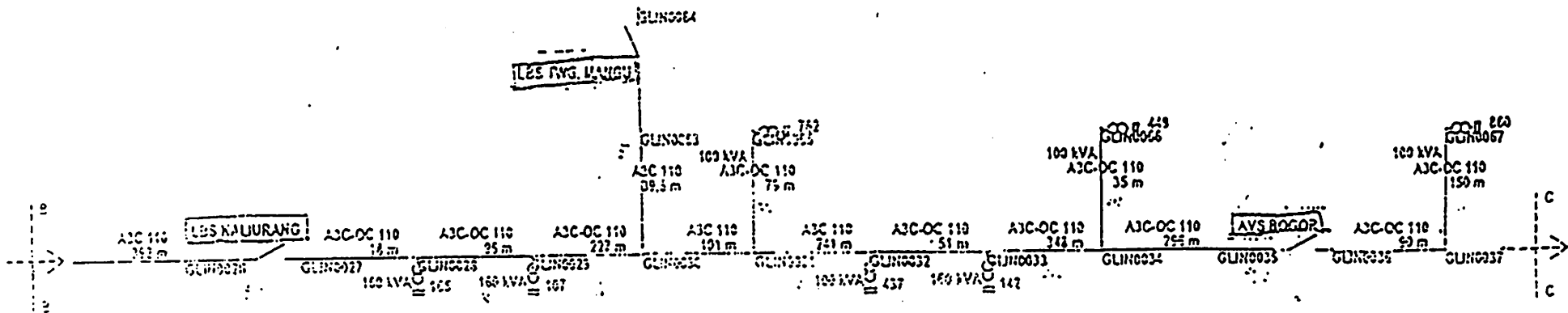
Title: **SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG GUMUNG**

Drawn By: _____
Approved By: _____

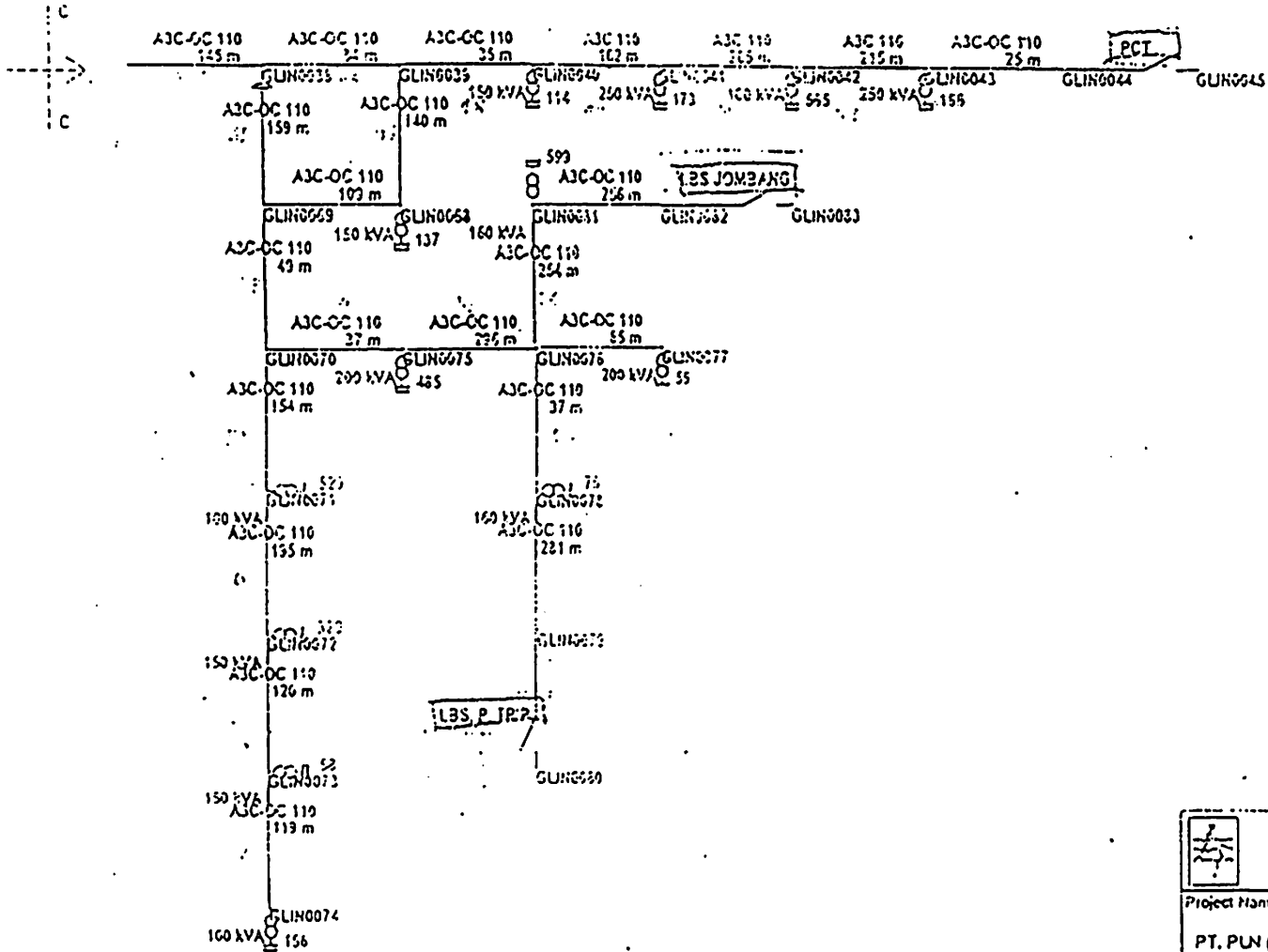
4162-3100-L-51-DS-GLTU-015/2015




 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CASANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG GUNTAU'S	
Design By : _____ Drawn By : _____ Approved By : _____	Drawing No : _____ 410231001-01-02-CL-015-023



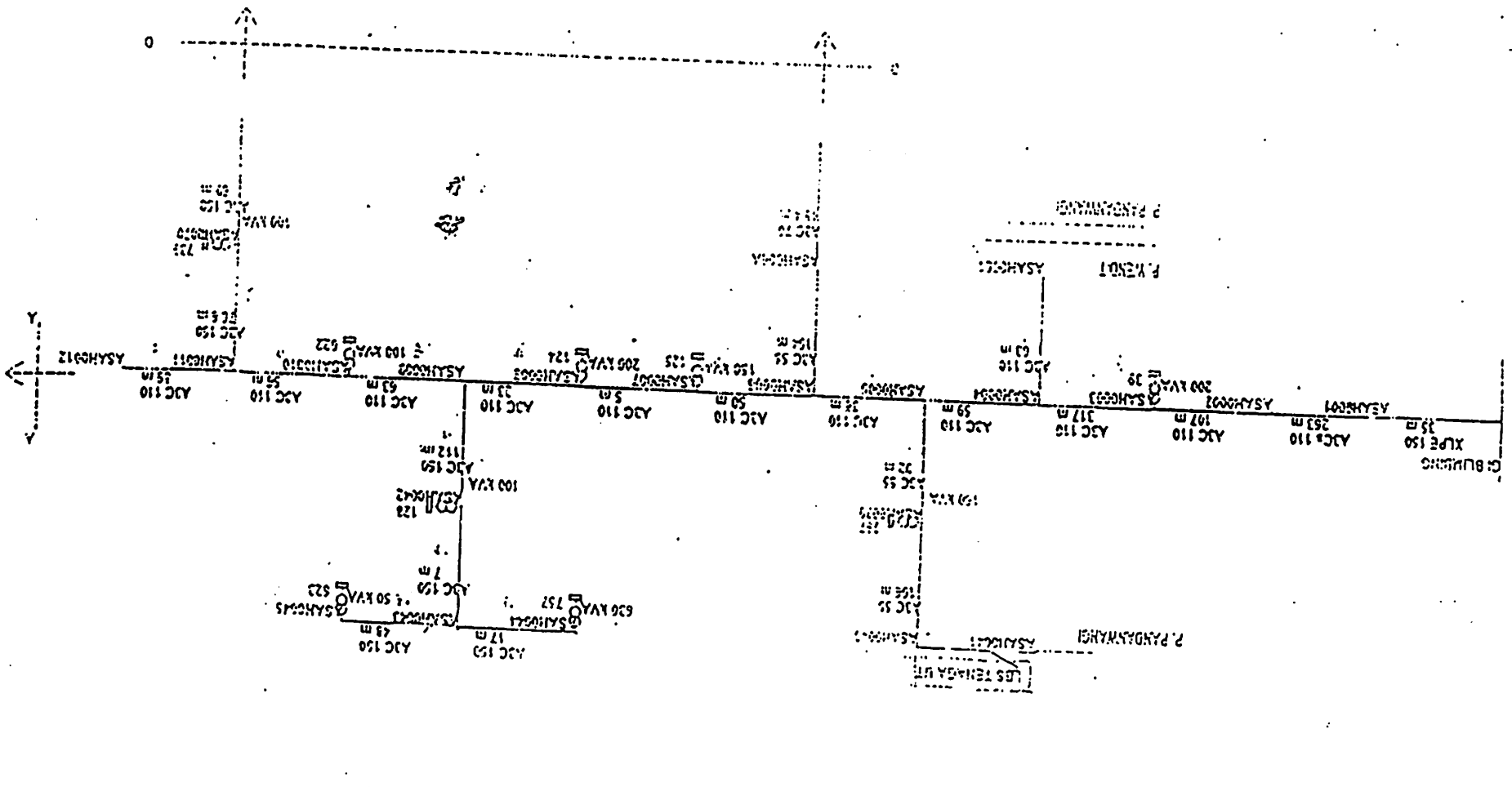
 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJIN. RING	
Project Name:	
PENUPUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title:	
SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG GUNTIF. 3	
Design By:	Featuring No.:
Drawn By:	
Approved By:	4162-3102-51-05-GUNUNG M...

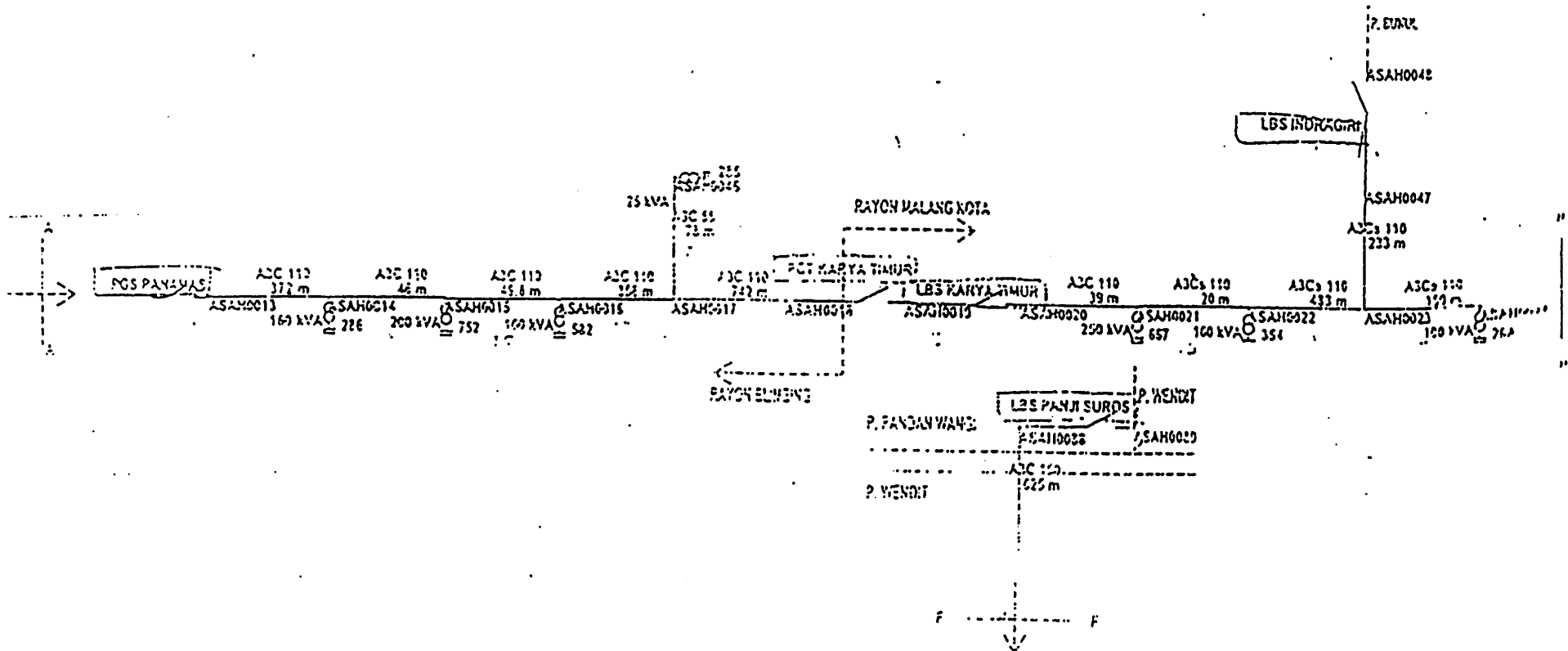


 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUNAN SUSUT KVH PT. PLN (PERSERO), DISTRIBUSI JATIM - CABANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG GUNTUR	
Design By :	Drawing No :

SINGLE LINE DIAGRAM PENYALURAN tenaga listrik
P.T. PLN (PERSERO) DISTRIK JAWA BARAT
PENUNJANG SUKSES
Kantor Name:
Taman By

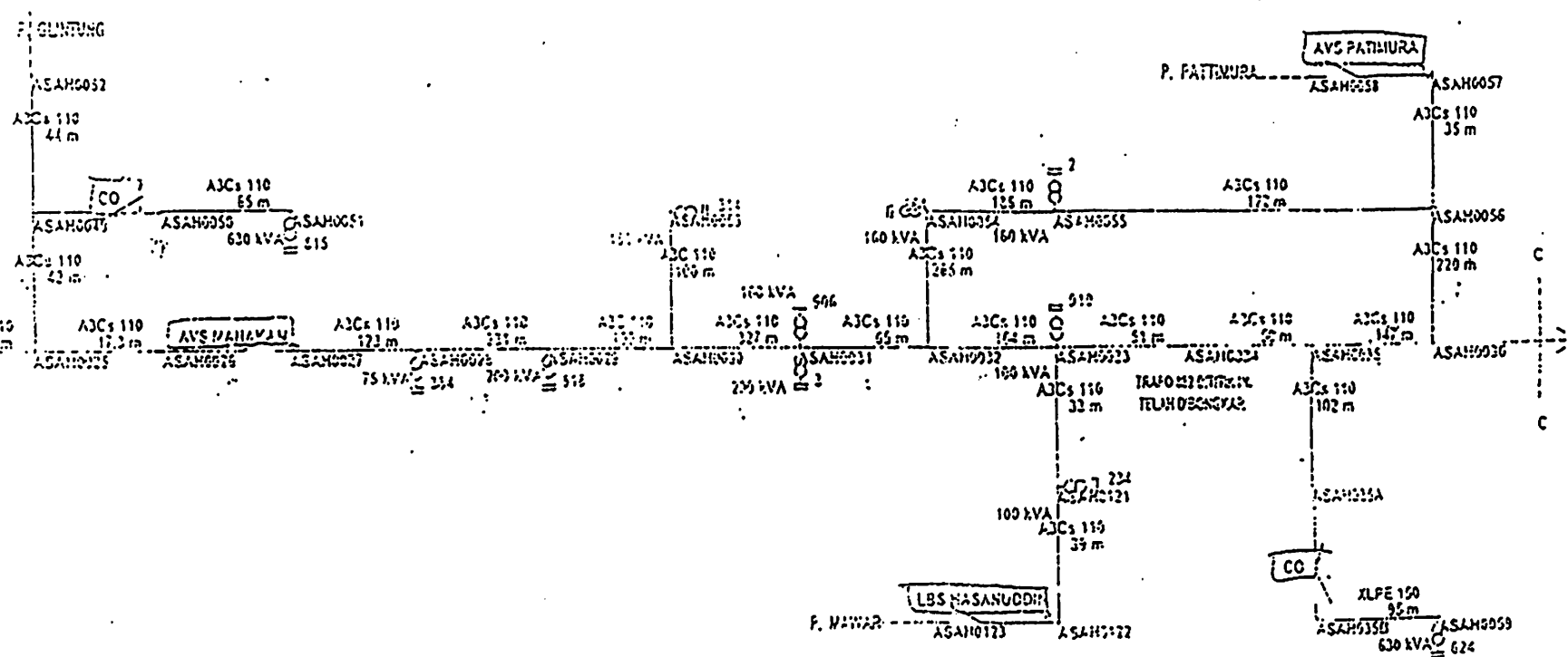
P.T. PLN (PERSERO)
JASA ENJINIRING




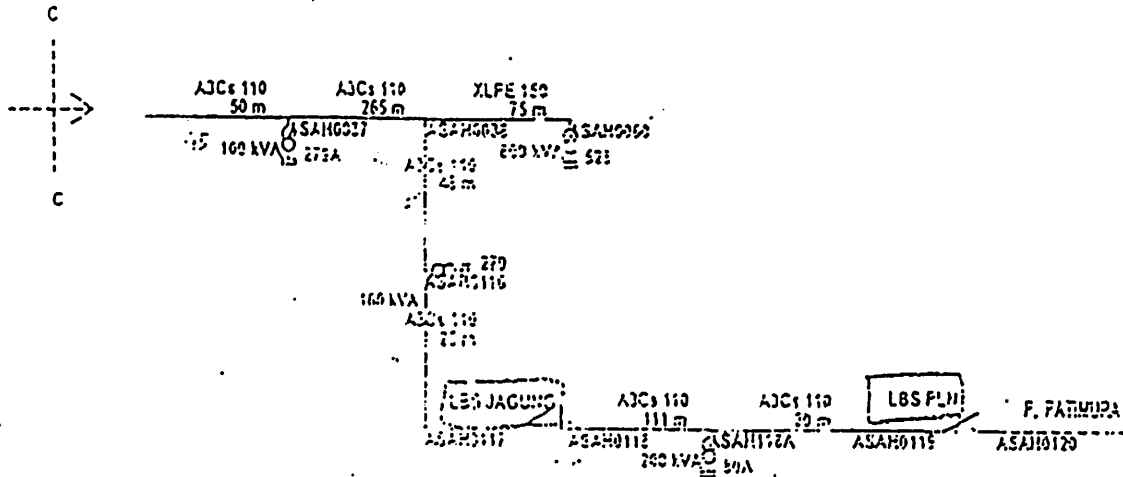


PT. PLN (PERSERO)
JASA ENJINIRING

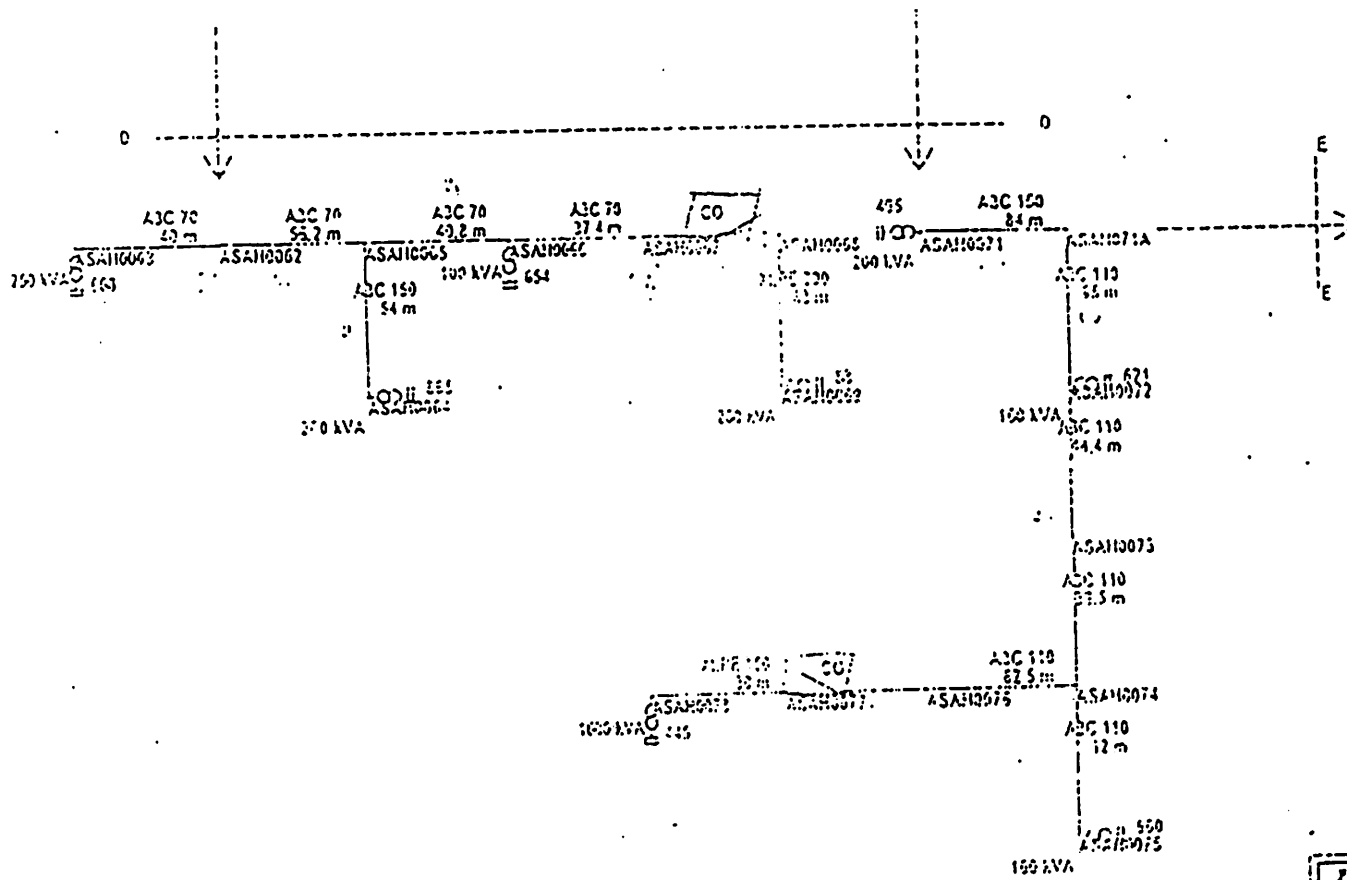
Project Name	
PENURUMAN SUSUT VVA1 PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM	
Task	
SINGLE LINE DIAGRAM PENYULUHAN	
Design by	
Reviewed by	
Approved by	




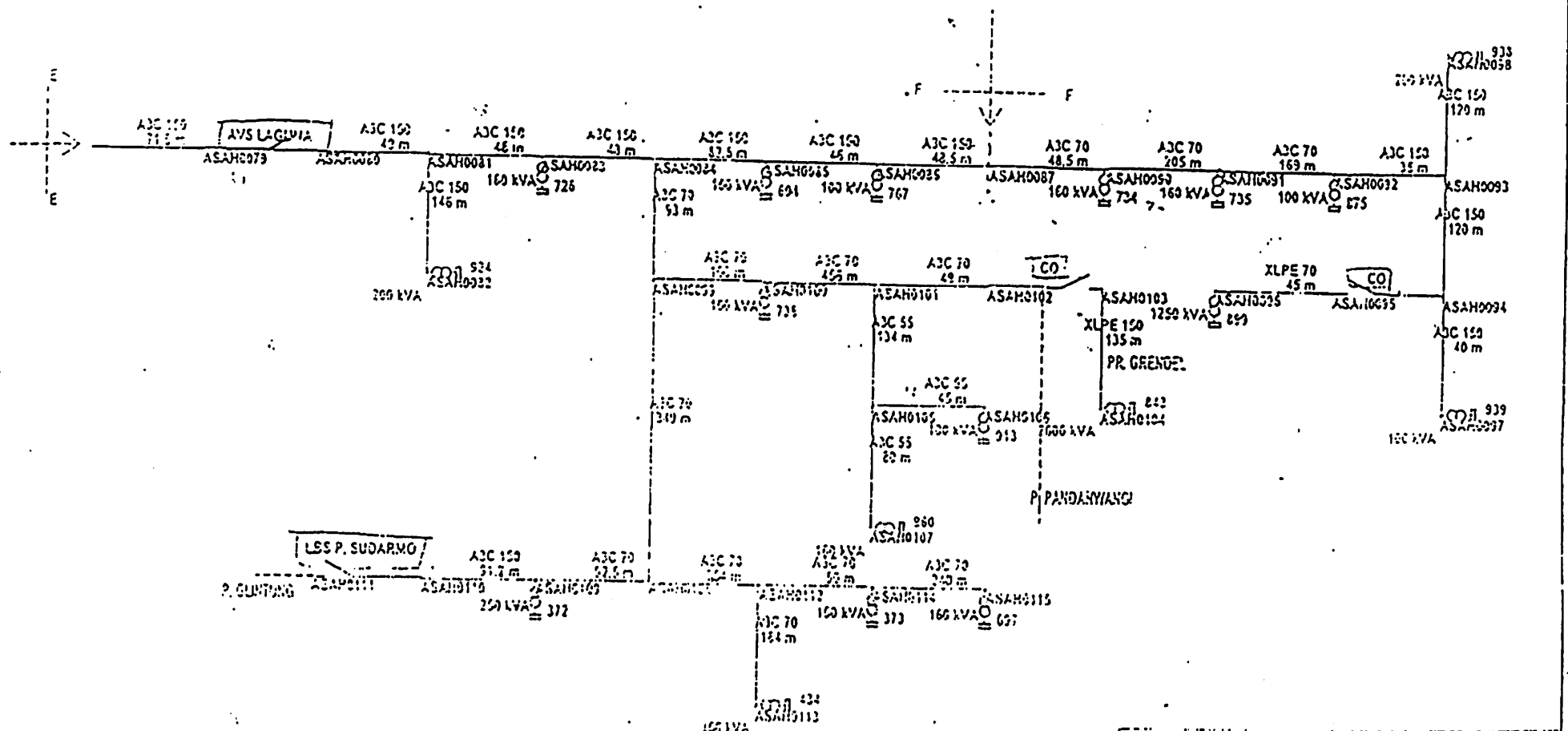

PT. PLN (PERSERO)
JASA ENJINIRING
 PERURAHAN SUSUT KWH
 PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG
 SINGLE LINE DIAGRAM PENYULUNG ASAHAN
 Design By
 Drawn By
 Approved By
 4162 3100 1-51 DC 4200015/2020



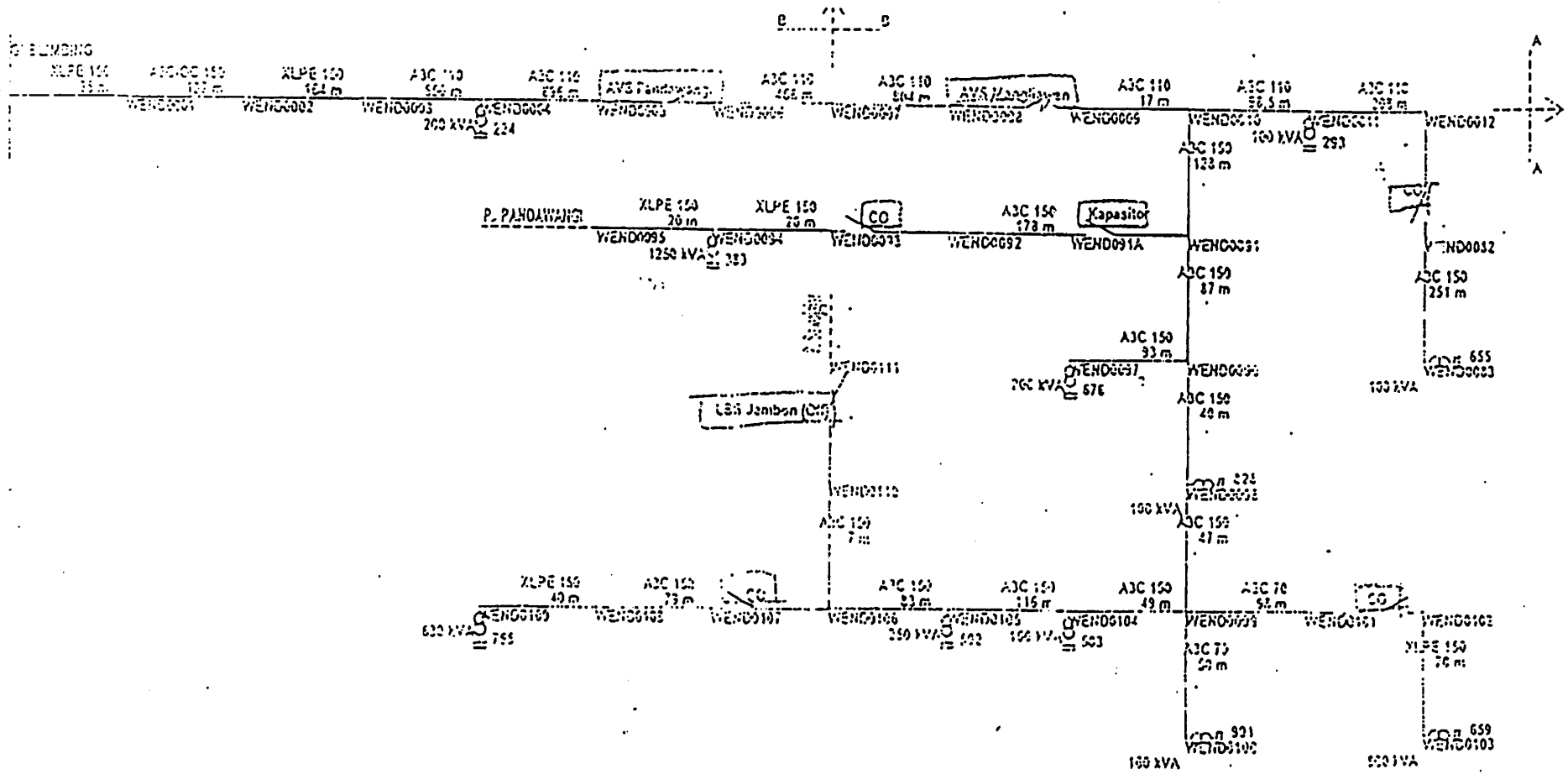
	PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
	Project Name: PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG ASAHAN		Drawing No:
Design by:	Drawing by:	



 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUNAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALI	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG ASAHAN	
Design by: _____	Drawing No: _____
Drawn by: _____	4162-3102-L-51-DS-ASIH-013
Approved By: _____	
Checked By: _____	



PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUMAN SUSUT KWH PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG ASAHAN	
Drawn By: Checked By: Approved By:	Drawing No: 4162-31071-51-05-ASAH-0103-050



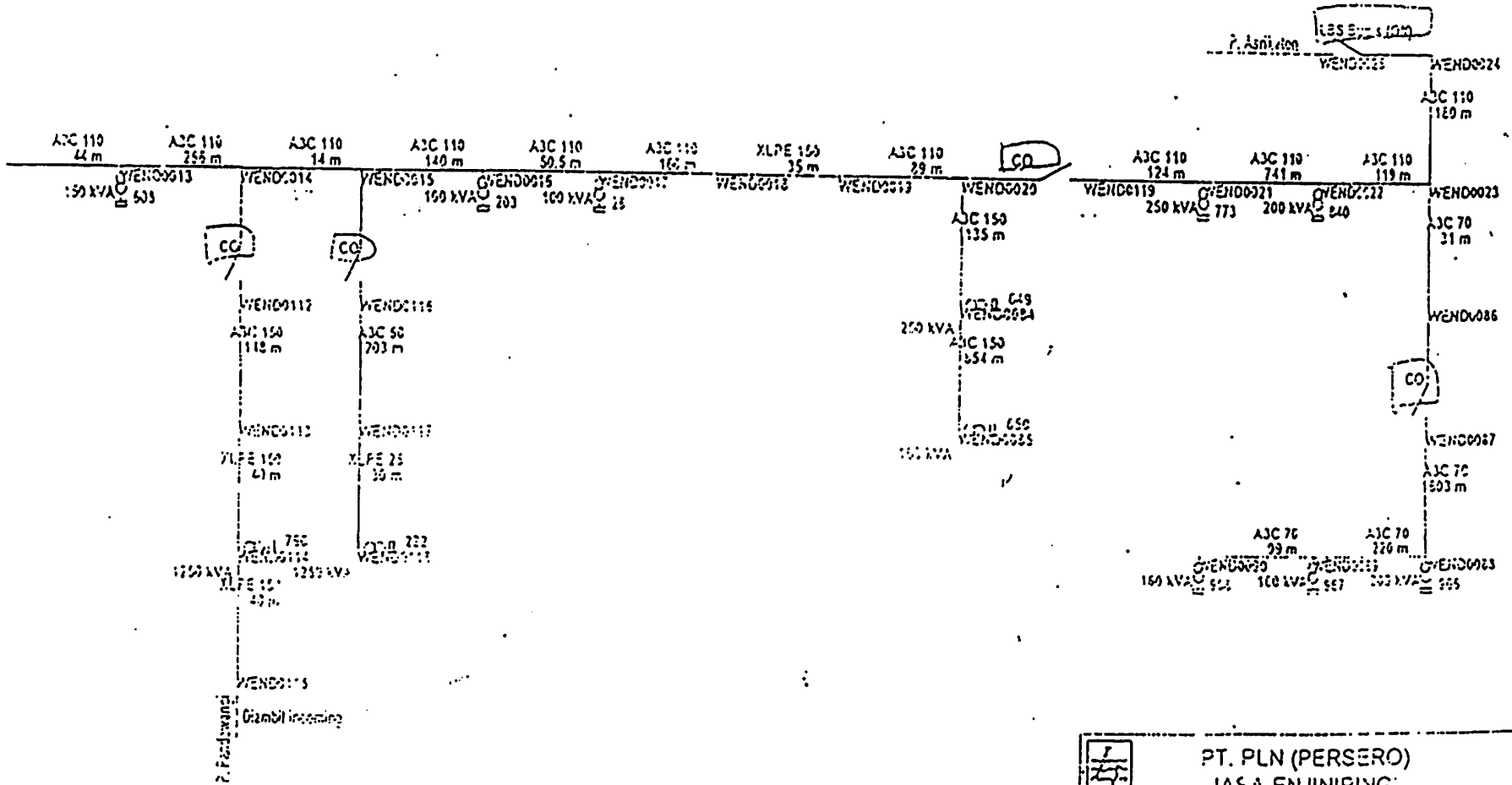
PT. PLN (PERSERO)
JASA ENJINIRING


Project Name: **PENURUNAN SUSUT KWH
PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG MALANG**

Task: **SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG WENCIT**

Designed By	Checked By
Drawn By	Approved By
Approved By	Checked By

4452.31001.051002/WENCIT/012-01-0



 PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
Project Name: PENURUAN SUGUT KIM	
PT. PLN (PERSERO) DISTRIK JATIM - CABANG MALANG	
Title: SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG WEKAT	
Design By : _____	Drawing No : _____
Drawn By : _____	11021-01-0000-01-00-012000
Approved By : _____	
Checked By : _____	

PT. PLN (PERSERO)
JASA ENJINIRING

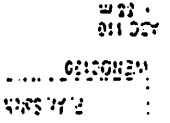
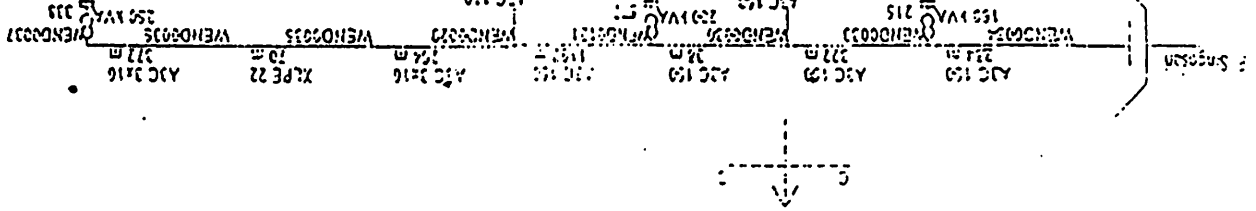


PERUMAHAN SUSUKAN

PT. PLN (PERSERO) DISTRIKUSI JATIM - CAKUPAN

SINGLE LINE DIAGRAM PENYALURAN

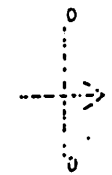
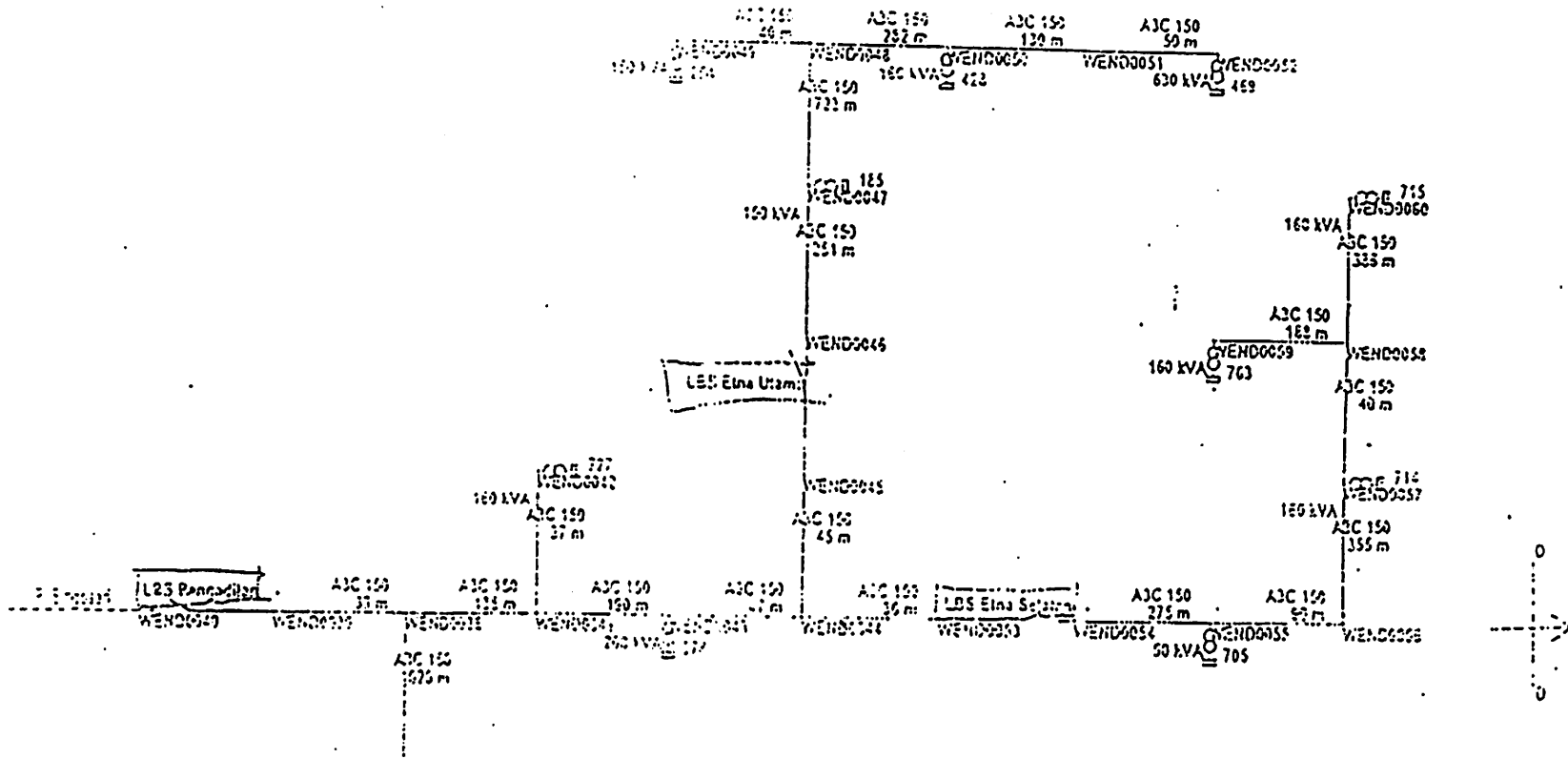
02/01/2024



LBS P. Susuro (400 kV)

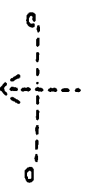
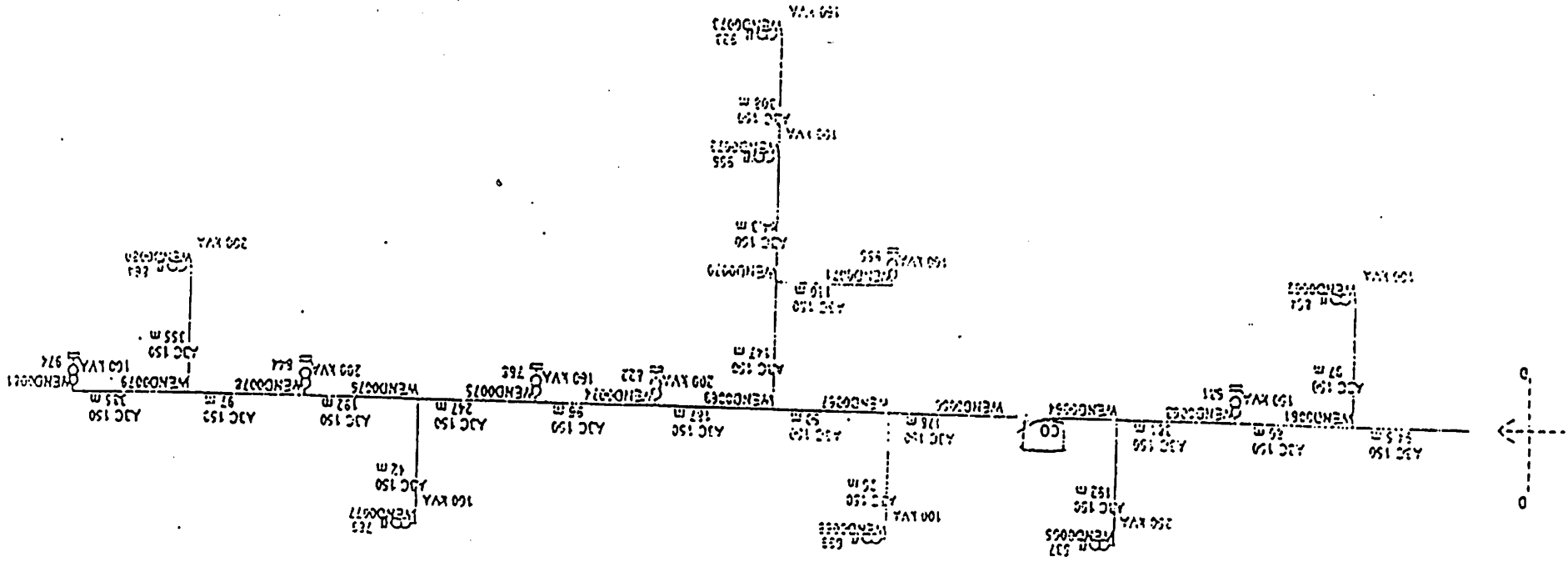
LBS P. Susuro (200 kV)

5 m



	PT. PLN (PERSERO) JASA ENJINIRING	
	Project Name:	PEMURUKAN SUSUT KVA1 PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM - CABANG: MALANG
Title:	SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG V. E. N. 41	

	PT. PLN (PERSERO) JASA ENGINEERING
	Project Name: PENURUNAN SUSUT VOLT PT. PLN (PERSERO) DISTRIKUSI JATIM - CABANG KEDIRI
Scale: SINGLE LINE DIAGRAM PERUYANGAN WENDIT	Drawing No: (blank)



```

unit uFitness;

interface

uses uUtils, uComplex, uLoadflow, uNewtonRaphson, uRecursive,
    SysUtils, Classes, uHasil, uMatrix;

type
    TIndividu=record
        chrom:iArr1;
        fitness:double;
    end;

    TPopulasi=array of TIndividu;

    TFitness=class
    private
        FNbus, FNsa1, FNLoop:integer;
        FKp, FCostSwith:double;
        FVb:TBatas;
        FV, FSg, FSL:CxArr1;
        FCap:dArr1;
        FTypBus:iArr1;
        FZ, FTp:CxArr2;
        FLC, FTr:dArr2;
        FSwith:TSwithArr1;
        FBestIndi, FSecondIndi:TIndividu;
        function getIndividu(const rIndi:TIndividu):TIndividu;
        function CekStopTreeSearch(const rData:iArr1):boolean;
        function isNumeric(const rStr:Char):boolean;
        function isSameData(const rStr1, rStr2:string):boolean;
        function isSameDataList(var rList:TStringList;
            const rStr:string):boolean;
        function CalcVPinalty(const rv:CxArr1):integer;
        function CalcFitness(const rData:iArr1):double;
        function getChrom:iArr1;
    public
        constructor Create(const rNLoop:integer;
            const rKp, rCostSwith:double);
        procedure CreateTreeSearch(var rList:TStringList;
            var rCount:integer);
        function GetSwith(const rData:iArr1):TSwithArr1;
        function DecodeStrToData(const rStr:string):iArr1;
        function DecodeDataToStr(const rData:iArr1):string;
        property BestChrom:iArr1 read getChrom;
    end;

implementation

constructor TFitness.Create(const rNLoop:integer;
    const rKp, rCostSwith:double);
begin
    inherited Create;
    FNLoop:=rNLoop;
    FKp:=rKp;
    FCostSwith:=rCostSwith;
    DecodeCommDataToLFData(gBus, FNbus, FNsa1, FV, FSg, FSL, FCap, FTypBus,
    gBranch, FZ, FTp, FLC, FTr);
    FSwith:=InitSwith(FZ);
    FVb.min:=0.95;
    FVb.max:=1.05;
end;

function TFitness.getIndividu(const rIndi:TIndividu):TIndividu;
var i:integer;

```

```

begin
  SetLength(result.chrom, FNLoop);
  for i:=0 to FNLoop-1 do
  begin
    result.chrom[i]:=rIndi.chrom[i];
  end;
  result.fitness:=rIndi.fitness;
end;

function TFitness.GetSwith(const rData:iArr1):TSwithArr1;
var i,NData:integer;
begin
  NData:=high(rData)+1;
  SetLength(result,NData);
  for i:=0 to NData-1 do
  begin
    if (rData[i]<0) or (rData[i]>=FNsa1) then
    begin
      raise Exception.Create('Melebihi Indeks Matrik!');
    end;
    result[i].dari:=FSwith[rData[i]].dari;
    result[i].ke:=FSwith[rData[i]].ke;
  end;
end;

function TFitness.CekStopTreeSearch(const rData:iArr1):boolean;
var i:integer;
begin
  result:=true;
  for i:=0 to FNLoop-1 do
  begin
    if rData[i]<>(FNsa1-1) then
    begin
      result:=false;
      break;
    end;
  end;
end;

function TFitness.isNumeric(const rStr:Char):boolean;
begin
  result:=false;
  if rStr in ['1','2','3','4','5','6','7','8','9','0'] then
  begin
    result:=true;
  end;
end;

function TFitness.DecodeStrToData(const rStr:string):iArr1;
var i,sa:integer;
    st,str:string;
begin
  str:=trim(rStr);
  SetLength(result,4);
  sa:=0;
  for i:=1 to length(str)+1 do
  begin
    if isNumeric(str[i])=true then
    begin
      st:=st+str[i];
    end
    else
    begin
      result[sa]:=StrToInt(st);
      inc(sa);
      st:='';
    end;
  end;
end;
end;

```

```

function TFitness.DecodeDataToStr(const rData:iArr1):string;
var i,NData:integer;
begin
  NData:=high(rData)+1;
  result:='';
  for i:=0 to NData-1 do
    begin
      result:=result+IntToStr(rData[i])+' ';
    end;
  end;
end;

function TFitness.isSameData(const rStr1,rStr2:string):boolean;
var Data1,Data2:iArr1;
    i,j,Count:integer;
begin
  Data1:=DecodeStrToData(rStr1);
  Data2:=DecodeStrToData(rStr2);
  result:=false;
  Count:=0;
  for i:=0 to high(Data1) do
    begin
      for j:=0 to high(Data2) do
        begin
          if Data1[i]=Data2[j] then
            begin
              inc(Count);
              break;
            end;
          end;
        end;
      end;
      if Count=high(Data1)+1 then result:=true;
    end;
  end;

function TFitness.isSameDataList(var rList:TStringList;
const rstr:string):boolean;
var i:integer;
begin
  result:=false;
  for i:=0 to rList.Count-1 do
    begin
      if isSameData(rstr,rList.Strings[i])=true then
        begin
          result:=true;
          break;
        end;
      end;
    end;
  end;

function TFitness.CalcVPinalty(const rv:CXArr1):integer;
var i:integer;
begin
  result:=0;
  for i:=0 to FNbus-1 do
    begin
      if rv[i].real>1.05 then inc(result);
      if rv[i].real<0.95 then inc(result);
    end;
  end;
end;

function TFitness.CalcFitness(const rData:iArr1):double;
var Vpin:integer;
    V,Sg:CXArr1;
    Zb,Aiir,Arus:CXArr2;
    sw:TSwithArr1;
begin
  sw:=GetSwith(rData);
  Zb:=BuatZBaru(FZ,sw);
  V:=CopyMatrix(FV);

```

```

Sg:=CopyMatrix(FSg);
NewtonRaphson(gParamLF,V,Sg,FSL,FCap,FTypBus,
Zb,FTp,Alir,Arus,FLC,FTr);
Vpin:=CalcVPinalty(FV);
result:=168*10*1000+1000*FNbus;
if gParamLF.Iterasi<gParamLF.MaxIterasi then
begin
    result:=FKp*gParamLF.SumLoss.real*1000+1000*vpin;
end;
end;

procedure TFitness.CreateTreeSearch(var rList:TStringList;
    var rCount:integer);
var i:integer;
    CekRadial,CekCombinasi:boolean;
    str:string;
    sw:TswithArr1;
    Zb:CxArr2;
    Data:iArr1;
    CekIndi:TIndividu;
begin
    SetLength(Data,FNLoop);
    for i:=0 to FNLoop-1 do
    begin
        Data[i]:=0;
    end;
    rCount:=0;
    rList.Clear;
    repeat
        GenCombinasi(FNSal,Data,CekCombinasi);
        if CekCombinasi=true then
        begin
            sw:=GetSwith(Data);
            Zb:=BuatZBaru(FZ,sw);
            CekRadial:=TesJaringan(Zb);
            if (CekCombinasi=true) and (CekRadial=true) then
            begin
                str:=DecodeDataToStr(Data);
                if isSameDataList(rList,str)=false then
                begin
                    if rCount=0 then
                    begin
                        FBestIndi.chrom:=CopyMatrix(Data);
                        FBestIndi.fitness:=CalcFitness(Data);
                    end
                    else
                    begin
                        CekIndi.chrom:=CopyMatrix(Data);
                        CekIndi.fitness:=CalcFitness(Data);
                        if CekIndi.fitness<FBestIndi.fitness then
                        begin
                            FSecondIndi:=getIndividu(FBestIndi);
                            FBestIndi:=getIndividu(CekIndi);
                        end;
                    end;
                    rList.Add(str);
                    inc(rCount);
                end;
            end;
        end;
        frmHasil.pbCount.StepBy(1);
    until CekStopTreeSearch(Data)=true;
end;

function TFitness.getChrom:iArr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNLoop);
    for i:=0 to FNLoop-1 do

```

```
begin
  result[i]:=FSecondIndi.chrom[i];
  //result[i]:=FBestIndi.chrom[i];
end;
end;
end.
```

```
unit uHasil;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
  windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,  
  Forms,  
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, TeEngine, Series, TeeProcs, Chart, Grids,  
  ComCtrls;
```

```
type
```

```
TfrmHasil = class(TForm)  
  TabSheet2: TTabSheet;  
  fgBus: TStringGrid;  
  TabSheet3: TTabSheet;  
  fgBranch: TStringGrid;  
  TabSheet4: TTabSheet;  
  GroupBox6: TGroupBox;  
  Label18: TLabel;  
  Label19: TLabel;  
  Label10: TLabel;  
  Label11: TLabel;  
  Label12: TLabel;  
  lblGen: TLabel;  
  lblLoad: TLabel;  
  lblLoss: TLabel;  
  edtSumGen: TEdit;  
  edtSumLoad: TEdit;  
  edtSumLoss: TEdit;  
  edtIterasi: TEdit;  
  edtTime: TEdit;  
  TabSheet9: TTabSheet;  
  Panel1: TPanel;  
  btnClose: TButton;  
  btnHitung: TButton;  
  TabSheet1: TTabSheet;  
  TabSheet5: TTabSheet;  
  TabSheet6: TTabSheet;  
  TabSheet7: TTabSheet;  
  Chart1: TChart;  
  Series1: TLineSeries;  
  Series2: TLineSeries;  
  GroupBox1: TGroupBox;  
  Label1: TLabel;  
  Label2: TLabel;  
  Label3: TLabel;  
  Label4: TLabel;  
  Label5: TLabel;  
  lblGen2: TLabel;  
  lblLoad2: TLabel;  
  lblLoss2: TLabel;  
  edtSumGen2: TEdit;  
  edtSumLoad2: TEdit;  
  edtSumLoss2: TEdit;  
  edtIterasi2: TEdit;  
  edtTime2: TEdit;  
  fgBranch2: TStringGrid;  
  fgBus2: TStringGrid;  
  PageControl1: TPageControl;  
  GroupBox2: TGroupBox;  
  Label16: TLabel;  
  edtNLoop: TEdit;  
  btnUseDefault: TButton;  
  GroupBox3: TGroupBox;  
  Label16: TLabel;  
  Label17: TLabel;
```



```

edtSebelum: TEdit;
edtSesudah: TEdit;
btnCreate: TButton;
GroupBox5: TGroupBox;
fgOS: TStringGrid;
pbCount: TProgressBar;
Label7: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
edtSelisih: TEdit;
Label15: TLabel;
procedure btnCloseClick(Sender: TObject);
procedure btnHitungClick(Sender: TObject);
procedure btnCreateClick(Sender: TObject);
procedure btnUseDefaultClick(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure edtNLoopChange(Sender: TObject);
private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;

var
  frmHasil: TfrmHasil;

implementation

uses uUtils, uLoadflow, uNewtonRaphson, uComplex, uTopology,
  uRecursive, uMatrix, uFitness;

{$R *.dfm}

var Nsa1: integer;
    CostSebelum, CostSesudah: double;

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

procedure TfrmHasil.btnHitungClick(Sender: TObject);
var ia, ja, i, Nbus: integer;
    mulai, selesai, selang: TDateTime;
    jam, menit, detik, mdetik: word;
    V, Sg, SL: CxArr1;
    Cap: dArr1;
    TypBus: iArr1;
    Z, Tp, Alir, Arus: CxArr2;
    Lc, Tr: dArr2;
begin
  DecodeCommDataToLFData(gBus, Nbus, Nsa1, V, Sg, SL, Cap, TypBus, gBranch,
    Z, Tp, Lc, Tr);
  gZrec:=CopyMatrix(Z);
  if Nbus=23 then
  begin
    Z[3,10]:=Cmplx(0,0);
    Z[8,12]:=Cmplx(0,0);
    Z[14,18]:=Cmplx(0,0);
    Z[4,15]:=Cmplx(0,0);
  end;
  if Nbus=14 then
  begin
    Z[2,8]:=Cmplx(0,0);
    Z[4,13]:=Cmplx(0,0);
    Z[7,11]:=Cmplx(0,0);
  end;
end;

```

```

end;
btnUseDefault.Enabled:=true;
mulai:=time;
NewtonRaphson(gParamLF,V,Sg,SL,Cap,TypBus,Z,Tp,Alir,Arus,Lc,Tr);
selesai:=time;
selang:=selesai-mulai;
Series1.Clear;
for i:=0 to Nbus-1 do
begin
fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgBus.Cells[1,i+1]:=RealToStr(V[i].real,5);
fgBus.Cells[2,i+1]:=RealToStr(V[i].imag*
ANGLE_OF_DEGREES/ANGLE_OF_RADIAN,5);
fgBus.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Sg[i].real,3);
fgBus.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Sg[i].imag,3);
fgBus.Cells[5,i+1]:=RealToStr(SL[i].real,3);
fgBus.Cells[6,i+1]:=RealToStr(SL[i].imag,3);
fgBus.Cells[7,i+1]:=RealToStr(Cap[i],3);
fgBus.Cells[8,i+1]:=IntToStr(TypBus[i]);
Series1.Add(V[i].real,IntToStr(i+1));
end;
for i:=0 to high(gBranch) do
begin
ia:=gBranch[i].dari-1;
ja:=gBranch[i].ke-1;
fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(ia+1);
fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ja+1);
fgBranch.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].real,3);
fgBranch.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].imag,3);
fgBranch.Cells[5,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].real,3);
fgBranch.Cells[6,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].imag,3);
fgBranch.Cells[7,i+1]:=IntToStr(ja+1);
fgBranch.Cells[8,i+1]:=IntToStr(ia+1);
fgBranch.Cells[9,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].real,3);
fgBranch.Cells[10,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].imag,3);
fgBranch.Cells[11,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].real,3);
fgBranch.Cells[12,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].imag,3);
end;
edtSumGen.Text:=toStringJ(gParamLF.SumGen,3);
edtSumLoad.Text:=toStringJ(gParamLF.SumLoad,3);
edtSumLoss.Text:=toStringJ(gParamLF.SumLoss,3);
edtIterasi.Text:=IntToStr(gParamLF.Iterasi);
DecodeTime(selang,jam,menit,detik,mdetik);
edtTime.Text:=IntToStr(jam)+' '+IntToStr(menit)+' ':' '+
IntToStr(detik)+' ':' '+IntToStr(mdetik);
CostSebelum:=gParamLF.SumLoss.real;
end;

procedure TfrmHasil.btnCreateClick(Sender: TObject);
var ia,ja,i,Nbus,Nsal:integer;
List:TStringList;
fit:TFitness;
Count,NLoop:integer;
Kp,CostSwith:double;
sw:TswithArr1;
V,Sg,SL:CxArr1;
Cap:dArr1;
TypBus,Data:iArr1;
Zb,Tp,Alir,Arus:CxArr2;
Lc,Tr:dArr2;
mulai,selesai,selang:TDateTime;
jam,menit,detik,mdetik:word;
begin
DecodeCommDataToLFData(gBus,Nbus,Nsal,V,Sg,SL,Cap,TypBus,gBranch,
Zb,Tp,Lc,Tr);

```

```

NLoop:=StrToInt(edtNLoop.Text);
Kp:=168;
CostSwit:=1;
pbCount.Max:=round(pangkat(Nsa1,NLoop)-1);
fit:=TFitness.Create(NLoop,Kp,CostSwit);
List:=TStringList.Create;
fit.CreateTreeSearch(List,Count);
Data:=fit.BestChrom;
sw:=fit.GetSwit(Data);
Zb:=BuatZBaru(gZrec,sw);
List.Free;
fit.Free;
mulai:=time;
NewtonRaphson(gParamLF,V,Sg,SL,Cap,TypBus,Zb,Tp,Alir,Arus,Lc,Tr);
selesai:=time;
selang:=selesai-mulai;
Series2.Clear;
for i:=0 to Nbus-1 do
begin
fgBus2.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgBus2.Cells[1,i+1]:=RealToStr(V[i].real,5);
fgBus2.Cells[2,i+1]:=RealToStr(V[i].imag*
ANGLE_OF_DEGREES/ANGLE_OF_RADIAN,5);
fgBus2.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Sg[i].real,3);
fgBus2.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Sg[i].imag,3);
fgBus2.Cells[5,i+1]:=RealToStr(SL[i].real,3);
fgBus2.Cells[6,i+1]:=RealToStr(SL[i].imag,3);
fgBus2.Cells[7,i+1]:=RealToStr(Cap[i],3);
fgBus2.Cells[8,i+1]:=IntToStr(TypBus[i]);
Series2.Add(V[i].real,IntToStr(i+1));
end;
for i:=0 to high(gBranch) do
begin
ia:=gBranch[i].dari-1;
ja:=gBranch[i].ke-1;
fgBranch2.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgBranch2.Cells[1,i+1]:=IntToStr(ia+1);
fgBranch2.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ja+1);
fgBranch2.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].real,3);
fgBranch2.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].imag,3);
fgBranch2.Cells[5,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].real,3);
fgBranch2.Cells[6,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].imag,3);
fgBranch2.Cells[7,i+1]:=IntToStr(ja+1);
fgBranch2.Cells[8,i+1]:=IntToStr(ia+1);
fgBranch2.Cells[9,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].real,3);
fgBranch2.Cells[10,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].imag,3);
fgBranch2.Cells[11,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].real,3);
fgBranch2.Cells[12,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].imag,3);
end;
edtSumGen2.Text:=toStringJ(gParamLF.SumGen,3);
edtSumLoad2.Text:=toStringJ(gParamLF.SumLoad,3);
edtSumLoss2.Text:=toStringJ(gParamLF.SumLoss,3);
edtIterasi2.Text:=IntToStr(gParamLF.Iterasi);
DecodeTime(selang,jam,menit,detik,mdetik);
edtTime2.Text:=IntToStr(jam)+':'+IntToStr(menit)+':'+
IntToStr(detik)+':'+IntToStr(mdetik);
CostSesudah:=gParamLF.SumLoss.real;
edtSebelum.Text:=FormatFloat('#,##0.000',CostSebelum);
edtSesudah.Text:=FormatFloat('#,##0.000',CostSesudah);
edtSelisih.Text:=FormatFloat('#,##0.000',(CostSebelum-CostSesudah));
for i:=0 to 3 do
begin
fgos.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgos.Cells[1,i+1]:=IntToStr(sw[i].dari+1);
fgos.Cells[2,i+1]:=IntToStr(sw[i].ke+1);
end;

```

```
end;

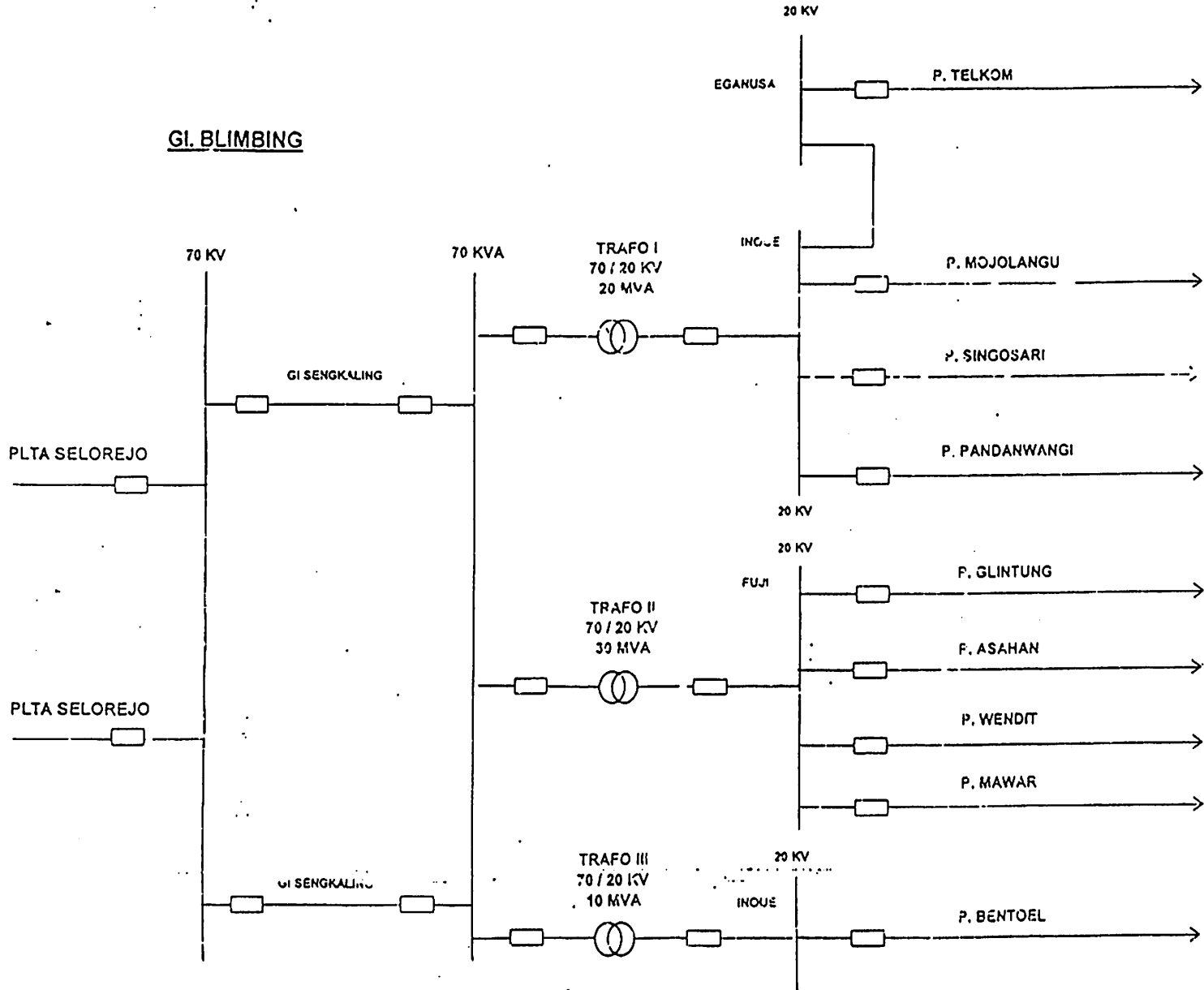
procedure TfrmHasil.btnUseDefaultClick(Sender: TObject);
begin
  edtNLoop.Text:='4';
  fgOS.RowCount:=StrToInt(edtNLoop.Text)+1;
  btnCreate.Enabled:=true;
end;

procedure TfrmHasil.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  fgOS.Cells[0,0]:='No';
  fgOS.Cells[1,0]:='Asal';
  fgOS.Cells[2,0]:='Tujuan';
end;


procedure TfrmHasil.edtNLoopChange(Sender: TObject);
begin
  if edtNLoop.Text='' then
    begin
      fgOS.RowCount:=2;
    end
  else
    begin
      fgOS.RowCount:=StrToInt(edtNLoop.Text)+1;
    end;
end;

end.
```

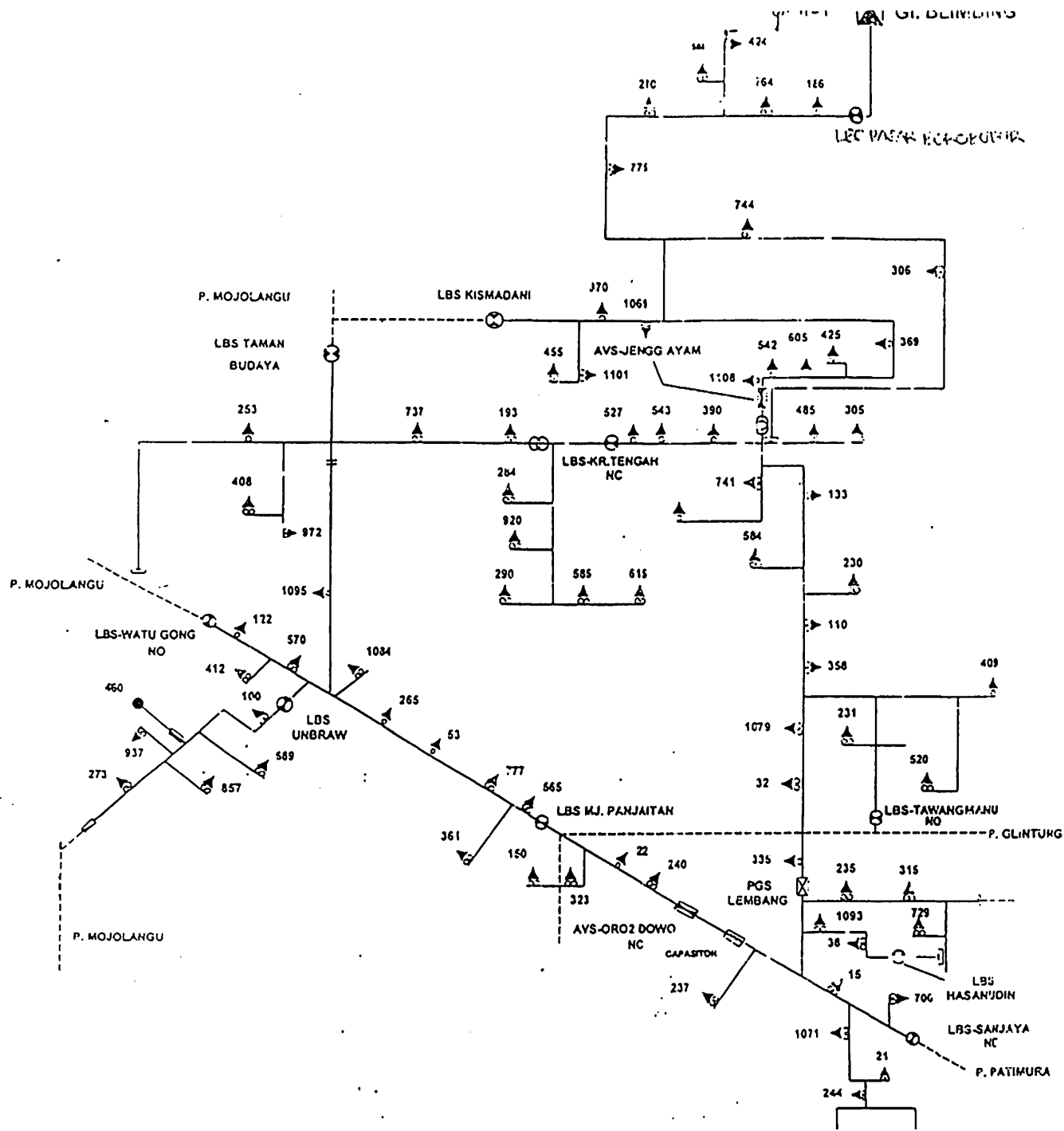
GI. BLIMBING




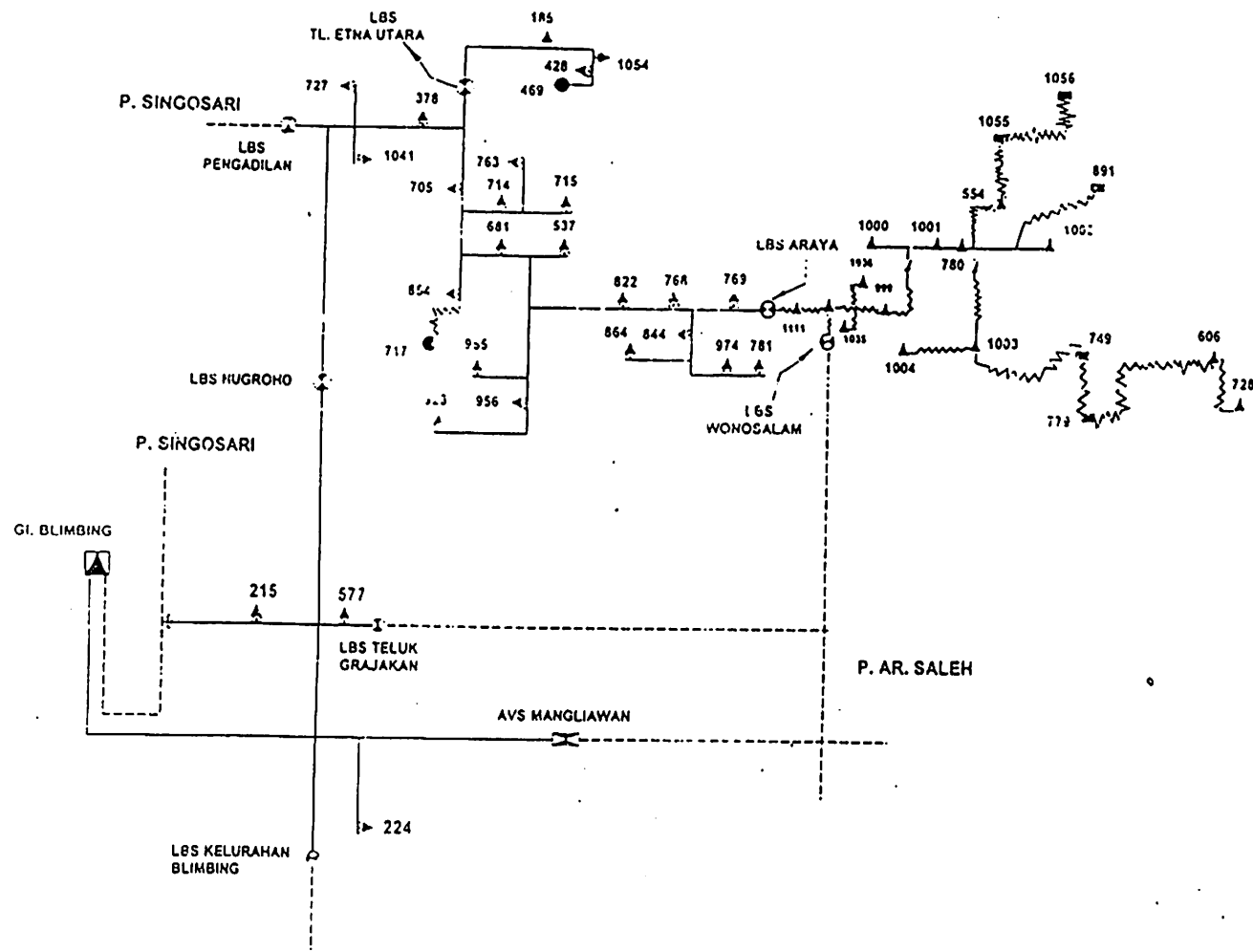
- ⊗ : TRANSFORMATOR
- : PEMUTUS
- : PENYULANG


 PT. PLN (PERSERO)
 LISTRIBUSI JATIM
 APLJ MALANG

SINGLE LINE DIAGRAM



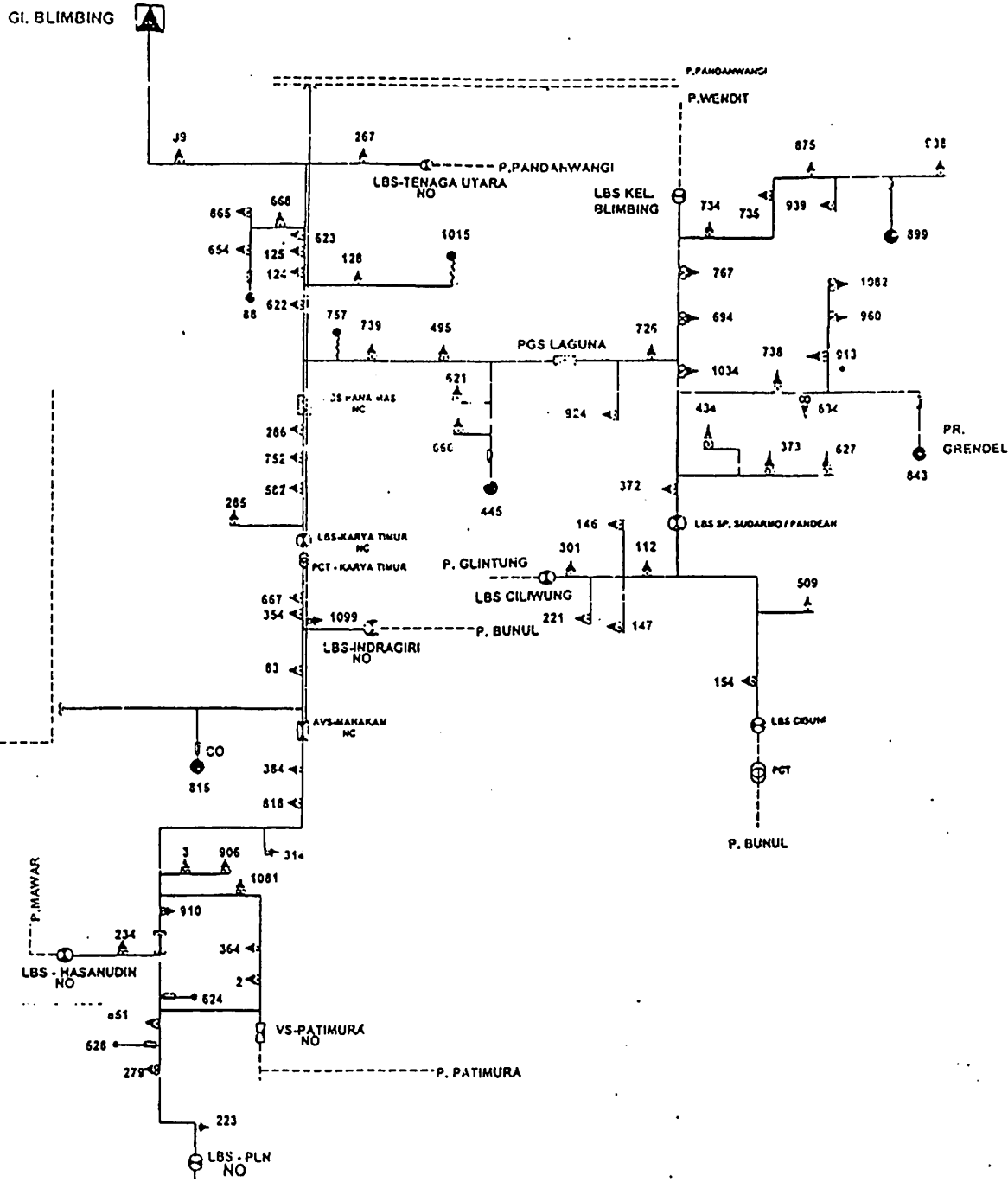
 PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM AP&J MALANG		
DIKAMBAR	DIPERIKSA	DISETUIJI



- GI
- PGS
- AVS
- PO
- LBS
- RECLOSER
- SUTM 20 KV
- PCT

PT. PLN (PERSERO)
 DISTRIBUSI JATIM
 AP&J MALANG

P. WENDIT
 GI. BLIMBING



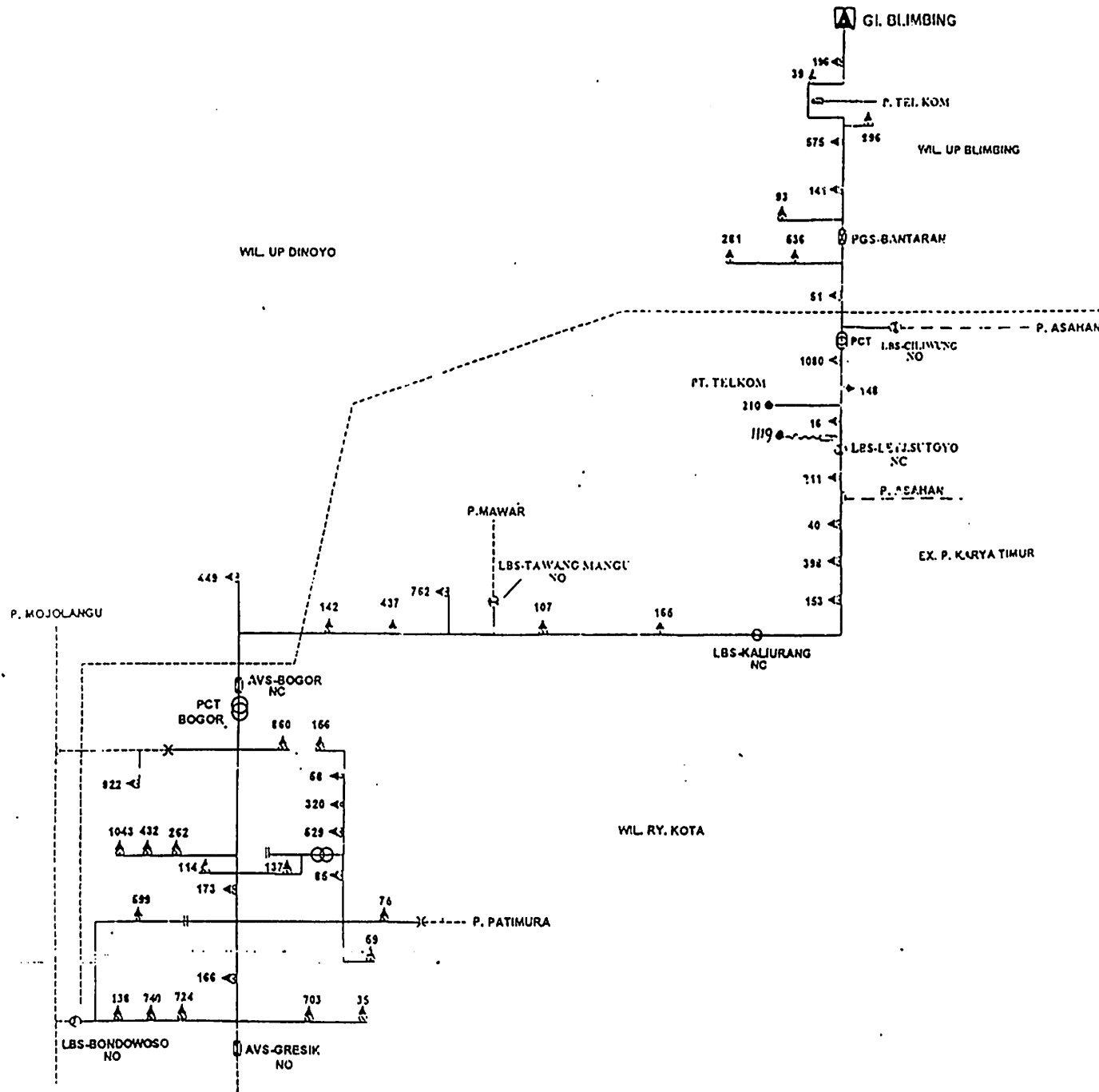
- GI
- PGS
- AVS
- CO
- LBS
- RECLOSER
- BUNTU 20 KV
- PCT










PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUTI JATIM
AP&J MALANG

P. ASAHAN
GI. BLIMBING

DIGAMBAR DIPERIKSA DISETUIH



-  GI
-  PGS
-  AVS
-  CO
-  LBS
-  RECLOSER
-  PCT

 PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JATIM
AP&J MALANG

P. GLINTANG
GI. BLIMBING



LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/T.ENERGI LISTRIK (S-1)

1	Nama Mahasiswa: <i>NOOR UTOMO R</i>	Nim: <i>9612024</i>
2	Waktu pengajuan	Tanggal: <i>06</i> Bulan: <i>APRIL</i> Tahun: <i>2005</i>
3	Spesifikasi judul (berilah tanda silang)	
	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Listrik <input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> e. Elektronika & komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika komunikasi <input type="checkbox"/> h. lainnya
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen): <i>Tr. Choirul Saleh, MT</i>	Ketua Jurusan: Ir. F. Yudi I. Japraptono, MT Nip.P: 1039500274
5	Judul yang diajukan mahasiswa:	<i>ANALISA PENYUSUNAN ULANG JARINGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI UNTUK MENGURANGI KERUGIAN DAN MEMJAGA KESEIMBANGAN BEBAN</i>
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	
7	Catatan:	
8	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, <i>12-04-2005</i> Dosen <i>Choirul Saleh</i>

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
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu ~~Ir. Churni Saleh, MT~~
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NOOR UTOMO RAHARJO
Nim : 9612 024
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

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

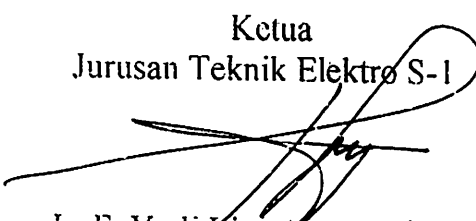
Analisa Penyusunan ulang Jaringan Pada Sistem Distribusi Untuk mengkurangi kerugian dan menjaga keseimbangan beban.

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

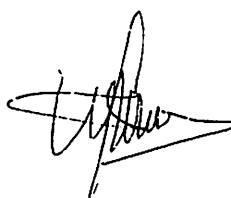
Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Malang, 12 April 2005

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. 131 991 182

Hormat kami,



NOOR UTOMO R

^{*}) coret yang tidak perlu

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : NIDOR UTOMO RAHARJO

Nim : 9612024

Semester : XVII

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini Menyatakan bersedia / ~~tidak bersedia~~*) Membimbing Skripsi dari

mahasiswa tersebut, dengan judul :

ANALISA PENYUSUNAN ULANG SARINGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI
UNTUK MENGURANGI KERUGIAN DAN MENJAGA KESEIMBANGAN BEBAN

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, April 2005

Kami yang Membuat pernyataan,

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.
*) Coret yang tidak perlu

Choirul Saleh
NIP. 1218800190



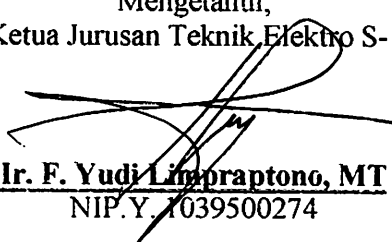
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Malang

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : Noor Utomo Raharjo
2. NIM : 96.12.024
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Penyusunan Ulang Jaringan Pada Sistem Distribusi Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Dan Menjaga Keseimbangan Beban Menggunakan Metode *Tree Search* Di Gardu Induk Blimbing Malang
6. Tanggal Pengajuan Skripsi : 06 April 2005
7. Selesai Penulisan Skripsi : 18 Maret 2006
8. Dosen Pembimbing : Ir. Choirul Saleh, MT
9. Telah dievaluasi dengan Nilai : 85 (Delapan Puluh Lima) 85

Malang, April 2006

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1


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

Disetujui
Dosen Pembimbing


(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP.Y. 1018800159



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

11. Nama : Noor Utomo Raharjo
12. NIM : 96.12.024
13. Jurusan : Teknik Elektro S-1
14. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
15. Judul : Analisa Penyusunan Ulang Jaringan Pada Sistem Distribusi Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Dan Menjaga Keseimbangan Beban Menggunakan Metode *Tree Search* Di Gardu Induk Blimbing Malang

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

Hari : Senin
Tanggal : 20 Maret 2006
Dengan Nilai : 77.155 *Sm*



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)

Ketua

Panitia Ujian

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

Sekretaris

Anggota Penguji

(Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE)

Penguji I

(Ir. I. Made Wartana, MT)

Penguji II



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Malang

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Senin
Tanggal : 20 Maret 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Noor Utomo Raharjo
2. NIM : 96.12.024
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Penyusunan Ulang Jaringan Pada Sistem Distribusi Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Dan Menjaga Keseimbangan Beban Menggunakan Metode *Tree Search* Di Gardu Induk Blimbing Malang

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	Perlu diperiksa apa kapasitas masing-masing penyulang sama besar	
2	Perlu uraian tentang keseimbangan daya sesuai dengan judul. Perlu dipastikan bahwa setelah rekonfigurasi tidak ada yang melebihi kapasitas	
3	Perlu penjelasan lebih rinci tentang Backward Update dan Forward Update	
4	Berapa batas tegangan yang diijinkan, tulis dalam skripsi dan juga pada kesimpulan	

Anggota Penguji

(Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE)
Penguji I

(Ir. I Made Wartana, MT)
Penguji II

(Ir. Choirul Saleh, MT)
Dosen Pembimbing




FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : NOOR UTOMO RAHARJO
NIM : 96 12 024
Masa Bimbingan : 27 November 2005 – 27 April 2006
Judul Skripsi : ANALISA PENYUSUNAN ULANG JARINGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI UNTUK MENGURANGI RUGI-RUGI DAYA DAN MENJAGA KESEIMBANGAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE TREE SEARCH DI GARDU INDUK BLIMBING MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	1-2-2006	Ace Bab I.	CS.
2.		- perbaiki Rumus Kawat.	
3.	7-2-2006	Ace Bab II.	CS.
4.		- membuat teori pengung	
5.	15-2-2006	Ace Bab III.	CS.
6.		56 Relowis: Susun	
7.	1-3-2006	Ace Bab IV.	CS.
8.		- perbaiki 56 Relowis Susun poinnya.	
9.		- Kesimpulan.	CS.
10.	8-3-2006	Ace Lembar	CS.

Malang,
Dosen Pembimbing

2006


Ir Choirul Saleh, MT
NIP. 1018800190