

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



**PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK
PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 kV
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *INDEKS RCV (RATIO
COST VOLTAGE)* DI PENYULANG ASAHAN**

SKRIPSI

Disusun Oleh :
DENNY KUSHARDHIANTO
NIM. 00.12.044



SEPTEMBER 2005

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN
SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE)* DI PENYULANG
ASAHAN**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :


**DENNY KUSHARDHIANTO
NIM 00.12.044**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

**Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing**



Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT
NIP.Y. 1018700015

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

Terima kasih Ya Allah.....

*Berkat rahmat dan karuniaMu Kupersembahkan
karya kecil ini 'tuk Bapakku (Alm) dan Ibu
Yang selama ini telah memberi dukungan moral dan
materiil serta do'a yang tak terhingga dan tak
berujung pangkal kasih sayang kalian kepada anakmu
ini sehingga anakmu ini mampu menyelesaikan studi
hingga jenjang sarjana.*

*Terima kasih juga untuk Kakakku Etty dan Adikku
Yusuf yang telah memberi do'a.*

*Hanya kepada Allah yang Maha Kuasa dan Maha
Maha Bijaksana yang tunduk dalam hidup ini.*

SpEciAL ThaNK's to :

Bapak Ir. H. Taufik Hidayat, MT

Terima Kasih banyak atas bimbingan yang sangat bermanfaat bagi saya dalam menyelesaikan skripsi ini, mohon maaf apabila ada salah, semoga bapak sekeluarga diberikan kesehatan dan lindungan oleh ALLAH SWT. Amiin.

Mas Ugro Wiseno, ST

Terima Kasih Mas Dadi buatin Program Walopung Masih Rada Gak Valid HI HI HI dan bantuin kasih solusi2. Semoga Mas Ugro Sekeluarga Diberi Kesehatan dan Rejeki Yang Banyak Ma ALLAH SWT. Amiin. Hic. Dap ProGraMMer ITN !!

My Sweet Heart

Elmita Fertiani Wiharti (I Love u HoNey, MaKasi SelalU ng aku, n ingetin Solat, makan, mandi n bobok. Aku kangeen ama kamu).

My Best Friends

ENDU n IPANK (Woi... Aku Luluz Nih!, TunggUin Aku...), PIRE (Jes Jangung Nyerah Maju Teruzz, kalo perlu motor pinjem aja tapi dicuci n bersin selalu penuh, kalo gak gitu gampang mogoknya), DAUD (Ud... Bajajnya rental Gede), TOMMY (Tom..., Jangan Menyerah CARi Terus JUJUL TA...), SAMSU/SE (AYO ...yang kompak, kalo tidur kelonan), YUSAK (Tar Kita main Bola Lagi, sepatuku dah baru), RULLY (Rul, Akun2 ama cewemu ya), TOBEY (Gimana bos, udah dapat proyek untuk TA... Jng Menyerah Merdeka...), AULIA (Teng Kyiu atas saran2 nya, baik2 ama si DIA ya), JOHAN (Jo..., kmu kemana gak pernah keliatan), HANDIL (Dii... Kapan nikah ?), Gus WAHID (Jek kamu Pasti bisa April 2006), ANAK2 PUSKOPAD yg belum Luluz (Keep the FIGHT...!), ALIEP (Tambah endut aja loe), ZAENAL (kemana2 selalu bawa pulpen untuk tanda tangan ama fansmoe), HANDOKO (The Cool Man), SEMUA ANAK2 ELEKTRO ST 00 yang belum disebutin namanya (Maju teruzz jak...!)

ABSTRAKSI

PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE *INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE)* DI PENYULANG ASAHAN

(Denny Kushardhianto, Nim. 00.12.044, Teknik Elektro S-1/T. Energi Listrik)
(Dosen Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT)

Kata Kunci : Perencanaan Sistem Distribusi Radial, Optimalisasi Pemilihan
Konduktor, Pengurangan Rugi-Rugi, *Heuristic index RCV*

Perkembangan yang semakin pesat dalam bidang ilmu pengetahuan di berbagai sektor kehidupan mengakibatkan kebutuhan akan energi listrik dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Pada sistem tenaga listrik, khususnya pada sistem distribusi dituntut mempunyai nilai ekonomis, andal, dan berkualitas dalam menyalurkan energi listrik.

Dalam mendisain sistem distribusi dibutuhkan beberapa langkah perencanaan, dan perhitungan yang tepat. Seleksi konduktor untuk mendesain dan meningkatkan saluran distribusi adalah bagian penting dari proses perencanaan.

Dengan menggunakan metode *Indeks RCV (Ratio Cost Voltage)* dalam memilih konduktor ke ukuran yang lebih besar pada saluran distribusi, dapat mengoptimalkan penyaluran daya listrik untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan sistem distribusi.

Analisis dari hasil perhitungan Pemilihan Konduktor Pada Saluran Distribusi Primer 20 kV Penyulang Asahan memberikan hasil rugi-rugi daya dari $58,175 + j 67,772$ kVA menjadi $47,662 + j 66,260$ kVA., atau terjadi penurunan sebesar 18,07 %. Tegangan tiap node meningkat pada node ke-39 dimana tegangan minimum sebesar 0,98144 pu setelah optimasi menjadi 0,98371 pu. Biaya investasi konduktor mengalami peningkatan dari Rp 5.072.302.709,50,- menjadi Rp 6.342.327.841,50,-, dikarenakan mengganti ukuran konduktor menjadi lebih besar. Setelah dilakukan optimasi pemilihan konduktor menggunakan metode *Indeks RCV* terjadi perubahan ukuran konduktor pada saluran :2, 4, 5, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 50, 51, 53, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 69, 73, 74, 79.

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Allah SWT, dan mengucapkan syukur kehadiran-Nya atas karunia yang dilimpahkan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE) DI PENYULANG ASAHAN "*

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang dalam menempuh sekaligus mengakhiri pendidikan pada jenjang S-1 pada jurusan Teknik Elektro program studi Energi Listrik.

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

1. Bapak **Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE**, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak **Ir. F Yudi Limpraptono, MT**, selaku Kajur Teknik Elektro ITN Malang.
3. Bapak **Ir. H. Taufik Hidayat, MT**, selaku Dosen Pembimbing.
4. **Ugro, ST**, sebagai *programmer*.
5. Ibuku dan Bapakku (Alm) yang telah membesarkan, mendidik dan selalu mendoakanku sampai terwujud cita-citaku serta kakak dan adikku *thank's* ya atas doa dan bantuannya.

6. Rekan-rekan elektro energi listrik yang saling membantu dan saling mengisi dalam pengerjaan skripsi ini.

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

Malang, September 2005

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penulisan	4
1.6. Sistematika Pembahasan.....	4
1.7. Kontribusi Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Sistem Tenaga Listrik	6
2.2. Sistem Distribusi.....	6
2.3. Sistem Jaringan Distribusi Tipe Radial	8
2.4. Sistem Saluran Udara (<i>Over Head</i>)	10

2.5.	Jenis Konduktor Saluran Udara Pada Sistem Distribusi.....	11
2.6.	Daya Sistem Distribusi	15
2.6.1	Daya Aktif (<i>Active Power</i>)	15
2.6.2.	Daya Reaktif (<i>Reaktif Power</i>).....	15
2.6.3.	Daya Komplek (<i>Complex Power</i>).....	15
2.6.4.	Faktor Daya ($\cos \theta$)	17
2.7.	Beban Sistem Distribusi	18
2.8.	Rugi-rugi Daya Saluran Distribusi	18

BAB III OPTIMALISASI PEMILIHAN KONDUKTOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE)

3.1.	Metode <i>Indeks RCV</i>	19
3.1.1.	Teori Dasar Metode <i>Indeks RCV</i>	19
3.1.2.	Fungsi Obyektif Metode <i>Indeks RCV</i>	21
3.1.3.	Batasan – Batasan Dalam Pemilihan Ukuran Konduktor.....	22
3.1.3.1.	Penurunan Tegangan (<i>Voltage Drop</i>).....	22
3.1.3.2.	Hukum Arus <i>Kirchhoff's</i>	23
3.1.4.	Algoritma Metode <i>Indeks RCV</i>	24
3.1.5.	<i>Flow Chart</i> Metode <i>Indeks RCV</i>	25
3.2.	Analisa Aliran Daya Jaringan.....	26
3.2.1.	Metode <i>Newton Raphson</i>	26
3.2.2.	Algoritma Aliran Daya <i>Newton Raphson</i>	31

3.2.3. Flowchart Metode Newton Raphson	32
--	----

BAB IV ANALISA HASIL PEMILIHAN KONDUKTOR MENGGUNAKAN METODE INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE)

4.1. Program Komputer Pemilihan Ukuran Konduktor Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i>	33
4.1.1. Algoritma Program Pemecahan Masalah Secara Umum	33
4.1.2. Algoritma Program Pemecahan Masalah Pemilihan Ukuran Konduktor Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i>	34
4.1.3. Flowchart Program Pemecahan Masalah Secara Umum	35
4.1.4. Flowchart Pemecahan Masalah Pemilihan Konduktor Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i>	36
4.2. Validasi Program	37
4.2.1. Hasil Validasi IEEE Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i>	40
4.3. Data Perhitungan Penyulang Asahan	42
4.3.1. Data Saluran Penyulang Asahan	44
4.3.2. Data Pembebanan Penyulang Asahan	45
4.4. Analisa Perhitungan	46
4.5. Perhitungan Aliran Daya Penyulang	46
4.6. Tampilan Program	58

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Hal :
2-1. Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik	7
2-2. Bentuk Sederhana Dari Sistem Distribusi Radial.....	8
2-3. Sistem Distribusi Primer Tipe Radial.....	9
2-4. Segitiga Daya	17
3-1. <i>Flowchart</i> Metode Indeks RCV.....	25
3-2. <i>Flowchart</i> Perhitungan Aliran Daya Metode <i>Newton Raphson</i>	32
4-1. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah Secara Umum	35
4-2. <i>Flowchart</i> Program Pemecahan Masalah Pemilihan Konduktor Menggunakan Metode Indeks RCV.....	36
4-3. Tampilan Hasil Program Sebelum Optimasi Menggunakan Metode Indeks RCV	40
4-4. Tampilan Hasil Program Setelah Optimasi Menggunakan Metode Indeks RCV	40
4-5. <i>Single Line</i> Diagram Penyulang Asahan.....	43
4-6. Tampilan Program Pemilihan Konduktor Sebelum Dan Sesudah Optimasi Menggunakan Metode Indeks RCV.....	54
4-7. Tampilan Utama Program.....	58
4-8. Tampilan Inputan Data	58
4-9. <i>Data Bus</i>	59
4-10. Data Saluran	59

4-11.	Data Kabel.....	60
4-12.	Hasil Tegangan Dan Sudut Tegangan Sebelum Optimasi Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	60
4-13.	Hasil Aliran Daya Sebelum Optimasi Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	61
4-14.	Hasil Total Pembangkitan, Pembebanan Dan Rugi – Rugi Saluran Sebelum Optimasi Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	61
4-15.	Hasil Pemilihan Konduktor Dengan Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i>	62
4-16.	Hasil Tegangan Dan Sudut Tegangan Sesudah Optimasi Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i>	62
4-17.	Hasil Aliran Daya Sesudah Optimasi Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i> ...	63
4-18.	Hasil Total Pembangkitan, Pembebanan Dan Rugi- Rugi saluran Sesudah Optimasi Menggunakan Metode <i>Indeks RCV</i>	63

DAFTAR TABEL

Tabel :	Hal :
2-1. Konstruksi Konduktor Udara Tembaga Telanjang (BBC)	12
2-2. Konstruksi Konduktor Udara Alumunium Telanjang (AAC)	13
2-3. Konstruksi Konduktor Udara Alumunium Campuran Telanjang (AAAC)...	14
4-1. Data Pembebanan Jurnal IEEE	38
4-2. Data Saluran Jurnal IEEE	39
4-3. Perbandingan Hasil Luas Penampang Konduktor IEEE Dengan Hasil Luas Penampang Konduktor Menggunakan Program.....	41
4-4. Data Konduktor Pada Penyulang Asahan Sistem 20 kV G.I. Blimbing.....	44
4-5. Hasil Perhitungan Impedansi Saluran Penyulang Asahan.....	44
4-6. Hasil Perhitungan Pembebanan Aktif Dan Reaktif Penyulang Asahan	45
4-7. Kondisi Tegangan Tiap <i>Node</i> Penyulang Asahan Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	47
4-8. Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Asahan Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	49
4-9. Rugi-rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Asahan Sebehum Dan Sesudah Optimasi.....	50
4-10. Hasil Perhitungan Total Pembangkitan, Pembebanan, Rugi Daya Sebelum Optimasi.....	51
4-11. Hasil Perhitungan Total Pembangkitan, Pembebanan, Rugi Daya Sesudah Optimasi.....	51

4-12	Kondisi Konduktor Penyulang Asahan Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	53
4-13	Rekapitulasi Biaya Penggantian Ukuran Konduktor Sebelum Optimasi.....	55
4-14	Rekapitulasi Biaya Penggantian Ukuran Konduktor Setelah Optimasi	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan yang semakin pesat dalam bidang ilmu pengetahuan di berbagai sektor kehidupan mengakibatkan kebutuhan akan energi listrik dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Pada sistem tenaga listrik, khususnya pada sistem distribusi dituntut mempunyai nilai ekonomis, andal dan berkualitas dalam menyalurkan energi listrik, sebab dalam menyalurkan energi listrik itu tidak luput dari adanya rugi – rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada setiap saluran distribusi. Supaya energi listrik yang disalurkan dapat optimal, maka perlu diperhatikan lagi langkah – langkah atau cara – cara dalam mendesain suatu sistem distribusi. Dalam mendesain suatu sistem distribusi dibutuhkan beberapa langkah – langkah perencanaan dan perhitungan yang tepat. Pemilihan ukuran konduktor untuk mendesain dan *mengupgrade* sistem distribusi merupakan bagian – bagian penting dalam proses perencanaan.

Banyak metode yang di pakai dalam menganalisa masalah pemilihan ukuran konduktor yang sesuai untuk jaringan distribusi primer, diantaranya adalah seperti metode *Genetic Algorithm*, *Evolutionary Programing* dan lain-lain.

Didalam skripsi ini mengemukakan pemilihan ukuran konduktor yang sesuai untuk sistem distribusi radial dengan menggunakan metode *Indeks RCV* (*Rasio Cost Voltage*). Metode ini mempunyai kelebihan yaitu mempertimbangkan nomor *node-node* yang kritis dan *node-node* yang sensitif untuk diseleksi dengan dicari kemungkinannya untuk dipasang konduktor yang

paling sesuai, sehingga nantinya akan diperoleh pengurangan rugi-rugi daya dan perbaikan profil tegangan yang maksimum.

1.2. Rumusan Masalah

Salah satu cara agar energi listrik yang disalurkan ke konsumen dapat optimal adalah dengan cara mengganti luas penampang konduktor pada saluran distribusi primer 20 kV. Yang menjadi permasalahan adalah bagaimana cara memilih konduktor yang sesuai untuk sistem distribusi 20 kV pada Penyulang Asahan, sehingga nantinya dapat mengurangi rugi – rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada sistem distribusi 20 kV pada Penyulang Asahan dengan metode *Indeks RCV*.

Berdasarkan gambaran permasalahan diatas, maka skripsi ini disusun dengan judul :

**“ PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN
SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE)* PADA
PENYULANG ASAHAN “**

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Menentukan ukuran konduktor yang paling sesuai bagi saluran distribusi primer 20 kV Penyulang Asahan.
2. Meminimalkan rugi – rugi daya pada saluran Penyulang Asahan.
3. Memperbaiki profil tegangan pada Penyulang Asahan.

4. Menentukan biaya investasi modal dalam penggantian ukuran konduktor pada Penyulang Asahan.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembahasan masalah ini, agar tidak terlalu luas maka diperlukan batasan masalah. Adapun batasan masalahnya adalah :

1. Saluran udara yang dibahas adalah saluran udara tegangan menengah 20 kV pada Penyulang Asahan dari Gardu Induk Blimbing.
2. Pemilihan konduktor yang dibahas yaitu konduktor udara telanjang jenis *AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)*.
3. Tidak membahas biaya investasi lain kecuali biaya investasi pemilihan konduktor pada Penyulang Asahan.
4. Pertumbuhan beban diasumsikan seimbang.
5. Sistem distribusi diasumsikan dalam kondisi normal dengan faktor daya sebesar 0,86 dan rugi – rugi pada trafo diabaikan.
6. Hanya membahas Sistem Distribusi Tipe Radial saja.
7. Tidak membahas gangguan pada saluran.
8. Besarnya beban pada masing – masing fasa diasumsikan seimbang.
9. Tidak membahas metode *Newton Raphson* secara mendetail.
10. Tidak membahas metode Heuristik secara mendetail.

1.5. Metodologi Penulisan

Metodologi yang dipakai dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Studi *literature*

Pengumpulan referensi untuk pembahasan pada skripsi ini yaitu dengan mempelajari teori yang terkait dengan pembahasan melalui literatur yang sesuai.

2. Pengambilan Data

Memperoleh data lapangan sebagai acuan dalam melengkapi parameter-parameter yang digunakan untuk menganalisa masalah. Data diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) Area Pelayanan Dan Jaringan Malang.

3. Analisa Data

Menganalisa data yang diperoleh dengan metode *Indeks RCV* yang disimulasikan dengan program komputer.

1.6.Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam skripsi ini disusun sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan, yang mencakup

Menguraikan latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan dan kontribusi masalah.

BAB II : Landasan Teori,

Menguraikan pembahasan sistem distribusi tenaga listrik secara umum.

- BAB III : Optimalisasi pemilihan konduktor menggunakan metode *Indeks RCV*.
Menguraikan teori dasar metode *Indeks RCV* dan adaptasi Metode *Indeks RCV* ke permasalahan pemilihan konduktor.
- BAB IV : Analisa hasil menggunakan metode *Indeks RCV*.
Menguraikan alur program, hasil perhitungan pemilihan konduktor menggunakan metode *Indeks RCV*.
- BAB V : Kesimpulan dan saran.
Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisa yang diperoleh.

1.7. Kontribusi Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan jaringan distribusi terutama dalam pemilihan konduktor pada suatu penyulang berdasarkan metode *indeks RCV*, sehingga nantinya pihak PT. PLN (PERSERO) dapat memberikan manfaat dalam membangun atau *mengupgrade* sistem distribusi supaya listrik yang didistribusikan ke konsumen dapat optimal.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Tenaga Listrik^{[1][2]}

Yang dimaksud dengan Sistem Tenaga Listrik adalah sekumpulan Pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh Jaringan Transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut.

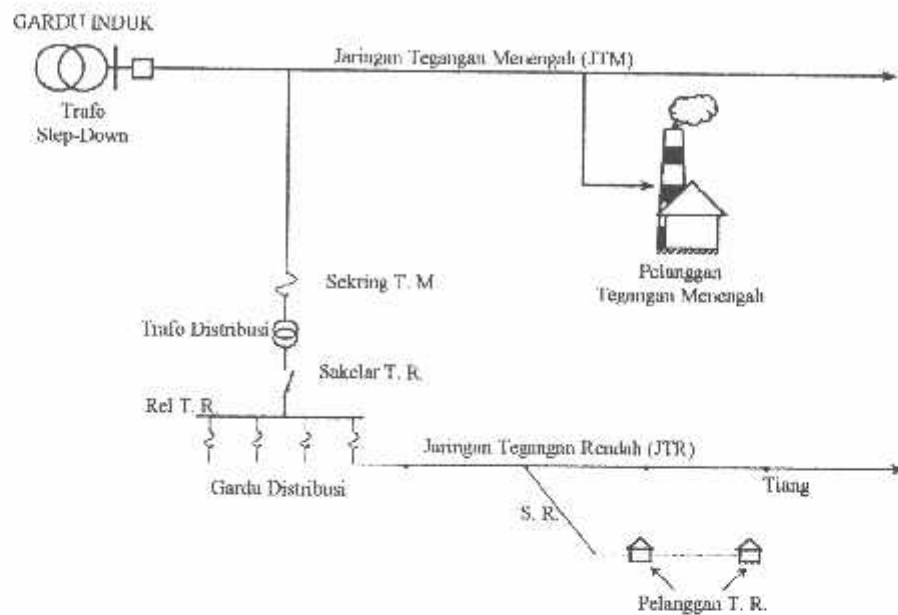
Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian sub sistem, yaitu :

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

2.2. Sistem Distribusi^[1]

Bagian dari Sistem Tenaga Listrik yang paling dekat dengan pelanggan adalah Sistem Distribusi. Sistem Distribusi kebanyakan merupakan jaringan yang diisi dari sebuah Gardu Induk (G.I). Jaringan Distribusi yang diisi dari sebuah G.I pada umumnya tidak dihubungkan secara listrik dengan jaringan distribusi

yang diisi dari G.I lain, sehingga masing – masing Jaringan Distribusi beroperasi secara terpisah satu sama lain.



Gambar 2-1
Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik⁽¹⁾

Distribusi. Jaringan setelah keluar dari Gardu Induk bisa disebut Jaringan Distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah untuk selanjutnya disalurkan kerumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN melalui sambungan rumah.

Jaringan Distribusi dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem, yaitu :

1. Sistem Distribusi Primer atau Sistem Distribusi Tegangan Menengah.

2. Sistem Distribusi Sekunder atau Sistem Distribusi Tegangan Rendah.

Sistem Distribusi Tegangan Menengah yang digunakan oleh PLN adalah 20 kV, 12 kV dan 6 kV dan Sistem Distribusi Tegangan Rendah yang dipakai PLN adalah 380/220 Volt atau 220/127 Volt.

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya. Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem satu fasa dengan dua kawat maupun tiga fasa dengan empat kawat.

2.3. Sistem Jaringan Distribusi Radial^[2]

Sistem jaringan distribusi tipe radial merupakan bentuk jaringan yang paling sederhana yang menghubungkan beban – beban ketitik sumber, biayanya relatif murah. Pada struktur radial ini, tidak ada alternatif pasokan tenaga listrik, oleh sebab itu tingkat keandalannya relatif rendah.

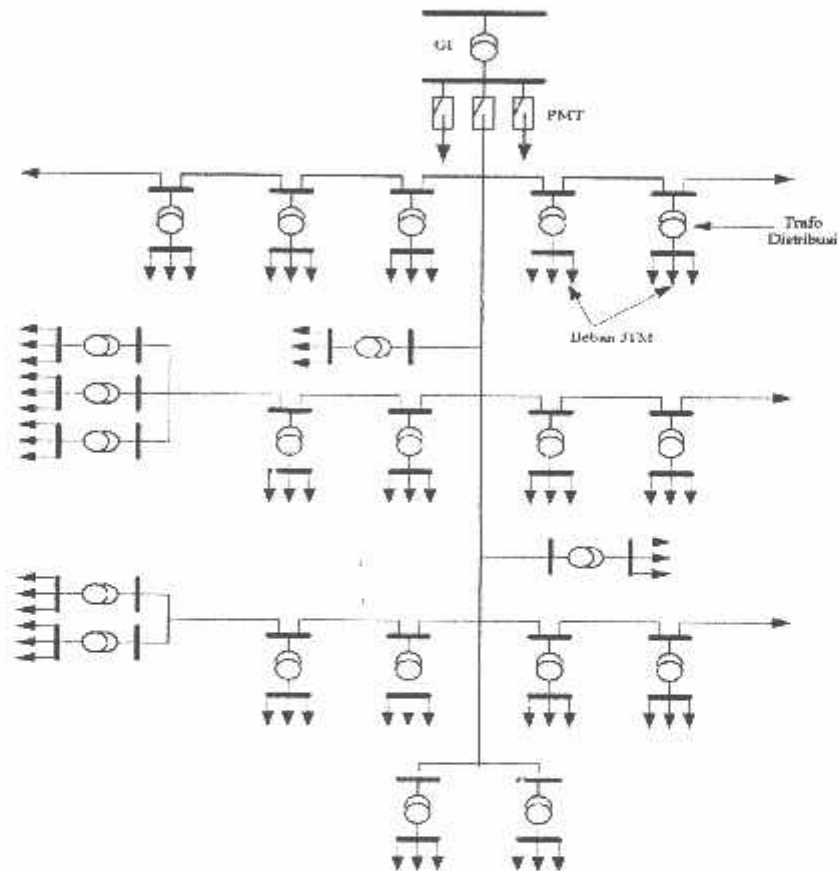


Gambar 2-2
Bentuk Sederhana Dari Sistem Distribusi Radial^[2]

Radial ganda adalah langkah dalam usaha meningkatkan keandalan jaringan, hal ini terutama bila rute dari sirkuitnya berlainan satu sama lain. Langkah lain untuk mempertinggi tingkat keandalan dari struktur radial adalah

dengan mengupayakan pasokan daya tidak hanya dari satu arah, walaupun pada pengoperasiannya di laksanakan secara radial.

Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari Gardu Induk ke pusat – pusat beban / konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*main feeder*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2 – 3 dibawah ini.



Gambar 2 – 3
Sistem Distribusi Primer Tipe Radial^[2]

Sistem radial ini mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian,
Keuntungan jaringan distribusi radial adalah:

1. Biaya investasi yang paling murah bila dibandingkan dengan sistem yang lainnya.
2. Bentuknya lebih sederhana dibandingkan dengan bentuk yang lainnya

Kerugian jaringan distribusi tipe radial adalah :

1. Kualitas pelayanannya kurang baik karena rugi – rugi daya yang terjadi pada saluran yang relatif besar,
2. Kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin karena antara sumber dan beban hanya ada satu saluran sehingga apabila terjadi gangguan maka semua dari sistem akan mengalami pemadaman total.

2.4. Sistem Saluran Udara (*Over Head*)^[3]

Saluran udara berfungsi menyalurkan daya listrik melalui kawat penghantar yang dipasang pada tiang listrik. Suhu kerja yang diijinkan pada saluran udara tergantung dari batas kerugian kekuatan akibat pelembekan (*Annealling*). Umumnya arus maksimum yang direncanakan untuk suatu beban bagi setiap saluran udara harus tidak menimbulkan pemanasan, sehingga mengakibatkan pelembekan logam dari penghantar. Biasanya untuk pembebanan harian diperkenankan adanya suhu kerja maksimum 75°C, dalam keadaan beban darurat boleh meningkat sampai 100°C. Beberapa keuntungan saluran udara :

- Lebih praktis dan mudah dalam pengerjaannya
- Investasi pembangunan saluran udara jauh lebih murah
- Sangat fleksibel terhadap perubahan beban.

- Bila terjadi gangguan, pencariannya mudah karena semuanya terlihat secara langsung .

2.5. Jenis Konduktor Saluran Udara Pada Sistem Distribusi^[4]

Konduktor berfungsi sebagai media untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu tempat ke tempat lain. Material yang digunakan untuk konduktor pada umumnya adalah tembaga, aluminium, atau campuran aluminium dengan logam lain, sedangkan baja hanya digunakan sebagai tulang kawat (penguat). Dalam pemilihan konduktor, hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Memiliki rentang pembebanan yang ekonomis
- Memiliki kapasitas thermal yang cukup untuk menjaga keadaan beban yang tinggi.
- Optimal dalam biaya

Dalam menghitung tahanan atau resistansi konduktor dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan^[8] :

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

R = Tahanan konduktor (Ω)

L = Panjang Saluran (m)

A = Luas Penampang (mm²)

ρ = Restivitas / Tahanan jenis penghantar ($\Omega - m$)

Jenis-jenis konduktor untuk saluran udara yang digunakan Pada sistem distribusi primer adalah :

- **BCC (*Bare Copper Conductor*)**⁴¹

Bare copper conductor merupakan konduktor udara tembaga telanjang. Konduktor ini diregangkan pada isolator diantara tiang-tiang yang khusus untuk sistem distribusi. Konduktor ini terbuat dari bahan tembaga elektrolit dengan kemurnian tidak kurang dari 99,90%. Konstruksi konduktor BBC diperlihatkan pada tabel 2-1.

Tabel 2-1
Konstruksi Konduktor Udara Tembaga Telanjang (BBC)¹⁵¹

Luas Penampang Nominal (mm ²)	Luas Penampang Sebenarnya (mm ²)	Jumlah Kawat	Tahanan DC, 20°C maksimum (ohm/km)	Diameter Penghantar Nominal (mm)	Kapasitas arus maksimum (Amp)	Kuat Tarik Putus Penghantar (N)
6	6,16	1	2,8961	2,80	71	2428
10	10,02	7	1,8160	4,05	90	4049
16	15,89	7	1,1452	5,10	125	6421
25	24,25	7	0,7504	6,30	160	9698
35	34,36	7	0,5296	7,50	200	13545
50	48,36	19	0,3781	9,00	250	19281
95	93,27	19	0,1961	12,50	380	36767
110	103,35	19	0,1762	13,65	410	41444
120	117,10	19	0,1563	14,00	440	46121
150	147,10	37	0,1234	15,70	510	58649
185	181,60	37	0,1007	17,50	585	71587
240	242,50	61	0,0754	20,20	700	96685
300	299,40	61	0,0611	22,50	800	118023
400	400,10	61	0,0457	26,00	960	157719
500	499,10	61	0,0366	29,10	1110	194050

Sumber : SPLN, 41 – 5 : 1981

• AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*)^[4]

All Aluminium Alloy Conductor merupakan udara telanjang yang terbuat dari aluminium campuran. Konduktor ini memiliki kekuatan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan AAC. Konduktor ini diregangkan pada isolator diantara tiang-tiang yang khusus untuk sistem distribusi. Konstruksi dari konduktor AAAC ini diperlihatkan pada tabel 2-3.

Tabel 2-3

Konstruksi Penghantar Udara Campuran Aluminium Telanjang (AAAC)^[7]

Luas Penampang Nominal (mm ²)	Luas Penampang Sebenarnya (mm ²)	Jumlah Kawat	Tahanan DC,20°C maksimum (ohm/km)	Diameter Penghantar Nominal (mm)	Kapasitas arus maksimum (Amp)	Kuat Tarik Putus Penghantar (N)
16	16,84	7	1,9551	5,25	105	4710
25	27,83	7	1,1832	6,75	135	7750
35	34,36	7	0,958	7,50	170	9615
50	49,48	7	0,6654	9,00	210	13830
50	45,70	19	0,7243	8,75	210	12750
70	75,55	19	0,4381	11,25	255	16235
95	93,27	19	0,3552	12,50	320	26095
100	99,30	7	0,3321	12,75	325	27760
110	106,07	19	0,3310	13,25	345	30560
120	112,85	19	0,2934	13,75	365	31590
150	157,60	19	0,2254	16,25	425	44045
185	181,60	37	0,1832	17,50	490	50765
240	242,50	61	0,1392	20,00	585	66755
300	299,40	61	0,1114	22,50	670	83680
400	431,10	61	0,0776	27,00	810	120565
500	506,00	61	0,0664	29,25	930	141460

Sumber : SPLN. 41 – 8 : 1981.

• AAC (*All Aluminium Conductor*)^[4]

All Aluminium Conductor merupakan konduktor aluminium telanjang. Untuk saluran udara yang diregangkan pada isolator diantara tiang-tiang yang khusus untuk sistem distribusi. Konduktor ini terdiri dari kawat yang dipilin konstruksi konduktor AAC diperlihatkan pada tabel 2-2.

Tabel 2-2
Konstruksi Konduktor Udara Aluminium Telanjang (AAC)^[6]

Luas Penampang Nominal (mm ²)	Luas Penampang Sebenarnya (mm ²)	Jumlah Kawat	Tahanan DC, 20°C maksimum (ohm/km)	Diameter Penghantar Nominal (mm)	Kapasitas arus maksimum (Amp)	Kuat Tarik Putus Penghantar (N)
16	16,84	7	1,7000	5,25	110	3040
25	27,83	7	1,0290	6,75	145	4810
35	34,36	7	0,8332	7,50	180	5790
50	45,70	19	0,5786	9,00	255	7945
50	58,07	7	0,6295	8,75	255	8190
70	75,55	19	0,3808	11,25	270	10200
95	93,27	19	0,3084	12,50	340	15305
110	99,30	19	0,2613	12,75	350	15110
120	112,85	19	0,2549	13,75	390	18540
150	157,62	37	0,1950	16,25	455	24820
185	181,63	37	0,1587	17,50	520	30510
240	242,54	61	0,1191	20,25	625	39435
300	299,44	61	0,0965	22,50	710	47580
400	431,18	61	0,0670	27,00	855	65480
500	506,04	61	0,0571	29,25	990	75540

Sumber : SPLN. 41 - 6 : 1981

2.6. Daya Sistem Distribusi

2.6.1. Daya Aktif (*Active Power*)^[2]

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| \cdot |I| \cos \varphi \dots\dots\dots (2.2)$$

Daya nyata untuk beban tiga fasa seimbang :

$$P = \sqrt{3} \left| V_{\text{jala jala}} \right| \left| I_{\text{jala jala}} \right| \cos \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

2.6.2. Daya Reaktif (*Reaktif Power*)^[2]

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| \cdot |I| \sin \varphi \dots\dots\dots (2.4)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$P = \sqrt{3} \left| V_{\text{jala jala}} \right| \left| I_{\text{jala jala}} \right| \sin \varphi \dots\dots\dots (2.5)$$

2.6.3. Daya Komplek (*Complex Power*)^[8]

Daya komplek dinyatakan dalam persamaan

$$S = |V| \cdot |I| \dots\dots\dots (2.6)$$

Daya komplek untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} \left| V_{\text{jala jala}} \right| \left| I_{\text{jala jala}} \right| \dots\dots\dots (2.7)$$

Apabila fasor tegangan dan arus diketahui, untuk perhitungan daya nyata dan daya reaktif akan lebih mudah dalam bentuk kompleks. Apabila tegangan diantara kutub-kutub beban dan arus yang mengalir dalam beban dinyatakan dengan $V = |V| \angle \alpha$ dan $I = |I| \angle \beta$ maka hasil kali tegangan dengan konjugate arus adalah :

$$VI^* = |V| \angle \alpha \cdot |I| \angle -\beta \dots\dots\dots (2.8)$$

$$VI^* = |V| |I| \angle (\alpha - \beta) \dots \dots \dots (2.9)$$

Merupakan besarnya daya kompleks dan ditandai dengan S. Dalam non polar dinyatakan sebagai :

$$S = |V| |I| \cos (\alpha - \beta) + j |V| |I| \sin (\alpha - \beta) \dots \dots \dots (2.10)$$

Karena $\alpha - \beta$ merupakan sudut fasa antara tegangan dan arus, atau lebih mudah dikatakan θ , maka sesuai dengan persamaan sebelumnya :

$$S = P + jQ \dots \dots \dots (2.11)$$

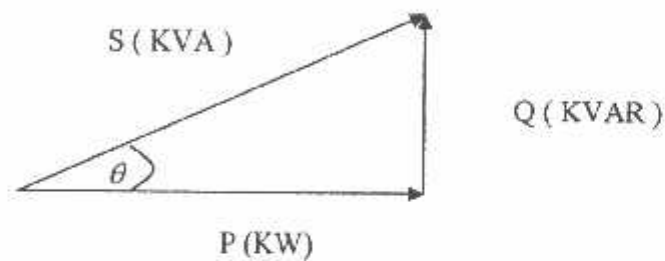
Daya reaktif Q apabila sudut $\alpha - \beta$ antara tegangan dan arus positif yaitu bila $\alpha > \beta$ yang berarti arus tertinggal dari tegangan . Sebaliknya daya reaktif Q akan bernilai negatif apabila $\alpha < \beta$ yang menunjukkan arus mendahului tegangan. Hal ini sesuai dengan pemilihan tanda positif untuk daya reaktif suatu rangkaian induktif dan tanda negatif untuk daya reaktif rangkaian kapasitif. Untuk mendapatkan tanda yang sesuai bagi Q perlu menghitung $S = VI^*$ dan bukan $S = V^* I$ yang akan membalik tanda Q.

2.6.4. Faktor Daya ($\cos \theta$)^[2]

Merupakan perbandingan antara daya aktif dengan daya semu, yang dinyatakan dalam persamaan :

$$\cos \theta = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (2.8)$$

Pada gambar 2.4. berikut ini dapat dilihat hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu serta faktor daya.



Gambar 2 - 4
Segitiga Daya^[2]

Dari gambar 2.4. diatas dapat diketahui, bahwa besarnya daya yang berasal dari sumber listrik tidak seluruhnya sampai ke konsumen, akan tetapi dipengaruhi oleh faktor daya ($\cos \theta$) yang merupakan cosinus sudut antara daya nyata atau aktif (KW) dan daya semu (KVA).

Dengan membesarnya daya reaktif pada keadaan daya aktif konstan sudut antara arus dan tegangan akan bertambah besar pula, sehingga faktor daya akan mengecil. Memburuknya faktor daya akan mengakibatkan bertambahnya KVA .

2.7. Beban Sistem Distribusi^[2]

Secara garis besar beban pada sistem distribusi dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu :

1. Beban Perumahan (Rumah Tangga)

Beban perumahan pada umumnya berupa penerangan, alat-alat rumah tangga

2. Beban Komersial

Beban komersial pada umumnya berupa penerangan, restoran, reklame dan lain-lain

3. Beban industri

Beban industri pada umumnya berskala besar, berupa industri pabrik.

2.8. Rugi-rugi Daya Saluran Distribusi^[2]

Rugi daya adalah daya yang hilang dalam penyaluran daya elektrik. rugi daya terdiri dari rugi daya aktif dan reaktif. Rugi-rugi ini dapat terjadi pada komponen-komponen umum pada sistem tenaga listrik seperti :

1. Rugi pada penyulang utama dan peralatan saluran

2. Rugi pada trafo distribusi

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 maka akan timbul rugi-rugi teknis ($I^2 R$) pada jaringan tersebut. Rugi Rugi teknis dari jaringan tenaga listrik tergantung dari macam-macam pembebanan pada saluran tersebut

BAB III

OPTIMALISASI PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE *INDEKS RCV (RASIO COST VOLTAGE)*

3.1. Metode *Indeks RCV (Ratio Cost Voltage)*^[9]

3.1.1. Teori Dasar Metode *Indeks RCV (Ratio Cost Voltage)*

Metode *indeks RCV (Ratio Cost Voltage)* adalah suatu metode yang merupakan rasio atau perbandingan peningkatan biaya untuk mengurangi jatuh tegangan, maksudnya dengan biaya yang sedikit lebih besar dalam pemilihan suatu ukuran konduktor, sehingga nantinya dapat meminimalkan jatuh tegangan yang dikarenakan adanya rugi – rugi daya dalam saluran distribusi primer.

Metode ini sebenarnya merupakan pengembangan dari metode *heuristik* yang mempunyai *indeks*, maka itu disebut dengan metode *indeks RCV* . Pengertian *indeks* disini adalah luas penampang atau ukuran konduktor pada segmen atau saluran distribusi radial yang akan dihitung dan diganti dengan luas penampang yang lebih besar, sehingga nantinya dapat menentukan biaya investasi penggantian ukuran konduktor untuk menurunkan jatuh tegangan pada saluran yang disebabkan oleh rugi – rugi daya.

Pengertian dari metode *heuristik* itu sendiri adalah suatu aturan yang tersusun dari proses dengan berdasarkan pada pengalaman, institusi dan pertimbangan – pertimbangan, dengan kata lain metode *heuristik* erat hubungannya dengan cara pikir seorang insinyur yang berbasis pada kemampuan analisis dan pengalaman, jadi bukan suatu bentuk optimasi yang berbasis murni

matematika. Metode *heuristik* merupakan salah satu metode yang mendekati baik dalam menemukan solusi dengan waktu perhitungan yang singkat, hal ini disebabkan metode *heuristik* mempunyai aturan (*rules*) yang mudah dan efisien, sehingga dapat mengurangi berbagai alternatif pencarian solusi.

Dengan metode *Indeks RCV* ini dalam pengoptimalan pemilihan ukuran konduktor untuk saluran distribusi radial sangat efisien dan mudah dalam pengerjaannya, karena penggantian salah satu ukuran konduktor dengan ukuran yang lebih besar dapat memperbaharui perubahan – perubahan yang sangat penting, baik pada penurunan tegangan atau jatuh tegangan, rugi – rugi daya pada saluran distribusi radial dan biaya total atau biaya investasi penggantian konduktor atau pemasangan konduktor.

untuk menentukan area persilangan penempatan konduktor pada cabang atau saluran distribusi tipe radial adalah :

$$A_k = \sqrt{\alpha(P_k^2 + Q_k^2)} / \beta \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana:

- A_k = area persilangan penempatan konduktor pada cabang atau saluran, k
- α = ketetapan konstanta *alpha* = 27, 56.
- β = ketetapan konstanta *betha* = 271,25.
- P_k = Daya nyata pada segmen atau saluran, k, (kW).
- Q_k = Daya reaktif pada segmen atau saluran , k, (kVAR)

Perhitungan pemilihan ukuran konduktor dengan metode *indeks RCV* adalah :

$$RCV(A_k) = \left[\beta \underline{A_k} A'_k - \alpha (P_k + Q_k) / (P_{k_{n_k}}) \right] \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana :

- n_k = nama variabel konduktor pada setiap bagian saluran atau segmen k,
- $\underline{A_k}$ = Area persilangan penempatan konduktor pada cabang atau saluran, k
- A'_k = luas penampang nominal konduktor pengganti yang diijinkan (mm^2)
- β = 271, 25 (ketetapan Konstanta *Betha*)
- α = 27, 56 (ketetapan Konstanta *Alpha*)
- P_k = Daya nyata pada segmen atau saluraan, k, (kW).
- Q_k = Daya reaktif pada segmen atau saluran , k, (kVAR)

3.1.2. Fungsi Obyektif

$$Cc = \sum_{k=1}^b \left[\alpha (P_k^2 + Q_k^2) / A_k + \beta A_k \right] f_k \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana :

- Cc = biaya total (Rp/ mm^2),
- b = angka semua segmen penyulang atau *feeder* (n -1), n = angka semua titik suatu penyulang.
- k = segmen atau saluran pada penyulang.
- α = ketetapan konstanta *Alpha* = 27, 56
- β = ketetapan konstanta *Betha* = 271, 25
- P_k = daya nyata pada segmen / saluran k, (kW).
- Q_k = daya reaktif pada segmen / saluran k, (kVAR).

A_k = luas penampang awal bagian saluran dari segmen / cabang pada penyulang (mm^2).

L_k = panjang saluran pada segmen atau saluran k, satuannya (m).

Dalam pengoptimalan tersebut berpengaruh pada kendala – kendala seperti:

- Penurunan tegangan (*Voltage Drop*) maksimum yang diizinkan, disini batas penurunan tegangan yang di izinkan adalah antara

$$0,95 \geq \Delta v \geq 1,05$$
- Keseimbangan konsumen akan permintaan energi listrik.

3.1.3. Batasan - Batasan Dalam Pemilihan Ukuran Konduktor

3.1.3.1. Penurunan tegangan (*Voltage Drop*)

Rumus untuk menentukan batasan penurunan tegangan adalah :

$$\sum_{k \in M_i} (\rho P_k / RCV(A_k) + Q_k x) * V_N \leq \Delta V \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana:

M_i = cabang / segmen *feeder* dimana mengalir permintaan daya pada titik *feeder*.

ρ = resistivitas / ketahanan konduktor.

x = reaktansi (Ohm).

$\Delta \bar{V}$ = batas penurunan tegangan suatu penyulang / *feeder*.

V_N = tegangan nominal penyulang / *feeder*.

P_k = daya nyata pada segmen / cabang k, (kW).

Q_k = daya reaktif pada segmen / cabang k, (kVAR).

$RCV(A_k)$ = nilai dari perhitungan dengan metode *indeks RCV*
pada penyulang .
 k = segmen atau saluran pada penyulang.

3.1.3.2. Hukum Arus Kirchhoff's

Hukum arus *Kirchhoff's* berbunyi jumlah arus yang menuju satu titik atau suatu titik sama dengan nol (0).

$$\sum_{k \in B_i} \lambda_k (P_k + jQ_k) = S_i \dots\dots\dots (i \in N_i) \dots\dots\dots (3.5)$$

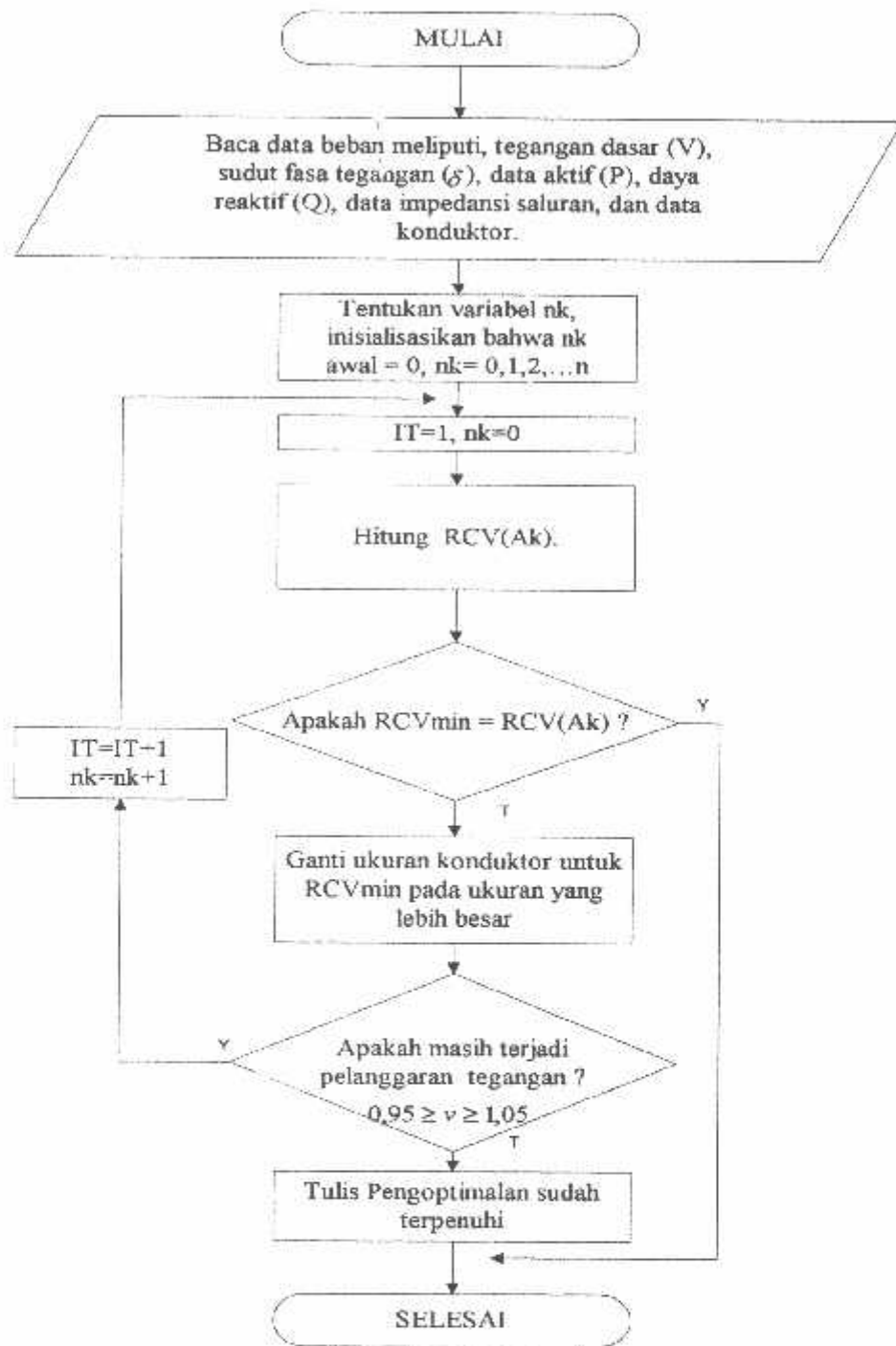
dimana :

- λ_k = bernilai 1 atau -1 (Jika P_k memasuki *node* i atau titik i $\lambda_k = 1$, jika P_k meninggalkan titik i atau *node* i $\lambda_k = -1$.
- B_i = segmen atau saluran yang langsung tersambung pada titik i.
- S_i = permintaan atau pensuplaian daya pada titik i.
- N_i = titik keseluruhan pada penyulang / *feeder* kecuali titik pada gardu induk.

3.1.4. Algoritma Metode *Indeks RCV*^[9]

1. Mulai.
2. Baca data beban meliputi, tegangan dasar (V), sudut fasa tegangan (δ), data aktif (P), daya reaktif (Q), data impedansi saluran, dan data konduktor.
3. Tentukan variabel n_k inisialisasikan bahwa n_k awal = 0, $n_k = 0, 1, 2, \dots n$.
4. $IT=1$, $n_k = 0$
5. Hitung $RCV(A_k)$.
6. Apakah $RCV_{min} = RCV(A_k)$?
 - Jika, Ya lanjutkan kelangkah 11 .
 - Jika, Tidak lanjutkan kelangkah 7.
7. Ganti ukuran konduktor untuk RCV_{min} pada ukuran yang lebih besar.
8. Apakah masih terjadi pelanggaran tegangan $0,95 \geq \Delta V \geq 1,05$?
 - Jika, Ya lanjutkan kelangkah 9
 - Jika, Tidak lanjutkan kelangkah 10
9. $IT=IT+1$ dan $n_k = n_k + 1$, kembali ke langkah 4.
10. Tulis Pengoptimalan sudah terpenuhi.
11. Selesai.

3.1.5. FlowChart Metode Indeks RCV^[19]



Gambar 3 -1
FlowChart Metode Indeks RCV

3.2. Analisa Aliran Daya Jaringan^[4]

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomisnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif dan reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik pada saluran distribusi tenaga listrik.

Tujuan dari analisa daya adalah :

1. Untuk mengetahui keadaan tegangan pada setiap node dari sistem tenaga.
2. Untuk mengetahui besarnya daya yang mengalir pada setiap saluran dari struktur jaringan .
3. Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya aktif dan daya reaktif pada setiap saluran.

3.2.1. Metode *Newton Raphson*^[4]

Secara matematis persamaan aliran daya *Newton Raphson* dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rektangular, koordinat polar atau bentuk *hibrid* (gabungan antara bentuk kompleks dengan bentuk polar).

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

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots (3.6)$$

Injeksi daya pada simpul p adaah :

$$S_p = p_p - jQ_p = V_p^* \cdot I_p \dots\dots\dots (3.7)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots (3.8)$$

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

$$\begin{aligned} V_p^* &= |V_p| e^{-j\delta_p} \\ V_q &= |V_q| e^{j\delta_q} \\ Y_{pq}^* &= |Y_{pq}| e^{-j\theta_{pq}} \dots\dots\dots (3.9) \end{aligned}$$

Maka persamaan (3.1) dapat ditulis :

$$p_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$p_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots (3.11)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots (3.12)$$

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 tegangan (δ) di setiap simpul dapat diselesaikan dengan persamaan (3.5) dan (3.6) yang di linierkan dengan metode *Newton Rapson* yang dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.13)$$

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 dgn 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 *magnitude* tegangan

H,L,M,N merupakan elemen – elemen *off* diagonal dan diagonal dari sub matriks Jaqobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.5) dan (3.6), dimana :

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

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

Adapun rumus dari elemen matriks jacobian adalah :

Untuk H :

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

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

Untuk N :

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

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

Untuk M :

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

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

Untuk L :

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

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

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 (3.5) dan (3.6). Selisih antara daya yang telah ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini merupakan perubahan daya yang terjadi pada simpul.

$$\Delta P = P_{\text{pembangkitan}} - P_{\text{beban}} - P_{\text{perhitungan}} \dots\dots\dots(3.14)$$

$$\Delta Q = Q_{\text{pembangkitan}} - Q_{\text{beban}} - Q_{\text{perhitungan}} \dots\dots\dots(3.15)$$

Magnitude tegangan (V) dan sudut fasa (δ) yang diasumsikan serta selisih daya yang dihitung (ΔP dan ΔQ) digunakan untuk memperoleh elemen-elemen matriks jacobian.

Persamaan (3.7) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi *magnitude* $\Delta(|V|)$ dan sudut fasa tegangan ($\Delta\delta$) yang baru. Sehingga diperoleh harga *magnitude* tegangan dan sudut fasa yang baru, yaitu :

$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta |V|^k$$

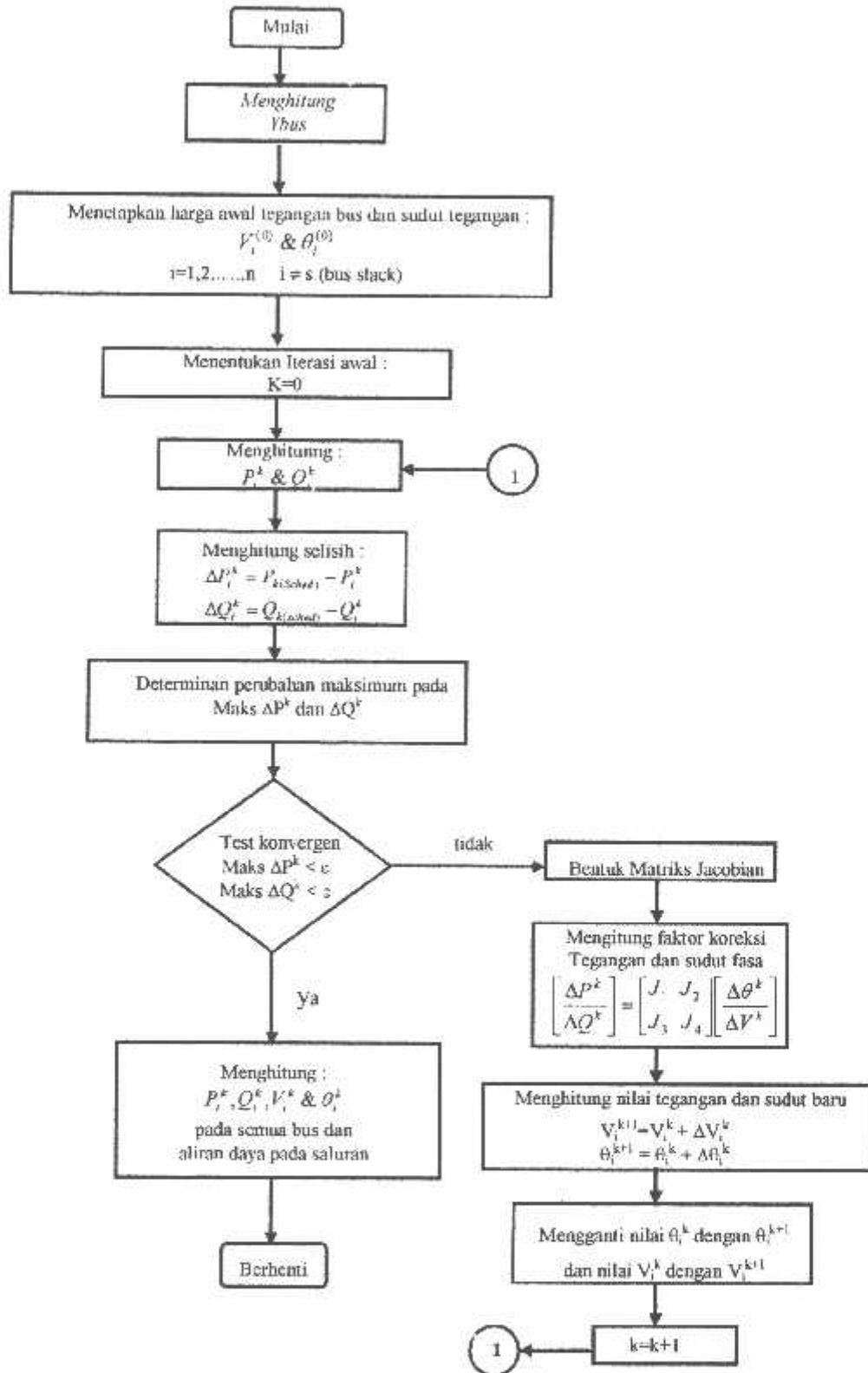
$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta\delta^k$$

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.

3.2.2. Algoritma Aliran Daya *Newton Raphson* ^[8]

1. Tentukan P_p (ditetapkan) dan Q_p (ditetapkan) yang mengalir ke dalam sistem pada rel untuk nilai yang ditentukan atau prakiraan dari besar dan sudut tegangan untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya..
2. Hitung ΔP dan ΔQ pada setiap rel.
3. Hitung nilai – nilai matrik Jacobian dengan menggunakan nilai – nilai perkiraan atau ditentukan dari besar dan sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensial persamaan (3.11) dan (3.12).
4. Balikan jacobian itu dan hitung koreksi-koreksi tegangan $\Delta \delta_p$ dan $\Delta |V_p|$ pada setiap rel.
5. Hitung nilai baru dari δ_p dan $|V_p|$ dengan menambahkan $\Delta \delta_p$ dan $\Delta |V_p|$ pada nilai sebelumnya.
6. Kembali kelangkah pertama dan ulangi proses itu dengan menggunakan nilai untuk besar dan sudut tegangan yang ditentukan paling akhir sehingga semua nilai ΔP dan ΔQ atau semua nilai $\Delta \delta$ dan $\Delta |V|$ lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.

3.2.3. Flowchart Perhitungan Aliran Daya Metode Newton Raphson



Gambar 3 -2
Flowchart Perhitungan Aliran Daya Metode Newton Raphson

BAB IV

ANALISA HASIL PEMILIHAN KONDUKTOR MENGGUNAKAN METODE *INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE)*

4.1. Program Komputer Pemilihan Ukuran Konduktor Menggunakan Metode *Indeks RCV*

Dalam penyelesaian masalah ini diperlukan bantuan program komputer dalam perhitungan yang membutuhkan ketelitian dan keakuratan.

Program komputer dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer Pentium III 500 MHz, dengan memori 256 Mb.

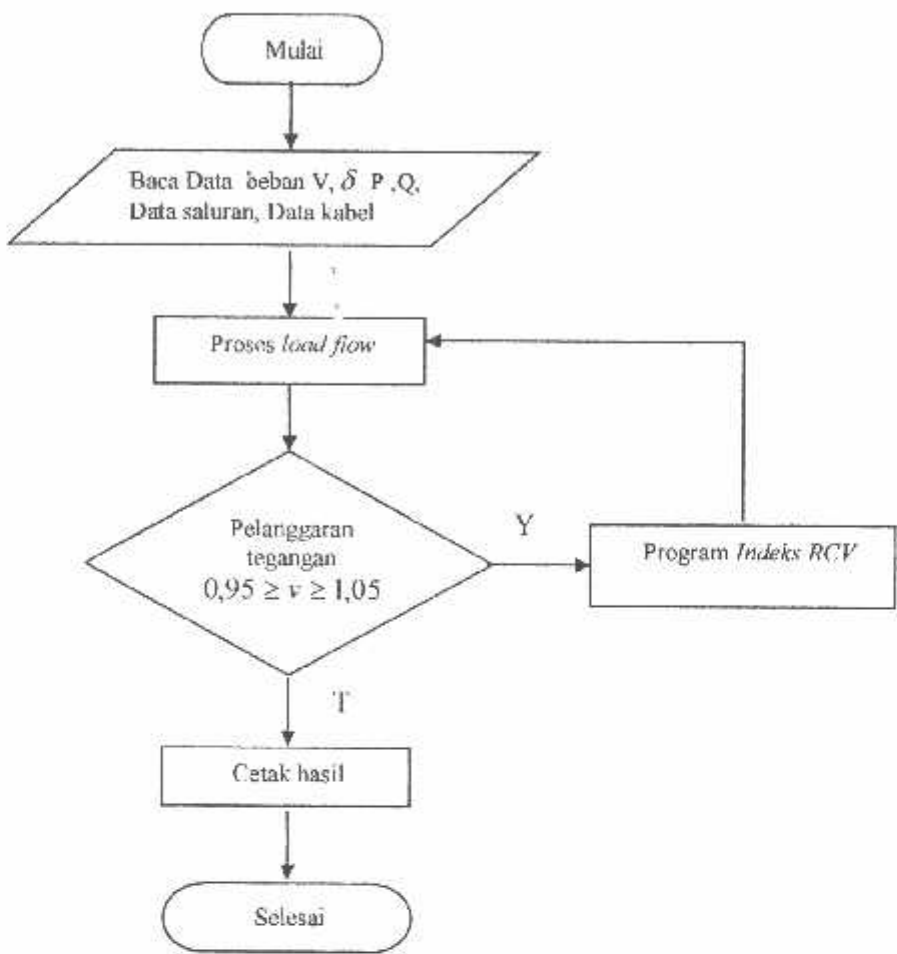
4.1.1. Algoritma Program Pemecahan Masalah Secara Umum

1. Memasukkan inputan data beban yang meliputi tegangan dasar (V), sudut fasa tegangan (δ), daya aktif (P), daya reaktif (Q), data impedansi saluran dan data konduktor.
2. Lakukan proses *load flow Newton Raphson*.
3. Kemudian mengecek apakah ada pelanggaran tegangan.
 - Jika “ Ya “, lanjutkan kelangkah 4
 - Jika “ Tidak “, lanjutkan kelangkah 5
4. Melakukan proses program metode *Indeks RCV*
5. Cetak Hasil

4.1.2. Algoritma Program Pemecahan Masalah Pemilihan Ukuran Konduktor Menggunakan Metode Indeks RCV

1. Mulai.
2. Baca data beban meliputi, tegangan dasar (V), sudut fasa tegangan (δ), data aktif (P), daya reaktif (Q), data impedansi saluran, dan data konduktor.
3. Tentukan variabel n_k inisialisasikan bahwa n_k awal = 0, $n = 0, 1, 2, \dots, n$.
4. $IT=1$, $n_k = 0$
5. Hitung $RCV(A_k)$.
6. Apakah $RCV_{min} = RCV(A_k)$?
 - Jika, Ya lanjutkan kelangkah 11 .
 - Jika, Tidak lanjutkan kelangkah 7.
7. Ganti ukuran konduktor untuk RCV_{min} pada ukuran yang lebih besar.
8. Apakah masih terjadi pelanggaran tegangan $0,95 \geq \Delta V \geq 1,05$?
 - Jika, Ya lanjutkan kelangkah 9
 - Jika, Tidak lanjutkan kelangkah 10
9. $IT=IT+1$ dan $n_k = n_k + 1$, kembali ke langkah 4.
10. Tulis Pengoptimalan sudah terpenuhi.
11. Selesai.

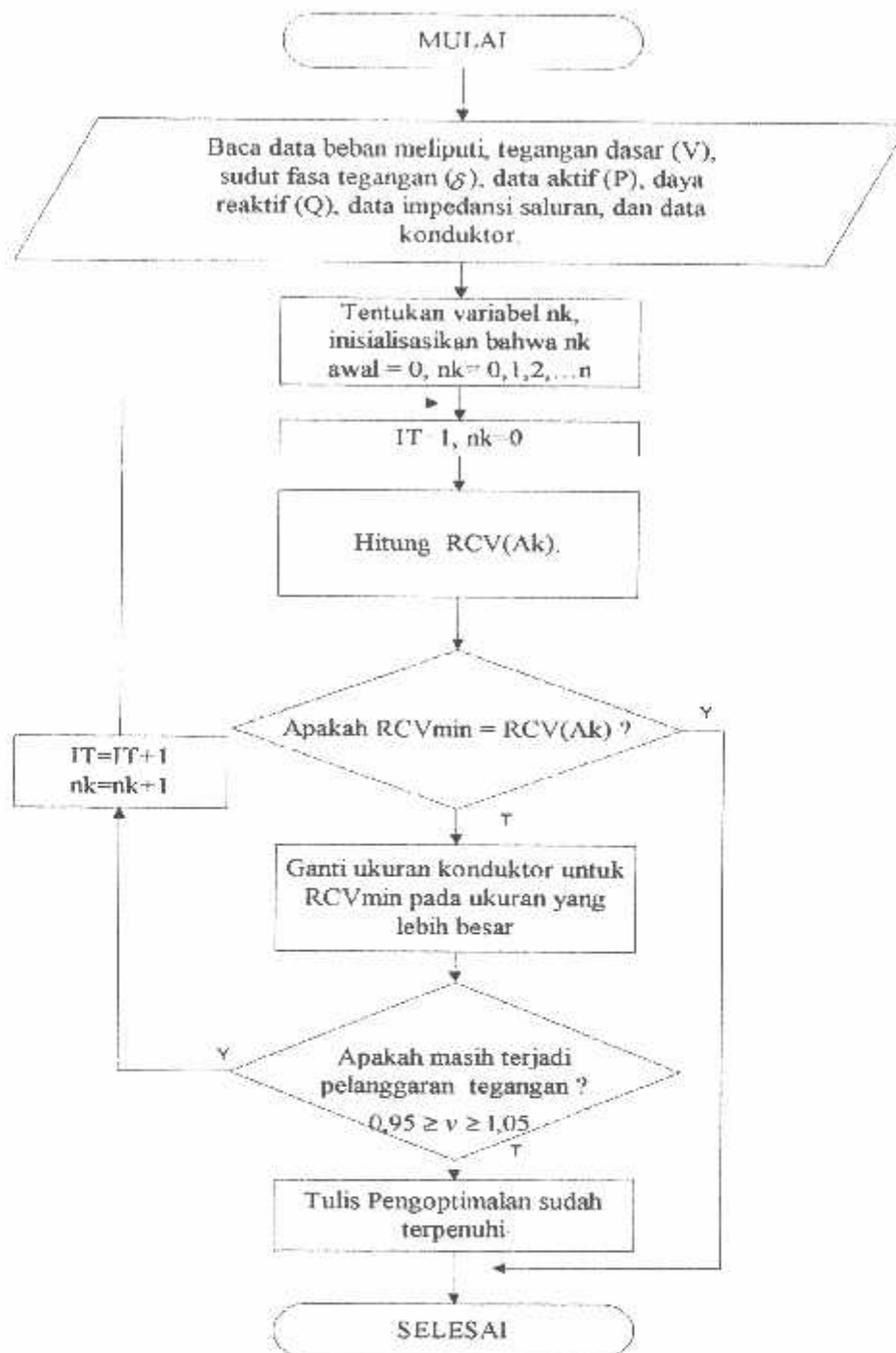
4.1.3. *Flowchart Program Pemecahan Masalah Secara Umum*



Gambar 4 -1
Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum

4.1.4. Algoritma Program Pemecahan Masalah Pemilihan Konduktor

Menggunakan Metode Indeks RCV :



Gambar 4 - 2

Flow Chart Metode Indeks RCV

4.2. Validasi Program.

Program pemilihan konduktor dengan metode *Indeks RCV* telah diuji validasinya dengan data dari jurnal Zhuding Wang, Haijun Liu, David C Yu, Xiaohui Wang, and Hongquan Song "*A Practical Approach to the Conductor Size Selection in Planning Radial Distribution Systems*", *IEEE Transaction On Power Delivery*, Vol. 15, No. 1, *January* 2000.

Ⓒ Data teknis dari jurnal adalah sebagai berikut :

- Tegangan Dasar : 10 kV
- Daya Dasar : 100 kVA

Ⓒ Data masukan parameter *Indeks RCV* :

- α : 27,56 β : 271,25
- ρ : 3,15 Ω -mm²/km , $\cos\theta = 0,762$
- x : 0,38 Ω / Km.
- ΔV : 2000 Volt , V_N : 10 kV
- Ukuran konduktor yang diperbolehkan : 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120 dan 150 mm²

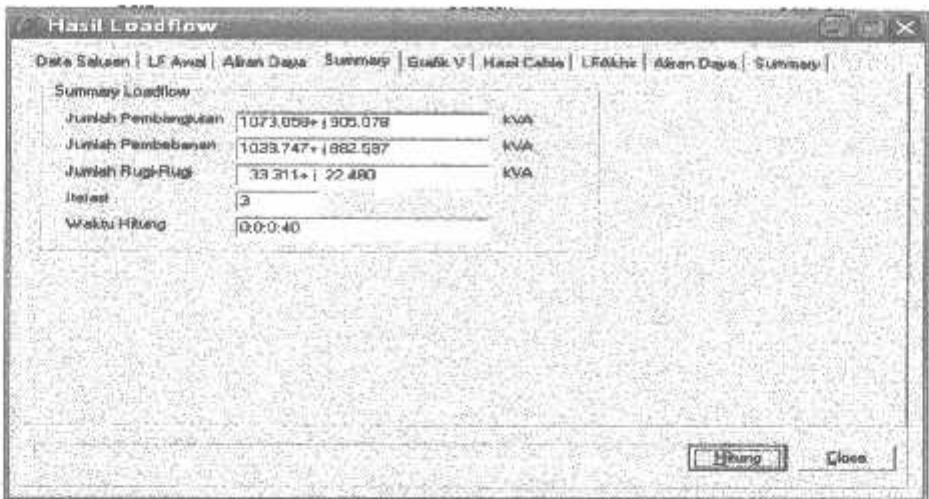
Tabel 4-1
Data Pembebanan Jurnal IEEE

Bus	P (KW)	Q (KVAR)
1	0	0
2	14.859	12.48
3	24.765	20.8
4	0	0
5	39.624	33.28
6	24.765	20.8
7	37.1475	31.2
8	61.9125	52
9	37.1475	31.2
10	0	0
11	9.906	8.32
12	0	0
13	61.7245	68.64
14	24.765	20.8
15	49.53	41.6
16	0	0
17	49.53	41.6
18	34.29	28.8
19	14.859	12.48
20	24.765	20.8
21	0	0
22	49.53	41.6
23	24.765	20.8
24	0	0
25	118.872	99.84
26	4.953	4.16
27	0	0
28	24.765	20.8
29	24.765	20.8
30	49.53	4.16
31	0	0
32	99.06	83.2
33	89.154	74.88
34	24.765	20.8

Tabel 4-2
Data Saluran jurnal IEEE

No Saluran	No titik		Panjang (m)	R(ohm/km)	X(ohm/km)
	Dari	Ke			
1	1	2	156	0.059218	0.053804
2	2	3	89	0.033784	0.030696
3	3	4	392	0.148803	0.135201
4	4	5	338	0.128306	0.116576
5	4	6	227	0.086169	0.078292
6	6	7	516	0.195874	0.177968
7	7	8	92	0.034923	0.031731
8	8	9	140	0.053144	0.048286
9	9	10	156	0.059218	0.053804
10	10	11	498	0.202586	0.202586
11	10	12	450	0.18306	0.18306
12	12	13	499	0.202993	0.202993
13	12	14	466	0.189569	0.189569
14	14	15	609	0.247741	0.247741
15	16	16	500	0.3226	0.1839
16	18	17	192	0.123878	0.070618
17	16	18	191	0.123233	0.07025
18	18	19	255	0.184526	0.093789
19	19	20	980	0.632296	0.360444
20	20	21	500	0.48085	0.1895
21	21	22	104	0.095867	0.039416
22	21	23	137	0.126273	0.051923
23	23	24	534	0.68902	0.207993
24	24	25	228	0.294188	0.088606
25	24	26	105	0.135482	0.036215
26	26	27	125	0.252013	0.06045
27	27	28	500	1.00805	0.2018
28	27	29	500	1.00805	0.2018
29	29	30	500	1.00805	0.2018
30	30	31	500	1.00805	0.2018
31	31	32	500	1.00805	0.2018
32	31	33	500	1.00805	0.2018
33	33	34	500	1.00805	0.2018

4.2.1. Hasil validasi IEEE menggunakan metode *Indeks RCV*



Gambar 4 - 3

Tampilan Hasil Program Sebelum Optimasi Menggunakan Metode *Indeks RCV*



Gambar 4 - 4

Tampilan Hasil Program Setelah Optimasi Menggunakan Metode *Indeks RCV*

Dapat dilihat bahwa perbandingan selisih total rugi – rugi daya sebelum dan setelah optimasi di jurnal adalah 11,07 kW dan perbandingan selisih total rugi – rugi daya sebelum dan setelah optimasi di program adalah 11,093 kW. Jadi tingkat kesalahan *error*nya adalah 0,1 %.

Tabel 4-3
Perbandingan Hasil Luas Penampang Konduktor IEEE Dengan Hasil Luas
Penampang Konduktor Menggunakan Program

k	Ak ^a	Ak ^b	k	Ak ^a	Ak ^b
1	95	150	1	95	150
2	95	150	2	95	150
3	95	150	3	95	150
4	25	25	4	25	25
5	50	150	5	50	150
6	50	150	6	50	150
7	50	150	7	50	150
8	50	150	8	50	150
9	50	150	9	50	150
10	16	16	10	16	16
11	50	150	11	50	150
12	35	35	12	35	35
13	50	150	13	50	150
14	50	150	14	50	150
15	50	150	15	50	150
16	25	25	16	25	25
17	35	150	17	35	150
18	35	150	18	35	150
19	35	150	19	35	150
20	35	150	20	35	150
21	25	25	21	25	25
22	25	150	22	25	150
23	25	150	23	25	150
24	50	50	24	50	50
25	25	150	25	25	150
26	16	150	26	16	150
27	16	16	27	16	16
28	16	150	28	16	150
29	16	150	29	16	120
30	16	95	30	16	95
31	16	16	31	16	50
32	16	25	32	16	50
33	16	16	33	16	16

4.3. Data Perhitungan Penyulang Asahan

Data yang digunakan, diperoleh dari Gardu Induk Blimbing, dimana *Out Going* atau keluaran dari Gardu Induk tersebut merupakan jaringan distribusi primer 20 kV yang memiliki sembilan buah Penyulang. Namun dalam skripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada Penyulang Asahan, yang selanjutnya dijadikan sebagai data inputan dalam program perhitungan aliran daya.

Sebelum perhitungan dilakukan, terlebih dahulu ditetapkan dari gambar 4-5 *single line diagram* yang ada, bahwa yang dijadikan sebagai *Slack Bus* adalah Busbar dari G. 1 Blimbing, sedangkan *node – node* yang ada di sepanjang saluran radial (yang ada trafo distribusinya) dipandang sebagai *Load Bus* . Data yang ada, terlebih dahulu diubah ke dalam satuan per unit. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses perhitungan dimana nilai dasar yang digunakan adalah :

1. Tegangan Dasar = 20 kV
2. Daya Dasar = 100 kVA

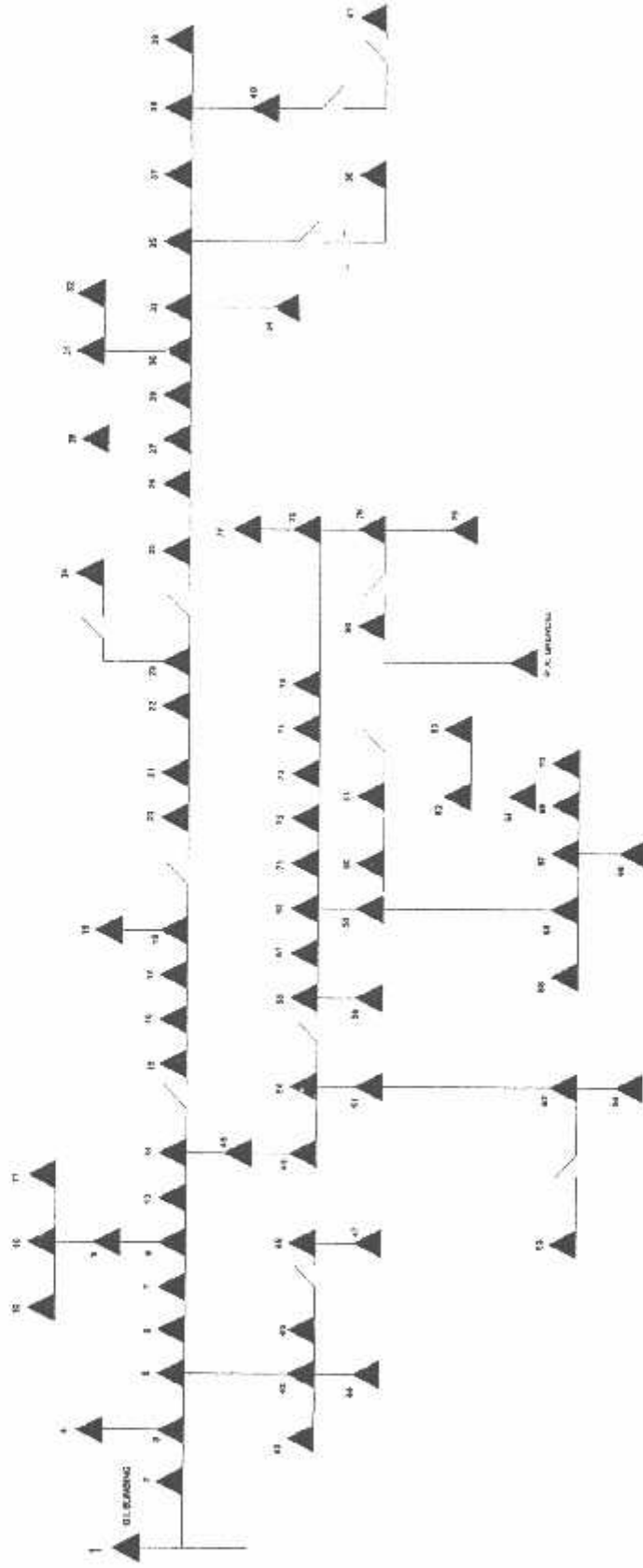
Untuk Mengubah nilai impedansi saluran ke dalam satuan per-unit, maka sebelumnya harus ditentukan besarnya nilai impedansi dasar (Z_{dasar}) yang digunakan adalah :

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(\text{Tegangan dasar, } kV_{LN})^2}{\text{DasarMVA}_{1\phi}} = \frac{20^2}{0,1} = 4000 \Omega$$

Sehingga besarnya nilai impedansi dalam satuan perunit adalah :

$$Z_{pu} = \frac{Z_{\Omega}}{4000}$$

PENYULANG ASAHAN



Gambar 4-5

Single Line Diagram penyulang Asahan

Sumber : PT PLN (PERSERO) Unit Distribusi Jawa Timur

Area Pelayanan Malang, "*Single Line Diagram* Penyulang Asahan"

4.3.1. Data Saluran Penyulang Asahan

Untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk Blimbing sampai ke pelanggan pada Penyulang Asahan digunakan saluran jenis hantaran udara, dengan spesifikasi jenis konduktor yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4 - 4

Data Konduktor Pada Penyulang Asahan Sistem 20 kV G. I Blimbing^{[2] [10]}

Jenis Konduktor	Penampang Nominal (mm ²)	Impedansi saluran (Ω/Km)	HARGA AAAC (Rp/m/Konduktor)
AAAC	55	0.5991 + j 0.3651	355205
AAAC	70	0.4608 + j 0.3572	410780
AAAC	110	0.2971 + j 0.3405	457710
AAAC	150	0.3396 + j 0.3449	636500

Tabel 4 – 5

Hasil Perhitungan Impedansi Saluran Penyulang Asahan

No. Saluran	Dari node	Ke node	Impedansi (Ω)		Panjang Saluran (m)
			R(Ohm)	X(Ohm)	
1	1	2	0.087561	0.133853	405
2	2	3	0.111717	0.128036	376
3	3	4	0.154568	0.094196	258
4	3	5	0.010696	0.012259	36
5	5	6	0.014856	0.017026	50
6	6	7	0.001486	0.001703	5
7	7	8	0.009805	0.011237	33
8	8	9	0.024214	0.037016	112
9	9	10	0.001513	0.002314	7
10	10	11	0.010378	0.015864	48
11	10	12	0.003675	0.005619	17
12	8	13	0.037743	0.023001	63
13	13	14	0.016639	0.019069	56
14	14	15	0.136972	0.15698	461
15	15	16	0.013668	0.015664	46
16	16	17	0.014797	0.016958	49.8
17	17	18	0.106369	0.121906	358
18	18	19	0.023175	0.026561	78
19	18	20	0.2320507	0.265946	781

Tabel 4 – 5 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran a-1

4.3.2. Data Pembebanan Penyulang Asahan

Data pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari masing – masing trafo distribusi, dengan asumsi bahwa sistem berada pada kondisi normal dengan faktor daya sebesar 0,86 dan rugi – rugi terjadi pada trafo diabaikan. Jika besarnya pembebanan adalah nol, maka pada *node* tidak terdapat trafo distribusi tetapi hanya merupakan *node* penghubung. Adapun data pembebanan seperti pada tabel 4 – 6

Tabel 4 - 6
Hasil Perhitungan Pembebanan Aktif Dan Reaktif Penyulang Asahan

No Node	No Gardu	Kapasitas (kVA)	Beban Gardu (%)	Data Beban	
				P (kW)	Q (kVAR)
1	-	0	0	0	0
2	39	200	63	108.36	64.26
3	-	0	0	0	0
4	267	100	80.24	69	40.92
5	-	0	0	0	0
6	125	160	137.56	189.28	112.24
7	124	100	33.99	29.23	17.33
8	-	0	0	0	0
9	128	160	19.95	27.45	16.27
10	-	0	0	0	0
11	623	200	17	29.24	17.34
12	757	630	70	379.26	224.91
13	622	100	88	75.68	44.88
14	-	0	0	0	0
15	286	200	70.41	121.10	71.81
16	752	200	34	58.48	34.68
17	582	160	13	17.88	10.60
18	-	0	0	0	0
19	285	25	5	1.07	0.63
20	667	160	51	70.17	41.61

Tabel 4 – 6, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran a-2

Contoh perhitungan dilakukan pada *bus* no. 2 sebagai berikut :

Kapasitas Trafo = 200 kVA

Beban Gardu = 63 %

Faktor Daya = $\cos \theta = 0,86$

$\sin \theta = 0,5102$

Pembebanan = $200 \times 63 \% = 126 \text{ kVA}$

$$\text{Beban Aktif} = 126 \times \cos \theta = 126 \times 0,86 = 108,3 \text{ kW}$$

$$\text{Beban Reaktif} = 126 \times \sin \theta = 126 \times 0,5102 = 64,26 \text{ kVAR}$$

Dengan cara yang sama, perhitungan dapat dilanjutkan untuk *bus – bus* yang lain.

4.4. Analisa Perhitungan

Perhitungan pemilihan konduktor diawali dengan studi aliran daya dengan metode *Newton Raphson*. Dipilih metode *Newton Raphson* karena metode ini mempunyai nilai keakuratan yang tinggi bila dijadikan sebagai pembanding metode. Studi aliran daya dilakukan untuk mengetahui harga tegangan dan sudut fasa di tiap – tiap *node*.

Untuk mempermudah perhitungan dan analisa pada sistem tenaga, biasanya dipakai harga – harga dalam satuan per-unit (pu). Satuan per – unit adalah harga yang sebenarnya dibagi dengan harga dasar. Harga dasar pada skripsi ini adalah 20 kV dan 100 kVA sebagai harga tegangan dasar dan daya dasar. Mengingat bahwa pada jaringan tidak dilakukan pengukuran faktor daya, maka pada perhitungan ini diambil harga faktor daya sebesar 0,86.

4.5. Perhitungan Aliran Daya Penyulang

Perhitungan diawali dengan menampilkan *single line* diagram dari penyulang yang mewakili keadaan sistem yang sesungguhnya. Dari gambar 4-5, diperlihatkan *single line* diagram dari Penyulang Asahan. Pada penyulang ini jumlah bus dan jumlah saluran masing – masing adalah :

- *Slack Bus* = 1
- *Jumlah Bus* = 80
- *Jumlah saluran* = 79

Dengan mengacu pada penyulang Asahan yang memiliki 80 bus (bus 1 sebagai referensi atau *slack*), maka asumsi awal untuk masing – masing bus nilai tegangan adalah 1 pu dan nilai sudut fasa tegangan adalah 0°. Perhitungan terus dilakukan sampai didapatkan hasil yang konvergen. Jika perhitungan belum mencapai nilai konvergen, maka dilakukan pengulangan dengan perkiraan nilai tegangan dan sudut fasa tegangan yang baru. Dengan menggunakan bantuan program komputer untuk analisis perhitungan dengan metode *Newton Raphson*, maka dapat diperoleh nilai tegangan sebagai berikut :

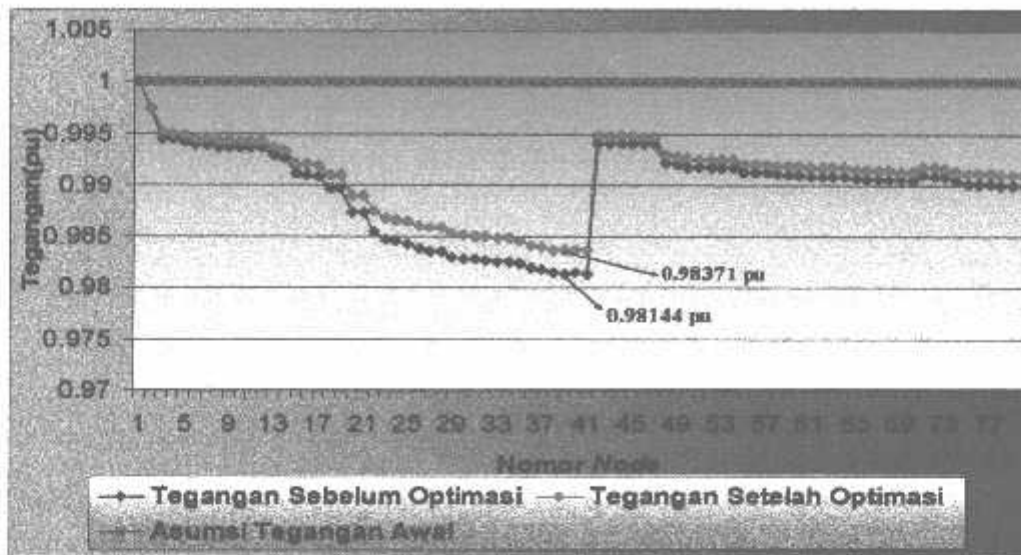
Tabel 4-7

Kondisi Tegangan Tiap *Node* Penyulang Asahan Sebelum Dan Sesudah Optimasi

No. Node	Tegangan (pu) Sebelum Optimasi	Tegangan (pu) Sesudah Optimasi
1	1	1
2	0.99739	0.99739
3	0.99451	0.99502
4	0.99447	0.99498
5	0.99424	0.99479
6	0.99388	0.99449
7	0.99385	0.99446
8	0.99362	0.99427
9	0.99357	0.99422
10	0.99356	0.99421

Tabel 4-7 , selengkapnya dapat dilihat pada lampiran a-3

Disini terlihat pada hasil perhitungan tegangan pada masing – masing node nilainya mengalami penurunan dari asumsi tegangan awal yang digunakan yaitu 1 pu atau 20 kV. Dari Grafik 4-1, dapat kita lihat penurunan tegangan dari asumsi tegangan awal tiap – tiap *node* masih berkisar antara -10% sampai 5%. Ini berarti tegangan masih dalam batas – batas yang diijinkan., Sebelum optimasi tegangan terendah terjadi pada *node* ke-39 sebesar 0,98144 pu atau 19,6288 kV. Setelah optimasi pada *node* tersebut mengalami kenaikan menjadi 0,98371 pu atau 19,6742 kV.



Grafik 4-1.

Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum Optimasi dan Setelah Optimasi Terhadap Asumsi Tegangan Awal

Selanjutnya hasil perhitungan yang diperoleh pada tabel 4-7 digunakan untuk menghitung besarnya aliran daya yang terjadi pada tiap – tiap saluran. Contoh perhitungan aliran dayanya adalah :

Aliran Daya dari bus 1 ke bus 2 :

$$\begin{aligned}
 P_{pq} + j Q_{pq} &= V_p i_{pq}^* \\
 &= V_p [(V_p - V_q) y_{pq}]^* \\
 P_{12} + j Q_{12} &= V_1 i_{12}^* \\
 &= V_1 [(V_1 - V_2) y_{12}]^* \\
 &= 1 \angle 0^\circ \left[(1 \angle 0^\circ - 0,99739 \angle -0,07286^\circ) \left(\frac{1}{2,1890 \cdot 10^{-5} + j 3,3463 \cdot 10^{-5}} \right) \right] \times 100 \\
 &= 6228,255 + j 3727,312 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Aliran Daya dari bus 2 ke bus 1 :

$$\begin{aligned}
 P_{qp} + j Q_{qp} &= V_q i_{qp}^* \\
 &= V_q [(V_q - V_p) y_{qp}]^* \\
 P_{21} + j Q_{21} &= V_2 i_{21}^* \\
 &= V_2 [(V_2 - V_1) y_{21}]^* \\
 &= 0,99739 \angle -0,0728^\circ \left[(0,99739 \angle -0,0728^\circ - 1 \angle 0^\circ) \left(\frac{1}{2,189010^{-5} + j 3,346310^{-5}} \right) \right]^* \times 100 \\
 &= -6216,722 + j - 3709,683 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama perhitungan dilanjutkan dengan bantuan program komputer, sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4-8

Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Asahan Sebelum Dan Sesudah Optimasi

Dari Bus	Ke Bus	Aliran Daya Sebelum Optimasi		Dari Bus	Ke Bus	Aliran Daya Setelah Optimasi	
		P (kW)	Q (kVAR)			P (kW)	Q (kVAR)
1	2	6228,255	3727,312	1	2	6217,742	3725,8
2	3	6108,365	3645,426	2	3	6097,881	3643,958
3	4	69,003	40,922	3	4	69,003	40,922
3	5	6025,157	3588,223	3	5	6018,569	3587,277
5	6	5752,032	3425,518	5	6	5745,825	3424,622
6	7	5561,099	3311,348	6	7	5555,323	3310,514
7	8	5531,714	3293,838	7	8	5525,936	3293,004
8	9	435,969	259,548	8	9	435,968	259,548
9	10	408,503	242,254	9	10	408,503	242,254
10	11	29,24	17,34	10	11	29,24	17,34

Tabel 4-8, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran a-4 dan a-5

Hasil perhitungan aliran daya dengan menggunakan bantuan program komputer seperti terlihat pada tabel 4-8, serta dapat diketahui besar rugi daya aktif dan daya reaktif tiap saluran. Dimana rugi daya merupakan penjumlahan dari nilai aliran daya yang terjadi pada tiap-tiap saluran. Hal ini mengingat persamaan rugi daya adalah sebagai berikut :

Contoh Perhitungan Rugi Daya

Rugi daya pada saluran dari bus 1 ke bus 2 :

$$\begin{aligned} &= (P_{12} + j Q_{12}) + (P_{21} + j Q_{21}) \\ &= (6228,255 + j 3727,312) + (-6216,722 + j - 3709,683) \\ &= 11,533 + j 17,629 \text{ kVA} \end{aligned}$$

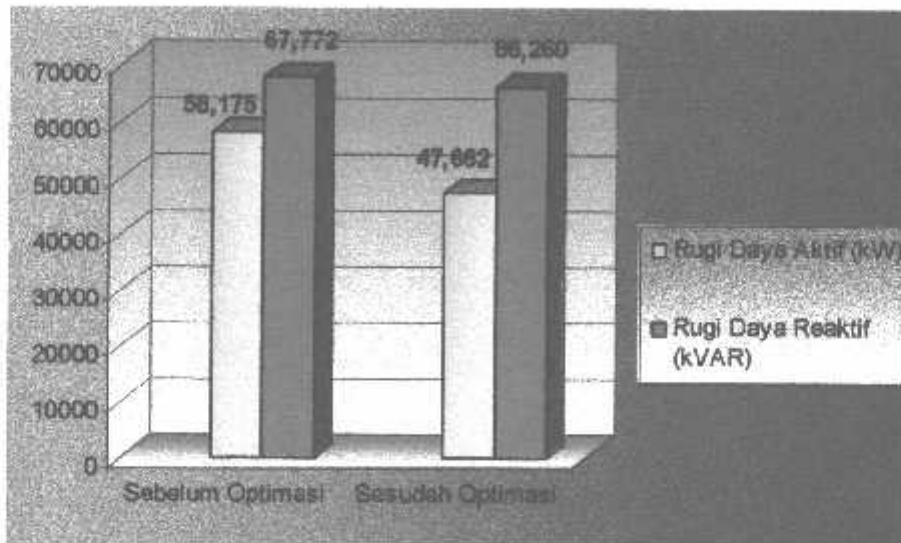
Dengan cara yang sama perhitungan dilanjutkan dengan bantuan komputer, sehingga diperoleh hasil seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4-9
Rugi – Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Asahan Sebelum Dan Sesudah Optimasi

Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Sebelum Optimasi		Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya Setelah Optimasi	
		P _{Loss} (kW)	Q _{Loss} (kVAR)			P _{Loss} (kW)	Q _{Loss} (kVAR)
1	2	11,533	17,629	1	2	11,501	17,582
2	3	14,207	16,282	2	3	10,309	15,76
3	4	0,003	0,002	3	4	0,003	0,002
3	5	1,33	1,524	3	5	0,965	1,475
5	6	1,653	1,93	5	6	1,222	1,868
6	7	0,155	0,18	6	7	0,157	0,18
7	8	1,029	1,179	7	8	0,747	1,141
8	9	0,016	0,024	8	9	0,015	0,024
9	10	0,001	0,001	9	10	0,001	0,001
10	11	0	0	10	11	0	0

Tabel 4-9, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran a-6 dan a-7

Grafik 4-2
Perbandingan Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Optimasi



Dari grafik 4-2 diatas dapat dilihat perubahan rugi daya, sebelum optimasi untuk daya aktif sebesar 58,175 kW setelah optimasi rugi daya aktif mengalami penurunan menjadi 47,662 kW. Untuk daya reaktif sebelum optimasi sebesar 67,772 kVAR, setelah optimasi mengalami penurunan menjadi 66,260 kVAR.

Tabel 4-10
Hasil Perhitungan Total Pembangkitan, Pembebanan, Rugi Daya Sebelum Optimasi

Total Pembangkitan		Total Pembebanan		Total Rugi Daya	
P (kW)	Q(kVAR)	P(kW)	Q(kVAR)	P(kW)	Q(kVAR)
6228.255	3727.312	6170.080	3659.540	58.175	67.772

Tabel 4-11
Hasil Perhitungan Total Pembangkitan, Pembebanan, Rugi Daya Sesudah Optimasi

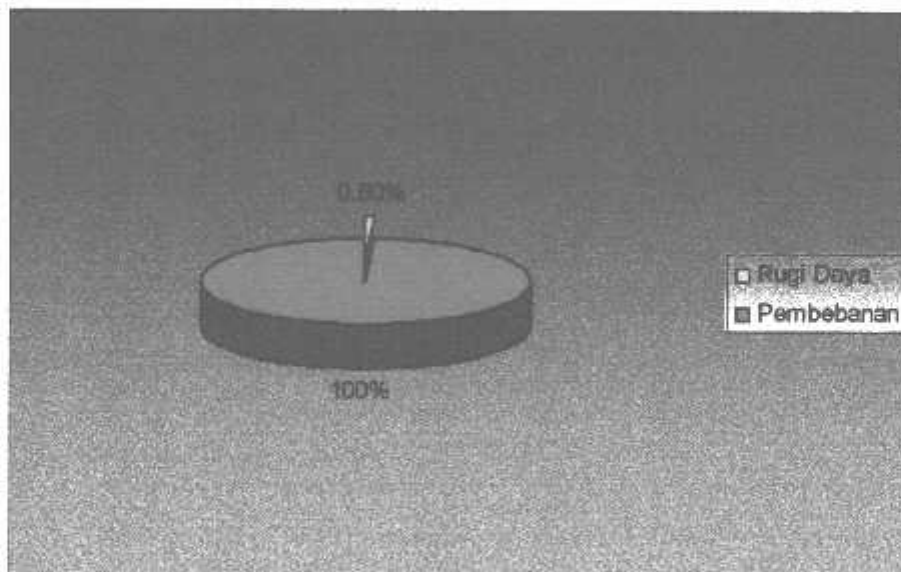
Total Pembangkitan		Total Pembebanan		Total Rugi Daya	
P (kW)	Q(kVAR)	P(kW)	Q(kVAR)	P(kW)	Q(kVAR)
6217.742	3725.800	6170.080	3659.540	47.662	66.260

Persentase rugi daya adalah perbandingan antara total rugi daya dengan total pembangkitan.

$$\begin{aligned}
 \text{RugiDaya}(\%) &= \frac{\text{TotalRugiDaya}(kVA)}{\text{TotalPembangkitan}(kVA)} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{TotalPembangkitan} - \text{TotalPembebanan}}{\text{TotalPembangkitan}} \times 100\% \\
 &= \left(1 - \frac{\text{TotalPembebanan}}{\text{TotalPembangkitan}} \right) \times 100\% \\
 &= \left(1 - \frac{6170.080}{6217.742} \right) \times 100\% = 0.8\%
 \end{aligned}$$

Grafik 4-3

Persentase Rugi Daya Terhadap Pembebanan Penyulang Asahan



Tabel 4-12

Kondisi Konduktor Penyulang Asahan Sebelum Optimasi dan sesudah Optimasi

No Saluran	Dari Node	Ke Node	Tipe Konduktor AAAC Sebelum Optimasi	Tipe Konduktor AAAC Sesudah Optimasi
1	1	2	150	150
2	2	3	110	150
3	3	4	55	55
4	3	5	110	150
5	5	6	110	150
6	6	7	110	110
7	7	8	110	150
8	8	9	150	150
9	9	10	150	150
10	10	11	150	150

Tabel 4-12, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran a-8

Contoh perhitungan pemilihan ukuran konduktor pada saluran no. 2, $k=2$ Diketahui $Z_{110} = 0,29 - j 0,3405 \Omega / \text{Km}$, $A_k = 110 \text{ mm}^2$, $\rho_{\text{Aluminium}} = 3,15$

$$V_n = 20 \text{ kV}, \quad \Delta V = 20000 \text{ Volt}$$

$$\alpha = 27,56, \quad \beta = 271,25$$

$$P_2 = 6228,255 \text{ kW} \quad Q_2 = 3727,312 \text{ kVAR}$$

$$A_k = \sqrt{\alpha(P_k + Q_k) / \beta}$$

$$A_2 = \sqrt{27,56(6228,255 + 3727,312) / 271,25} = 31,80$$

$$\text{RCV}_{A_k} = [(\beta * A_k * A_k' - \alpha (P_k + Q_k)) / P_k]$$

$$\text{RCV}_{A_2} = [(271,25 * 31,80 * 110 - 27,56 (6228,255 + 3727,312)) / 6228,255]$$

$$= 108,28$$

Setelah itu diperiksa apakah masih terjadi pelanggaran tegangan dengan menggunakan persamaan :

$$= ((R / (\text{RCV}_{A_k} * \rho)) * (Q_k * X)) + V_n \leq \Delta V$$

$$= ((0,29 / (108,28 * 3,15)) * (3727,312 * 0,34)) + 20000 \text{ Volt} \leq 20000 \text{ Volt}$$

= 20001,07 Volt \leq 20000 Volt., Konduktor tersebut harus diganti ke ukuran yang lebih besar. Dengan cara yang sama, perhitungan dilanjutkan dengan bantuan program komputer.

Gambar 4-6
Tampilan Program Pemilihan Konduktor Sebelum dan Sesudah Optimasi
Menggunakan Metode *Indeks RCV*

No	Dari	Ke	Cable Program	Cable PLN
1	1	2	AAAC /150	AAAC /150
2	2	3	AAAC /150	AAAC /110
3	3	4	AAAC /55	AAAC /55
4	3	5	AAAC /150	AAAC /110
5	5	6	AAAC /150	AAAC /110
6	6	7	AAAC /110	AAAC /110
7	7	8	AAAC /150	AAAC /110
8	8	9	AAAC /150	AAAC /150
9	9	10	AAAC /150	AAAC /150
10	10	11	AAAC /150	AAAC /150
11	10	12	AAAC /150	AAAC /150
12	8	13	AAAC /55	AAAC /55
13	13	14	AAAC /150	AAAC /110
14	14	15	AAAC /150	AAAC /110
15	15	16	AAAC /150	AAAC /110

Biaya Cable	
Hasil Program	Rp. 6.342.327.841,50
PLN	Rp. 5.072.302.708,50
Selisih	Rp. -1.270.025.132,00

Setelah dilakukan optimasi pemilihan konduktor menggunakan metode *Indeks RCV* terjadi perubahan ukuran konduktor pada saluran :2, 4, 5, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 50, 51, 53, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 69, 73, 74, 79.

Tabel 4-13

Rekapitulasi Biaya Penggantian Ukuran Konduktor Sebelum Optimasi

NO SALURAN	DARI NODE	KE NODE	TIPE KONDUKTOR SEBELUM OPTIMASI (mm ²)	PANJANG SALURAN (m)	HARGA (Rp/m)	BIAYA KONDUKTOR (Rp)
2	2	3	110	376	457710	172098960
4	3	5	110	36	457710	16477560
5	5	6	110	50	457710	22885500
7	7	8	110	33	457710	15104430
13	13	14	110	56	457710	25631760
14	14	15	110	461	457710	211004310
15	15	16	110	46	457710	21054660
16	16	17	110	49.8	457710	22793958
17	17	18	110	358	457710	163860180
18	18	19	110	78	457710	35701380
19	18	20	110	781	457710	357471510
21	21	22	110	633	457710	289730430
22	22	23	110	323	457710	147840330
23	23	24	110	107	457710	48974970
24	23	25	110	140.3	457710	64216713
25	25	26	110	231	457710	105731010
26	26	27	110	100	457710	45771000
27	27	28	110	100	457710	45771000
28	27	29	110	327	457710	149671170
30	30	31	110	265	457710	121293150
31	31	32	110	186	457710	85134060
32	30	33	55	164	355205	58253620
33	33	34	110	33	457710	15104430
36	35	37	110	197	457710	90168870
37	37	38	110	265	457710	121293150
39	38	40	110	48	457710	21970080
40	40	41	110	136	457710	62248560
41	5	42	70	199.4	410780	81909532
50	50	51	110	85	457710	38905350
51	51	52	110	83.9	457710	38401869
53	52	54	110	12	457710	5492520
58	58	59	70	93	410780	38202540
59	59	60	70	100	410780	41078000
60	60	61	70	456	410780	187315680
61	61	62	55	134	355205	47597470
66	65	67	55	254	355205	90222070
67	67	68	70	184	410780	75583520
69	69	70	70	240	410780	98587200
73	73	74	70	205	410780	84209900
74	74	75	70	169	410780	69421820
79	78	80	70	45	410780	18485100
BIAYA INVESTASI KONDUKTOR						3452669322

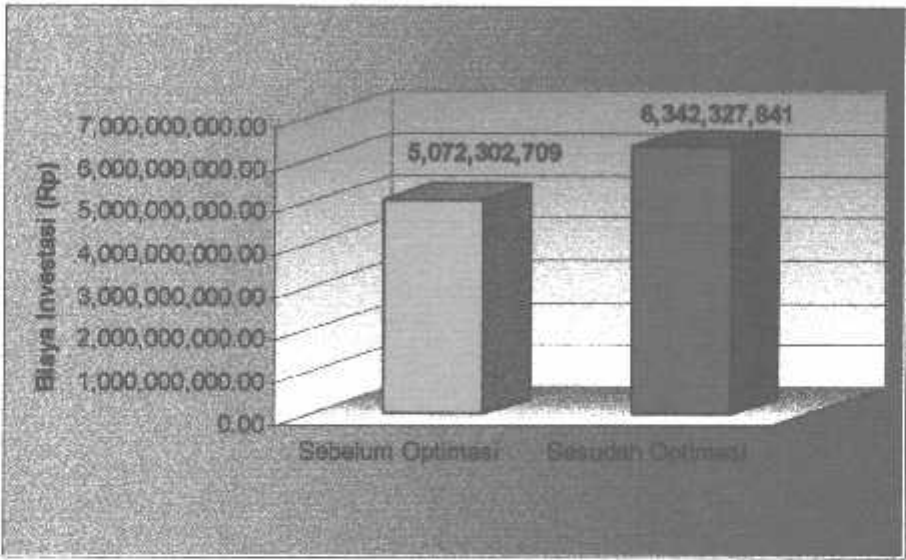
Tabel 4-14

Rekapitulasi Biaya Penggantian Ukuran Konduktor Setelah Optimasi

NO SALURAN	DARI NODE	KE NODE	TIPE KONDUKTOR SETELAH OPTIMASI (mm ²)	PANJANG SALURAN (m)	HARGA (Rp/m)	BIAYA KONDUKTOR (Rp)
2	2	3	150	376	636500	239324000
4	3	5	150	36	636500	22914000
5	5	6	150	50	636500	31825000
7	7	8	150	33	636500	21004500
13	13	14	150	56	636500	35644000
14	14	15	150	461	636500	293426500
15	15	16	150	46	636500	29279000
16	16	17	150	49.8	636500	31697700
17	17	18	150	358	636500	227867000
18	18	19	150	78	636500	49647000
19	18	20	150	781	636500	497106500
21	21	22	150	633	636500	402904500
22	22	23	150	323	636500	205589500
23	23	24	150	107	636500	68105500
24	23	25	150	140.3	636500	89300950
25	25	26	150	231	636500	147031500
26	26	27	150	100	636500	63650000
27	27	28	150	100	636500	63650000
28	27	29	150	327	636500	208135500
30	30	31	150	265	636500	168672500
31	31	32	150	186	636500	118389000
32	30	33	110	164	457710	75064440
33	33	34	150	33	636500	21004500
36	35	37	150	197	636500	125390500
37	37	38	150	265	636500	168672500
39	38	40	150	48	636500	30552000
40	40	41	150	136	636500	86564000
41	5	42	110	199.4	457710	91267374
50	50	51	150	85	636500	54102500
51	51	52	150	83.9	636500	53402350
53	52	54	150	12	636500	7638000
58	58	59	150	93	636500	59194500
59	59	60	150	100	636500	63650000
60	60	61	110	456	457710	208715760
61	61	62	150	134	636500	85291000
66	65	67	110	254	457710	116258340
67	67	68	110	184	457710	84218640
69	69	70	110	240	457710	109850400
73	73	74	150	205	636500	130482500
74	74	75	150	169	636500	107568500
79	78	80	150	45	636500	28642500
BIAYA INVESTASI KONDUKTOR						4722694454

Analisa pemilihan konduktor sebelum optimasi biaya investasi konduktor sebesar Rp. 5.072.302.709,50 dan setelah optimasi, biaya investasi konduktor mengalami kenaikan sebesar Rp. 6.342.327.842,50. Atau mengalami kenaikan biaya sebesar Rp. 1.270.025.132,00.

Grafik 4-4
Perbandingan Biaya Investasi Konduktor Sebelum Optimasi dan Sesudah Optimasi



4.6 .Tampilan Program

Program dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan program Borland Delphi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer berprosesor Pentium III 500MHz, dengan memori 256 Mb. Mengenai jalannya program mari kita ikuti prosedur program sebagai berikut:

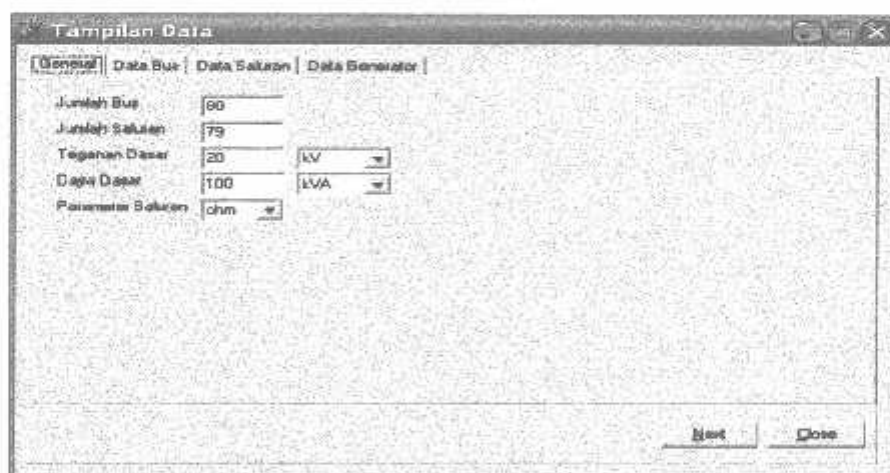
1. Tampilan Utama dari Program



Gambar 4-7

Tampilan Utama Program

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



Gambar 4-8

Tampilan Inputan Data

3. Kemudian tekan tombol *Data Bus*

Bus	absV (pu)	excV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	QL (kVAR)	Cap (ohm)	Type Bus
1	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	106.36	64.26	0	3
3	1	0	0	0	0	0	0	3
4	1	0	0	0	68	40.92	0	3
5	1	0	0	0	0	0	0	3
6	1	0	0	0	189.28	112.24	0	3
7	1	0	0	0	29.23	17.33	0	3
8	1	0	0	0	0	0	0	3
9	1	0	0	0	22.45	15.27	0	3
10	1	0	0	0	0	0	0	3
11	1	0	0	0	29.24	17.34	0	3
12	1	0	0	0	379.26	224.91	0	3
13	1	0	0	0	75.68	44.88	0	3
14	1	0	0	0	0	0	0	3

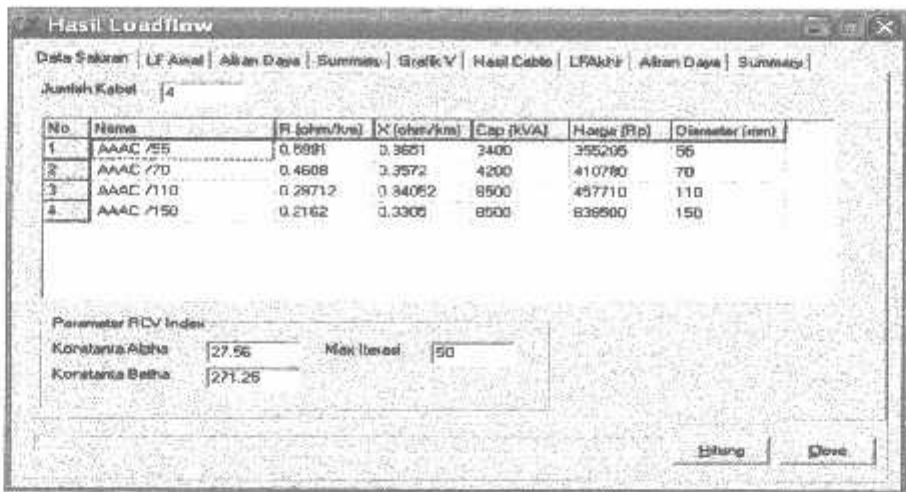
Gambar 4-9
Data Bus

4. Kemudian tekan tombol *Data Saluran*

No	From	To	R (ohm)	X (ohm)	G (ohm)	B (ohm)	TL (deg)	Cap (pF)
1	1	2	0.087961	0.1336525	0	0	0	10000
2	2	3	0.11171712	0.12903952	0	0	0	10000
3	3	4	0.1545679	0.0941968	0	0	0	10000
4	3	5	0.01069632	0.01225872	0	0	0	10000
5	5	6	0.014585	0.017026	0	0	0	10000
6	6	7	0.001459	0.001703	0	0	0	10000
7	7	8	0.00980496	0.01123716	0	0	0	10000
8	8	9	0.024214	0.037016	0	0	0	10000
9	9	10	0.0015134	0.0023135	0	0	0	10000
10	10	11	0.010376	0.015864	0	0	0	10000
11	10	12	0.009675	0.009619	0	0	0	10000
12	8	13	0.0377433	0.0230013	0	0	0	10000
13	13	14	0.015638	0.019059	0	0	0	10000
14	14	15	0.125821	0.1558796	0	0	0	10000

Gambar 4-10
Data Saluran

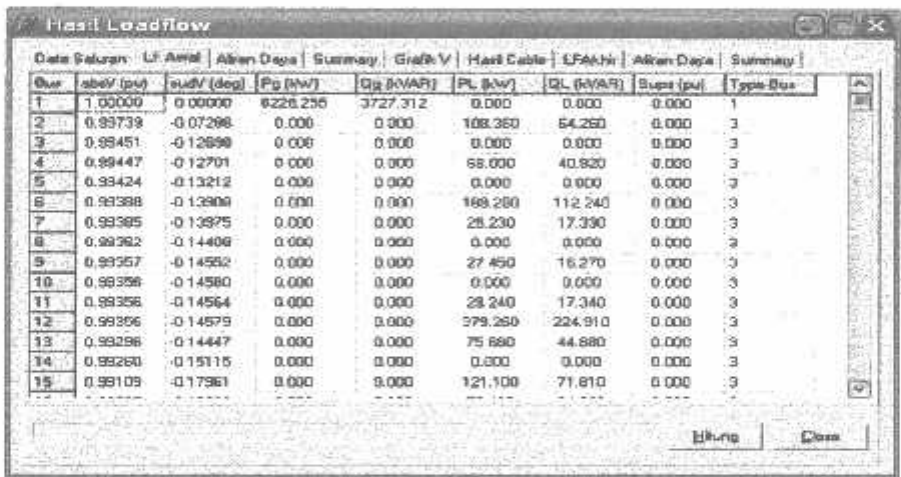
5. Tekan tombol *Next* untuk melihat kondisi kabel pada penyulang Asahan



Gambar 4-11

Data Kabel

6. Tekan tombol *hitung* maka dengan perhitungan menggunakan metode *Newton Raphson* dapat dilihat hasil perhitungan tegangan dan sudut tegangan, aliran daya pada kondisi awal, dan pilih *Tombol LF awal* dan *Tombol Aliran Daya*



Gambar 4-12

Hasil Tegangan dan Sudut Tegangan Sebelum Optimasi Menggunakan Metode *Newton Raphson*

Has	Data	Ka	P (kW)	Q (kVAr)	Arus re (A)	Arus im (A)	Data	Ka	P (kW)	Q (kVAr)
1	1	2	6228.255	3727.312	311.413	106.365	2	1	6216.722	-3.05
2	2	3	6108.365	3645.426	305.985	183.137	3	2	6094.198	-3
3	3	4	63.003	40.922	3.465	2.055	4	3	68.000	-
4	3	5	6025.157	3568.223	302.520	181.072	5	3	6023.827	-3
5	5	6	5752.032	3425.518	288.870	172.835	6	5	5750.379	-3
6	6	7	5861.089	3311.348	279.362	167.260	7	6	5860.344	-3
7	7	8	5831.714	3293.838	277.683	166.380	8	7	5830.685	-3
8	8	9	435.869	258.548	21.905	13.056	8	8	435.953	-2
9	9	10	408.503	242.254	20.526	12.243	10	9	408.502	-2
10	10	11	28.240	17.340	1.469	0.876	11	10	28.240	-
11	10	12	379.262	224.913	19.087	11.367	12	10	378.260	-2
12	8	13	5094.718	3034.110	285.988	153.324	13	8	5091.357	-3
13	13	14	5015.676	2987.182	282.180	151.055	14	13	5014.239	-2
14	14	15	2599.177	1551.600	130.721	78.503	15	14	2595.583	-1.05

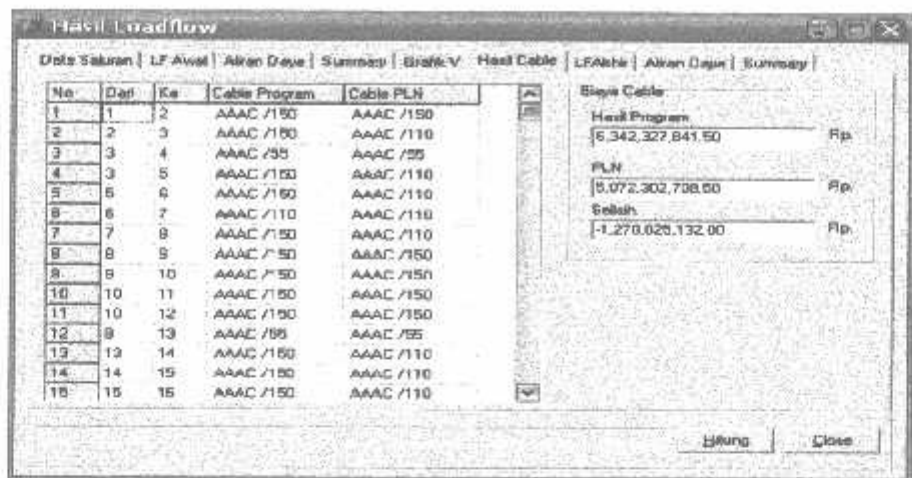
Gambar 4-13
Hasil Aliran Daya Sebelum Optimasi Menggunakan Metode *Newton Raphson*

- Selanjutnya pilih Tombol *Summary hasil* untuk mengetahui Total Pembangkitan, Total Pembebanan dan Total Rugi – Rugi saluran dengan *Newton Raphson*

Summary Loadflow			
Jumlah Pembangkitan	6228.255+ j3727.312	kVA	
Jumlah Pembebanan	6170.080+ j3658.540	kVA	
Jumlah Rugi-Rugi	58.175+ j 67.772	kVA	
Iterasi	3		
Waktu Hbung	0.00.0.531		

Gambar 4-14
Hasil Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-Rugi Saluran Sebelum Optimasi Menggunakan Metode *Newton Raphson*

8. Selanjutnya pilih tombol *Hasil Kabel*



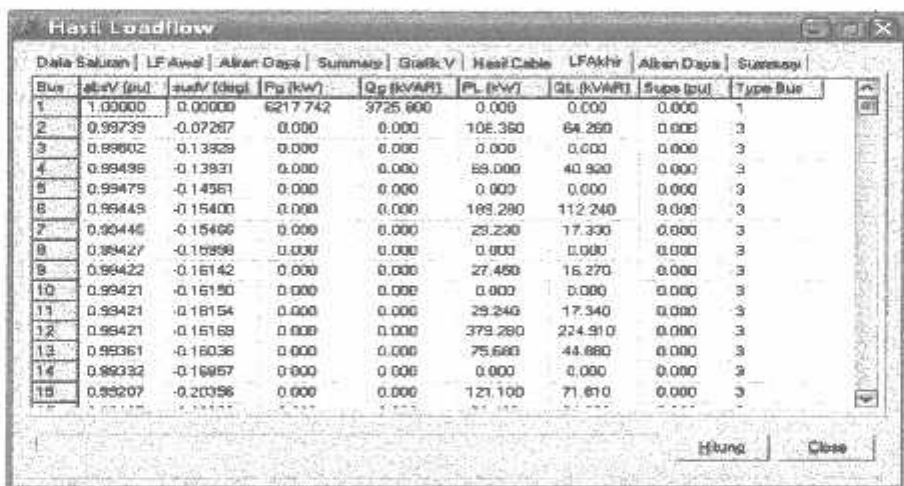
No	Dari	Ke	Cable Program	Cable PLN
1	1	2	AAAC /150	AAAC /150
2	2	3	AAAC /150	AAAC /110
3	3	4	AAAC /55	AAAC /55
4	3	5	AAAC /150	AAAC /110
5	5	6	AAAC /150	AAAC /110
6	6	7	AAAC /110	AAAC /110
7	7	8	AAAC /150	AAAC /110
8	8	9	AAAC /150	AAAC /150
9	8	10	AAAC /150	AAAC /150
10	10	11	AAAC /150	AAAC /150
11	10	12	AAAC /150	AAAC /150
12	9	13	AAAC /55	AAAC /55
13	12	14	AAAC /150	AAAC /110
14	14	15	AAAC /150	AAAC /110
15	15	15	AAAC /150	AAAC /110

Biaya Cable	
Hasil Program	Rp 6.342.327.841,50
PLN	Rp 5.072.302.708,00
Selisih	Rp -1.270.025.132,00

Gambar 4-15

Hasil Pemilihan Ukuran Konduktor Dengan Menggunakan Metode *Indeks RCV*

9. Selanjutnya pilih *Tombol LF Akhir* dan tombol *Aliran Daya* untuk pemilihan konduktor menggunakan Metode *Indeks RCV*



Bus	absV (pu)	angV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	QL (kVAR)	Supr (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	6217.742	3725.600	0.000	0.000	0.000	1
2	0.99739	-0.07267	0.000	0.000	106.360	64.260	0.000	3
3	0.99802	-0.13529	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
4	0.99496	-0.13931	0.000	0.000	69.000	40.920	0.000	3
5	0.99479	-0.14561	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
6	0.99449	-0.15400	0.000	0.000	189.280	112.240	0.000	3
7	0.99446	-0.15466	0.000	0.000	29.230	17.330	0.000	3
8	0.99427	-0.15998	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
9	0.99422	-0.16142	0.000	0.000	27.450	16.270	0.000	3
10	0.99421	-0.16150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
11	0.99421	-0.16154	0.000	0.000	29.240	17.340	0.000	3
12	0.99421	-0.16169	0.000	0.000	379.280	224.910	0.000	3
13	0.99361	-0.16036	0.000	0.000	75.680	44.680	0.000	3
14	0.99332	-0.16967	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
15	0.99207	-0.20396	0.000	0.000	121.100	71.610	0.000	3

Gambar 4-16

Hasil Tegangan dan Sudut Tegangan Setelah Optimasi Menggunakan Metode *Indeks RCV*

No.	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	Arus ra (A)	Arus rm (A)	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)
1	1	2	6217.742	3725.900	310.997	186.290	2	1	6205.241	-3
2	2	3	6097.881	3643.958	305.459	183.062	3	2	6087.572	-3
3	3	4	68.003	40.922	3.482	2.065	4	3	-69.000	-
4	3	5	6016.568	3597.277	301.997	180.397	5	3	-6017.604	-3
5	5	6	5745.625	3424.622	288.357	172.881	6	5	-5744.603	-3
6	6	7	5555.323	3310.514	279.856	167.192	7	6	-5555.166	-3
7	7	8	5525.636	3293.004	277.389	166.317	8	7	-5525.189	-3
8	8	9	435.969	258.548	21.988	13.083	9	8	-435.953	-2
9	9	10	408.503	242.254	20.510	12.241	10	9	-408.502	-2
10	10	11	29.240	17.340	1.468	0.876	11	10	-29.240	-
11	10	12	379.262	224.913	19.041	11.365	12	10	-379.260	-2
12	8	13	8089.227	3033.315	265.601	153.254	13	8	-8089.671	-3
13	13	14	6010.191	2986.394	251.698	150.995	14	13	-6009.148	-2
14	14	15	2594.686	1550.936	130.376	78.452	15	14	-2592.358	-1

Gambar 4-17

Hasil Aliran Daya Sesudah Optimasi Menggunakan Metode Indeks RCV

- Selanjutnya pilih *Summary Hasil* sesudah optimasi menggunakan metode Indeks RCV

Summary Loadflow		
Jumlah Pembangkitan	6217.742 + j3725.900	kVA
Jumlah Pembebanan	6170.080 + j3659.540	kVA
Jumlah Rugi-Rugi	47.662 + j 66.260	kVA
Iterasi	3	
Waktu Hitung	0.02434	

Gambar 4-18

Hasil Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-Rugi Saluran Sesudah Optimasi Menggunakan Metode Indeks RCV

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa perhitungan Pemilihan Konduktor dengan menggunakan metode *Indeks RCV*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan optimasi dengan menggunakan metode *Indeks RCV* konduktor yang berhasil diganti yaitu pada saluran: 2, 4, 5, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 41, 50, 51, 53, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 69, 73, 74, 79.
2. Rugi – rugi daya pada saluran berhasil dilakukan minimalisasi yaitu sebesar 10,513 kW dan 1,512 kVAR. Dimana sebelum optimasi dihasilkan rugi – rugi daya sebesar 58,175 kW dan 67,772 kVAR, sedangkan sesudah optimasi dihasilkan rugi – rugi daya sebesar 47,662 kW dan 66,260 kVAR.
3. Dari hasil perhitungan pada penyulang Asahan, tegangan paling rendah sebelum optimasi terjadi pada node ke- 39 , yang besarnya adalah 0,98144 pu atau 19,6288 kV. Dan pada node tersebut setelah di optimasi mengalami kenaikan menjadi 0,98371 pu atau 19,6742 kV.
4. Penyelesaian permasalahan pemilihan konduktor dengan menggunakan metode *Indeks RCV* pada Penyulang Asahan untuk analisa pemilihan konduktor sebelum optimasi, biaya investasi konduktor sebesar Rp. 5.072.302.709,50 dan setelah dilakukan optimasi, biaya investasi Penyulang Asahan sebesar Rp. 6.342.327.842,50, Jadi mengalami kenaikan sebesar Rp. 1.270.025.132,00.

5.2. Saran

Penggunaan metode *Indeks RCV* untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan konduktor pada saluran distribusi masih perlu dikembangkan lagi, agar dapat mereduksi kerugian daya yang hilang dan dapat menaikkan profil tegangan.

Daftar Pustaka

- 1) Ir. Djiteng Marsudi, “ **Operasi Sistem Tenaga Listrik** “, Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta 1990.
 - 2) Hasan Basri, “ **Sistem Distribusi Tenaga Listrik** “.
 - 3) A. S. Pabla, “ **Sistem Distribusi Daya Listrik** “, alih bahasa Ir.Abdul Hadi, Erlangga, Jakarta 1986.
 - 4) Agus Hariyanto, “ **Optimasi Pemilihan Luas Penampang Konduktor AAAC Pada Saluran Distribusi Primer 20 kV Penyulang Pujon Menggunakan Metode *Evolutionary Programing*** “, ITN Malang, 2005.
 - 5) SPLN. 41 – 5 : 1981.
 - 6) SPLN. 41 – 6 : 1981.
 - 7) SPLN. 41 – 8 : 1981.
 - 8) William D. Stevenson. Jr, **Analisis Sistem Tenaga Listrik** “, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta 1996.
 - 9) Zhuding Wang, Haijun Liu, David C. Yu, Xiaohui Wang, and Hongquan Song, “ ***A Practical To The Conductor Size Selection In Planning Radial Distribution Systems*** “, *IEEE Transaction On Power Delivery*, Vol. 15, No. 1, *January* 2000.
 - 10) [http: www.nexansenergy.com](http://www.nexansenergy.com), “*Price List Of All Allumuntium Alloy Conductor*”.
 - 11) Data Trafo Distribusi Unit Jaringan Malang, Mei 2005, PT. PLN (PERSERO)
-

LAMPIRAN



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : DENNY KUSHARDHIANTO
N.I.M. : 00.12.044
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK
PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI TIPE
RADIAL 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *INDEKS RCV* (*RATIO COST
VOLTAGE*) DI PENYULANG ASAHAN

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

Hari : Selasa
Tanggal : 4 Oktober 2005
Dengan Nilai : 77,45 (B+)



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
Ketua

Panitia Ujian Skripsi



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

Anggota Penguji

(Ir. Djojo Priatmono, MT)
Penguji Pertama

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)
Penguji Kedua



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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI


1. Nama : DENNY KUSHARDHIANTO
2. NIM : 00.12.044
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR
UNTUK PERENCANAAN SISTEM
DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 kV DE-
NGAN MENGGUNAKAN METODE
INDEKS RCV (RATIO COST
VOLTAGE) DI PENYULANG ASAHAN
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 4 Maret 2005
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 23 Maret 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT
9. Telah Dievaluasikan Dengan Nilai : 83 (Delapan Puluh Tiga) *Rm*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



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

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing



Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP. Y. 1018700015



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

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa
Tanggal : 4 Oktober 2005

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : DENNY KUSHARDHIANTO
2. NIM : 00.12.044
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK
PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI TIPE
RADIAL 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *INDEKS RCV (RATIO COST VOLTAGE)* DI
PENYULANG ASAHAH

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Masukkan daftar harga konduktor (<i>Price List</i>) dan contoh perhitungan ukuran konduktor menggunakan metode <i>Indeks RCV</i> pada salah satu saluran saja	

Anggota Penguji

Ir. Djojo Priatmono, MT
Penguji Pertama

Ir. M. Abdul Hamid, MT
Penguji Kedua

Dosen Pembimbing

Ir. H. Taufik Hidayat, MT



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DENNY KUSHARDHIANTO
NIM : 0012044
Semester : X
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Alamat : Jln. KEMIRAHAN II/12 BLIMBING MALANG

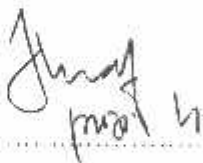
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah ≥ 134 sks dengan IPK ≥ 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

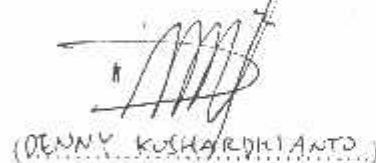
Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro


(.....)

Malang, 200

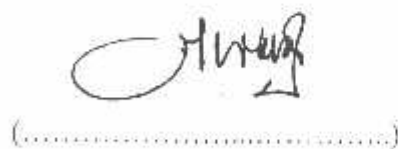
Pemohon


(DENNY KUSHARDHIANTO)

Disetujui
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

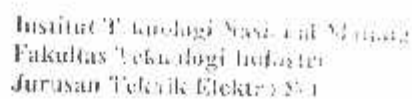
Mengetahui
Dosen Wali


(.....)

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. IPK $3.76 - 2.72$
2. 138
3. - 7 praktikum dan Seminar



LEMBAR PENGANTAR JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik, Teknik Elektronika *

1	Nama Mahasiswa : <u>YUDI LIMPRAPTONO</u>	Nim : <u>1039500274</u>
2	Waktu pengajuan : <u>12 April</u>	Tahun : <u>2020</u>
3	Spesifikasi judul (berilah tanda silang)	
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengakuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *): <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u>	Mengetahui, Ketua Jurusan <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> Nip. Y. 1039500274
5	Judul yang diajukan mahasiswa	<u>ANALISA KIRYAN FUNGSI TUKAR</u> <u>ANALISA KIRYAN FUNGSI TUKAR</u> <u>ANALISA KIRYAN FUNGSI TUKAR</u> <u>ANALISA KIRYAN FUNGSI TUKAR</u> <u>ANALISA KIRYAN FUNGSI TUKAR</u>
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	
7	Catatan :	
8	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, Dosen <u>Amay</u>

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dengan 1 salinan, dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan : \emptyset : mata yang tidak perlu
diambilkan a, b, c, ... atau ∞ sesuai bidang keahlian



Lampiran : 1 (Satu) Lembar
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu : Ir. H. Taulik Hidayat, MT
Dosen Jurusan Elektro / Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang
di
Malang

Yang berandaan di bawah ini :

Nama	:	Denny Kushardhianto
Nim	:	00.12.044
Semester	:	X (Sepuluh)
Jurusan	:	Teknik Elektro
Konsentrasi	:	Teknik Energi Listrik S-1

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

**PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN
SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 KV MENGGUNAKAN
METODE INDEKS RCV**

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.
Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak / ibu kami ucapkan terimakasih

Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknik Elektro S - 1


Ir. I. Yudianto, MT
Nip. 103900274

Malang, 2005

Hormat Kami,

Denny Kushardhianto
Nim : 00.12.044

*) coret yang tidak perlu

Form. S - 3a



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa/i :

Nama : Denny Kushardhianto
Nim : 00.12.014
Semester : N (Sepuluh)
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Dengan ini menyatakan **bersedia / tidak bersedia *** membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN
SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 KV MENGGUNAKAN
METODE INDEKS RCV**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan
seperlunya.

Malang, 2005
Yang Membuat Pernyataan,

NIP.

Catatan:

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



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 31 Mei. 2005

Nomor : ITN-452/L.SKP /2/05
Lampiran : satu lembar
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di -
Malang

Dengan Hormat,

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

Nama : DENNY K
Nim : 0012044
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : T. Energi Listrik (S-1)

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

23 Mei 2005 s/d 23 Nop 2005

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro.

Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih



Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpratonono, MT
Nip. 1039500274

Tindakan

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4r



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : DENNY KUSHARDHIANTO
Nim : 00.12.044
Masa Bimbingan : 23 Mei 2005 s/d 23 November 2005
Judul Skripsi : PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN
SISTEM DISTRIBUSI TIPE RADIAL 20 KV MENGGUNAKAN METODE
INDEKS RCV

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	10 Juni 05	Seleksi bab 1 & 2 (konduktansi)	Al
2.	21 Juli 05	Bab II, Kajian pustaka, Sesuatu yang dijelaskan konduktansi di feeder tertentu.	Al
3.		Continued daftar pustaka sesuai dengan yang di acuan	Al
4.	30 Agustus 05	- Revisi rumusan masalah	Al
5.	15 Oktober 05	Langkah gambar 2-3	Al
6.	19/08 05	besar nya / luas penampang saluran dan sesuaikan optimasi	Al Al
7.	31/08 05	Penyusunan antara tujuan & kesimpulan	
8.			
9.			
10.			

Malang, 200
Dosen Pembimbing,

Ir. H. Taufik Hidayat, MT

Form.S-4b



T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

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

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

Nomor : ITN-1477/III.TA/2/2005
Lampiran : -
Perihal : Survey / Permintaan Data

Kepada : Yth Pimpinan
PT. PLN (Persero)
Distribusi Jatim APJ Malang
Jl. Basuki Rachmat
di-
Malang

Malang, 2 Juli 2005

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Bapak agar mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri. Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey untuk mendapatkan data-data guna penyusunan Tugas Akhir dengan Judul :

PEMILIHAN UKURAN KONDUKTOR UNTUK PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI RADIKAL 20 KV MENGGUNAKAN METODE INDEKS RCV.

Mahasiswa tersebut adalah :

1. Denny Kushardhianto Nim : 00 12 044

Adapun lama Survey adalah : 2 (Dua) Minggu
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.


Dekan
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Wakil Dekan I
Ir. I Made Wartana, MT
Nip. 131 991 182

Tembusan disampaikan kepada Yth :

1. Ketua Jurusan
2. Arsip

Form SK-2

: 0341 - 326034 (Hunting)
 : 211

Facsimile : 0341 - 362046

or : 974/330/APJ – MLG/2005
Sdr.No : ITN-1477/III.TA/2/2005
iran : -
al : Survey/ Permintaan Data

Malang , 11 Agustus 2005

Kepada
ITN (Institut Teknologi Nasional)
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
Di
Malang

Menjawab surat Saudara nomor ITN-1477/III.TA/2/2005 pada tanggal 02 Juli 2005 perihal tersebut diatas, dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengizinkan mahasiswa saudara atas nama :

1. DENNY KUSHARDHIANTO 00 12 044

Untuk melaksanakan Survey di UJ Malang PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang mulai tanggal 08 Agustus 2005 sampai dengan 19 Agustus 2005 dengan catatan PLN hanya memberikan data yang **TIDAK BERSIFAT RAHASIA**.

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

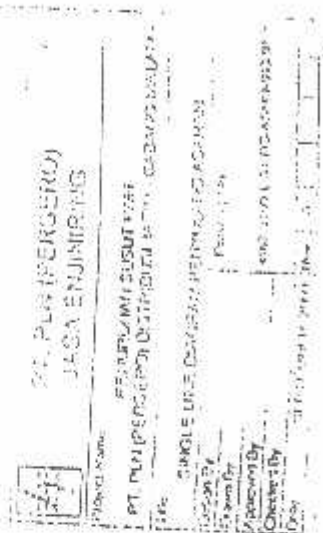
Demikian agar menjadikan maklum.

ASMEN SDM & ADMINISTRASI



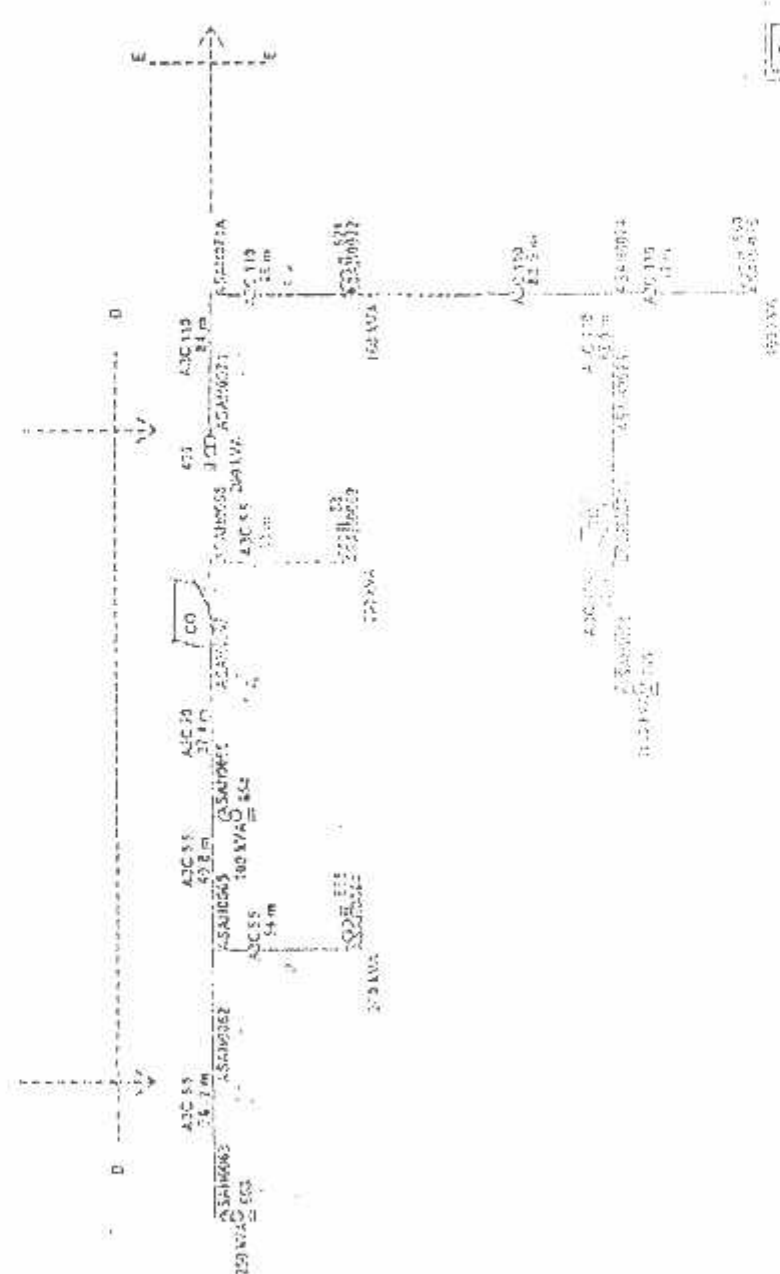
ABDURACHMAN SHODIQ,SH.ST

Tembusan :
Manajer UJ Malang







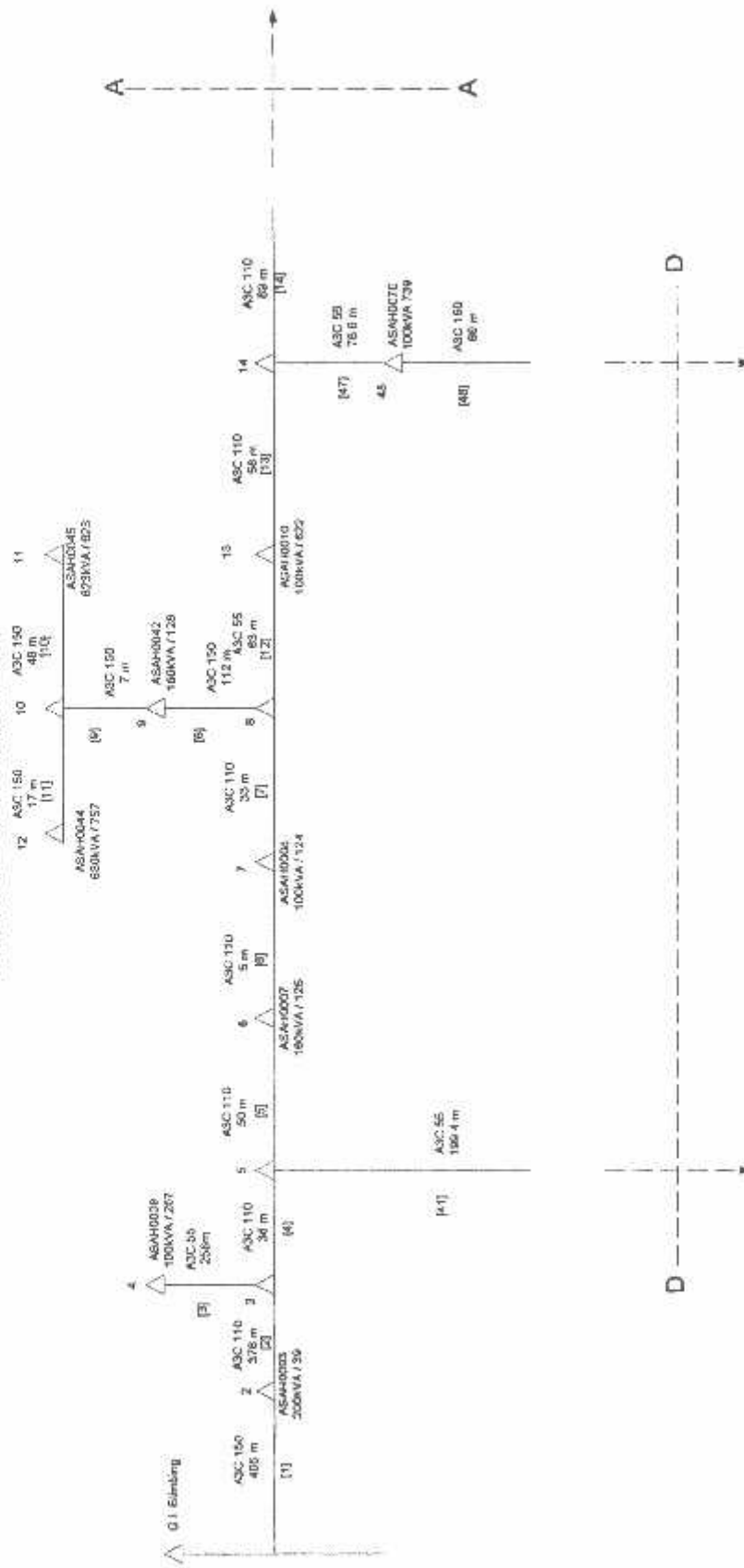


		PT PLN (PERSERO) JASA ENGINEERING	
Project Name PENYULUHAN SUGUT KWT PT PLN (PERSERO) DISTRIBUTUSI JALAN - CADANGAN		Title SINGLE LINE DIAGRAM PENYULUHAN SUGUT KWT	
Drawn By _____	Checked By _____	Drawing No 4163.3105.1.01-05-AS-01/25	Date SEPTEMBER 2020
Approved By _____	_____	_____	Rev. 1 0 1



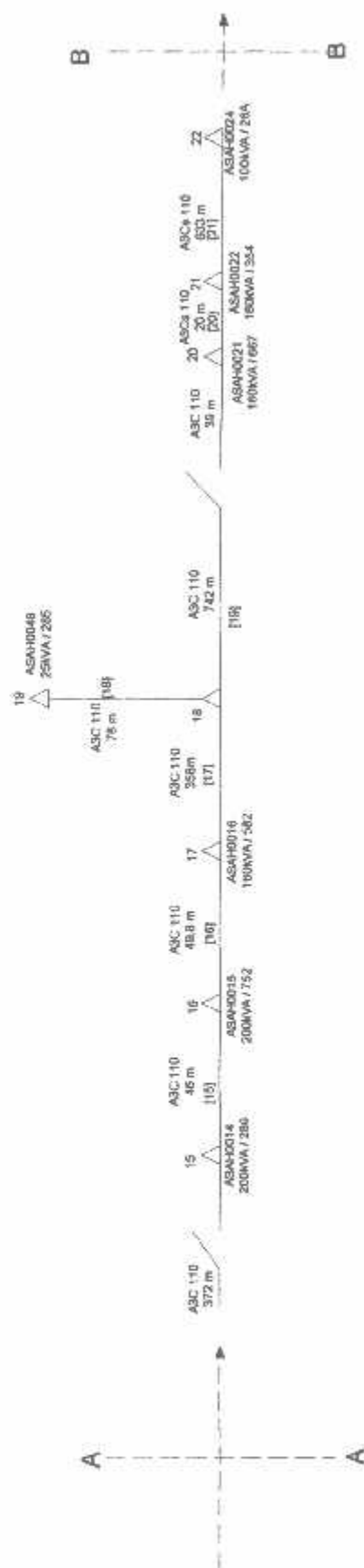
	<p>PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JATIM AP & J MALANG</p>	<p>P. ASAHAN GI. BLUMSING</p>	<p>DIKUMBAH UNPES</p>	<p>DIPERIKSA DIAMBAR. D</p>	<p>DISETUIJ APRIL H</p>
---	---	-----------------------------------	---------------------------	---------------------------------	-----------------------------

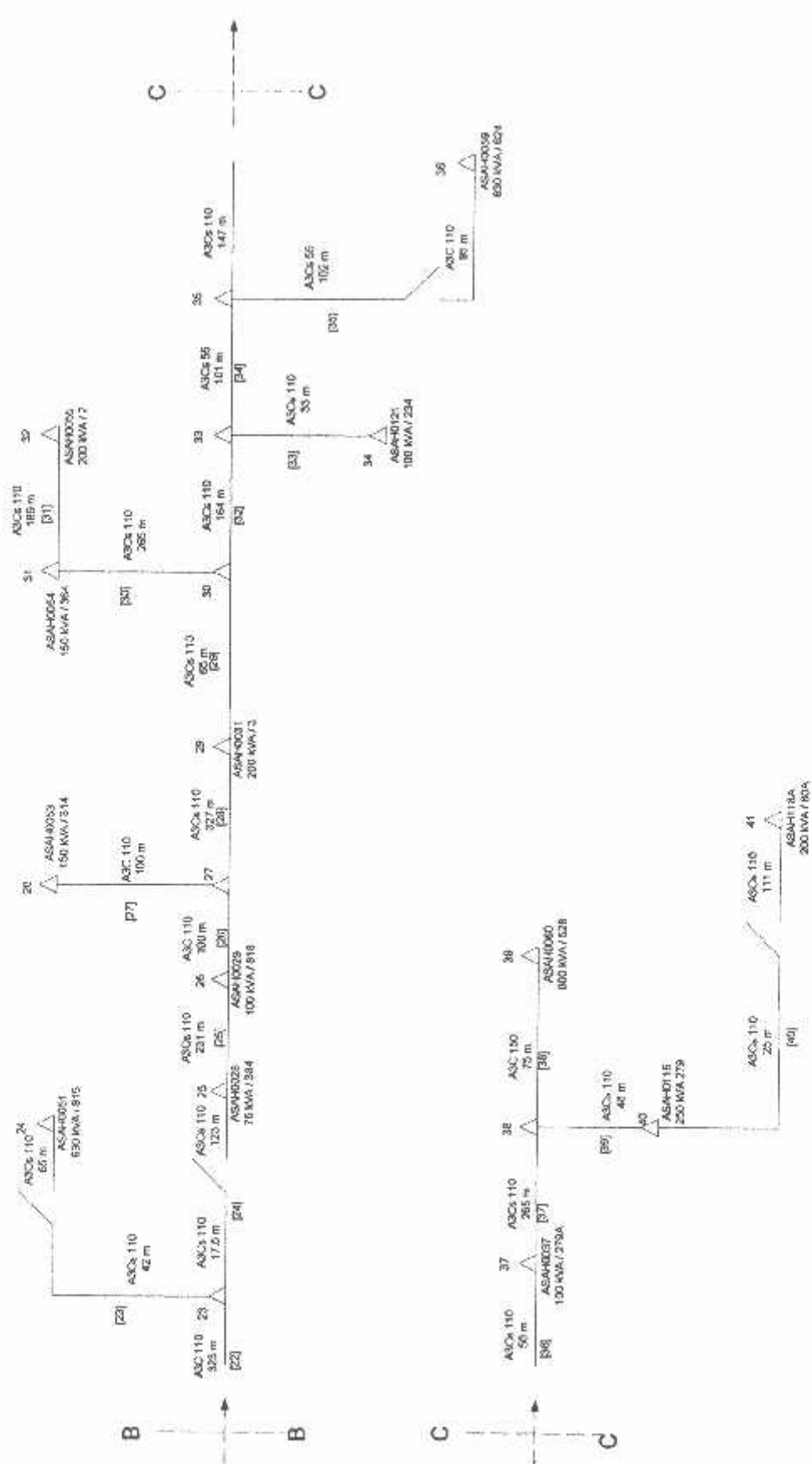
PENYULANG ASAHAN

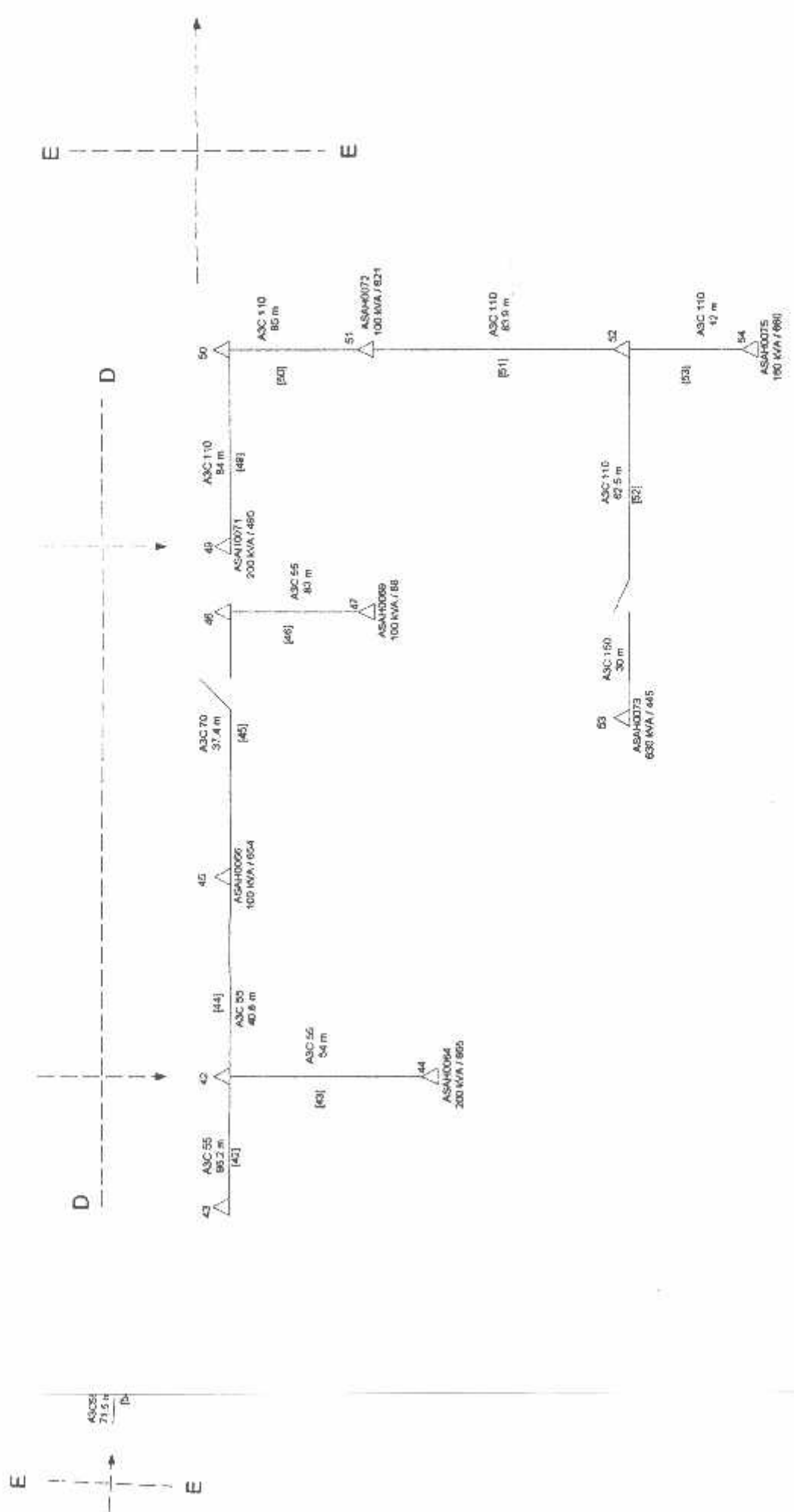


Gambar 4-5

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







30	30	31	A3Cs 110	265	0.29712	0.34052	0.078737	0.090238
31	31	32	A3Cs 110	189	0.29712	0.34052	0.056156	0.064358
32	30	33	A3Cs 110	164	0.29712	0.34052	0.048728	0.055845
33	33	34	A3Cs 110	33	0.29712	0.34052	0.009805	0.011237
34	33	35	A3Cs 55	101	0.5991	0.3651	0.060509	0.036875
35	35	36	A3Cs 55	102	0.5991	0.3651	0.061108	0.03724
			A3Cs 110	95	0.29712	0.34052	0.028226	0.032349
36	35	37	A3Cs 110	147	0.29712	0.34052	0.043677	0.050056
			A3Cs 110	50	0.29712	0.34052	0.014856	0.017026
37	37	38	A3Cs 110	265	0.29712	0.34052	0.078737	0.090238
38	38	39	A3C 150	75	0.2162	0.3305	0.016215	0.024788
39	38	40	A3Cs 110	48	0.29712	0.34052	0.014262	0.016345
40	40	41	A3Cs 110	25	0.29712	0.34052	0.007428	0.008513
			A3Cs 110	111	0.29712	0.34052	0.03298	0.037798
41	5	42	A3C 55	199.4	0.5991	0.3651	0.119461	0.072801
42	42	43	A3C 55	96.2	0.5991	0.3651	0.057633	0.035123
43	42	44	A3C 55	54	0.5991	0.3651	0.032351	0.019715
44	42	45	A3C 55	46.8	0.5991	0.3651	0.024443	0.014896
45	45	46	A3C 70	37.4	0.4608	0.3572	0.017234	0.013359
46	46	47	A3C 55	83	0.5991	0.3651	0.049725	0.030303
47	14	48	A3C 55	76.6	0.5991	0.3651	0.045891	0.027967
48	48	49	A3C 150	69	0.2162	0.3305	0.014918	0.022805
49	49	50	A3C 110	84	0.29712	0.34052	0.024958	0.028604
50	50	51	A3C 110	85	0.29712	0.34052	0.025255	0.028944
51	51	52	A3C 110	83.9	0.29712	0.34052	0.024928	0.02857
52	52	53	A3C 110	62.5	0.29712	0.34052	0.01857	0.021283
			A3C 150	30	0.2162	0.3305	0.006486	0.009915
53	52	54	A3C 110	12	0.29712	0.34052	0.003565	0.004086
54	50	55	A3C 55	71.5	0.5991	0.3651	0.042836	0.026105
			A3C 55	49	0.5991	0.3651	0.029356	0.01789
55	55	56	A3C 55	146	0.5991	0.3651	0.087469	0.053305
56	55	57	A3C 150	48	0.2162	0.3305	0.010378	0.015864
57	57	58	A3C 150	48	0.2162	0.3305	0.010378	0.015864
58	58	59	A3C 70	93	0.4608	0.3572	0.042854	0.03322
59	59	60	A3C 70	100	0.4608	0.3572	0.04608	0.03572
60	60	61	A3C 70	456	0.4608	0.3572	0.210125	0.162883
61	61	62	A3C 55	134	0.5991	0.3651	0.080279	0.048923
62	62	63	A3C 55	45	0.5991	0.3651	0.02696	0.01643
63	62	64	A3C 55	80	0.5991	0.3651	0.047928	0.029208

64	59	65	A3C 55	349	0.5991	0.3651	0.209086	0.12742
65	65	66	A3C 55	92.5	0.5991	0.3651	0.055417	0.033772
66	65	67	A3C 55	254	0.5991	0.3651	0.152171	0.092735
67	67	68	A3C 70	184	0.4608	0.3572	0.084787	0.065725
68	67	69	A3C 55	50	0.5991	0.3651	0.029955	0.018255
69	69	70	A3C 70	240	0.4608	0.3572	0.110592	0.085728
70	58	71	A3C 55	82.5	0.5991	0.3651	0.049426	0.030121
71	71	72	A3C 150	46	0.2162	0.3305	0.009945	0.015203
72	72	73	A3C 150	97	0.2162	0.3305	0.020971	0.032059
73	73	74	A3C 70	205	0.4608	0.3572	0.094464	0.073226
74	74	75	A3C 70	169	0.4608	0.3572	0.077875	0.060367
75	75	76	A3C 150	35	0.2162	0.3305	0.007567	0.011568
76	76	77	A3C 55	120	0.5991	0.3651	0.071892	0.043812
77	76	78	A3C 150	120	0.2162	0.3305	0.025944	0.03966
78	78	79	A3C 55	40	0.5991	0.3651	0.023964	0.014604
79	78	80	A3C 70	45	0.4608	0.3572	0.020736	0.016074

Lampiran a-1

HASIL PERHITUNGAN IMPEDANSI SALURAN PENYULANG ASAHAN

No. Saluran	Dari node	Ke node	Impedansi (Ω)		Panjang Saluran (m)
			R(Ohm)	X(Ohm)	
1	1	2	0.087561	0.133853	405
2	2	3	0.111717	0.128036	376
3	3	4	0.154568	0.094196	258
4	3	5	0.010696	0.012259	36
5	5	6	0.014856	0.017026	50
6	6	7	0.001486	0.001703	5
7	7	8	0.009805	0.011237	33
8	8	9	0.024214	0.037016	112
9	9	10	0.001513	0.002314	7
10	10	11	0.010378	0.015864	48
11	10	12	0.003675	0.005619	17
12	8	13	0.037743	0.023001	63
13	13	14	0.016639	0.019069	56
14	14	15	0.136972	0.15698	461
15	15	16	0.013668	0.015664	46
16	16	17	0.014797	0.016958	49.8
17	17	18	0.106369	0.121906	358
18	18	19	0.023175	0.026561	78
19	18	20	0.2320507	0.265946	781
20	20	21	0.005942	0.00681	20
21	21	22	0.188077	0.215549	633
22	22	23	0.09597	0.109988	323
23	23	24	0.0317918	0.036436	107
24	23	25	0.0417454	0.047843	140.5
25	25	26	0.068635	0.07866	231
26	26	27	0.029712	0.034052	100
27	27	28	0.029712	0.034052	100
28	27	29	0.097158	0.11135	327
29	29	30	0.019313	0.022134	65
30	30	31	0.078737	0.090238	265
31	31	32	0.056156	0.064358	189
32	30	33	0.048728	0.055845	164
33	33	35	0.009805	0.011237	33
34	33	35	0.060509	0.036875	101
35	35	36	0.0893346	0.06959	197
36	35	37	0.0585326	0.067082	197
37	37	38	0.078737	0.090238	265
38	38	39	0.016215	0.024788	75
39	38	40	0.014262	0.016345	48
40	40	41	0.0404083	0.046311	136
41	5	42	0.119461	0.072801	199.4

42	42	43	0.057633	0.035123	96.2
43	42	44	0.032351	0.019715	54
44	42	45	0.024443	0.014896	40.8
45	45	46	0.017234	0.013359	37.4
46	46	47	0.049725	0.030303	83
47	14	48	0.045891	0.027967	76.6
48	48	49	0.014918	0.022805	69
49	49	50	0.024958	0.028604	84
50	50	51	0.025255	0.028944	85
51	51	52	0.024928	0.02857	83.9
52	52	53	0.025056	0.031198	92.5
53	52	54	0.003565	0.004086	12
54	50	55	0.0721916	0.043995	120.5
55	55	56	0.087469	0.053305	146
56	55	57	0.010378	0.015864	48
57	57	58	0.010378	0.015864	48
58	58	59	0.042854	0.03322	93
59	59	60	0.04608	0.03572	100
60	60	61	0.210125	0.162883	456
61	61	62	0.080279	0.048923	134
62	62	63	0.02696	0.01643	45
63	62	64	0.047928	0.029208	80
64	59	65	0.209086	0.12742	349
65	65	66	0.055417	0.033772	92.5
66	65	67	0.152171	0.092735	254
67	67	68	0.084787	0.065725	184
68	67	69	0.029955	0.018255	50
69	69	70	0.110592	0.085728	240
70	58	71	0.049426	0.030121	82.5
71	71	72	0.009945	0.015203	46
72	72	73	0.020971	0.032059	97
73	73	74	0.094464	0.073226	205
74	74	75	0.077875	0.060367	169
75	75	76	0.007567	0.011568	35
76	76	77	0.071892	0.043812	120
77	76	78	0.025944	0.03966	120
78	78	79	0.023964	0.014604	40
79	78	80	0.020736	0.016074	45

Lampiran a-2

HASIL PERHITUNGAN PEMBEBANAN AKTIF DAN REAKTIF PENYULANG ASAHAN

No Node	No Gardu	Kapasitas (kVA)	Beban Gardu (%)	Data Beban	
				P (kW)	Q (kVAR)
1	-	0	0	0	0
2	39	200	63	108,36	64,26
3	-	0	0	0	0
4	267	100	80,24	69	40,92
5	-	0	0	0	0
6	125	160	137,56	189,28	112,24
7	124	100	33,99	29,23	17,33
8	-	0	0	0	0
9	128	160	19,95	27,45	16,27
10	-	0	0	0	0
11	623	200	17	29,24	17,34
12	757	630	70	379,26	224,91
13	622	100	88	75,68	44,88
14	-	0	0	0	0
15	286	200	70,41	121,10	71,81
16	752	200	34	58,48	34,68
17	582	160	13	17,88	10,60
18	-	0	0	0	0
19	285	25	5	1,07	0,63
20	667	160	51	70,17	41,61
21	354	160	85,46	117,59	69,73
22	26A	100	76	65,36	38,76
23	-	0	0	0	0
24	815	630	75	406,35	240,97
25	384	75	12,63	8,14	4,83
26	818	100	32,2	27,69	16,42
27	-	0	0	0	0
28	314	150	85,17	109,86	65,15
29	3	200	59,63	102,56	60,82
30	-	0	0	0	0
31	364	150	42,93	55,37	32,84
32	2	200	78,59	135,17	80,16
33	910	100	45	38,7	22,95
34	234	100	66,83	57,47	34,08
35	-	0	0	0	0
36	624	630	70	379,26	224,91
37	279A	100	30	25,8	15,3
38	-	0	0	0	0
39	528	800	75	516	306
40	279	250	74,15	159,42	94,54
41	80A	200	62	106,64	63,24
42	-	0	0	0	0
43	668	250	52	111,8	66,3
44	865	200	43	73,96	43,86
45	654	100	23	19,78	11,73
46	-	0	0	0	0

Lampiran a-3

Kondisi Tegangan Tiap Node Sebelum Dan Sesudah Optimasi

No. Bus	Tegangan (pu) Sebelum Optimasi	Tegangan (pu) Sesudah Optimasi	No. Bus	Tegangan (pu) Sebelum Optimasi	Tegangan (pu) Sesudah Optimasi
1	1	1	41	0.98144	0.98372
2	0.99739	0.99739	42	0.99413	0.99472
3	0.99451	0.99502	43	0.9941	0.9947
4	0.99447	0.99498	44	0.99412	0.99472
5	0.99424	0.99479	45	0.99412	0.99472
6	0.99388	0.99449	46	0.99412	0.99471
7	0.99385	0.99446	47	0.9941	0.9947
8	0.99362	0.99427	48	0.99222	0.99294
9	0.99357	0.99422	49	0.99205	0.99277
10	0.99356	0.99421	50	0.9918	0.99256
11	0.99356	0.99421	51	0.99176	0.99252
12	0.99356	0.99421	52	0.99171	0.99248
13	0.99296	0.99361	53	0.99166	0.99244
14	0.9926	0.99332	54	0.99171	0.99248
15	0.99109	0.99207	55	0.99133	0.99209
16	0.99095	0.99195	56	0.99132	0.99208
17	0.9908	0.99183	57	0.99124	0.992
18	0.98971	0.99094	58	0.99115	0.99191
19	0.98971	0.99094	59	0.99104	0.99184
20	0.98735	0.98899	60	0.991	0.99182
21	0.98729	0.98889	61	0.99091	0.99175
22	0.98553	0.98744	62	0.99087	0.99173
23	0.98466	0.98672	63	0.99087	0.99172
24	0.9846	0.98667	64	0.99086	0.99172
25	0.98435	0.98647	65	0.99067	0.99147
26	0.98385	0.98605	66	0.99063	0.99143
27	0.98363	0.98587	67	0.99052	0.99138
28	0.98362	0.98586	68	0.9905	0.99137
29	0.98298	0.98533	69	0.9905	0.99136
30	0.98285	0.98514	70	0.99045	0.99132
31	0.98279	0.98508	71	0.99096	0.99172
32	0.98276	0.98506	72	0.99091	0.99167
33	0.98259	0.98487	73	0.9908	0.99156
34	0.98258	0.98487	74	0.99044	0.99134
35	0.98234	0.98462	75	0.99016	0.99117
36	0.98194	0.98414	76	0.99012	0.99113
37	0.98174	0.98397	77	0.99012	0.99113
38	0.98148	0.98375	78	0.99001	0.99102
39	0.98144	0.98371	79	0.99	0.99101
40	0.98146	0.98374	80	0.98994	0.99098

Lampiran a-5

Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Asahan Setelah Optimalisasi

Dari Bus	Ke Bus	Aliran Daya		Dari Bus	Ke Bus	Aliran Daya	
		P (kW)	Q(kVAR)			P(kW)	Q (kVAR)
1	2	6217.742	3725.8	42	43	111.802	66.302
2	3	6097.881	3643.958	42	44	73.961	43.86
3	4	69.003	40.922	42	45	86.002	51.001
3	5	6018.569	3587.277	45	46	66.221	39.271
5	6	5745.825	3424.622	46	47	66.221	39.27
6	7	5555.323	3310.514	14	48	2414.482	1433.863
7	8	5525.936	3293.004	48	49	2367.985	1406.274
8	9	435.968	250.548	49	50	2359.098	1400.736
9	10	408.503	242.254	50	51	454.288	269.438
10	11	29.24	17.34	51	52	443.095	262.788
10	12	379.262	224.913	52	53	433.453	257.06
8	13	5089.221	3033.315	52	54	9.63	5.71
13	14	5010.191	2986.394	50	55	1904.463	1130.767
14	15	2594.666	1550.936	55	56	44.721	26.52
15	16	2471.258	1475.599	55	57	1858.844	1103.699
16	17	2412.569	1440.599	57	58	1818.051	1079.391
17	18	2394.473	1429.669	58	59	713.603	423.821
18	19	1.07	0.63	59	60	205.993	122.756
18	20	2391.873	1426.7	60	61	122.85	73.451
20	21	2318.369	1379.993	61	62	122.843	73.443
21	22	2200.556	1310.127	62	63	54.04	32.64
22	23	2132.901	1267.859	62	64	68.801	40.8
23	24	406.363	240.99	59	65	507.575	301.012
23	25	1725.436	1025.184	65	66	219.819	130.356
25	26	1716.982	1019.874	65	67	287.571	170.543
26	27	1688.78	1002.672	67	68	72.921	43.241
27	28	109.861	65.151	67	69	214.629	127.27
27	29	1578.705	937.193	69	70	128.034	75.925
29	30	1475.532	875.436	58	71	1104.329	655.389
30	31	190.55	113.015	71	72	1090.362	647.103
31	32	135.173	80.164	72	73	1049.042	622.561
30	33	1284.687	762.241	73	74	1036.722	615.18
33	34	57.47	34.08	74	75	990.689	587.73
33	35	1188.237	704.89	75	76	947.585	562.051
35	36	1187.939	704.708	76	77	21.24	12.59
36	37	808.098	479.444	76	78	926.322	549.425
37	38	782.201	463.996	78	79	66.22	39.27
38	39	516.015	306.023	78	80	860.025	510.038
39	40	266.064	157.786				
40	41	106.641	63.242				
5	42	271.78	161.18				

Lampiran a-7

Rugi – Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Asahan Setelah Optimasi

Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya		Dari Bus	Ke Bus	Rugi Daya	
		P _{LOSS} (kW)	Q _{LOSS} (kVAR)			P _{LOSS} (kW)	Q _{LOSS} (kVAR)
1	2	11.501	17.582	42	43	0.002	0.002
2	3	10.309	15.76	42	44	0.001	0
3	4	0.003	0.002	42	45	0.001	0
3	5	0.965	1.475	45	46	0	0.001
5	6	1.222	1.868	46	47	0.001	0
6	7	0.157	0.18	14	48	0.917	0.559
7	8	0.747	1.141	48	49	0.287	0.438
8	9	0.015	0.024	49	50	0.347	0.53
9	10	0.001	0.001	50	51	0.013	0.02
10	11	0	0	51	52	0.012	0.018
10	12	0.002	0.003	52	53	0.013	0.02
8	13	3.35	2.042	52	54	0	0
13	14	1.043	1.595	50	55	0.898	0.547
14	15	2.308	3.527	55	56	0.001	0
15	16	0.209	0.32	55	57	0.123	0.188
16	17	0.216	13.269	57	58	0.118	0.18
17	18	1.53	2.339	58	59	0.035	0.053
18	19	0	0	59	60	0.003	0.005
18	20	3.334	5.097	60	61	0.007	0.008
20	21	0.223	0.136	61	62	0.002	0.002
21	22	2.295	3.508	62	63	0	0
22	23	1.102	1.685	62	64	0.001	0
23	24	0.013	0.02	59	65	0.185	0.113
23	25	0.314	0.48	65	66	0.009	0.006
25	26	0.512	0.782	65	67	0.021	0.024
26	27	0.214	0.328	67	68	0.001	0.001
27	28	0.001	0.001	67	69	0.005	0
27	29	0.613	0.937	69	70	0.004	0.005
29	30	0.295	0.18	58	71	0.207	0.126
30	31	0.007	0.011	71	72	0.04	0.062
31	32	0.003	0.004	72	73	0.08	0.121
30	33	0.28	0.321	73	74	0.163	0.25
33	34	0	0	74	75	0.124	0.189
33	35	0.298	0.536	75	76	0.023	0.036
35	36	0.581	0.354	76	77	0	0
36	37	0.097	0.148	76	78	0.077	0.117
37	38	0.122	0.187	78	79	0	0
38	39	0.015	0.023	78	80	0.025	0.038
38	40	0.003	0.004				
40	41	0.001	0.002				
5	42	0.015	0.017				

Lampiran a-8

Kondisi Konduktor Penyulang Asahan Sebelum Dan Setelah Optimasi

No Saluran	Dari Node	Ke Node	Tipe Konduktor AAAC Sebelum Optimasi	Tipe Konduktor AAAC Sesudah Optimasi
1	1	2	150	150
2	2	3	110	150
3	3	4	55	55
4	3	5	110	150
5	5	6	110	150
6	6	7	110	110
7	7	8	110	150
8	8	9	150	150
9	9	10	150	150
10	10	11	150	150
11	10	12	150	150
12	8	13	55	55
13	13	14	110	150
14	14	15	110	150
15	15	16	110	150
16	16	17	110	150
17	17	18	110	150
18	18	19	110	150
19	18	20	110	150
20	20	21	55	55
21	21	22	110	150
22	22	23	110	150
23	23	24	110	150
24	23	25	110	150
25	25	26	110	150
26	26	27	110	150
27	27	28	110	150
28	27	29	110	150
29	29	30	55	55
30	30	31	110	150
31	31	32	110	150
32	30	33	55	110
33	33	35	110	150
34	33	35	55	55
35	35	36	55	55
36	35	37	110	150
37	37	38	110	150
38	38	39	150	150
39	38	40	110	150
40	40	41	110	150
41	5	42	70	110

42	42	43	55	55
43	42	44	55	55
44	42	45	55	55
45	45	46	55	55
46	46	47	55	55
47	14	48	55	55
48	48	49	150	150
49	49	50	150	150
50	50	51	110	150
51	51	52	110	150
52	52	53	150	150
53	52	54	110	150
54	50	55	55	55
55	55	56	55	55
56	55	57	150	150
57	57	58	150	150
58	58	59	70	150
59	59	60	70	150
60	60	61	70	110
61	61	62	55	150
62	62	63	55	55
63	62	64	55	55
64	59	65	55	55
65	65	66	55	55
66	65	67	55	110
67	67	68	70	110
68	67	69	55	55
69	69	70	70	110
70	58	71	55	55
71	71	72	150	150
72	72	73	150	150
73	73	74	70	150
74	74	75	70	150
75	75	76	150	150
76	76	77	55	55
77	76	78	150	150
78	78	79	55	55
79	78	80	70	150

```

unit uMenu;

interface

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

type
  TfrmMenu = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    btnNew: TButton;
    btnOpen: TButton;
    btnExit: TButton;
    StatusBar1: TStatusBar;
    Panel2: TPanel;
    OpenFileDialog1: TOpenDialog;
    procedure btnExitClick(Sender: TObject);
    procedure btnNewClick(Sender: TObject);
    procedure btnOpenClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmMenu: TfrmMenu;

implementation

uses uInputLFChild, uComplex, uUtils, uLoadflow, uConduktor, uHasil;

{$R *.dfm}

procedure TfrmMenu.btnExitClick(Sender: TObject);
begin
  Application.Terminate;
end;

procedure TfrmMenu.btnNewClick(Sender: TObject);
begin
  try
    if frmInput=nil then
    begin
      frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
    end;
    frmInput.Caption:='Input Data';
    frmInput.btnNext.Caption:='&Save';
    frmInput.ShowModal;
  end;
end;

```

```

finally
    frmInput.Free;
end;
end;

procedure TfrmMenu.btnOpenClick(Sender: TObject);
var NamaFile, Nama:string;
    output:TextFile;
    i,j, Typ,dari,ke,Nbus,Nsal,Param,Ngen,NCable:integer;
    Cap,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,CapSal,Pmin,Pmax,Harga,Length,JenisCable:double;
    R,X,Lc,Tr,Tu,Su,VKonst,PKonst,Pbase,Vbase,dia:double;
begin
    try
        if OpenFileDialog1.Execute then
            begin
                NamaFile:=OpenDialog1.FileName;
                AssignFile(output,NamaFile);
                Reset(output);
                Readln(output,Nbus);
                Readln(output,Nsal);
                Readln(output,Vbase);
                Readln(output,VKonst);
                Readln(output,Pbase);
                Readln(output,PKonst);
                Readln(output,param);
                gParamLF.Vbase:=Vbase;
                gParamLF.VKonst:=VKonst;
                gParamLF.Pbase:=Pbase;
                gParamLF.PKonst:=PKonst;
                if Param=1 then
                    begin
                        gParamLF.ParamBranch:=pbPu;
                    end
                else if Param=2 then
                    begin
                        gParamLF.ParamBranch:=pbOhm;
                    end;
                gParamLF.MaxIterasi:=15;
                gParamLF.Toleransi:=0.0001;
                try
                    frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
                    frmInput.edtNbus.Text:=IntToStr(Nbus);
                    frmInput.edtNsal.Text:=IntToStr(Nsal);
                    frmInput.edtVbase.Text:=FloatToStr(Vbase);
                    if VKonst=1 then
                        begin
                            frmInput.cmbVKonst.Text:='V';
                        end
                    else if VKonst=1000 then

```

```

begin
    frmInput.cmbVKonst.Text:='kV';
end
else if VKonst=1000000 then
begin
    frmInput.cmbVKonst.Text:='MV';
end;
frmInput.edtPbase.Text:=FloatToStr(Pbase);
if PKonst=1 then
begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='VA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0]:='Kap (VA)';
    frmHasil.fgCable.Cells[4,0]:='Cap (VA)';
end
else if PKonst=1000 then
begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='kVA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0]:='Kap (kVA)';
    frmHasil.fgCable.Cells[4,0]:='Cap (kVA)';
end
else if PKonst=1000000 then
begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='MVA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0]:='Kap (MVA)';
    frmHasil.fgCable.Cells[4,0]:='Cap (MVA)';
end;
if param=1 then
begin
    frmInput.cmbParam.Text:='pu';
    frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (pu)';
    frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (pu)';
    frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (pu)';
    frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (pu)';
end
else if param=2 then
begin
    frmInput.cmbParam.Text:='ohm';
    frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (ohm)';

```

```

frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (ohm)';
frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (ohm)';
frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (ohm)';
end;
SetLength(gBus,Nbus);
for i:=0 to Nbus-1 do
begin
  Readln(output,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,Cap,Typ);
  gBus[i].absV:=absV;
  gBus[i].sudV:=sudV;
  gBus[i].Pgen:=Pg;
  gBus[i].Qgen:=Qg;
  gBus[i].PL:=PL;
  gBus[i].QL:=QL;
  gBus[i].Cap:=Cap;
  gBus[i].typeBus:=Typ;
  frmInput.fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
  frmInput.fgBus.Cells[1,i+1]:=FloatToStr(absV);
  frmInput.fgBus.Cells[2,i+1]:=FloatToStr(sudV);
  frmInput.fgBus.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(Pg);
  frmInput.fgBus.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(Qg);
  frmInput.fgBus.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(PL);
  frmInput.fgBus.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(QL);
  frmInput.fgBus.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Cap);
  frmInput.fgBus.Cells[8,i+1]:=IntToStr(typ);
end;
SetLength(gBranch,Nsal);
for i:=0 to Nsal-1 do
begin
  Readln(output,dari,ke,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Length,JenisCable);
  gBranch[i].dari:=dari;
  gBranch[i].ke:=ke;
  gBranch[i].R:=R;
  gBranch[i].X:=X;
  gBranch[i].Lc:=Lc;
  gBranch[i].Tr:=Tr;
  gBranch[i].Tu:=Tu;
  gBranch[i].Su:=Su;
  gBranch[i].KapSal:=CapSal;
  gBranch[i].Length:=Length;
  gBranch[i].JenisCable:=JenisCable;
  frmInput.fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
  frmInput.fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(dari);
  frmInput.fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ke);
  frmInput.fgBranch.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(R);
  frmInput.fgBranch.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(X);
  frmInput.fgBranch.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(Lc);
  frmInput.fgBranch.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(Tr);
  frmInput.fgBranch.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Tu);
  frmInput.fgBranch.Cells[8,i+1]:=FloatToStr(Su);

```

```

frmInput.fgBranch.Cells[9,i+1]:=FloatToStr(CapSal);
frmInput.fgBranch.Cells[10,i+1]:=FloatToStr(Length);
frmInput.fgBranch.Cells[11,i+1]:=FloatToStr(JenisCable);
end;
Readln(output,Ngen);
if Ngen<>0 then
begin
  frmInput.fgGen.RowCount:=Ngen+1;
  SetLength(gGenLF,Ngen);
  for i:=0 to Ngen-1 do
  begin
    Readln(output,dari,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Pmin,Pmax);
    gGenLF[i].bus:=dari;
    gGenLF[i].Qmin:=R;
    gGenLF[i].Qmax:=X;
    gGenLF[i].a2:=Lc;
    gGenLF[i].a1:=Tr;
    gGenLF[i].a0:=Tu;
    gGenLF[i].FixCost:=Su;
    gGenLF[i].VarCost:=CapSal;
    gGenLF[i].Pmin:=Pmin;
    gGenLF[i].Pmax:=Pmax;
    frmInput.fgGen.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
    frmInput.fgGen.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gGenLF[i].bus);
    frmInput.fgGen.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmin,2);
    frmInput.fgGen.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmax,2);
    frmInput.fgGen.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a2,5);
    frmInput.fgGen.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a1,5);
    frmInput.fgGen.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a0,5);
    frmInput.fgGen.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].FixCost,2);
    frmInput.fgGen.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].VarCost,2);
    frmInput.fgGen.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmin,2);
    frmInput.fgGen.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmax,2);
  end;
end
else
begin
  frmInput.fgGen.RowCount:=2;
end;
Readln(output,NCable);
frmHasil.edtNCable.Text:=IntToStr(NCable);
if NCable<>0 then
begin
  frmHasil.fgCable.RowCount:=NCable+1;
  SetLength(gCable,NCable);
  for i:=0 to NCable-1 do
  begin
    Readln(output,R,X,Cap,Harga,dia>Nama);
    gCable[i].Nama:=Nama;
    gCable[i].R:=R;

```

```

unit uInputLFChild;

interface

uses uInputLF,uHasil,SysUtils,Forms;

type
  TfrmInputLFChild=class(TfrmInputLF)
  protected
    procedure ShowHasil;override;
  end;

var frmInput:TfrmInputLFChild;

implementation

uses uLoadflow;

procedure TfrmInputLFChild.ShowHasil;
begin
  try
    if frmHasil=nil then
      begin
        frmHasil:=TfrmHasil.Create(Application);
      end;
      frmHasil.fgBus.Cells[0,0]:='Bus';
      frmHasil.fgBus.Cells[1,0]:='abs V (pu)';
      frmHasil.fgBus.Cells[2,0]:='sud V (deg)';
      frmHasil.fgBus.Cells[7,0]:='Sups (pu)';
      frmHasil.fgBus.Cells[8,0]:='Type Bus';
      frmHasil.fgBranch.Cells[0,0]:='No';
      frmHasil.fgBranch.Cells[1,0]:='Dari';
      frmHasil.fgBranch.Cells[2,0]:='Ke';
      frmHasil.fgBranch.Cells[5,0]:='Arus re (A)';
      frmHasil.fgBranch.Cells[6,0]:='Arus im (A)';
      frmHasil.fgBranch.Cells[7,0]:='Dari';
      frmHasil.fgBranch.Cells[8,0]:='Ke';
      frmHasil.fgBranch.Cells[11,0]:='Arus re (A)';
      frmHasil.fgBranch.Cells[12,0]:='Arus im (A)';
      //
      frmHasil.fgBus2.Cells[0,0]:='Bus';
      frmHasil.fgBus2.Cells[1,0]:='abs V (pu)';
      frmHasil.fgBus2.Cells[2,0]:='sud V (deg)';
      frmHasil.fgBus2.Cells[7,0]:='Sups (pu)';
      frmHasil.fgBus2.Cells[8,0]:='Type Bus';
      frmHasil.fgBranch2.Cells[0,0]:='No';

```

```

frmHasil.fgBranch2.Cells[1,0]:='Dari';
frmHasil.fgBranch2.Cells[2,0]:='Ke';
frmHasil.fgBranch2.Cells[5,0]:='Arus re (A)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[6,0]:='Arus im (A)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[7,0]:='Dari';
frmHasil.fgBranch2.Cells[8,0]:='Ke';
frmHasil.fgBranch2.Cells[11,0]:='Arus re (A)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[12,0]:='Arus im (A)';
//
if gParamLF.PKonst=1 then
begin
  frmHasil.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
  frmHasil.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
  frmHasil.fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
  frmHasil.fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[3,0]:='P (W)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[4,0]:='Q (VAR)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[9,0]:='P (W)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[10,0]:='Q (VAR)';
  frmHasil.lblGen.Caption:='VA';
  frmHasil.lblLoad.Caption:='VA';
  frmHasil.lblLoss.Caption:='VA';
  //
  frmHasil.fgBus2.Cells[3,0]:='Pg (W)';
  frmHasil.fgBus2.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
  frmHasil.fgBus2.Cells[5,0]:='PL (W)';
  frmHasil.fgBus2.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
  frmHasil.fgBranch2.Cells[3,0]:='P (W)';
  frmHasil.fgBranch2.Cells[4,0]:='Q (VAR)';
  frmHasil.fgBranch2.Cells[9,0]:='P (W)';
  frmHasil.fgBranch2.Cells[10,0]:='Q (VAR)';
  frmHasil.lblGen2.Caption:='VA';
  frmHasil.lblLoad2.Caption:='VA';
  frmHasil.lblLoss2.Caption:='VA';
  //
end
else if gParamLF.PKonst=1000 then
begin
  frmHasil.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
  frmHasil.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
  frmHasil.fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
  frmHasil.fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[3,0]:='P (kW)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[4,0]:='Q (kVAR)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[9,0]:='P (kW)';
  frmHasil.fgBranch.Cells[10,0]:='Q (kVAR)';

```

```

frmHasil.lblGen.Caption:='kVA';
frmHasil.lblLoad.Caption:='kVA';
frmHasil.lblLoss.Caption:='kVA';
//
frmHasil.fgBus2.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
frmHasil.fgBus2.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
frmHasil.fgBus2.Cells[5,0]:='PL (kW)';
frmHasil.fgBus2.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[3,0]:='P (kW)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[4,0]:='Q (kVAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[9,0]:='P (kW)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[10,0]:='Q (kVAR)';
frmHasil.lblGen2.Caption:='kVA';
frmHasil.lblLoad2.Caption:='kVA';
frmHasil.lblLoss2.Caption:='kVA';
//
end
else if gParamLF.PKonst=1000000 then
begin
frmHasil.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
frmHasil.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
frmHasil.fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
frmHasil.fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
frmHasil.fgBranch.Cells[3,0]:='P (MW)';
frmHasil.fgBranch.Cells[4,0]:='Q (MVAR)';
frmHasil.fgBranch.Cells[9,0]:='P (MW)';
frmHasil.fgBranch.Cells[10,0]:='Q (MVAR)';
frmHasil.lblGen.Caption:='MVA';
frmHasil.lblLoad.Caption:='MVA';
frmHasil.lblLoss.Caption:='MVA';
//
frmHasil.fgBus2.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
frmHasil.fgBus2.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
frmHasil.fgBus2.Cells[5,0]:='PL (MW)';
frmHasil.fgBus2.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[3,0]:='P (MW)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[4,0]:='Q (MVAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[9,0]:='P (MW)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[10,0]:='Q (MVAR)';
frmHasil.lblGen2.Caption:='MVA';
frmHasil.lblLoad2.Caption:='MVA';
frmHasil.lblLoss2.Caption:='MVA';
//
end;
frmHasil.fgBus.RowCount:=StrToInt(edtNbus.Text)+1;
frmHasil.fgBranch.RowCount:=StrToInt(edtNsal.Text)+1;

```

```
//
frmHasil.fgBus2.RowCount:=StrToInt(edtNbus.Text)+1;
frmHasil.fgBranch2.RowCount:=StrToInt(edtNsal.Text)-1;
//
frmHasil.ShowModal;
finally
    frmHasil.Free;
end;
end;

end.
```



```

unit uRCVMethod;

interface

uses uUtils,uComplex,uLoadflow,uNewtonRaphson,uConduktor,uMatrix,
    uHasil;

type
    TRCV=class
    private
        FNsal,FNiterasi:integer;
        FAlpha,FBetha:double;
        FBatasV:TBatas;
        FDatCab:iArr1;
        function InitNs:iArr1;
        function InitDatCab(const rA:dArr1):iArr1;
        function DecodeBranch(const rNbus:integer;
            const rDatCab:iArr1):CxArr2;
        function HitungdV(const rV:CxArr1):dArr1;
        function HitungSa(const rNbus:integer;
            const rAlir:CxArr2):CxArr1;
        function HitungA(const rSa:CxArr1):dArr1;
        function CekNs(const rns:iArr1):boolean;
        function CekVoltage(const rV:CxArr1):boolean;
        function CekPowerFlowLimit(const rAlir:CxArr2):boolean;
        procedure HitungAk(const rDatCab:iArr1;
            var rdV,rA:dArr1;
            var rSa:CxArr1;
            var rCek:boolean);
        procedure UpdateNs(const rdV:dArr1;
            var rns:iArr1);
        function HitungAi(const rDatCab:iArr1):dArr1;
        function HitungRCV(const rns,rDatCab:iArr1;
            const rSa:CxArr1;
            const rA,rAi:dArr1):dArr1;
        function FindMinRCV(const rRCV:dArr1):integer;
        function Objfunc(const rA:dArr1;
            const rSa:CxArr1):double;
        procedure doHitung;
        function getDatCab:iArr1;
    public
        constructor Create(const rNsal,rNiterasi:integer;
            const rAlpha,rBetha:double;
            const rBatasV:TBatas);
        procedure HitungAkhir(const rDatCab:iArr1;
            var rV,rSg,rSL:CxArr1;

```

```

    var rCap:dArr1;
    var rTypBus:iArr1;
    var rAlir,rArus:CxArr2;
    var rParamLF:TParamLF);
property Nsal:integer read FNsai write FNsai;
property Alpha:double read FAlpha write FAlpha;
property Betha:double read FBetha write FBetha;
property DatCab:iArr1 read getDatCab;
end;

```

implementation

```

//constructor
constructor TRCV.Create(const rNsai,rNiterasi:integer;
    const rAlpha,rBetha:double;
    const rBatasV:TBatas);
begin
    inherited Create;
    FNsai:=rNsai;
    FNiterasi:=rNiterasi;
    FAlpha:=rAlpha;
    FBetha:=rBetha;
    FBatasV.min:=rBatasV.min;
    FBatasV.max:=rBatasV.max;
end;

//data processing
function TRCV.InitNs:iArr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNsai);
    for i:=0 to FNsai-1 do
        begin
            result[i]:=0;
        end;
    end;
end;

function TRCV.InitDatCab(const rA:dArr1):iArr1;

function GetNoCable(const rA:double):integer;
var i,Ncab:integer;
begin
    Ncab:=high(gCable)+1;
    result:=0;
    if rA>gCable[Ncab-1].dia then
        begin

```

```

    result:=Ncab-1;
end
else
begin
    for i:=0 to Ncab-1 do
    begin
        if rA<gCable[i].dia then
        begin
            result:=i;
            break;
        end;
    end;
end;
end;

var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNsal);
    for i:=0 to FNsal-1 do
    begin
        result[i]:=GetNoCable(rA[i]);
    end;
end;

function TRCV.DecodeBranch(const rNbus:integer;
    const rDatCab:iArr1):CxArr2;
var i,dari,ke:integer;
begin
    SetLength(result,rNbus,rNbus);
    for i:=0 to FNsal-1 do
    begin
        dari:=gBranch[i].dari-1;
        ke:=gBranch[i].ke-1;
        result[dari,ke].real:=gCable[rDatCab[i]].R*gBranch[i].Length/1000;
        result[dari,ke].imag:=gCable[rDatCab[i]].X*gBranch[i].Length/1000;
    end;
end;

function TRCV.HitungdV(const rV:CxArr1):dArr1;
var i,Nbus:integer;
begin
    Nbus:=high(rV)+1;
    SetLength(result,Nbus);
    for i:=0 to Nbus-1 do
    begin
        result[i]:=0;
    end;
end;

```

```

    if rV[i].real>FBatasV.max then result[i]:=rV[i].real-FBatasV.max;
    if rV[i].real<FBatasV.min then result[i]:=FBatasV.min-rV[i].real;
end;
end;

```

```

function TRCV.HitungSa(const rNbus:integer,
    const rAlir:CxArr2):CxArr1;
var i,j,sa:integer;
begin
    SetLength(result,FNsal);
    sa:=0;
    for i:=0 to rNbus-1 do
    begin
        for j:=0 to rNbus-1 do
        begin
            if rAlir[i,j].real>0 then
            begin
                result[sa]:=Cmplx(rAlir[i,j]);
                inc(sa);
            end;
        end;
    end;
end;
end;

```

```

function TRCV.HitungA(const rSa:CxArr1):dArr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNsal);
    for i:=0 to FNsal-1 do
    begin
        result[i]:=sqrt(FAlpha*(sqr(rSa[i].real)-sqr(rSa[i].imag))/FBetha);
    end;
end;
end;

```

```

function TRCV.CekNs(const rns:iArr1):boolean;
var i:integer;
begin
    result:=false;
    for i:=0 to FNsal-1 do
    begin
        if rns[i]>0 then
        begin
            result:=true;
            break;
        end;
    end;
end;
end;

```

end;

function TRCV.CekVoltage(const rV:CxArr1):boolean;

var i,Nbus:integer;

begin

result:=true;

Nbus:=high(rV)+1;

for i:=0 to Nbus-1 do

begin

if rV[i].real>FBatasV.max then

begin

result:=false;

break;

end;

if rV[i].real<FBatasV.min then

begin

result:=false;

break;

end;

end;

end;

function TRCV.CekPowerFlowLimit(const rAlir:CxArr2):boolean;

var i,dari,ke:integer;

abs:double;

begin

result:=true;

for i:=0 to FNsal-1 do

begin

dari:=gBranch[i].dari-1;

ke:=gBranch[i].ke-1;

abs:=getAbs(rAlir[dari,ke]);

if abs>gBranch[i].KapSal then

begin

result:=false;

break;

end;

end;

end;

procedure TRCV.HitungAk(const rDatCab:iArr1;

var rdV,rA:dArr1;

var rSa:CxArr1;

var rCek:boolean);

var Nbus,Nsa:integer;

V,Sg,SL:CxArr1;

```

    Cap:dArr1;
    TypBus:iArr1;
    Z,Tp,Alir,Arus:CxArr2;
    Lc,Tr:dArr2;
begin
    DecodeCommDataToLFData(gBus,Nbus,Nsa,V,Sg,SL,Cap,TypBus,
    gBranch,Z,Tp,Lc,Tr);
    Z:=DecodeBranch(Nbus,rDatCab);
    NewtonRaphson(gParamLF,V,Sg,SL,Cap,TypBus,Z,Tp,Alir,Arus,Lc,Tr);
    rdV:=HitungdV(V);
    rSa:=HitungSa(Nbus,Alir);
    rA:=HitungA(rSa);
    rCek:=true;
    if CekVoltage(V)=false then
    begin
        rCek:=false;
    end;
    if CekPowerFlowLimit(Alir)=false then
    begin
        rCek:=false;
    end;
end;

procedure TRCV.UpdateNs(const rdV:dArr1;
    var rns:iArr1);
var i:integer;
begin
    for i:=0 to FNsal-1 do
    begin
        if rdV[i]<>0 then
        begin
            rns[i]:=rns[i]+1;
        end;
    end;
end;

function TRCV.HitungAi(const rDatCab:iArr1):dArr1;
var i,Nbus,Nsa,Ncab:integer;
    V,Sg,SL,Sa:CxArr1;
    Cap,dV,Ai:dArr1;
    TypBus:iArr1;
    Z,Tp,Alir,Arus:CxArr2;
    Lc,Tr:dArr2;
    ma:iArr1;
begin
    SetLength(ma,FNsal);

```

```

SetLength(Sa,FNsal);
SetLength(Ai,FNsal);
SetLength(dV,FNsal);
Ncab:=high(gCable)+1;
DecodeCommDataToLFData(gBus,Nbus,Nsa,V,Sg,SL,Cap,TypBus,
gBranch,Z,Tp,Lc,Tr);
SetLength(result,FNsal);
for i:=0 to FNsal-1 do
begin
ma:=CopyMatrix(rDatCab);
ma[i]:=ma[i]+1;
if ma[i]>Ncab-1 then ma[i]:=Ncab-1;
Z:=DecodeBranch(Nbus,ma);
NewtonRaphson(gParamLF,V,Sg,SL,Cap,TypBus,Z,Tp,Alir,Arus,Lc,Tr);
dV:=HitungdV(V);
Sa:=HitungSa(Nbus,Alir);
Ai:=HitungA(Sa);
result[i]:=Ai[i];
end;
end;

function TRCV.HitungRCV(const rns,rDatCab:iArr1;
const rSa:CxArr1;
const rA,rAi:dArr1):dArr1;
var i:integer;
begin
SetLength(result,FNsal);
for i:=0 to FNsal-1 do
begin
if rns[i]<>0 then
begin
result[i]:=(FBetha*rA[i]*rAi[i]-FAlpha*
(sqr(rSa[i].real)+sqr(rSa[i].imag)))/
(rSa[i].real*rns[i]);
end;
end;
end;

function TRCV.FindMinRCV(const rRCV:dArr1):integer;
var i:integer;
min:double;
begin
min:=rRCV[0];
result:=0;
for i:=1 to FNsal-1 do
begin

```

```

    if min>rRCV[i] then
    begin
        min:=rRCV[i];
        result:=i;
    end;
end;
end;

function TRCV.Objfunc(const rA:dArr1;
    const rSa:CxArr1):double;
var i:integer;
begin
    result:=0;
    for i:=0 to FNsal-1 do
    begin
        result:=result+(FAlpha*(sqr(rSa[i].real)+sqr(rSa[i].imag))/rA[i]+
            FBetha*rA[i])*gBranch[i].Length/1000;
    end;
end;

procedure TRCV.doHitung;
var ns,dat:iArr1;
    dV,A,Ai,RCV:dArr1;
    Sa:CxArr1;
    Cek:boolean;
    RCVmin,sb,Ncab:integer;
    best,locl:double;
begin
    Ncab:=high(gCable);
    sb:=0;
    best:=0;
    dat:=InitNs;
    HitungAk(dat,dV,A,Sa,Cek);
    dat:=InitDatCab(A);
    FDatCab:=CopyMatrix(dat);
    repeat
        ns:=InitNs;
        HitungAk(dat,dV,A,Sa,Cek);
        UpdateNs(dV,ns);
        if CekNs(ns)=true then
        begin
            Ai:=HitungAi(dat);
            RCV:=HitungRCV(ns,dat,Sa,A,Ai);
            RCVmin:=FindMinRCV(RCV);
            locl:=Objfunc(A,Sa);
            if best=0 then

```

```

begin
  best:=locl;
end
else
begin
  if best>locl then
    begin
      best:=locl;
      FDatCab:=copyMatrix(dat);
    end;
  end;
  dat[RCVmin]:=dat[RCVmin]+1;
  if dat[RCVmin]>Ncab then dat[RCVmin]:=Ncab;
  inc(sb);
  frmHasil.pbIterasi.StepBy(1);
end
else
begin
  Cek:=true;
end;
until (Cek=true) or (sb>=FNiterasi);
//until (Cek=true) or (sb>=(FNsal-1));
end;

//Data Output
function TRCV.getDatCab:iArr1;
var i:integer;
begin
  doHitung;
  SetLength(result,FNsal);
  for i:=0 to FNsal-1 do
    begin
      result[i]:=FDatCab[i];
    end;
  end;
end;

procedure TRCV.HitungAkhir(const rDatCab:iArr1;
  var rV,rSg,rSL:CxArr1;
  var rCap:dArr1;
  var rTypBus:iArr1;
  var rAlir,rArus:CxArr2;
  var rParamLF:TParamLF);
var Nbus,Nsal:integer;
  Z,Tp:CxArr2;
  Lc,Tr:dArr2;
begin

```

```
DecodeCommDataToLFData(gBus,Nbus,Nsal,rV,rSg,rSL,rCap,rTypBus,  
gBranch,Z,Tp,Lc,Tr);  
Z:=DecodeBranch(Nbus,rDatCab);  
NewtonRaphson(rParamLF,rV,rSg,rSL,rCap,rTypBus,Z,Tp,rAlir,rArus,Lc,Tr);  
end;
```

```
end.
```

```

unit uKonduktor;

interface

uses uUtils,uLoadflow;

type
  TCable=record
    Nama:string;
    R,X,Cap,Harga,dia:double;
  end;

  TCableArr1=array of TCable;

function getKodeCables(const rBranch:TBranchArr1;
  const rCable:TCableArr1):iArr1;
function getCostCables(const rKodeCable:iArr1;
  const rLengthBranch:dArr1;
  const rCable:TCableArr1):double;

var gCable:TCableArr1;

implementation

function getKodeCable(const rDiameter:double;
  const rCable:TCableArr1):integer;
var i,Ncab:integer;
begin
  Ncab:=high(rCable)+1;
  result:=-1;
  for i:=0 to Ncab-1 do
    begin
      if rDiameter=rCable[i].dia then
        begin
          result:=i;
          break;
        end;
      end;
    end;
  end;

function getKodeCables(const rBranch:TBranchArr1;
  const rCable:TCableArr1):iArr1;
var i,Nsal:integer;
begin
  Nsal:=high(rBranch)+1;
  SetLength(result,Nsal);

```

```

for i:=0 to Nsal-1 do
begin
  result[i]:=getKodeCable(rBranch[i].JenisCable,rCable);
end;
end;

function getCostCables(const rKodeCable:iArr1;
  const rLengthBranch:dArr1;
  const rCable:TCableArr1):double;
var i,Nsal:integer;
begin
  Nsal:=high(rKodeCable)+1;
  result:=0;
  for i:=0 to Nsal-1 do
  begin
    result:=result+rCable[rKodeCable[i]].Harga*rLengthBranch[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)
 PageControl1: TPageControl;
 TabSheet2: TTabSheet;
 TabSheet3: TTabSheet;
 TabSheet4: TTabSheet;
 TabSheet9: TTabSheet;
 Panel1: TPanel;
 btnClose: TButton;
 btnHitung: TButton;
 TabSheet1: TTabSheet;
 Chart1: TChart;
 Series1: TLineSeries;
 Series2: TLineSeries;
 GroupBox6: TGroupBox;
 Label8: TLabel;
 Label9: TLabel;
 Label10: TLabel;
 Label11: TLabel;
 Label12: TLabel;
 lblGen: TLabel;
 lblLoad: TLabel;
 lblLoss: TLabel;
 edtSumGen: TEdit;
 edtSumLoad: TEdit;
 edtSumLoss: TEdit;
 edtIterasi: TEdit;
 edtTime: TEdit;
 fgBranch: TStringGrid;
 fgBus: TStringGrid;
 lblNCable: TLabel;
 edtNCable: TEdit;
 fgCable: TStringGrid;
 GroupBox1: TGroupBox;
 Label1: TLabel;
 Label2: TLabel;
 edtAlpha: TEdit;
 edtBetha: TEdit;
 TabSheet5: TTabSheet;
 fgHasilCable: TStringGrid;
 pbIterasi: TProgressBar;

```

Label3: TLabel;
edtNiterasi: TEdit;
TabSheet6: TTabSheet;
TabSheet7: TTabSheet;
TabSheet8: TTabSheet;
fgBus2: TStringGrid;
fgBranch2: TStringGrid;
GroupBox2: TGroupBox;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label13: TLabel;
lblGen2: TLabel;
lblLoad2: TLabel;
lblLoss2: TLabel;
edtSumGen2: TEdit;
edtSumLoad2: TEdit;
edtSumLoss2: TEdit;
edtIterasi2: TEdit;
edtTime2: TEdit;
GroupBox3: TGroupBox;
Label14: TLabel;
edtCostPro: TEdit;
Label15: TLabel;
edtCostPLN: TEdit;
Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
edtSelisihCost: TEdit;
Label19: TLabel;
procedure btnCloseClick(Sender: TObject);
procedure btnHitungClick(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;

var
    frmHasil: TfrmHasil;

implementation

uses uUtils, uLoadflow, uNewtonRaphson, uComplex, uTopology, uRCVMethod,
    uConduktor;

{SR *.dfm}

```

```

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

procedure TfrmHasil.btnHitungClick(Sender: TObject);
var i,Nsal,Niterasi,ia,ja:integer;
    alpha,betha,CostPro,CostPLN:double;
    mulai,selesai,selang:TDateTime;
    jam,menit,detik,mdetik:word;
    rcv:TRCV;
    batasV:TBatas;
    DatCab,TypBus,KodeCab:iArr1;
    V,Sg,SL:CxArr1;
    Cap:dArr1;
    Alir,Arus:CxArr2;
    LengthBranch:dArr1;
begin
    Nsal:=high(gBranch)+1;
    Niterasi:=StrToInt(edtNiterasi.Text);
    alpha:=StrToFloat(edtAlpha.Text);
    betha:=StrToFloat(edtBetha.Text);
    mulai:=time;
    NewtonRaphson(gBus,gBranch,gParamLF);
    selesai:=time;
    selang:=selesai-mulai;
    Series1.Clear;
    Series2.Clear;
    for i:=0 to high(gBus) do
    begin
        fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
        fgBus.Cells[1,i+1]:=RealToStr(gBus[i].absV,5);
        fgBus.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gBus[i].sudV*
            ANGLE_OF_DEGREES/ANGLE_OF_RADIAN,5);
        fgBus.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gBus[i].Pgen,3);
        fgBus.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gBus[i].Qgen,3);
        fgBus.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gBus[i].PL,3);
        fgBus.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gBus[i].QL,3);
        fgBus.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gBus[i].Cap,3);
        fgBus.Cells[8,i+1]:=IntToStr(gBus[i].typeBus);
        Series1.Add(gBus[i].absV,IntToStr(i+1));
    end;
    SetLength(LengthBranch,high(gBranch)+1);
    for i:=0 to high(gBranch) do
    begin
        fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
        fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
        fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
        fgBranch.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Sij.real,3);
        fgBranch.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Sij.imag,3);
    end;
end;

```

```

fgBranch.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Aij.real,3);
fgBranch.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Aij.imag,3);
fgBranch.Cells[7,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
fgBranch.Cells[8,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
fgBranch.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Sji.real,3);
fgBranch.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Sji.imag,3);
fgBranch.Cells[11,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Aji.real,3);
fgBranch.Cells[12,i+1]:=RealToStr(gBranch[i].Aji.imag,3);
LengthBranch[i]:=gBranch[i].Length;
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);
batasV.min:=0.93;
batasV.max:=1.05;
pbIterasi.Max:=Niterasi;
mulai:=time;
rcv:=TRCV.Create(Nsal,Niterasi,alpha,betha,batasV);
DatCab:=rcv.DatCab;
CostPro:=getCostCables(DatCab,LengthBranch,gCable);
edtCostPro.Text:=FormatFloat('#,##0.00',CostPro);
KodeCab:=getKodeCables(gBranch,gCable);
CostPLN:=getCostCables(KodeCab,LengthBranch,gCable);
edtCostPLN.Text:=FormatFloat('#,##0.00',CostPLN);
edtSelisihCost.Text:=FormatFloat('#,##0.00',(CostPLN-CostPro));
rcv.HitungAkhir(DatCab,V,Sg,SL,Cap,TypBus,Alir,Arus,gParamLF);
rcv.Free;
selesai:=time;
selang:=selesai-mulai;
fgHasilCable.RowCount:=high(DatCab)+2;
for i:=0 to high(DatCab) do
begin
    fglHasilCable.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
    fgHasilCable.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
    fgHasilCable.Cells[2,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
    fgHasilCable.Cells[3,i+1]:=gCable[DatCab[i]].Nama;
    fgHasilCable.Cells[4,i+1]:=gCable[KodeCab[i]].Nama;
end;
for i:=0 to high(gBus) 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(gBranch[i].dari);
  fgBranch2.Cells[2,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
  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(gBranch[i].ke);
  fgBranch2.Cells[8,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
  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);
end;

procedure TfrmHasil.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  fgCable.Cells[0,0]:='No';
  fgCable.Cells[1,0]:='Nama';
  fgCable.Cells[2,0]:='R (ohm/km)';
  fgCable.Cells[3,0]:='X (ohm/km)';
  fgCable.Cells[4,0]:='Cap (kVA)';
  fgCable.Cells[5,0]:='Harga (Rp)';
  fgCable.Cells[6,0]:='Diameter (mm)';
  fgHasilCable.Cells[0,0]:='No';
  fgHasilCable.Cells[1,0]:='Dari';
  fgHasilCable.Cells[2,0]:='Ke';
  fgHasilCable.Cells[3,0]:='Cable Program';
  fgHasilCable.Cells[4,0]:='Cable PLN';
  edtAlpha.Text:='27.56';
  edtBetha.Text:='271.25';
  edtNiterasi.Text:='50';

```

end;

end,

14
15

16

17

```
unit uAbout;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs;

type
  TfrmAbout = class(TForm)
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmAbout: TfrmAbout;

implementation

{$R *.dfm}

end.
```

4-12	Kondisi Konduktor Penyulang Asahan Sebelum Dan Sesudah Optimasi.....	53
4-13	Rekapitulasi Biaya Penggantian Ukuran Konduktor Sebelum Optimasi	54
4-14	Rekapitulasi Biaya Penggantian Ukuran Konduktor Setelah Optimasi	55