



**ANALISIS PERBANDINGAN UNJUK KERJA SALURAN KABEL LAUT
TEGANGAN TINGGI (SKLT) 150 kV INTERKONEKSI JAWA-BALI
ANTARA SIRKUIT 1-2 DENGAN SIRKUIT 3-4**

SKRIPSI

Oleh

**Frido Feby Ariyanto
NIM 131910201019**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**ANALISIS PERBANDINGAN UNJUK KERJA SALURAN KABEL LAUT
TEGANGAN TINGGI (SKLT) 150 kV INTERKONEKSI JAWA-BALI
ANTARA SIRKUIT 1-2 DENGAN SIRKUIT 3-4**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Frido Feby Ariyanto
NIM 131910201019

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Kupanjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia dan kasih sayang-Nya kepadaku dan sholawat serta salam kepada Rasulullah SAW yang senantiasa memberikan syafaatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini merupakan langkah awal untuk menuju kesuksesan yang lebih baik, karenanya dengan segala kerendahan hati kupersembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibunda Samiarsih (Almarhumah) dan Ayahanda Ponariyanto dan keluarga yang tiada henti-hentinya mengirimkan doa, memberikan dukungan baik moril maupun materiil dan senantiasa mencurahkan kasih sayang luar biasa kepadaku.
4. Adikku Lusita Cahya Agustina yang saya sayangi dan banggakan telah memberikan motivasi dan dukungan moril dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Dosen Pembimbing Utama Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., dan Dosen Pembimbing Anggota Bapak, Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T. yang bersedia meluangkan waktu dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan motivasi.
6. Semua guru-guru dari TK Dharma Wanita Kembiritan Kab. Banyuwangi, SD Negeri 3 Kembiritan Kec. Genteng Kab. Banyuwangi, SMP Negeri 1 Genteng, dan SMA Negeri 1 Genteng Kab. Banyuwangi serta seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah berbagi ilmu yang sangat bermanfaat.
7. Keluarga besar Asisten Laboratorium Komputer dan Multimedia Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu membantu dan menemani kami baik suka maupun duka.
8. Keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
9. Kontrakan Jalan Brantas 13 No. 103 Jember, khususnya teman sekontrakan yang sudi berbagi kisah baik suka maupun duka, saling menguatkan dan juga mengingatkan.

10. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
11. Serta seluruh pihak yang tidak tertulis dalam lembar persembahan ini, kusampaikan terimakasih banyak atas segalanya.



MOTTO

“Jika Anda memiliki dua kepribadian setidaknya buatlah satu diantara kepribadian yang baik.”

(Marilyn Monroe)

“Dan tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan permusuhan.”

(Q. S. Al-Maidah 5:2)

“Tidak ada balasan kebaikan, kecuali kebaikan (pula). Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan.”

(Qs. Ar-Rahman ayat 60-61)

“Jangan khawatir ketika anda diacuhkan, tapi berjuanglah jadi layak untuk dikenal”

(Frido Feby .A)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Frido Feby Ariyanto

NIM : 131910201019

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLT) 150 kV Interkoneksi Jawa-Bali Antara Sirkuit 1-2 dengan Sirkuit 3-4” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Agustus 2017

Yang menyatakan,

Frido Feby Ariyanto
NIM 131910201019

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN UNJUK KERJA SALURAN KABEL LAUT
TEGANGAN TINGGI (SKLT) 150 kV INTERKONEKSI JAWA-BALI
ANTARA SIRKUIT 1-2 DENGAN SIRKUIT 3-4**

Oleh

Frido Feby Ariyanto
NIM 131910201019

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLT) 150 kV Interkoneksi Jawa-Bali Antara Sirkuit 1-2 Dengan Sirkuit 3-4” karya Frido Feby Ariyanto telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : -

tempat : -

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 197106141997021001

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.
NIP 197004041996011001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.M.T.
NIP 197104022003121001

Dr. Triwahju Hardianto, S.T. M.T.
NIP 197008261997021001

Mengesahkan
Dekan,

Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLT) 150 kV Interkoneksi Jawa-Bali Antara Sirkuit 1-2 Dengan Sirkuit 3-4; Frido Feby Ariyanto, 131910201019; 2017; 136 ; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) saat ini telah banyak diterapkan pada Negara-negara maritim dimana dalam menyalurkan energi listrik antar pulau menggunakan kabel isolasi bertegangan tinggi yang digelar di bawah permukaan laut. Saat ini di Indonesia saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) yang masih beroperasi adalah SKLT 150 kV interkoneksi Jawa-Bali. SKLT interkoneksi Jawa-Bali saat ini yang telah beroperasi untuk memasok energi listrik ke Pulau Bali terdiri dari 4 sirkuit (saluran) yakni sirkuit 1 sampai dengan sirkuit 4 yang.

Energi listrik di Pulau Bali dipasok sekitar 40% dari Jawa melalui SKLT (saluran kabel laut tegangan tinggi) 150 kV. Data yang diperoleh dari PT. PLN, beban saat ini yang disalurkan melalui SKLT sudah mencapai 343 MW dengan maksimal daya yang mampu disalurkan oleh SKLT sebesar 400 MW (100 MW tiap sirkuitnya). Ditambah dengan pertumbuhan beban di Pulau Bali mencapai 8-9.2% pertahun, maka jika tidak ada tambahan pasokan listrik diprediksi Pulau Bali pada tahun 2019 akan mengalami defisit listrik sehingga akan mengganggu stabilitas kelistrikan di Pulau Bali. Oleh karena itu, pemerintah melalui PT.PLN tengah mengkaji adanya tambahan jalur SKLT yang baru sehingga dapat menambah pasokan energi listrik pada tahun 2019 nanti.

Pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui saluran mana yang lebih unggul unjuk kerjanya jika ditinjau dari segi elektris, mekanis, dan ekonomis antara kedua jenis saluran yang saat ini diterapkan pada SKLT, sehingga nantinya bisa menjadi opsi pertimbangan PT.PLN dalam pemilihan penambahan saluran yang akan diterapkan selanjutnya. Pada penelitian ini, analisis unjuk kerja elektris menggunakan GUI Matlab untuk mencari nilai rugi-rugi saluran, jatuh tegangan, efisiensi, dan juga kemampuan hantar arus (KHA). Unjuk kerja dari segi mekanis

mengacu pada konstruksi kabel dan kuat tarik kabel, sedangkan dari segi ekonomis mengacu pada harga kabel dan biaya penambahan minyak (sirkuit 1-2).

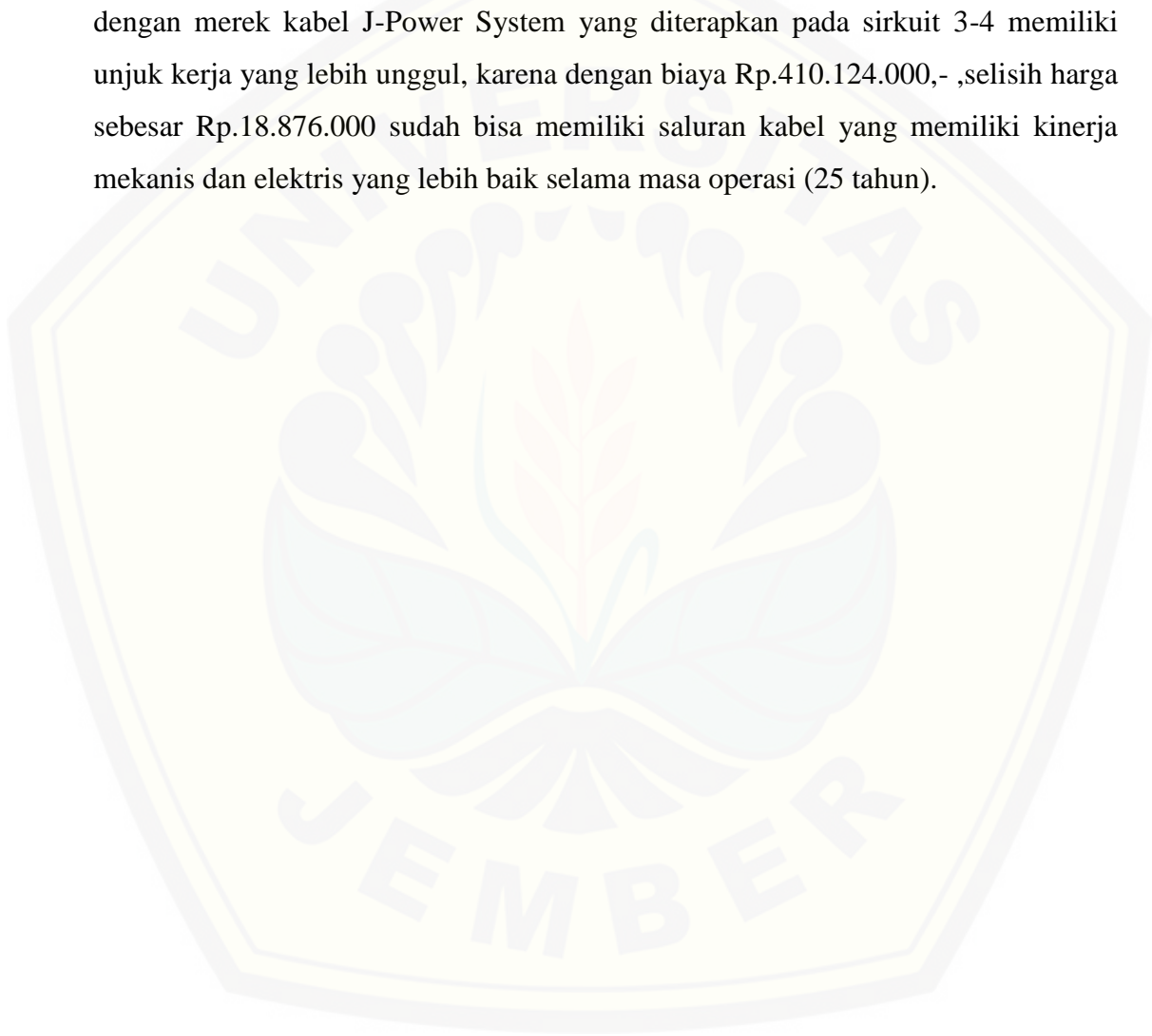
Nilai rugi-rugi saluran terkecil terdapat pada kabel merek J-Power System yang diterapkan pada sirkuit 3-4 sebesar 40.1547 W / m. Drop tegangan terkecil juga terdapat pada kabel yang sama sebesar didapatkan nilai sebesar 3.6111×10^{-5} kV/m dengan efisiensi sebesar 99.97 % / km. Nilai kemampuan hantar arus juga lebih unggul sirkuit 3-4 dengan selisih yang signifikan yakni pada sirkuit 3-4 dapat dimaksimalkan hingga 655.43 A, sedangkan pada sirkuit 1-2 dengan merek kabel Pirelli hanya dapat dimaksimalkan sampai dengan 614 A. Suatu saluran dikatakan memiliki unjuk kerja elektrik yang lebih baik apabila memiliki nilai efisiensi dan kemampuan hantar arus yang lebih baik. Efisiensi saluran berbanding terbalik dengan rugi-rugi saluran dan drop tegangan semakin tinggi nilai rugi-rugi saluran dan drop tegangan, maka semakin kecil nilai efisiensinya, sehingga dalam hal ini sirkuit 3-4 dengan kabel merek J-Power System memiliki unjuk kerja elektrik yang lebih baik.

Unjuk kerja mekanis kabel mengacu pada konstruksi kabel dan kuat tarik kabel. Kuat tarik kabel berpengaruh terhadap berat dan *jointing* (sambungan). Semakin berat kabel, maka kuat tarik akan semakin kecil dan sambungan akan lebih banyak. Dari data yang diperoleh, gangguan eksternal lebih banyak terjadi daripada gangguan internalnya. Oleh karena itu, pada pemasangan berikutnya diperlukan konstruksi kabel yang mampu meminimalisir gangguan eksternal tetapi tetap menjaga kondisi internalnya. Dari analisis dan pertimbangan yang sudah dilakukan, kabel merek J-Power System yang diterapkan pada sirkuit 3-4 mempunyai unjuk kerja yang lebih baik karena secara konstruksi lebih bisa menahan beberapa gangguan eksternal dan memiliki kuat tarik yang lebih baik sehingga *jointing* (sambungan) juga lebih relatif lebih sedikit.

Unjuk kerja dari segi ekonomis mengacu pada harga kabel per kilometer dan biaya penambahan minyak (sirkuit 1-2) selama masa operasi yakni 25 tahun. Setelah dilakukan analisis, didapatkan harga kabel dan biaya penambahan minyak isolasi (sirkuit 1-2), kabel merek Pirelli yang diterapkan pada sirkuit 1-2 mempunyai harga yang relative lebih murah dibandingkan kabel merek J-Power System yang

diterapkan pada sirkuit 3-4. Pada kabel merek J-Power System biaya total pembelian kabel sekitar Rp. 429.000.000,- per kilometer, sedangkan harga total pembelian kabel merek Pirelli ditambah dengan biaya penambahan minyak selama masa operasi (25 tahun) sebesar Rp. 410.124.000,-.

Dari analisis yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja saluran secara komprehensif dari segi listrik, mekanis, dan ekonomis, saluran dengan merek kabel J-Power System yang diterapkan pada sirkuit 3-4 memiliki unjuk kerja yang lebih unggul, karena dengan biaya Rp.410.124.000,-, selisih harga sebesar Rp.18.876.000 sudah bisa memiliki saluran kabel yang memiliki kinerja mekanis dan listrik yang lebih baik selama masa operasi (25 tahun).



SUMMARY

Comparative Performance Analysis Of High Voltage Submarine Cables 150 Kv Java-Bali Interconnection Between Circuit 1-2 With Circuit 3-4; Frido Feby Ariyanto, 131910201019; 2017; 136; Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

High voltage submarine cables is now widely applied to maritime countries where in distributing inter-island electric energy using high-voltage isolation cables that are held below sea level. Currently in Indonesia the high voltage submarine cables which still operates is SKLT 150 kV interconnection Java-Bali. The current Java-Bali interconnection SKLT which has operated to supply electricity to Bali Island consists of 4 circuits that are circuit 1 to circuit 4.

Electrical energy on the island of Bali is supplied about 40% of Java through SKLT (high-voltage submarine cable) of 150 kV. Data obtained from PT. PLN, the current load which is channeled through SKLT has reached 343 MW with maximum power capable of channeled by SKLT of 400 MW (100 MW per circuit). Coupled with the burden of growth on the island of Bali to reach 8-9.2% per year, then if there is no additional electricity supply is predicted Bali in 2019 will have electricity deficit that will disrupt the stability of electricity in the island of Bali. Therefore, the government through PT PLN is studying the additional new SKLT line so that it can increase the supply of electrical energy in 2019 later.

This study aims to determine which channel is superior to its performance if it is electrically, mechanically, and economically oriented between the two types of channels currently applied to SKLT, so that later can be an option of consideration PT.PLN in the selection of additional channels that will Applied next. In this study, electrical performance analysis using GUI Matlab to find the value of channel loss, voltage drop, efficiency, and also current-carrying capacity. The performance in terms of mechanical refers to cable construction and cable tensile strength, while in

terms of economical refers to the price of cable and the cost of adding oil (circuit 1-2).

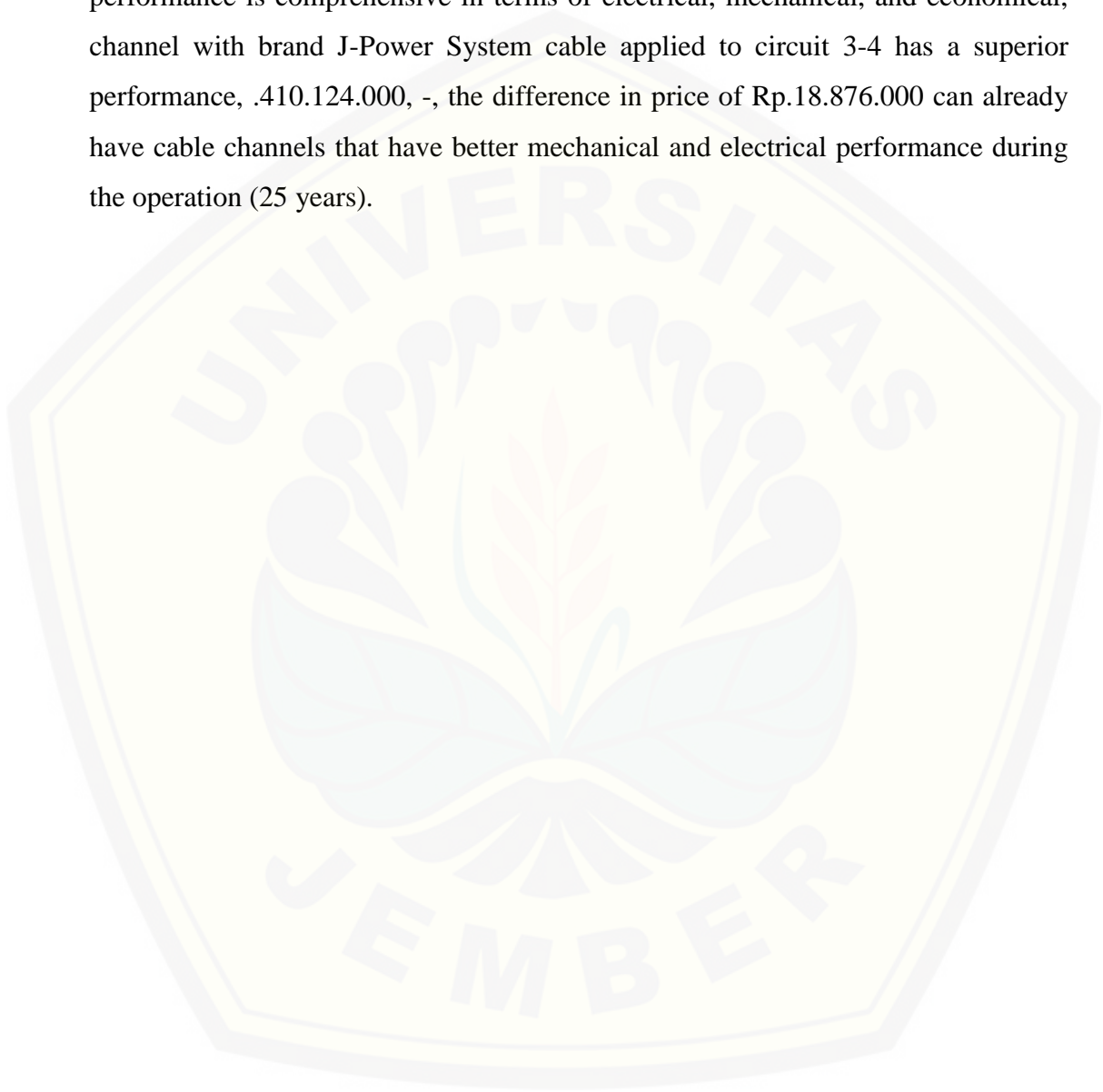
The smallest channel loss values are in the J-Power System brand cable applied to Circuit 3-4 of 40.1547 W / m. The smallest voltage drop is also present in the same cable as big as 3.6111×10^{-5} kV / m with efficiency of 99.97% / km. The value of current carrying capacity is also superior to 3-4 circuit with a significant difference that is in circuit 3-4 can be maximized up to 655.43 A, whereas in circuit 1-2 with brand Pirelli cable can only be maximized up to 614 A. A channel is said to have a show Better electrical work both when it has better efficiency and current carrying capacity. The channel efficiency is inversely related to channel loss and voltage drop the higher the channel loss and voltage drop value, the smaller the efficiency value, so in this case the 3-4 circuit with the J-Power System brand cable has more electrical performance good.

The cable mechanical performance refers to cable construction and cable tensile strength. Tensile strength of the cable affects the weight and jointing (connection). The heavier the cable, the tensile strength will be smaller and the connection will be more. From the data obtained, external interference occurs more often than the internal disturbance. Therefore, in the next installation of cable construction is required that can minimize external interference but still maintain its internal conditions. From the analysis and consideration that has been done, the J-Power System brand cable applied to circuit 3-4 has better performance because the construction more can withstand some external interference and have better tensile strength so that jointing (connection) is also more relatively fewer.

The economical performance refers to the cable price per kilometer and the cost of adding oil (circuit 1-2) during the operation period of 25 years. After the analysis, the price of cable and the cost of adding insulation oil (circuit 1-2), Pirelli brand cable applied to circuit 1-2 has a relatively cheaper price compared to the J-Power System brand cable applied to circuit 3-4. In the J-Power System brand cable the total cost of cable purchases is about Rp. 429.000.000, - per kilometer, while the

total purchase price of Pirelli brand cable plus the additional cost of oil during operation period (25 years) amounting to Rp. 410,124,000, -.

From the analysis that has been done, it can be concluded that the channel performance is comprehensive in terms of electrical, mechanical, and economical, channel with brand J-Power System cable applied to circuit 3-4 has a superior performance, .410.124.000, -, the difference in price of Rp.18.876.000 can already have cable channels that have better mechanical and electrical performance during the operation (25 years).



PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLT) 150 kV Interkoneksi Jawa-Bali Antara Sirkuit 1-2 Dengan Sirkuit 3-4**”. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak akan bisa selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang bersedia meluangkan waktu dan pikirannya dalam membimbing dan memberikan motivasi.
6. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Penguji 1 dan Bapak H. Samsul Bahri M, S.T. M.M.T., selaku Penguji 2 yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis.
7. Ibunda Samiarsih dan Ayahanda Ponariyanto yang tiada henti-hentinya mengirimkan doa, memberikan dukungan baik moril maupun materiil dan senantiasa mencurahkan kasih sayang luar biasa kepadaku.

8. Adikku Lusita Cahya Agustina yang saya sayangi dan banggakan telah memberikan motivasi dan dukungan moril selama kuliah.
9. Bapak Agus dan Mas Hariyanto selaku pembimbing KP (Kerja Praktek) saya yang telah banyak membantu kami dalam proses Penelitian dan pengambilan data di APP Probolinggo Basecamp Jember.
10. Bapak Andy selaku Manager APP Probolinggo yang telah mempermudah dan membatu dalam pengabilan data SKLT di Gardu Induk Banyuwangi.
11. Bapak Ragil selaku Staf Supervisor APP Probolinggo Gardu Induk Banyuwangi yang telah sabar dan memberikan data-data yang penulis perlukan dalam proses penelitian.
12. Pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian dan pengambilan data yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.
13. Laboratorium Komputer dan Multimedia Fakultas Teknik Universitas Jember yang bersedia memberi tempat bagi kami selama penulisan tugas akhir ini.
14. Teman- teman asisten Laboraturium Patrang Fakultas Teknik Universitas Negeri Jember yang telah bersedia bertukar informasi dan memberikan dukungan moril selama kuliah.
15. Kontrakkan Mastrib dan Jalan Brantas 11 No. 83A Jember, yang telah saling menguatkan dan juga mengingatkan.
16. Keluarga besar Asisten Laboratorium Komputer dan Multimedia Fakultas Teknik Universitas Jember , khususnya Prayuda, Ilfah Sartika Dewi, Delvi Picalista, Badrul Munir, Herlambang P.S, yang selama ini telah sudi menemani keluh kesah kami selama menjadi asisten.
17. Nur Fitri Amalia (PGSD 2013 Universitas Jember), yang selalu memberikan motivasi dan dukungan moril selama proses penulisan tugas akhir.
18. Faisal Ali (Teknik Elektro 2013 Universitas Jember), yang telah bersedia membagi ilmu tentang GUI Matlab.
19. Prayuda (Teknik Elektro 2013 Universitas Jember), teman semenjak SMP hingga sekarang yang tak pernah lupa mengingatkan dan berbagi keluh kesah selama pengerjaan skripsi ini hingga sampai selesai.

20. Teman-teman satu bimbingan (DPU dan DPA) yang bersedia bertukar pikiran dan saling mendukung satu sama lain.
21. Keluarga besar INTEL'UJ 2013, terimakasih telah memberikan arti kekeluargaan yang luar biasa.
22. Keluarga besar Civitas Akademia Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember yang memberikan bantuan dalam urusan administrasi dan segala pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih banyak.

Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi, dan manfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk dapat menyempurnakan skripsi ini.

Jember, 6 Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSEMBAHAN	iii
MOTO	v
PERNYATAAN	vi
SKRIPSI	vii
PENGESAHAN	viii
RINGKASAN.....	ix
SUMMARY	xii
PRAKATA	xiv
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	xxiv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	5
BAB 2. Tinjauan Pustaka	6
2.1 Konstruksi Kabel Bawah Laut (<i>Submarine Cable</i>)	6
2.1.1 Single Core.....	6
2.1.2 Three Core.....	6
2.2 Bagian-Bagian Kabel	7
2.2.1 Konduktor	7
2.2.2 Isolasi Kabel.....	8
2.3 Rugi-Rugi Saluran.....	11
2.3.1 Rugi-Rugi Konduktor, Selubung, dan Perisai.....	12

2.3.1.1 Tahanan Arus Searah	12
2.3.1.2 Efek Mengulit (<i>Skin Effect</i>)	13
2.3.1.3 Efek pendekatan	15
2.3.1.4 Tahanan AC	16
2.3.1.5 Rugi-Rugi Selubung dan Perisai	17
2.3.2 Rugi-Rugi Dielektrik dan Arus Pemuat.....	18
2.3.2.1 Rugi-Rugi Dielektrik	18
2.4 Kemampuan Hantar Arus (KHA)	22
2.5 Jatuh Tegangan (<i>Voltage Drop</i>)	23
2.6 Efisiensi Saluran.....	24
2.7 Metode Rock Dumping	25
BAB 3. Metode Penelitian	27
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2 Prosedur Penelitian	27
3.3 Diagram Alir Perbandingan.....	29
3.4 Diagram Alir Perbandingan	30
3.5 Flowchart Program pada GUI.....	31
3.6 Analisa Elektris	32
3.6.1 Rugi-Rugi Konduktor, Selubung, dan Perisai	32
3.6.2 Rugi-Rugi Dielektrik dan Arus Pemuat.....	34
3.6.3 Kemampuan Hantar Arus	35
3.6.4 Drop Tegangan	35
3.6.5 Efisiensi	35
BAB 4. Hasil Dan Pembahasan	37
4.1 Data Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLT)	37
4.1.1 Data Perbandingan Karakteristik SKLT	27
4.1.2 Data Pajang SKLT	40
4.1.3 Data Spesifikasi SKLT.....	41
4.1.4 Data Gangguan dan Anomali SKLT	41

4.2 Analisis Elektris.....	42
4.2.1 Rugi-Rugi Konduktor, Selubung, dan Perisai.....	42
4.2.2 Rugi-Rugi Bahan Dielektrik dan Arus Pemuat.....	58
4.2.3 Rugi-Rugi Daya Total.....	62
4.2.4 <i>Drop</i> Tegangan.....	64
4.2.5 Efisiensi Saluran.....	66
4.2.6 Kemampuan Hantar Arus.....	68
4.2.7 Tabel Hasil Perbandingan Unjuk Kerja Elektris.....	70
4.3 Analisa Mekanis.....	70
4.3.1 Gangguan dan Anomali Saluran.....	70
4.3.2 Pemeliharaan Mekanis Saluran.....	72
4.3.3 Perbandingan Unjuk Kerja Mekanis.....	74
4.4 Analisa Ekonomis.....	74
4.5 Tabel Akhir Perbandingan.....	78
BAB 5. Kesimpulan Dan Saran.....	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR GAMBAR

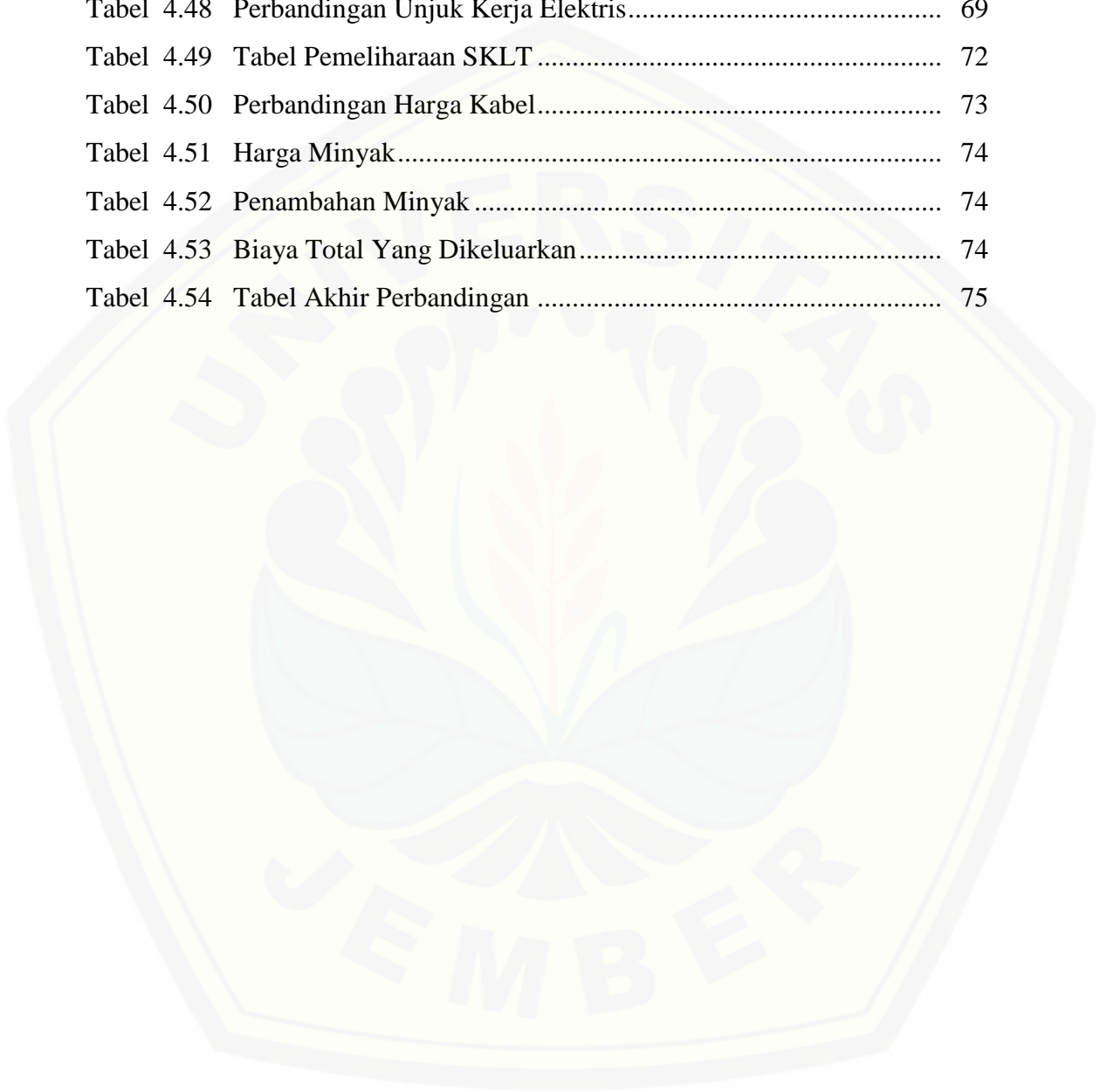
Gambar 2.1	Konstruksi SKLT <i>Single Core</i>	6
Gambar 2.2	Konstruksi SKLT <i>Three-Core</i>	6
Gambar 2.3	Konstruksi Kabel Jenis Isolasi XLPE	8
Gambar 2.4	Susunan Isolasi <i>Paper-Insulated Oil-Filled Cables</i>	9
Gambar 2.5	Konstruksi Kabel Jenis Isolasi minyak	9
Gambar 2.6	susunan	10
Gambar 2.7	Representasi Dari Isolasi Kabel.....	18
Gambar 2.8	Variasi $\tan \delta$ terhadap suhu.....	20
Gambar 2.9	Pembangunan Metode <i>Rock Dumping</i>	25
Gambar 2.10	Penanaman Kabel Di Bawah Batu Karang.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai ϵ dan $\tan \delta$ dari isolasi kabel.....	20
Tabel 3.1	Panjang kabel sirkuit 3 dan 4	27
Tabel 3.2	Panjang kabel sirkuit 1 dan 2	29
Tabel 3.3	Data Karakteristik saluran	31
Tabel 4.1	Data Perbandingan Karakteristik Kabel	39
Tabel 4.2	Data Daftar Gangguan Dan Anomali SKLT	41
Tabel 4.3	Perbandingan Parameter Untuk Menghitung Tahanan Searah.....	43
Tabel 4.4	Perbandingan Hasil Tahanan Arus Searah Pada GUI	43
Tabel 4.5	Perbandingan Tahanan Arus Searah.....	44
Tabel 4.6	Perbandingan Parameter Untuk Menghitung Efek Mengulit	44
Tabel 4.7	Perbandingan Hasil Efek Mengulit Pada GUI	45
Tabel 4.8	Perbandingan Efek Mengulit.....	45
Tabel 4.9	Perbandingan Parameter Untuk Menghitung Efek Pendekatan ..	46
Tabel 4.10	Perbandingan Hasil Efek Pendekatan Pada GUI.....	47
Tabel 4.11	Perbandingan Efek Pendekatan	47
Tabel 4.12	Perbandingan Parameter Untuk Menghitung Rac	47
Tabel 4.13	Perbandingan Hasil Efek Pendekatan Pada GUI.....	48
Tabel 4.14	Perbandingan Efek Pendekatan	48
Tabel 4.15	Perbandingan Parameter Untuk Menghitung Selubung Logam..	49
Tabel 4.16	Perbandingan Hasil Selubung Logam Pada GUI	50

Tabel 4.17	Perbandingan Selubung Logam.....	50
Tabel 4.18	Perbandingan Parameter Tahanan Faktor Selubung Logam	51
Tabel 4.19	Perbandingan Hasil Tahanan Faktor Selubung Logam Pada GUI	52
Tabel 4.20	Perbandingan Tahanan Faktor Selubung Logam	52
Tabel 4.21	Perbandingan Parameter Tahanan Perisai	53
Tabel 4.22	Perbandingan Hasil Tahanan Tahanan Perisai Pada GUI	54
Tabel 4.23	Perbandingan Tahanan Tahanan Perisai.....	54
Tabel 4.23	Perbandingan Parameter Faktor Tahanan Perisai.....	55
Tabel 4.24	Perbandingan Hasil Faktor Tahanan Tahanan Perisai Pada GUI	56
Tabel 4.25	Perbandingan Faktor Tahanan Tahanan Perisai	56
Tabel 4.26	Perbandingan Parameter Tahanan Efektif.....	57
Tabel 4.27	Perbandingan Hasil Tahanan Tahanan Efektif Pada GUI.....	57
Tabel 4.28	Perbandingan Tahanan Efektif	57
Tabel 4.29	Perbandingan Parameter Tahanan Dielektrik.....	58
Tabel 4.30	Perbandingan Hasil Tahanan Tahanan Dielektrik Pada GUI.....	59
Tabel 4.31	Perbandingan Tahanan Dielektrik	60
Tabel 4.32	Perbandingan Parameter Rugi Arus Pemuat	60
Tabel 4.33	Perbandingan Hasil Rugi Arus Pemuat Pada GUI.....	61
Tabel 4.33	Perbandingan Rugi Arus Pemuat	61
Tabel 4.36	Perbandingan Parameter Rugi Daya Total	62
Tabel 4.37	Perbandingan Hasil Rugi Daya Total Pada GUI.....	63
Tabel 4.38	Perbandingan Rugi Daya Total	63
Tabel 4.39	Perbandingan Drop Tegangan	63
Tabel 4.40	Perbandingan Hasil Drop Tegangan Pada GUI.....	64
Tabel 4.41	Perbandingan Drop Tegangan	65
Tabel 4.42	Perbandingan Efisiensi Saluran.....	66
Tabel 4.43	Perbandingan Efisiensi Saluran Pada GUI.....	66
Tabel 4.44	Perbandingan Efisiensi Saluran.....	66
Tabel 4.44	Perbandingan Parameter KHA	66

Tabel 4.46	Perbandingan KHA Pada GUI	67
Tabel 4.47	Perbandingan KHA	68
Tabel 4.48	Perbandingan Unjuk Kerja Elektris.....	69
Tabel 4.49	Tabel Pemeliharaan SKLT	72
Tabel 4.50	Perbandingan Harga Kabel.....	73
Tabel 4.51	Harga Minyak.....	74
Tabel 4.52	Penambahan Minyak	74
Tabel 4.53	Biaya Total Yang Dikeluarkan.....	74
Tabel 4.54	Tabel Akhir Perbandingan	75



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk menyalurkan energi dari pusat pembangkit listrik (*generator station*) hingga sampai konsumen (pusat beban). Energi listrik yang dibangkitkan dari pusat pembangkit akan disalurkan melalui saluran transmisi untuk jarak jauh dan saluran distribusi untuk jarak dekat. Penyaluran energi listrik dapat dilakukan melalui saluran udara, saluran bawah tanah, dan saluran bawah laut. Energi listrik disalurkan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe saluran transmisi listrik. Konduktor direntangkan diantara tiang-tiang (*tower*) melalui isolator-isolator, kemudian energi listrik disalurkan melalui saluran tegangan tinggi. Saluran transmisi tegangan tinggi di Indonesia terdiri dari beberapa tipe saluran diantaranya Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTET) dengan kapasitas tegangan berkisar antara 200 kV sampai 500 kV, dan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dengan kapasitas berkisar antara 30 kV sampai 150 kV. Saluran transmisi dari pusat pembangkit biasanya berkapasitas 150 kV dan 500 kV, dimana tujuannya adalah agar drop tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal, sehingga diperoleh operasional yang efektif dan efisien.

Saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) adalah salah satu jenis kabel yang digunakan untuk membawa tenaga listrik di bawah permukaan laut. Indonesia merupakan negara kepulauan sehingga sangat cocok jika menggunakan transmisi kabel bawah laut untuk menyalurkan listrik antar pulau. Sampai saat ini, saluran kabel bawah laut yang ada di Indonesia menggunakan saluran kabel bawah laut bertegangan 150 kV yaitu interkoneksi Jawa- Bali dan Jawa- Madura. Kabel bawah laut didesain untuk melindungi bagian dalam dari air, arus bawah laut, gelombang, tekanan tinggi, dan kekuatan alam lainnya yang bisa mempengaruhi keadaan kondisi dasar laut dan air yang ada di atasnya.

Konsumsi energi listrik berlangsung terus menerus untuk menjamin terlaksananya kelistrikan rumah tangga, pariwisata, dan industri di Pulau Bali. Oleh sebab itu maka diperalukan sistem kelistrikan yang memiliki keandalan yang tinggi

yaitu salah satu cara dengan meminimalkan rugi-rugi yang ada pada saluran kabel dalam pentransmisianya. Saat ini saluran kabel bawah laut interkoneksi Jawa-Bali beroperasi empat sirkuit yaitu sirkuit 1&2 Ketapang-Gilimanuk yang mulai beroperasi sejak tahun 1999 dan sirkuit 3&4 Ketapang-Gilimanuk yang beroperasi pada tahun 2014. Sebanyak 40% beban listrik di Pulau Bali dipasok dari sejumlah pembangkit listrik di Pulau Jawa melalui pengoperasian Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLT) Ketapang-Gilimanuk. Beban puncak listrik di pulau Bali saat ini mencapai 860 MW. Saat ini Bali mendapatkan pasokan dari Jawa maksimal 400 MW dengan beroperasinya SKLT sirkuit 3 dan 4, dengan beban puncak sebesar 358 MW. Dengan pertumbuhan kebutuhan listrik rata-rata sebesar 8-9.2 % per tahun. Jika tanpa adanya tambahan pasokan energi listrik maka diprediksi pada tahun 2019 akan terjadi defisit listrik. Maka dari itu pemerintah melalui PT.PLN sedang mengkaji penambahan energi listrik yang di suplai dari Jawa untuk menjaga stabilitas kelistrikan di Pulau Bali. Sampai saat ini opsi yang di pilih yaitu menambah saluran kabel laut dan membuat *crossingover* SUTET dari Ketapang-Gilimanuk.

Pada kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali sirkuit 1-2 Ketapang-Gilimanuk yang beroperasi sekarang menggunakan kabel jenis *three core* (3 phasa) tipe *C3H1B1EONJFJFJ* merk Pirreli sedangkan pada sirkuit 3-4 menggunakan kabel jenis *three core* (3 phasa) tipe *YMeKrVasdlwd* merk J-Power System. Sirkuit 1-2 menggunakan kabel berisolasi kertas di impregnasi dengan minyak (*Paper-Insulated Oil-Filled Cables*) sedangkan sirkuit 3-4 menggunakan jenis isolasi XLPE. Semua kabel pada sirkuit 1-4 berkapasitas maksimal 130 MW di setiap sirkuitnya. Dari data yang diperoleh panjang saluran sirkuit 3 dan 4 dengan menggunakan metode penggelaran *rock dumping* diperoleh panjang saluran sebesar 6.243 m yang di gelar mulai dari *cable head station* Ketapang sampai dengan *landing point* Gilimanuk. Sedangkan pada sirkuit 1 dan 2 diperoleh data panjang saluran sebesar 4.314 m yang digelar tanpa menggunakan metode *rock dumping*.

Pemasangan kabel pada sirkuit 3 dan 4 Ketapang-Gilimanuk menggunakan metode *rock dumping* yang telah terbukti cukup handal dalam memproteksi kabel dari gangguan seperti kemungkinan terbawa arus atau terangkat jangkar kapal.

Metode itu memungkinkan kabel terpasang terlindungi secara aman, stabil, dan tahan karena terdapat tumpukan batu karang yang saling mengikat di atasnya. Perlindungan metode *rock-dumping* terhadap *submarine cable* Jawa – Bali dibedakan sesuai letak dan posisi kabel, mulai di darat, laut dangkal, dan laut dalam. Dengan diterapkannya metode *rock dumping* di kabel bawah laut interkoneksi Jawa-Bali sirkuit 3 dan 4 Ketapang-Gilimanuk, maka kabel yang digelar lebih panjang daripada sirkuit 1 dan 2, sehingga rugi-rugi daya, jatuh tegangan yang dihasilkan akan semakin besar dengan bertambah panjangnya saluran kabel. Kelemahan metode penggelaran *rock dumping* yaitu terdapat pada mahal biaya *maintenance* atau perawatan dan juga perbaikan ketika terjadi gangguan atau anomali.

Pada saluran transmisi tegangan tinggi terdapat rugi-rugi yang disebabkan oleh beberapa faktor sehingga mengakibatkan tegangan mengalami penurunan tegangan yang disebut *drop* tegangan. Perbedaan yang mendasar antara kabel isolasi kertas dengan minyak (*Paper-Insulated Oil-Filled Cables*) dan kabel isolasi XLPE yaitu pada kerugian dielektrik kabel yang mempunyai karakteristik yang berbeda. Rugi-rugi daya adalah daya yang hilang (*losses*) dalam penyaluran energi listrik. Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu saluran penghantar.

Pada penelitian sebelumnya yang berjudul Analisis Efisiensi Penyaluran Kabel Laut 150 kV Gilimanuk 3 dan 4 yang Menghubungkan Interkoneksi Jawa-Bali dengan Metode Rock Dumping yaitu hanya menghitung dan menganalisa efisiensi saluran pada sirkuit 3 dan 4 interkoneksi Jawa-Bali yang mengacu pada perhitungan elektris saja dengan memperdulikan metode *rock-dumping* yang diterapkan dalam penggelarannya. Pada penelitian ini, penulis menganalisa perbandingan unjuk kerja dari segi elektris, mekanis dan juga ekonomis semua sirkuit kemudian membandingkan unjuk kerja kedua jenis saluran.

Pada penelitian ini membahas analisis perbandingan unjuk kerja saluran secara elektris, mekanis dan juga ekonomis dimana analisa elektris meliputi rugi-rugi saluran, *drop* tegangan, kuat hantar arus dan efisiensi. Analisa mekanis membahas tentang konstruksi, kuat tarik, dan jointing pada saluran. Analisa

ekonomis membahas biaya yang dikeluarkan untuk SKLT. Saluran dikatakan memiliki unjuk kerja elektrik yang baik jika nilai efisiensi saluran, dan kuat hantar arus yang lebih tinggi. Sedangkan dari segi mekanis, saluran dikatakan memiliki unjuk kerja yang lebih baik apabila memiliki konstruksi dan kuat tarik yang lebih baik. Kemudian dari analisa elektrik, mekanis dan ekonomis dibandingkan secara komprehensif untuk menilai saluran mana yang memiliki unjuk kerja lebih baik.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka masalah yang di bahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana unjuk kerja kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali jika ditinjau dari segi elektrik, mekanis, dan ekonomis antara tipe *C3H1B1EONJFJFJ* merek Pirelli yang terpasang pada sirkuit 1-2 dengan kabel tipe YMeKrVasdlwd merek J-Power System yang terpasang pada sirkuit 3-4?
2. Bagaimana perbandingan unjuk kerja kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali jika ditinjau dari segi elektrik, mekanis, dan ekonomis antara tipe *C3H1B1EONJFJFJ* merek Pirelli yang terpasang pada sirkuit 1-2 dengan kabel tipe YMeKrVasdlwd merek J-Power System yang terpasang pada sirkuit 3-4?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan penelitian ini adalah

1. Mengetahui unjuk kerja kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali jika ditinjau dari segi elektrik, mekanis, dan ekonomis antara tipe *C3H1B1EONJFJFJ* merek Pirelli yang terpasang pada sirkuit 1-2 dengan kabel tipe YMeKrVasdlwd merek J-Power System yang terpasang pada sirkuit 3-4.
2. Mengetahui perbandingan unjuk kerja kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali jika ditinjau dari segi elektrik, mekanis, dan ekonomis antara tipe *C3H1B1EONJFJFJ* merek Pirelli yang terpasang pada sirkuit 1-2 dengan kabel tipe YMeKrVasdlwd merek J-Power System yang terpasang pada sirkuit 3-4.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas arah dari pembahasan penelitian ini, maka diberikan batasan masalah yang meliputi:

1. Hanya membahas kinerja listrik, mekanis, dan ekonomis saluran pada SKLT sirkuit 1-4.
2. Perhitungan dari segi listrik kabel menggunakan *software* Matlab 2013 dan diaplikasikan pada GUI (*graphical user interface*).
3. Perhitungan listrik kabel meliputi rugi-rugi saluran, drop tegangan, kemampuan hantar arus, dan efisiensi.
4. Tidak membahas struktur kimia kabel isolasi XLPE dan isolasi minyak
5. Tidak membahas secara detail instalasi penggelaran kabel bawah laut dengan metode penggelaran *rock dumping*.
6. Data yang digunakan adalah karakteristik SKLT, daftar gangguan, transfer daya dan panjang saluran semua sirkuit.
7. Pada analisa ekonomis tidak membahas biaya pemasangan metode *rock-dumping*.

1.5 Manfaat

Mampu memperkirakan dan mengidentifikasi unjuk kerja kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali jika ditinjau dari segi listrik, mekanis, dan ekonomis antara tipe *C3H1B1EONJFJFJ* merek Pirelli yang terpasang pada sirkuit 1-2 dengan kabel tipe *YMeKrVasdlwd* merek J-Power System yang terpasang pada sirkuit 3-4 dan membandingkan kinerja keduanya ditinjau dari segi listrik, mekanis, dan juga ekonomis. Mampu mengidentifikasi pengaruh faktor listrik, mekanis, dan ekonomis terhadap kinerja kabel, sehingga bisa menjadi opsi pertimbangan dalam penambahan saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) berikutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Kabel Bawah Laut (*Submarine Cable*)

Kabel listrik bawah laut (*Submarine Cable*) adalah salah satu jenis kabel yang digunakan untuk membawa tenaga listrik di bawah permukaan laut. Kabel bawah laut didesain untuk melindungi bagian dalam dari air, arus bawah laut, gelombang, tekanan tinggi, dan kekuatan alam lainnya yang bisa mempengaruhi keadaan kondisi dasar laut. Saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali menggunakan jenis kabel *three-core* dengan isolasi XLPE (*cross linked polyethylene*) dan *single core* dengan isolasi minyak. Konduktor yang di gunakan yaitu jenis tembaga.

2.1.1 *Single Core*



Gambar 2.1 : Konstruksi SKLT (Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi) *Single Core* (Sumber : Buku PLN SKDR 520 Pedoman Pemeliharaan SKLT)

2.1.2 *Three core*



Gambar 2.2 Konstruksi SKLT (Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi) *Three-Core* (Sumber : Buku PLN SKDR 520 Pedoman Pemeliharaan SKLT)

2.2 Bagian- Bagian Kabel

2.2.1 Konduktor

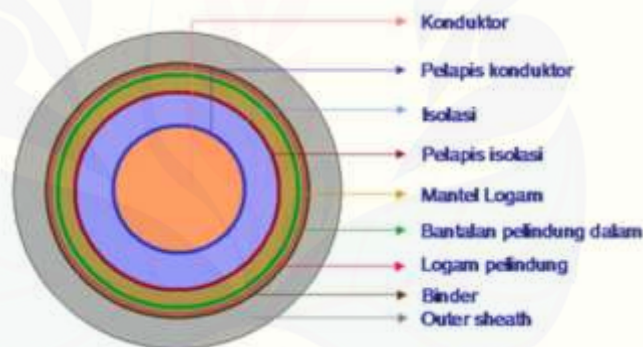
Konduktor adalah komponen utama peralatan listrik dan instalasi listrik, yang berperan untuk menyalurkan arus tegangan dari satu bagian ke bagian lain dan juga untuk menghubungkan bagian-bagian yang dirancang bertegangan sama. Bahan konduktor yang paling umum digunakan adalah tembaga dan aluminium logam tersebut dipilih dengan pertimbangan beberapa hal yaitu arus beban dan keekonomisan. Dilihat dari jenis isolasi yang digunakan, konduktor terdiri dari dua jenis, yaitu konduktor atau kawat telanjang dan konduktor berisolasi atau kabel. Pada SKLT (Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi) interkoneksi Jawa-Bali menggunakan jenis konduktor tembaga.

Untuk menyalurkan energi listrik pada tegangan tinggi biasanya digunakan konduktor jenis Milliken. Konduktor tersebut umumnya dibuat “Six Stranded Segmen” dan terisolasi antara segmen satu dengan yang lain, tersusun disekeliling kanal yang berisi spiral penyangga dan diikat bersama dengan pita Bronze. Masing – masing segmen dibentuk oleh sejumlah konduktor bulat dan terpasang kompak pada bentuk segmen yang dibutuhkan. Konstruksi harus dibuat equal, untuk mengurangi rugi-rugi akibat efek kulit. Skin efek juga dipengaruhi oleh ukuran kanal (*Duct*), misalnya untuk konduktor 1600 mm², jenis ‘Conci’ pada 50 Hz dan suhu 85° C akan mempunyai Skin efek 24,5% jika kanal 12 mm dan 60% jika kanal 40 mm. Pada konduktor “Milliken”, karena masing-masing sektor secara otomatis ditransposed, maka pembesaran diameter kanal dapat mengurangi pengaruh skin efek cukup banyak. Nilai rugi-rugi akibat Skin efek untuk konduktor cooper “Milliken” cukup rendah yaitu untuk diameter 2500 mm² pada 85° C dan 25 mm kanal adalah 14%. Nilai rugi-rugi akibat *Skin effect* yang rendah yaitu 2% sampai dengan 4% dapat dicapai dengan konduktor yang disusun elemen terisolasi satu dengan yang lainnya menggunakan enamel. (buku pedoman SKTT & SKLT PLN pesero .

2.2.2 Isolasi Kabel

a. XLPE (*cross linked polyethylene*)

Isolasi adalah bagian pada kabel yang berguna membatasi bagian yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan. Penelitian baru-baru ini mulai mengembangkan secara cepat kabel dielektrik jenis isolasi XLPE (*cross linked polyethylene*) dan secara tidak langsung mulai meninggalkan kebel jenis isolasi minyak sampai dengan tegangan 275 kV. Saat ini kabel jenis isolasi XLPE paling banyak digunakan pada kabel bertegangan tinggi karena mempunyai sifat mekanis yang cukup baik dan tidak menghisap air. Keuntungan memakai kabel dengan isolasi XLPE adalah tahan panas, sehingga tidak mudah meleleh serta mempunyai temperatur kerja yang tinggi yaitu 90 °C. Mempunyai tahanan isolasi yang tinggi yaitu sebesar 10^{19} ohm/cm sehingga mempunyai umur kabel yang relatif lebih lama.



Gambar 2.3 Kontruksi Kabel Jenis Isolasi XLPE

Sumber : Buku PLN SKDR 520 Pedoman Pemeliharaan SKLT

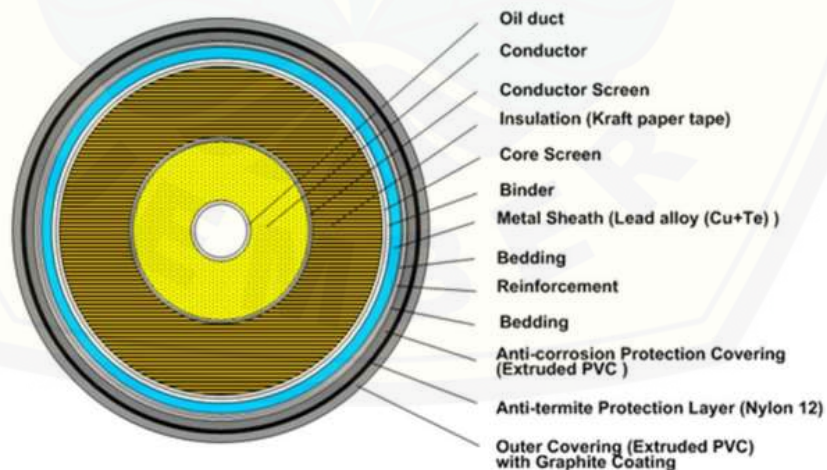
b. Isolasi Kertas Diperkuat Minyak (*Paper-Insulated Oil-Filled Cables*)

Isolasi kabel bawah laut (submarine cable) tegangan tinggi tidak hanya sebagai penyekat (isolator) atau pengamanan, tetapi juga sebagai pendukung kerja transmisi tenaga listrik pada saluran kabel bawah laut itu sendiri. Isolasi kabel bawah laut umumnya terdiri dari isolasi jenis kertas, karena meresap minyak dan campuran biasanya digunakan pada kabel minyak isolasi sintetis dan isolasi mineral. Kabel bawah laut berisolasi kertas dapat digunakan untuk tegangan tinggi sampai dengan 400 kV, baik kabel minyak bertekanan rendah (*low pressure oil filled-LPOF*) yang terpadu dalam satu kabel (*self contained*) dan kabel berisolasi kertas yang

dimasukkan kedalam pipa, lalu diisi dengan minyak bertekanan tinggi (high pressure oil filed - LPOF). Kertas sebagai isolasi dapat berupa kertas kering maupun kertas yang di resapi minyak. Kekuatan dielektrik dari kabel tergantung pada ketebalan, kepadatan ketahan terhadap air, kekuatan Tarik, kemuluran, permitivitas relative, factor disipasi, dan kekuatan tembus listriknnya. Isolasi kertas mempunyai ketebalan yang berbeda yaitu dari 50 samapai dengan 180 μm . Lapisan kertas yang lebih tipis memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi daripada kertas tebal dan diletakkan di dekat konduktor dimana stress listrik lebih tinggi. Selama operasi, minyak mempunyai daya tekan. Kekuatan dielektrik isolasi kertas minyak untuk kabel tegangan tinggi tergantung pada tekanan. Jika tekanan turun terlalu rendah, gas-gas terlarut di minyak dapat dilepaskan dan bentuk gelembung. Medan listrik dapat membuat kerusakan parsial dalam gelembung, yang dapat mengikis isolasi dan menyebabkan kegagalan elektrik.



Gambar 2.4 Susunan Isolasi *Paper-Insulated Oil-Filled Cables*



Gambar 2.5 Kontruksi Kabel Jenis Isolasi minyak

Sumber : Buku PLN SKDR 520 Pedoman Pemeliharaan SKLT

c. Tabir (*screen*)

Tabir (*screen*) konduktif adalah lapisan yang terpasang antara lapisan semi konduktif dengan selubung dalam, bila kabel tidak dilengkapi dengan perisai (*armour*) maka lapisan ini dipasang antara lapisan tabir semi konduktif dan sarung kabel. Tabir (*screen*) ini dibuat dari bahan penghantar seperti tembaga. Bentuk-bentuk pemasangan tabir (*screen*) pada kabel sebagai berikut :

- a. Pita yang dililitkan sepanjang kabel.
- b. Pita yang dipasang memanjang dan ditutup dengan cara mekanis.
- c. Pembalut berbentuk anyaman dipasang pada kabel.

d. *Screen* konduktif

Tabir (*screen*) konduktif adalah lapisan netral di luar isolasi untuk kabel tegangan menengah dan kabel tegangan tinggi. Lapisan ini dihubungkan dengan ground. Fungsi dari tabir (*screen*) konduktif diantaranya :

- ◆ Untuk mendapatkan distribusi medan yang radial.
- ◆ Menjamin pentanahan sepanjang rangkaian bagian luar kabel untuk mengamankan manusia terhadap bahaya tegangan sentuh listrik.
- ◆ Mengalirkan arus kapasitif yang timbul dalam isolasi karena adanya tegangan fasa ke tanah.
- ◆ Mengalirkan arus gangguan hubung singkat ke tanah sampai pentanahan yang paling dekat.

e. Selubung (*sheath*)

Bahan selubung (*sheath*) dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu Selubung logam, misalnya timbel dan alumunium, selubung karet, misalnya karet silikon (*silicone rubber*) dan *polychloroprene* , dan selubung plastic seperti PVC. Fungsi selubung (*sheath*), sebagai berikut :

- ◆ Melindungi inti kabel dari pengaruh luar.
- ◆ Melindungi kabel terhadap korosi.

- ◆ Menahan gaya mekanis.
- ◆ Melindungi / mengamankan kabel terhadap gaya listrik dari luar.
- ◆ Mencegah masuknya uap air / cairan ke dalam kabel secara vertikal.

f. Bantalan (*bedding*)

Bantalan berfungsi sebagai kedudukan perisai (*armour*) dan mencegah proses elektrolisa, sehingga tidak merusak bagian dalamnya. Bantalan diletakkan dibawah perisai (*armour*). *Bedding* Tidak bereaksi dengan selubung dan perisai namun tetap melekat dengan sempurna pada selubung dan perisai sehingga tidak mudah berubah dengan adanya perubahan temperatur dan tidak mudah sobek bila terkena getaran.

g. Perisai (*armour*)

Perisai (*armour*) berfungsi untuk melindungi bahan isolasi dari kerusakan mekanis, karena bahan isolasi mempunyai sifat mekanis yang kurang sempurna. Perisai dapat di golongkan menjadi 3 jenis yaitu

- a. Pita baja (*steel tape armour*).
- b. Perisai kawat baja (*steel wire armour*).
- c. Perisai alumunium (*alumunium armour*).

h. Jaket Kabel (*serving*)

Jaket kabel ini dipasang diatas perisai (*armour*) yang berfungsi sebagai bantalan bagi perisai, dan juga sebagai komponen yang berhubungan langsung dengan tanah. Pada kabel kertas, jaket kabel menggunakan bahan dari jute (serat goni), dan pada kabel XLPE jaketnya terbuat dari PVC.

2.3 Rugi-Rugi Saluran

Rugi-rugi daya adalah daya yang hilang (*losses*) dalam penyaluran energi listrik dari sumber energi listrik utama ke suatu beban lain. Dalam penyaluran daya listrik ke beban pasti terdapat rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh faktor-faktor tertentu seperti jarak saluran listrik ke beban yang terlalu jauh, yang juga akan

berakibat bertambah besarnya tahanan saluran kabel yang digunakan. Pada saluran transmisi rugi-rugi daya dipengaruhi tahanan kabel, bahan dielektrik, tahanan pelindung kabel dan arus pemuatan. Pada kabel bawah laut rugi-rugi daya diakibatkan oleh arus beban dan non arus beban dan dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{loss} = P_I + P_{nl} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

P_I = rugi arus beban (W)

P_{nl} = rugi non arus beban (W)

P_{loss} = rugi total (W)

2.3.1 Rugi-Rugi Konduktor, Selubung (*Sheath*), dan Perisai (*Armour*)

a. Tahanan Arus Searah Konduktor

Tahanan arus searah (R_{dc}) pada konduktor dapat dirumuskan :

$$R_{dc} = \frac{\rho l}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

R_{dc} = Tahanan searah (Ω/m)

ρ = resistivitas konduktor (Ω/m)

l = panjang konduktor (m)

A = luas penampang (mm)

Satuan yang digunakan harus satuan tetap. Dalam prakteknya, beberapa satuan yang pakai berbeda dengan unit yang digunakan dalam perhitungan. Misalnya, dalam satuan internasional, l adalah dalam meter, A adalah dalam meter persegi, dan ρ adalah dalam ohm per meter. Sedangkan dalam sistem tenaga di Amerika Serikat, satuan ρ adalah Ω -cmil/ft dan A adalah di mil melingkar (cmil). Resistivitas ρ adalah 10.66Ω -cmil/ft, atau $1.77 \times 10^{-8} \Omega$ -m, pada 20°C untuk konduktor jenis tembaga yang ditarik kencang dan 10.37Ω cmil/ft pada 20°C untuk tembaga yang di Tarik standar. Sedangkan untuk koonduktor jenis alumunium yang di Tarik kencang mempunyai resitivitas (ρ) sebesar 17.00Ω -cmil/ft atau 2.83×10^{-8}

$^8\Omega\text{-m}$ pada suhu 20°C . Tahanan arus searah pada konduktor dalam hal suhu dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T_0+t_2}{T_0+t_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

R_1 adalah resistansi konduktor pada suhu t_1

R_2 adalah resistansi konduktor pada suhu t_2

t_1, t_2 adalah suhu konduktor dalam derajat Celcius

T_0 = konstan bervariasi dengan jenis bahan konduktor

= 234,5 untuk konduktor jenis tembaga

= 241 untuk tembaga yang ditarik keras

= 228 untuk aluminium ditarik keras

Suhu konduktor maksimum diberikan oleh Insulated Power Cable Engineers Association (IPCEA) untuk cross-linked PE-insulated cables sebagai berikut:

Dalam operasi normal :

PE-insulated cables: 75°C

Cross-linked PE-insulated cables: 90°C

Dalam operasi darurat :

PE-insulated cables: 90°C

Cross-linked PE-insulated cables: 130°

Tahanan arus searah pada kabel jenis *single core*

$$R_{dc0} = \frac{\rho_0}{a} (1 + Z) \dots\dots\dots(2.4)$$

Tahanan arus searah pada kabel jenis *three core*

$$R_{dc1} = R_{dc0} [1 + \alpha (\theta_1 - \theta_0)] \dots\dots\dots(2.5)$$

b. Efek Mengulit (*Skin effect*)

Efek kulit adalah kecenderungan elektron untuk tidak mengalir pada bagian tengah penampang melintang dari batang konduktor, jadi elektron akan cenderung lewat bagian tepi-tepinya dekat permukaan konduktor. Ini akan membatasi luas

area penampang melintang dari konduktor secara efektif. Percuma batang-batang konduktor dibuat tebal-tebal (diameter lebar) tapi elektron hanya lewat pada bagian pinggir saja. Dengan kata lain efek kulit ini akan menyebabkan resistansi dari konduktor meningkat (gambar 3)



Gambar 2.6 Konduktor yang sama digunakan untuk mengalirkan arus DC, AC frekuensi rendah, dan AC frekuensi tinggi

Saat dilewati arus DC, semua bagian kawat dilewati oleh elektron. Tetapi saat dilewati arus AC, elektron cenderung melewati bagian pinggir dari konduktor. Semakin tinggi frekuensinya, elektron semakin “enggan” untuk melewati bagian tengah dari konduktor. Resistansi listrik dari konduktor pada semua bagian penampang melintang disebut resistansi DC, sedangkan resistansi AC adalah resistansi yang meningkat akibat dari efek kulit. Seperti yang anda dapat lihat, pada frekuensi tinggi arus AC akan menghindari melewati bagian tengah penampang melintang dari konduktor. Batang konduktor yang secara fisik terlihat berbentuk solid, maka seakan-akan batang tersebut seperti berlubang apabila digunakan untuk listrik AC.

Pada beberapa penerapan di radio (umumnya pada bagian antenna) efek ini akan dipelajari. Karena frekuensi radio (RF) yang merupakan arus bolak balik

(AC), maka elektron akan enggan untuk melewati bagian tengah konduktor. Oleh karena itu, pada penggunaan pemancar-pemancar antenna RF berdaya besar, batang-batang konduktornya sengaja dibuat berlubang dibagian tengahnya, tidak dibuat solid. Batang konduktor yang berongga ini akan menjadi lebih ringan dan biaya pembuatannya juga lebih murah.

$$y_s = \frac{X_s^4}{192 + X_s^4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana

$$X_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-7} \cdot k_s}{R_{dct}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

$X_s^2 = \text{skin effect}$

f = Frekuensi (Hz)

K_s = Faktor determined dari kontruksi konduktor

1 untuk isolasi padat dan 0.8 jika untuk isolasi kertas di impregasi dengan minyak

R_{dct} = Resistansi DC pada temperatur t

c. Efek pendekatan (*proximity effect*)

Efek pendekatan(*proximity effect*) akan meningkatkan tahanan efektif dan berhubungan dengan dua konduktor yang berdekatan sehingga akan menimbulkan medan magnet. Jika masing-masing konduktor membawa arus dalam arah yang sama, bagian dari konduktor yang berdekatan akan dipotong oleh fluks magnetik lebih banyak daripada bagian terjauh. Akibatnya distribusi arus tidak merata di seluruh penampang, proporsi yang lebih besar terjadi pada bagian yang terjauh. Jika arus yang berlawanan arah, bagian yang berdekatan akan membawa kepadatan arus yang lebih besar. Sehingga efek pendekatan (*proximity effect*) pada kabel jenis *three core* dan *single core* dapat dirumuskan sebagai berikut:

Three core

$$Y_p = \frac{Xp^4}{192+0,8Xp^4} \left(\frac{dc}{S}\right)^2 [0,312 \frac{dc}{S}]^2 + \frac{1.18}{\frac{Xp^4}{192+0,8 Xp^4}+0,27} \dots\dots\dots(2.8)$$

Single core

$$Xp^2 = \left(\frac{8 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-7} \cdot kp}{R_{dc_t}}\right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Y = Efek pendekatan

f = frekuensi (Hz)

k_p = Faktor determined dari kontruksi konduktor

1 untuk isolasi padat dan 0.8 jika untuk isolasi kertas di impregasi dengan minyak

d_c = Diamater dari konduktor (mm)

R_{dc_t} = Resistansi DC pada temperatur t

S = Jarak antar pusat konduktor (mm)

Untuk kabel formasi flat , $S = [S_1 * S_2]^{0,5}$, dimana S₁, S₂ adalah jarak antar konduktor.

d. Tahanan arus bolak- balik (*AC resistance*)

Jika membawa arus bolak-balik (AC) yang tinggi, distribusi dari arus tidak menyebar secara merata di sepanjang bagian saluran konduktor. Arus pada saluran cenderung bergerak secara bebas sehingga menyebabkan efek kulit (*skin effect*) dan efek pendekatan (*proximity effect*) .

$$R_{ac} = R_{dc} (1 + Y_s + Y_p) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

R_{ac} = Tahanan bolak-balik (Ω)

R_{dc} = Tahanan searah (Ω)

Y_s = *Skin Effect*

Y_p = Efek Pendekatan

e. Rugi-rugi Selubung (*Sheath*) dan Perisai (*Armour*)

Rugi panas pada selubung (*sheath losses*) merupakan kerugian yang diakibatkan oleh adanya arus akibat induksi pada selubung logam. Persamaan dasar untuk menghitung kerugian akibat sheath saat ini sedang dikembangkan oleh sejumlah penulis. Dalam beberapa kasus, efek dari *eddy curenents* dimasukkan dalam persamaan yang sedang dikembangkan, penulis lain juga menyimpulkan bahwa efek dari eddy curenents tidak signifikan dibandingkan dengan kerugian yang beredar saat ini, dan karenanya dapat diabaikan. Pada persamaan disajikan dalam IEC yang di publikasikan pada tahun 1982 dan diper oleh Noher-McGrath (1957), kerugian arus *eddy* dapat diabaikan kecuali untuk kasus kabel dengan konduktor segmental yang sangat besar. Semua persamaan untuk mencari kerugian selubung diberikan dalam bagian ini mengasumsikan bahwa fase dalam keadaan seimbang (*ballance*). Persamaan ini juga memerlukan data tentang suhu pada selubung, sehingga rugi-rugi akibat sheath tidak dapat di hitung sebelum suhu pada kabel di ketahui dan diperlukan proses yang berulang-ulang. Untuk perhitungan pertama, suhu sheats harus diestimasi, hal ini dapat di perkirakan setelah menghitung rating arus. Rugi-Rugi Panas pada Perisai Rugi-rugi perisai (*armouring losses*) timbul karena adanya arus sirkulasi pada bagian perisai yang diakibatkan oleh induksi dari aliran arus pada penghantar.

Seperti dibahas di atas, daya yang hilang dalam *sheath* atau tabir (λ_1) terdiri dari kerugian yang disebabkan oleh sirkulasi arus (λ'_1) dan arus eddy (λ''_1). Jadi

$$\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1 \dots\dots\dots(2.11)$$

Faktor rugi armour(perisai) mempengaruhi susunan dua komponen: karena sirkulasi arus (λ'_2) dan armour magnetik, hal ini menyebabkan rugi-rugi histerisis (λ''_2). Jadi

$$\lambda_2 = \lambda'_2 + \lambda''_2 \dots\dots\dots(2.12)$$

Seperti yang disebutkan diatas, untuk kabel single core dengan ikatan di kedua ujungnya, rugi rugi daya hanya menyebabkan perputaran arus. Di bagian kelistrikannya mendefinisikan bagian dari penerus antara poin-poin pada

selubung(*sheath*) atau tabir dari semua kabel yang terikat kuat. Rugi-rugi karena sirkulasi arus lebih besar daripada rugi-rugi karena arus eddy(*eddy current*) dan mempunyai pengaruh yang besar dalam perhitungan. Tentu tidak akan terjadi sirkulasi arus ketika selubung diberi isolasi atau ikatan pada titik tertentu saja. Rumus untuk rugi-rugi karena sirkulasi arus pada selubung(*sheath*) dan perisai (*armour*) diberikan dengan rumus di bawah ini.

Dengan mempertimbangkan sikuit kabel tiga fasa . Aliran arus kompleks pada konduktor, selubung(*sheath*), dan perisai (*armour*) dinotasikan masing-masing sebagai I_c , I_s , dan I_a . Faktor-faktor kerugian dari selubung (*sheath*) dan perisai (*armour*), dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda_1 = \frac{|I_s|^2 R_s}{|I_c|^2 R} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\lambda'_2 = \frac{|I_a|^2 R_a}{|I_c|^2 R} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

λ_1 = Daya yang hilang dalam sheath

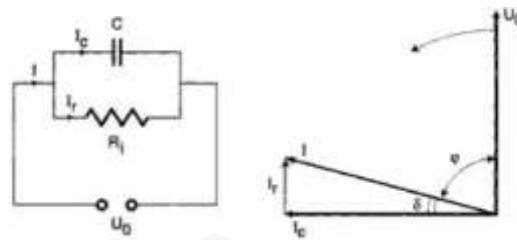
λ'_2 = Arus sirkulasi

I_c, I_s, I_a = Arus kompleks, Arus *sheath*, Arus *armour*

2.3.2 Rugi-Rugi Dielektrik dan Arus Pemuat

a. Rugi-Rugi Dielektrik

Sifat listrik yang baik dari PE tidak berubah selama proses crosslinking, oleh karena itu XLPE seperti PE mempunyai sangat kecil dan hanya ketergantungan suhu loss faktor ($\tan d$) dan konstanta dielektrik ($\bar{\epsilon}$). Oleh karena itu hasil dari rugi dielektrik dari kabel XLPE adalah kecil dibandingkan dengan PVC dan kabel isi minyak. Kabel XLPE khususnya sesuai untuk rute kabel yang panjang dengan tegangan tinggi yang dalam hal rugi –rugi adalah sangat penting.



Gambar 2.7 Representasi dari isolasi kabel (sumber : Buku Rating Of Power Cables , George J.Anders)

Dimana c adalah kapasitansi dari isolasi dan $w=2 \pi f$ dimana f merupakan frekuensi sistem dan $j=\sqrt{-1}$. Untuk menghitung C , kita mengamati efek dari komponen dielektrik yang di gambarkan dengan konsep *permitivitas relative*, dilambangkan dengan ϵ dan dirumuskan sebagai berikut

$$\epsilon = \frac{C}{C_0} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana C_0 adalah kapasitansi dari ukuran yang sama dan konstruksi kapasitor dengan ruang hampa (vacum) dari komponen dielektrik. Kualitas dari ϵ sering disebut sebagai nilai static atau low –frequency dari permitivitas atau konstanta dielektrik. Dimana

$$C = \epsilon \cdot C_0 = \frac{\epsilon}{18 \ln \left(\frac{D_1}{d_c} \right)} \cdot 10^{-9} \dots\dots\dots(2.16)$$

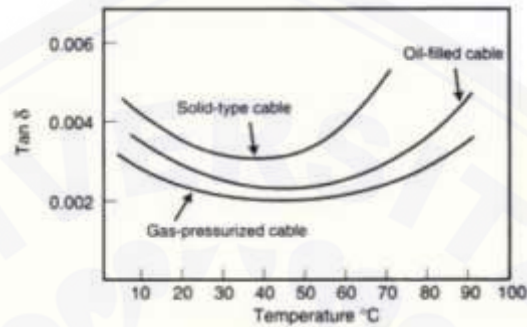
Dimana D_1 adalah diameter external dari isolasi tidak termasuk screen dan d_c merupakan diameter dari konduktor termasuk screen. Rumus yang sama dapat di gunakan untuk konduktor berbentuk oval jika geometrik utama dari diameter utama dan diameter kecil yang tepat diganti untuk D_1 dan d_c .

Dari beberapa pengukuran dari bahan dielektrik , faktor disipasi di lambangkan dengan $\tan \delta$ dan sering disebut sebagai faktor losses dari isolasi pada frekuensi tinggi.

$$\tan \delta = \frac{I_r}{I_c} = \frac{U_0}{R_i C_w U_0} = \frac{1}{R_i C_w} \dots\dots\dots(2.17)$$

dari persamaan di atas dapat di ketahui bahwa, semakin kecil nilai dari $\tan \delta$, maka kondisi material isolasi semakin bagus. Untuk satu set dari medan listrik dan frekuensi sistem, faktor kehilangan akan mengalami perubahan dengan suhu.

Hubungan ini ditunjukkan pada gambar 2.1. Dalam praktek, ϵ dan $\tan\delta$ yang diasumsikan konstan dalam perhitungan kabel. Nilai-nilai diberikan pada tabel 2.1 Kerugian dielektrik per satuan panjang di setiap tahap kemudian diperoleh dari persamaan. Kerugian dielektrik per satuan panjang di setiap diperoleh dari persamaan



Gambar 2.8 Variasi $\tan \delta$ terhadap suhu (sumber : Buku Rating Of Power Cables , George J.Anders)

Tabel 2.1 Nilai ε dan tan δ dari isolasi kabel

Tipe kabel	ε	tan δ
<i>Cable insulated with impregnated paper</i>	4	0.01
<i>Solid type, fully impregnated, preimpregnated or mass-impregnated nondraining</i>		
<i>Fluid-filles low pressure</i>		
<i>up to U₀ = 36 kV</i>	3.6	0.0035
<i>up to U₀ = 87 kV</i>	3.6	0.0033
<i>up to U₀ = 160 kV</i>	3.5	0.003
<i>up to U₀ = 220 kV</i>	3.5	0.0028
<i>Fluid-pressure, pipe-type</i>	3.7	0.0045
<i>Internal gas-presure</i>	3.4	0.0045
<i>External gas-presure</i>	3.6	0.004
<i>Cable with other kinds of insulation</i>		
<i>Butly rubber</i>	4	0.05
<i>EPR-up to 18/30 kV</i>	3	0.02
<i>EPR-above 18/30 kV</i>	3	0.005
<i>PVC</i>	8	0.1
<i>PE (HD and LD)</i>	2.3	0.001
<i>XLPE</i>	3	0.005
<i>Paper-polypropylene-paper (PPL)</i>	2.8	0.001

$$P_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot V_n^2 \cdot \tan \delta \dots\dots\dots(2.18)$$

$$C = \frac{\epsilon}{18 \cdot \ln(\frac{D_i}{D_x})} \times 10^{-9} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

Konstanta Relatif Dielektrik (ε)

Diameter Isolasi Tanpa Screen (Di)

Diameter Konduktor Dengan Screen (Dcx)

Power Faktor (tan δ) = 2 x 10⁻⁴

2.4 Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Kemampuan Hantar Arus merupakan suatu penghantar yang dibatasi dan ditentukan berdasarkan batasan-batasan dari aspek lingkungan, teknis material serta batasan pada konstruksi penghantar tersebut yaitu :

- a. Temperatur lingkungan
- b. Jenis penghantar
- c. Temperatur lingkungan awal
- d. Temperatur penghantar akhir
- e. Batas kemampuan termis isolasi
- f. Faktor tiupan angin
- g. Faktor disipasi panas media lingkungan

Apabila terjadi penyimpangan pada ketentuan batasan tersebut diatas maka kemampuan hantar arus(KHA) penghantar harus dikoreksi, (SPLN 70-4 : 1992) . Kapasitas hantar arus pada kabel menentukan besarnya arus listrik yang diperbolehkan untuk mengalir sehingga suhu maksimal pada konduktor tidak melebihi batas suhu yang telah ditentukan.

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - Wd(0,5 T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4))}{R_{ac1} T_1 + n R_{ac1} (1 + \lambda_1) T_2 + n R_{ac1} (1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + T_4)} \right]^{0.5} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana

T1 = Resistansi panas di isolasi (°C. m/W)

T2 = Resistansi panas antara *sheath* dan *armour* (°C. m/W)

T3 = Resistansi panas selubung luar (°C. m/W)

T4 = Resistansi panas di luar kabel (°C. m/W)

$\Delta\theta$ = Selisih antara suhu saat operasi maksimum dengan suhu operasi ruang standart

Rac = Resistansi AC ()

λ_1 = Rugi-rugi *sheath*

λ_2 = Rugi-rugi *armour*

2.5 Jatuh Tegangan (*Voltage Drop*)

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan atau jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti. (PT PLN (Persero) Edisi 1 Tahun 2010). Besarnya induktansi dan Reaktansi induktif pada saluran di rumuskan sebagai berikut :

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan :

D = Jarak antar konduktor (mm)

r = Jari-jari konduktor (mm)

f = Frekuensi (Hz)

Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*scnding end*) dan tegangan pada ujung penerimaan (*recciving end*) tenaga listrik. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan (*voltage regulation*), dan dinyatakan oleh rumus:

$$V_{\text{drop}} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

V_s = Tegangan pada pangkal pengiriman (V)

V_r = Tegangan pada ujung penerimaan (V)

Untuk jarak dekat regulasi tegangan tidak berarti (hanya beberapa % saja), tetapi untuk jarak sedang dan jauh dapat mencapai 5-15%. Bila beban pada saluran EHV tidak berat, sistem tenaga dioperasikan pada regulasi yang konstan, karena pengaruh arus pemuat (charging current) besar. Untuk memungkinkan regulasi yang kecil, saluran transmisi dioperasikan pada tegangan yang konstan pada ujung penerimaan dan pangkal pengiriman tanpa dipengaruhi oleh beban. Bila tegangan pada titik penerimaan turun karena naiknya beban, maka dipakai pengatur tegangan dengan beban (on-load voltage-regulator), guna memungkinkan tegangan sekunder yang konstan, meskipun tegangan primernya berubah. (Dr. Artono Arismunandar, M.A.Sc).

2.6 Efisiensi Saluran

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{output} + \text{losses}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\eta = \frac{V_r I \cos\theta_R}{V_r I \cos\theta_R + I^2 R} \times 100\% \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\eta = \frac{P_r}{P_r + P_{\text{loss}}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan :

η = Efisiensi (%)

$V_r I \cos\theta_R$ = tenaga yang tersalurkan pada sisi terima (Watt)

P_{loss} = rugi-rugi daya (Watt)

I = Arus (A)

R = Tahanan (Ω)

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa makin kecil kerugian daya yang terjadi pada saluran, makin tinggi efisiensinya. Sebaliknya makin besar

kerugian daya pada saluran makin berkurang nilai efisiensinya. Untuk memperkecil kerugian-kerugian daya pada saluran tersebut perlu diperhatikan hal-hal seperti berikut. (Daman Suswanto : Sistem Distribusi Tenaga Listrik).

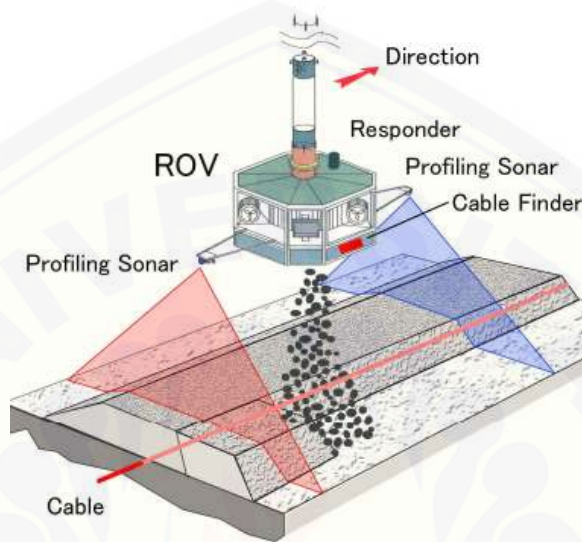
- a. Dipilih penampang kawat yang cukup besar dan mempunyai nilai konduktivitas yang cukup besar untuk memperkecil kerugiankerugian tahanan pada kawat.
- b. Dipilih konduktor yang bermutu baik dan penampangnya yang cukup besar, untuk memperkecil kerugian teras yang berupa kerugian arus pusar (*Eddy Current*) dan kerugian *hysteresis*.
- c. Dan perlu diperhatikan pula isolasi yang mempunyai daya tahan (*non conducting*) yang tinggi untuk menghindarkan terjadinya fluks bocor.

2.7 Metode *Rock-Dumping*

Kabel bawah laut umumnya diletakkan di dasar laut menggunakan kabel ROV untuk melindungi kerusakan eksternal. Namun proteksi tersebut masih rawan terjadinya gangguan seperti kerusakan yang disebabkan oleh jangkar dan alat tangkap ikan pada kapal. Akhir-akhir ini metode *rock dumping* telah dikembangkan sebagai salah satu sistem proteksi kabel bawah laut untuk melindungi kabel dari kerusakan eksternal yang sering terjadi. *Rock dumping* merupakan metode yang efektif untuk perlindungan kabel. Metode *rock dumping* dibangun tanggul batu di sepanjang kabel dengan dimensi yang memadai untuk perlindungan melalui pipa yang diturunkan di dasar laut.

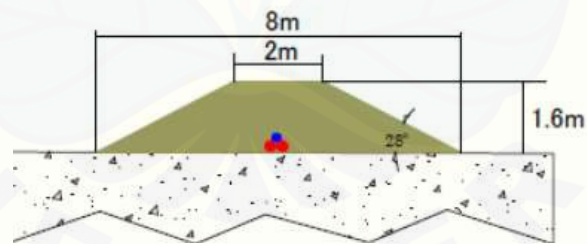
Metode *rock dumping* memungkinkan kabel terpasang terlindungi secara aman, stabil, dan tahan karena terdapat tumpukan batu karang yang saling mengikat di atasnya. Perlindungan metode *rock dumping* terhadap kabel bawah laut dibedakan sesuai letak dan posisi kabel, mulai di darat, laut dangkal, dan laut dalam. Pada posisi darat, kabel ditanam sedalam 1,5 meter dan di atasnya diberi *concrete slab*. Sementara di posisi laut sampai kedalaman air 6 meter, kabel ditanam 1 meter dan diurug dengan karang (*rock berm*) dan di posisi laut sampai kedalaman air 20 – 50 meter, kabel digelar (tanpa ditanam) dan diurug batu karang yang membentuk trapesium dengan permukaan atas selebar 1 meter, permukaan bawah mencapai 8

meter, serta ketinggian trapesiumnya mencapai 1.6 meter. Sedangkan di posisi laut sampai kedalaman air lebih dari 50 meter, kabel digelar (tanpa ditanam) dan diurug rock berm dengan bentuk segitiga sama kaki (trapesium runcing), lebar permukaan mencapai 5 meter dan ketinggian segitiganya mencapai 1 meter.



Gambar 2.9 Pembangunan Metode *Rock Dumping*

(Sumber : paper Seki, M ., New Fall Pipe Rock Dumping System For Protection of Submarine Cables, SEKI KAIJI Industry, Japan)



Gambar 2.10 Penanaman Kabel Di Bawah Batu Karang

(Sumber : Paper Seki, M ., New Fall Pipe Rock Dumping System For Protection of Submarine Cables, SEKI KAIJI Industry, Japan)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk pengambilan data dilakukan di PT. PLN (persero) Penyaluran dan Pengaturan Pusat Beban Jawa-Bali, APP Probolinggo Gardu Induk Banyuwangi dan APP Probolinggo Basecamp Probolinggo

3.2 Prosedur Penelitian

Untuk merealisasikan tugas akhir ini maka diperlukan langkah-langkah penelitian antara lain:

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan yaitu dengan mengambil dari beberapa buku, judul jurnal, *paper* maupun skripsi-skripsi yang telah ada sebelumnya, dijadikan acuan maupun referensi penelitian untuk dikembangkan lebih lanjut

2. Pengambilan dan Pengumpulan Data antara lain:

- a. Karakteristik kabel bawah laut sirkui 1-4 yang diperoleh di PT. PLN (persero) APP Probolinggo Gardu Induk Banyuwangi dan PT. PLN (persero) APP Probolinggo Basecamp Probolinggo.
- b. Data panjang kabel bawah laut sirkuit 1 -4
- c. Data gangguan dan anomali saluran SKLT
- d. Data spesifikasi SKLT
- e. Data transfer beban harian SKLT

3. Peninjauan Langsung

Peninjauan langsung dilakukan penulis dengan instansi yang bersangkutan untuk memperoleh data dan informasi yang lebih akurat. Pada penelitian ini peninjauan langsung dilakukan di gardu induk bagian *cable head* di sisi Ketapang untuk memperoleh informasi tambahan mengenai data-data yang diperlukan pada SKLT interkoneksi Jawa-Bali Ketapang – Gilimanuk.

4. Analisa Data

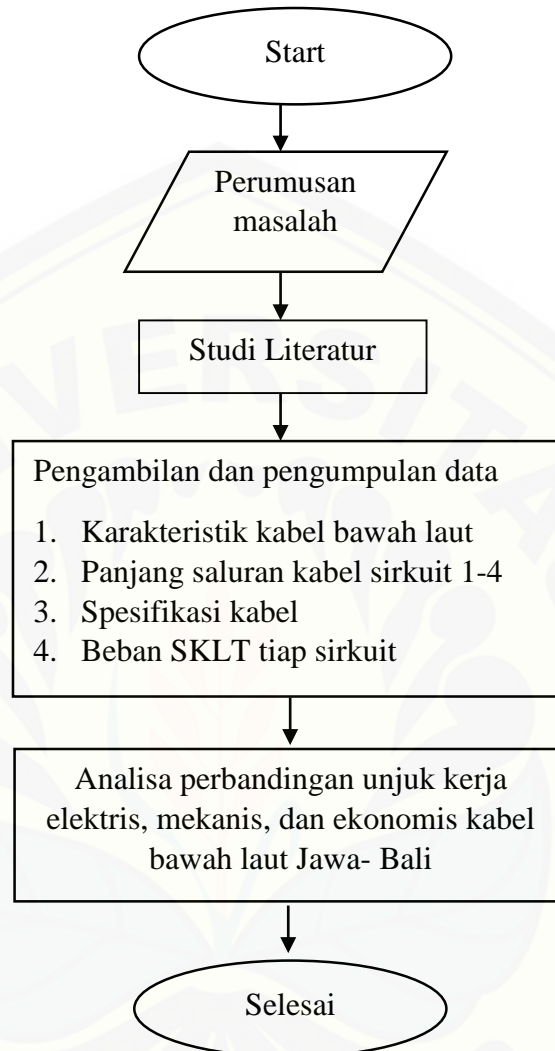
Data-data yang terkumpul tersebut selanjutnya diolah melalui perhitungan dan analisis sehingga diperoleh hasil untuk parameter-parameter yang akan dibandingkan. Dalam penelitian sebelumnya hanya analisa elektris kabel yang meliputi efisiensi saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali sirkuit 3 dan 4. Dalam penelitian ini

- a. Menghitung perhitungan kinerja elektris kabel pada sirkuit 1-2 yang menggunakan jenis isolasi minyak dan sirkuit 3-4 yang menggunakan jenis isolasi berupa XLPE dimana analisa meliputi perhitungan rugi-rugi saluran, KHA, drop tegangan dan efisiensi saluran menggunakan program GUI pada *matlab*.
- b. Analisa dari segi mekanis kabel yang meliputi pemeliharaan saluran dan jenis gangguan / anomali pada kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali.
- c. Analisa dari segi ekonomis kabel, dimana dalam analisa ekonomis kabel membahas mengenai harga kabel yang terpasang pada SKLT interkoneksi Jawa-Bali dan juga harga minyak kabel.
- d. Membandingkan unjuk kerja antara kabel dari segi elektris, mekanis dan ekonomis.

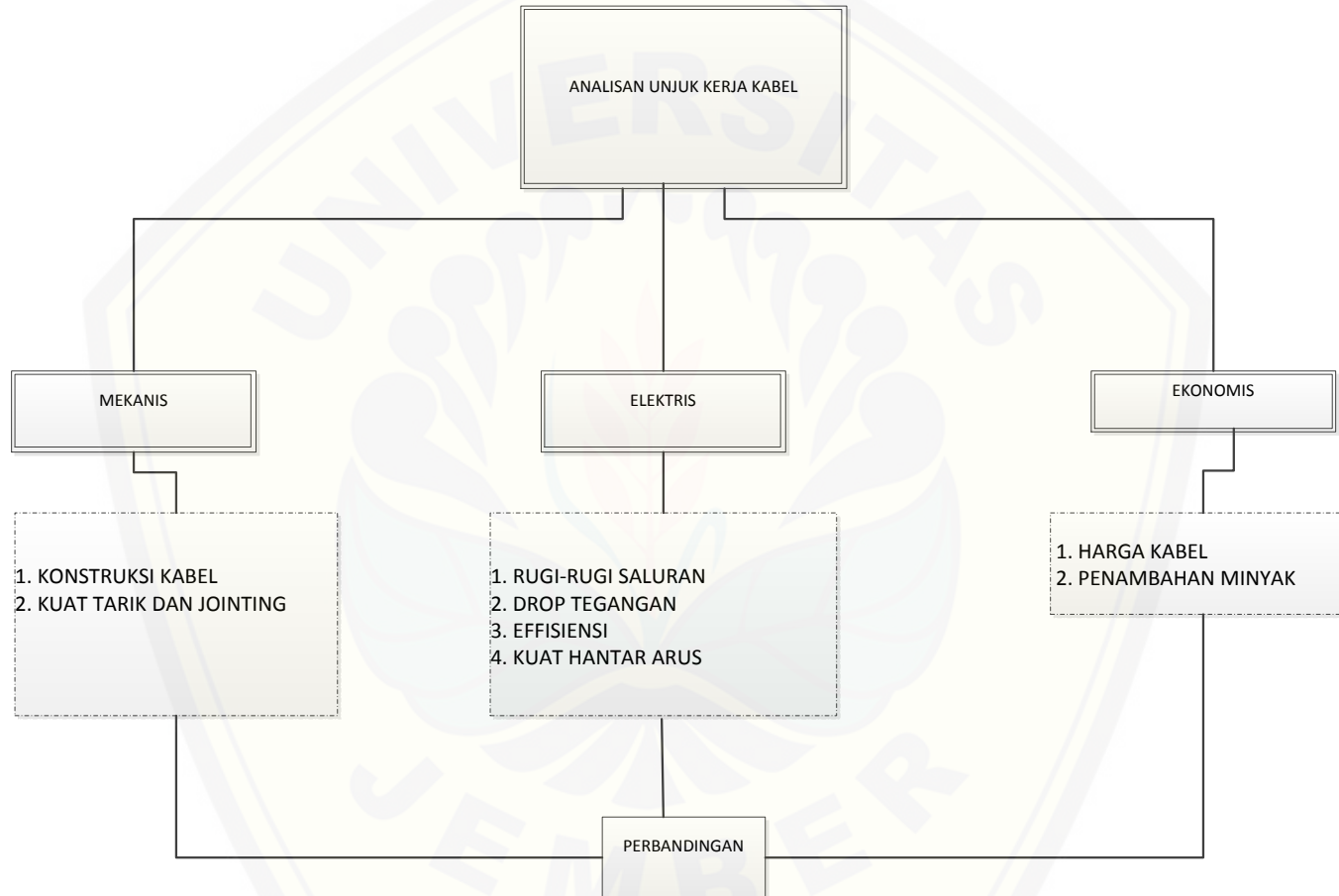
5. Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan serta analisis. Dan juga pemberian saran yang dimaksud untuk pertimbangan atas pengembangan selanjutnya. Pengambilan kesimpulan dan saran dilakukan setelah menganalisa perhitungan data yang telah didapat

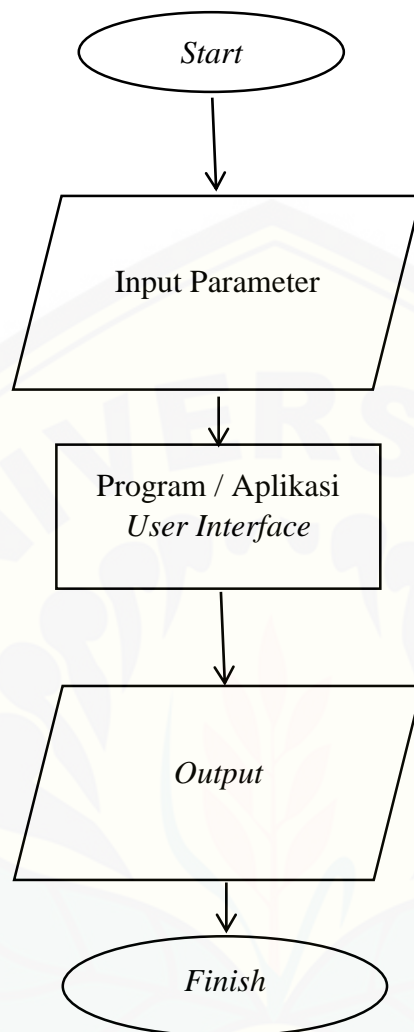
3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Diagram Alir Analisa Perbandingan



3.5 Flowchart Program pada GUI



3.6 Analisa Elektris

3.6.1 Rugi-Rugi Konduktor, Selubung (*Sheath*), dan Perisai (*Armour*)

Pada saluran transmisi, rugi-rugi saluran dipengaruhi oleh tahanan pada saluran, tahanan pelindungnya, bahan dielektrik kabel dan adanya arus pemuatan. Kerugian pada saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) secara garis besar disebabkan oleh arus beban dan non arus beban, dapat di rumuskan seperti pada persamaan 2.1. Rugi-rugi non arus beban diperoleh dari perhitungan komponen dielektrik yang meliputi kemampuan dielektrik kabel yaitu jenis isolasi XLPE yang terdapat pada sirkuit 3 dan 4 serta jenis isolasi minyak pada sirkuit 1 dan 2. Dari hasil rugi-rugi tergantung arus beban dan non arus beban keduanya di kalikan dengan panjang kabel pada sirkuit 1-2 dan sirkuit 3-4 kemudian di bandingkan sehingga dapat diketahui pengaruh jenis isolasi dan panjang saluran pada tiap saluran SKLT.

a. Tahanan Arus Searah (R_{dc})

Tahanan arus searah (R_{dc}) pada konduktor merupakan perbandingan antara resistivitas konduktor dan panjang konduktor terhadap luas penampang konduktor seperti pada persamaan 2.2. Nilai resistivitas (ρ) adalah $10.66 \Omega\text{-cmil/ft}$, atau $1.77 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$, pada 20°C untuk konduktor jenis tembaga yang ditarik kencang dan $10.37 \Omega\text{cmil/ft}$ pada 20°C untuk tembaga yang ditarik standar. Sedangkan tahanan arus searah pada temperature maksimum dapat di rumuskan pada persamaan 2.3 Dimana T_0 merupakan konstanta jenis bahan konduktor dengan nilai 234,5 untuk konduktor jenis tembaga, 241 untuk tembaga yang ditarik keras dan 228 untuk aluminium ditarik keras. Pada SKLT Jawa-Bali menggunakan Jenis bahan konduktor berupa tembaga dengan nilai konstanta jenis bahan sebesar 234,5. Sehingga Tahanan arus searah pada kabel jenis *three core* pada SKLT Jawa-Bali dapat diperoleh menggunakan persamaan 2.5. Antara sirkuit 1&2 dengan sirkuit 3& 4 mempunyai karakteristik yang berbeda, dimana suhu konduktor awal (T_0) sebesar 20°C untuk kabel jenis isolasi minyak dan XLPE, sedangkan suhu konduktor maksimum (T_1) yaitu sebesar 85°C untuk jenis isolasi XLPE dan 75°C untuk jenis isolasi kertas diimpregnasi dengan minyak.

b. Efek kulit (*Skin effect*)

Efek kulit adalah kecenderungan elektron untuk tidak mengalir pada bagian tengah penampang melintang dari batang konduktor, jadi elektron akan cenderung lewat bagian tepi-tepinya dekat permukaan konduktor. Ini akan membatasi luas area penampang melintang dari konduktor secara efektif. Percuma batang-batang konduktor dibuat tebal-tebal (diameter lebar) tapi elektron hanya lewat pada bagian pinggir saja. Dengan kata lain efek kulit ini akan menyebabkan resistansi dari konduktor meningkat. Setelah menghitung nilai resistansi searah pada kondisi awal dan suhu maksimum seperti pada persamaan 2.4 dan persamaan 2.5 maka selanjutnya yaitu mencari nilai efek kulit (*skin effect*) seperti pada persamaan 2.7. Konstanta efek mengkulit bernilai 1 untuk isolasi padat dan 0.8 jika untuk isolasi kertas di impregasi dengan minyak. Sehingga pada SKLT Jawa-Bali sirkuit 1 dan 2 mempunyai konstanta efek mengkulit yaitu sebesar 0.8 dan sirkuit 3 dan 4 sebesar 1.

c. Efek pendekatan (*proximity effect*)

Efek pendekatan (*proximity effect*) akan meningkatkan tahanan efektif dan berhubungan dengan dua konduktor yang berdekatan sehingga akan menimbulkan medan magnet. Jika masing-masing konduktor membawa arus dalam arah yang sama, bagian dari konduktor yang berdekatan akan dipotong oleh fluks magnetik lebih banyak daripada bagian terjauh. Akibatnya distribusi arus tidak merata di seluruh penampang, proporsi yang lebih besar terjadi pada bagian yang terjauh. Jika arus yang berlawanan arah, bagian yang berdekatan akan membawa kepadatan arus yang lebih besar. Pada persamaan 2.8 dan 2.9 di gunakan untuk mencari nilai efek pendekatan dengan nilai konstanta efek pendekatan bernilai 1 untuk isolasi padat dan 0.8 jika untuk isolasi kertas di impregasi dengan minyak.

d. Tahanan AC

Jika membawa arus bolak-balik (AC) yang tinggi, distribusi dari arus tidak menyebar secara merata di sepanjang bagian saluran konduktor. Arus pada saluran cenderung bergerak secara bebas sehingga menyebabkan efek kulit (*skin effect*) dan

efek pendekatan (*proximity effect*) . Untuk mencari nilai Tahanan AC diperlukan nilai efek pendekatan dan efek kulit seperti pada persamaan 2.10.

e. Tahanan selubung (*sheath*) dan perisai (*armour*)

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya tahanan selubung (*armour*) pada saluran transmisi kabel laut tegangan tinggi (SKLT) yaitu di rumuskan seperti pada persamaan 2.12. Seperti pada persamaan 2.11 daya yang hilang dalam *sheath* atau tabir (λ_1) terdiri dari kerugian yang disebabkan oleh sirkulasi arus (λ'_1) dan arus eddy (λ''_1) .

3.6.2 Rugi-Rugi Dielektrik dan Arus Pemuat

a. Rugi –rugi dielektrik

Sifat listrik yang baik dari PE tidak berubah selama proses crosslinking, oleh karena itu XLPE seperti PE mempunyai sangat kecil dan hanya ketergantungan suhu loss faktor ($\tan d$) dan konstanta dielektrik (ϵ). Oleh karena itu hasil dari rugi dielektrik dari kabel XLPE adalah kecil dibandingkan dengan PVC dan kabel isi minyak. Kabel XLPE khususnya sesuai untuk rute kabel yang panjang dengan tegangan tinggi yang dalam hal rugi –rugi adalah sangat penting. Untuk mencari rugi-rugi yang tidak tergantung arus beban di gunakan persamaan 2.18 dan persamaan 2.19 dengan Power Faktor ($\tan \delta$) = 2×10^{-4} . Jenis isolasi pada SKLT Jawa-Bali sirkuit 1 dan 2 merupakan isolasi kertas di impregnasi dengan minyak sehingga mempunyai nilai ϵ sebesar 4 dan $\tan \delta$ sebesar 0.01, sedangkan pada sirkuit 3 dan 4 menggunakan jenis isolasi XLPE dengan nilai ϵ sebesar 2.8 dan $\tan \delta$ sebesar 0.001 seperti pada tabel 2.1.

b. Rugi-rugi arus pemuat

Rugi-rugi karena arus pemuat merupakan rugi yang diakibatkan oleh bahan dielektrik, sehingga arus yang

3.6.3 Kemampuan Hantar Arus

Kapasitas hantar arus pada kabel menentukan besarnya arus listrik yang diperbolehkan untuk mengalir sehingga suhu maksimal pada konduktor tidak melebihi batas suhu yang telah ditentukan. Kuat hantar arus di rumuskan seperti pada persamaan 2.20 .

3.6.4 Drop Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan atau jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan. Drop tegangan berpengaruh dari rugi-rugi saluran. Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*scnding end*) dan tegangan pada ujung penerimaan (*recciving end*). Dalam penelitian ini diasumsikan nilai tegangan sebesar 150 kV pada cable head di sisi ketapang. Drop tegangan di rumuskan seperti pada persamaan 2.23 .

3.6.5 Efisiensi saluran

Suatu saluran dikatakan memiliki unjuk kerja yang baik apabila memiliki efisiensi yang tinggi. Efisiensi saluran pada SKLT Jawa-Bali di pengaruhi oleh tegangan sisi terima pada landing point di Gilimanuk dan juga rugi-rugi saluran seperti pada persamaan 2.25 dan persamaan 2.26.

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kerugian daya yang terjadi pada saluran, makin tinggi efisiensinya. Sebaliknya makin besar kerugian daya pada saluran makin berkurang nilai efisiensinya. Dengan demikian semakin besar nilai efisiensi dari saluran maka unjuk kerja kabel akan semakin baik. Setelah ditemukan hasil nilai efisiensi saluran dengan menggunakan

persamaan 2.26, maka langkah selanjutnya di bandingkan dan dianalisa saluran mana yang mempunyai nilai efisiensi yang paling baik.

3.7 Analisa Mekanis

Dalam analisa mekanis kabel mengacu pada spesifikasi kabel yakni konstruksi kabel, kuat tarik kabel, dan jointing kabel SKLT. Sebuah saluran transmisi dikatakan memiliki unjuk kerja yang baik apabila lebih unggul jika ditinjau dari segi karakteristik kabel. Karena dalam analisis saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT), analisa mekanis sangatlah penting mengingat saluran berada di bawah/ dasar laut sehingga memungkinkan gangguan eksternal lebih tinggi daripada gangguan internalnya. Dalam menganalisis dari segi mekanis penulis berpedoman pada beberapa jurnal-jurnal, spesifikasi kabel dari pabrik, standar-standar internasional maupun nasional (IEC, IEEE, CIGRE, ANSI, SPLN, SNI, SKDR 520, dll), serta beberapa *handbook / manualbook*.

3.8 Analisa Ekonomis

Dalam menilai unjuk kerja suatu kabel tidak bisa didasarkan hanya pada analisa elektrik dan mekanis saja, tetapi diperlukan analisa ekonomis untuk menilai berapa biaya yang dikeluarkan dalam pemasangan saluran kabel. Pada saluran kabel laut tegangan tinggi (SKLT) interkoneksi Jawa-Bali, terdapat empat sirkuit dengan dua jenis kabel yang berbeda. Pada sirkuit 1-2 menggunakan jenis isolasi kertas diimpregnasi dengan minyak (minyak bertekanan), sedangkan pada sirkuit 3-4 menggunakan jenis isolasi berupa XLPE. Analisa ekonomis pada penelitian ini didasarkan pada harga kabel saat ini dan harga minyak kabel untuk keperluan pemeliharaan pada SKLT sirkuit 1-2. Pada penelitian ini, biaya hanya didasarkan pada harga kabel pada kedua jenis saluran dan biaya pemeliharaan penambahan minyak (sirkuit 1-2) selama masa beroperasi kabel.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang sudah dilakukan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jika ditinjau dari segi elektrik saluran, kabel tipe YMeKrVasdlwd yang terpasang pada sirkuit 3-4 lebih baik daripada sirkuit 1-2 karena mempunyai efisiensi sebesar 99.9541 % per kilometer dan kemampuan hantar arus (KHA) sebesar 655.43 Ampere.
2. Rugi-rugi daya total pada sirkuit 1-2 sebesar 66.1717 W/m dan sirkuit 3-4 sebesar 60.224256 W/m.
3. Jika ditinjau dari segi mekanis saluran, kabel tipe YMeKrVasdlwd yang terpasang pada sirkuit 3-4 lebih baik daripada sirkuit 1-2 karena memiliki konstruksi, kuat tarik, dan jointing yang lebih baik .
4. Jika ditinjau dari segi ekonomis saluran, kabel tipe C3H1B1EONJFJFJ yang terpasang pada sirkuit 1-2 lebih murah daripada saluran sirkuit 3-4 meskipun dengan penambahan minyak kabel. Harga kabel yang terpasang pada sirkuit 1-2 sebesar 410 juta rupiah sedangkan kabel yang terpasang pada sirkuit 3-4 sebesar 429 juta rupiah.
5. Rugi-rugi saluran dan *drop* tegangan berpengaruh terhadap efisiensi. Semakin kecil rugi-rugi saluran dan *drop* tegangan, maka semakin besar efisiensi saluran.
6. Jika ditinjau secara komprehensif maka kabe merek J-Power System yang diterapkan pada sirkuit 3-4 jauh lebih unggul daripada kabel merek Pirelli yang diterpkana di sirkuit 1-2

5.2 Saran

1. Untuk memperoleh pertimbangan yang lebih banyak, maka dalam analisa elektrik perlu dihitung dengan menggunakan tipe dan jenis kabel yang berbeda.
2. Untuk penelitian selanjutnya, perlu analisa dengan metode lain dalam menentukan umur kabel yang dipengaruhi oleh faktor beban.



DAFTAR PUSTAKA

- Joto, Ruwah., Analisis Efisiensi Penyaluran Kabel Laut 150 KV Gilimanuk 3 dan 4 yang Menghubungkan Interkoneksi Jawa-Bali dengan Metode Rock Dumping, Dosen Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Malang, 2014.
- Mukti ,Nurlita , Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Kable Tanah Single Core dengan Kabel Laut Three Core 150 KV Jawa-Madura, Skripsi S-1, Universitas Brawijaya, Malang 2015.
- Martin ,Jose , Effective Assesment of Electric Power Losses In Three-Core XLPE Cables, IEEE, November 2013
- Anis, Y., Studi Kemampuan Hantar Arus Kabel Laut 150 kv Jawa Madura, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- Arismunandar, A dan Kuwahara, S. 1993. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Hidayat, Syarif., Analisis Kekuatan Mekanis Dari Kabel Power Bawah Laut , Skripsi S-1, Institut Teknologi Bandung, Bandung, September 2014.
- Hutahuruk, TS. Transmisi Daya Listrik, Erlangga, Jakarta, 1985
- IEC Publication 287, Calculation of The Continuos Current Rating of Cable, Genewa, Swiss, 1982.
- CIGRE TB 398, WG B1.21. Third Party Damage to Underground and Submarine Cables. December 2009.
- AC Resistance, Skin & Proximity Effect. General Cable New Zealand Ltd.
- Anders, G. J., Rating of Electric Power Cables, IEEE PRESS, New York, 1997.
- Aslimeri,dkk. 2008. Teknik Tenaga Listrik Jilid 2. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Ervan. 12 Septembar 2012. Java Bali Submarine Cable 150 kV. <http://uipjbbvan.wordpress.com/2012/09/12/>.

- Jennifer, Snyder and Randorf, Neil. 2011. About Submarine Power Cables. International Cable Protection Committee.
- Mulyono, Marjono. Pekerjaan Penyambungan Flexibel Joint Kabel Laut 150 kV Jawa-Madura Sirkit 2. UPT Surabaya.
- Ngapuli. 2007. Kabel Daya Bawah Laut. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Palmgren, D., Karlstrand, J., & Henning, G. 2011. Armour Loss In Three-Core Submarine XLPE Cables. International Conference On Insulated Power Cables. France.PT. PLN (Persero) Unit Induk Pembangunan Jaringan Jawa Bali.
2011. Contract Dokument Java Bali Submarine Cables 150 kV Circuit 3&4 Project Book 3 of 4 (Replacement And Reinforcement). PT. PLN (Persero). Semarang.
- Gonen, T., Electrical Power Transmission System Engineering Analysis and Design, California State University ,2000.
- Mc Allister, D., Electric Cable Handbook, Granada Publishing, 1982.
- Seki, M ., New Fall Pipe Rock Dumping System For Protection of Submarine Cables, SEKI KAIJI Industry, Japan.

LAMPIRAN A

DATA PANJANG KABEL TERPASANG JAVA BALI SUBMARINE CABLES 150 KV CIRCUIT 3 & 4 (OPERASI TH 2014)

Deskripsi	Panjang (m)	Total panjang(m)	Keterangan
Sirkuit 3 Submarine cable	4.286	4.286	Dari LP Gilimanuk ke CHS Ketapang Jointing antar UGC termasuk optic di JB 2 s/d JB 7 sudah dilaksanakan
Span 1	332,5		Dari JB 1 ke JB 2, belum jointing dengan SMC di JB 1
Span 2	329,0		Dari JB 2 ke JB 3
Span 3	326,5	1.957,5	Dari JB 3 ke JB 4
Span 4	394,5		Dari JB 4 ke JB 5
Span 5	246,0		Dari JB 5 ke JB 6
Span 6	210,0		Dari JB 6 ke JB 7
Span 7	219,0		Dari JB 7 ke SE di GI gilimanuk sudah terminasi di SE GI Gilimanuk
Total Panjang sirkuit 3	6.243	6.243	
Sirkuit 4 Submarine cable	4.280	4.286	Dari LP Gilimanuk ke CHS Ketapang Jointing antar UGC termasuk optic di JB 2 s/d JB 7 sudah dilaksanakan
Span 1	333,0		Dari JB 1 ke JB 2, belum jointing dengan SMC di JB 1
Span 2	329,0		Dari JB 2 ke JB 3
Span 3	326,5	1.960	Dari JB 3 ke JB 4
Span 4	396,5		Dari JB 4 ke JB 5
Span 5	246,0		Dari JB 5 ke JB 6
Span 6	210,0		Dari JB 6 ke JB 7
Span 7	219,0		Dari JB 7 ke SE di GI gilimanuk sudah terminasi di SE GI Gilimanuk
Total Panjang sirkuit 4	6.243	6.243	

Keterangan:

- LP = Landing Point
- CHS = Cable Head Station
- SE = Sealing End
- JB = Joint Box

Sirkuit 2**Digital Repository Universitas Jember**

ROUTE 10	KP	EASTING	NORTHING	DEPTH
BALI LP.hwm	0.000	878386	9095784	N/A
TP 1	0,368	878023	9095723	22
TP 2	0,434	877961	9095700	34
TP 3	0,555	877840	9095692	69
TP4	0,748	877680	9095800	79
TP 5	1,391	877250	9096278	86
TP 6	1,955	876710	9096440	43
TP 7	2,240	876430	9096385	47
TP 8	3,070	875600	9096410	33
TP 9	3,320	875400	9096560	23
TP 10	3,415	875320	9096610	31
JAVA LP.hwm	4,314	874735	9097155	N/A

Sirkuit 1

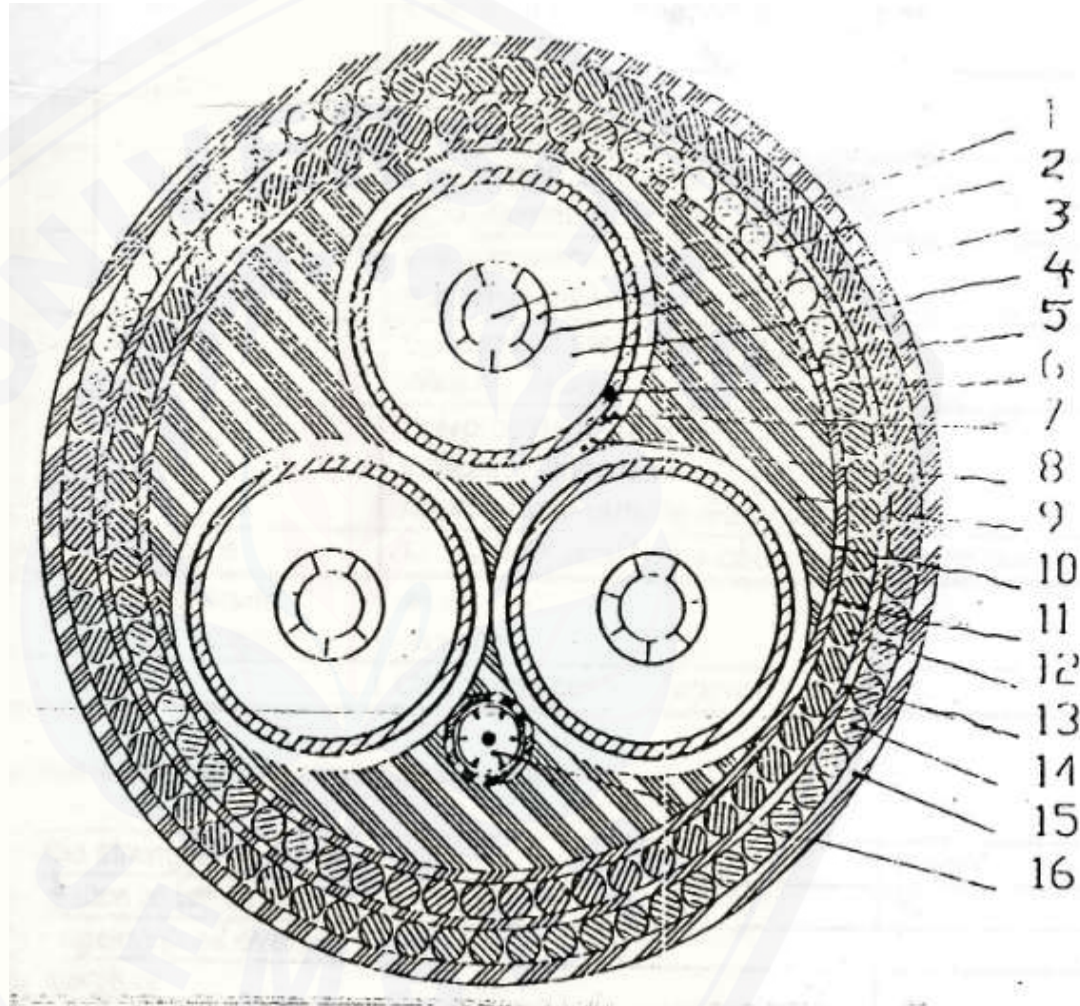
ROUTE 11	KP	EASTING	NORTHING	DEPTH
BALI LP.hwm	0.000	878384	9095779	N/A
TP 1	0,262	878131	9095708	35
TP 2	0,410	878000	9095640	32
TP 3	0,560	877850	9095640	65
TP4	0,856	877575	9095750	51
TP 5	1,396	877210	9096150	92
TP 6	1,831	876790	9096255	36
TP 7	2,053	876570	9096225	45
TP 8	3,282	875350	9096160	52
TP 9	3,951	875685	9096230	34
TP 10	3,066	875570	9096240	31
TP 11	3,279	875410	9096380	29
JAVA LP.hwm	4,314	874731	9097151	N/A

LAMPIRAN B

(Data Kabel)

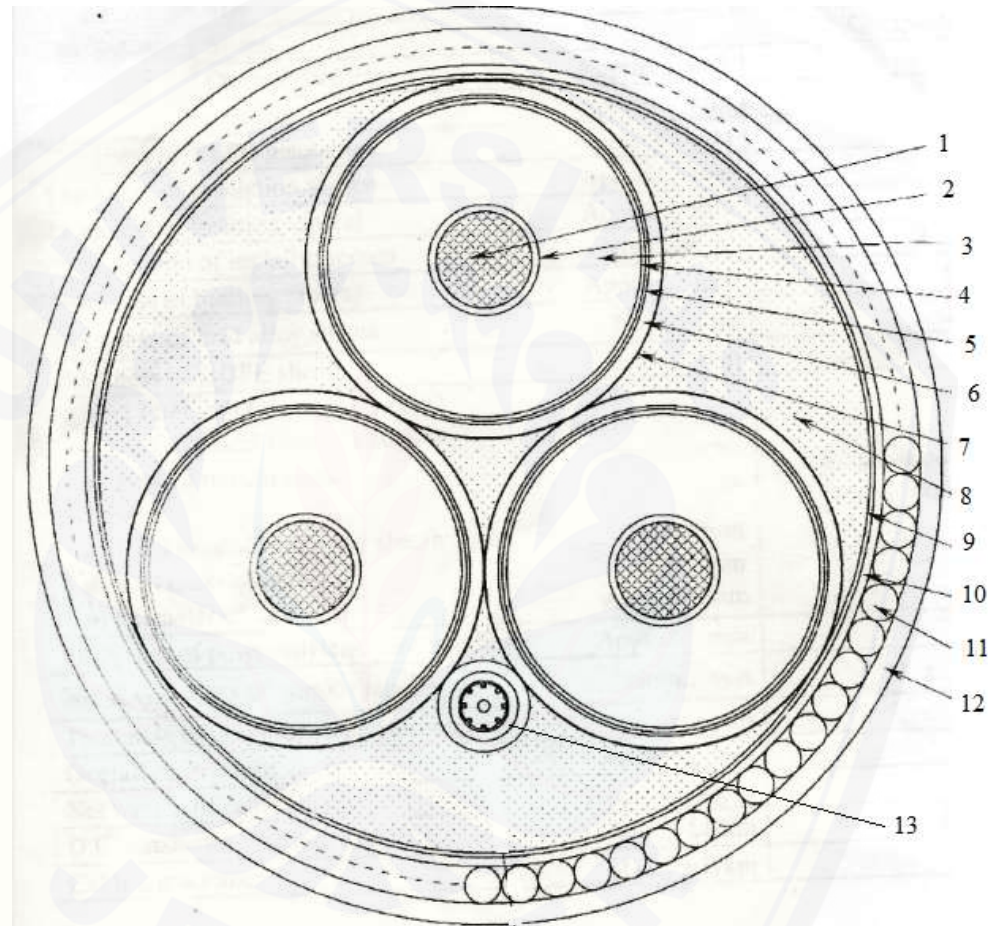
Sirkuit 1-2

1. Oil duck
2. Konduktor
3. Conductor screen
4. Insulation
5. Core screen
6. Lead sheath
7. Reinforcement
8. Anti-corrosion jacket
9. Core cabling
10. Anti-teredo protraction
11. Bedding
12. 1'st Armour
13. Binding
14. 2'nd Armor
15. Serving
16. Fiber Optic core



SKLT Sirkuit 3-4

1. Conductor
2. Conductor screen
3. Insulation
4. Insulation screen
5. Waterproof layer
6. Metallic sheath
7. Bedding layer
8. Filler
9. Binder
10. Bedding
11. Wire armour
12. Serving
13. Optical fiber



LAMPIRAN C

(Data Kabel) Sirkuit 1-2

No	Component	Description	Unit	Data
1.	Oil duct	Approximate diameter	mm	12.0
2.	Conductor	Cros section	mm ²	300
		Self supporting segmental strips of cooper		
3.	Conductor screen	Approximate diameter	mm	23.2
4.	Insulations	Carbon black papers plus duplex paper tape		
		Impregnated paper tapes		
		Nominal thickness	mm	10
		Maximum electrical stress at U _o =87 kV	mm	12
5.	Core screen	Duplex tape plus cooper woveb rayon tape		
6.	Lead sheath	Extruded half C lead alloy		
		Nominal thickness	mm	2.6
		Nominal outside diameter	mm	51.9
7.	Reinforcement	Two layers of two tapes each of stailless steel	mm	0.3
		Total thickness (nominal)		
8.	Anti-corrosian jacket	Extruded polyethylene sheath		
		Nominal thickness	mm	3.0
		Nominal outsiders	mm	60
9.	Core cabling	Three core are cabling together with fillers, F.O	mm	130
		core and plastic binder		
		Approximate diameter		
10.	Anti teredo protection	One layer of overlapped cooper tapes	mm	0.1
11.	Bedding	Polypropylene yarn	mm	2.0
12.	1'st armour	Polypropylene yarn	mm	7
13.	Binding	Polypropylene yarn	mm	2.0
14.	2'nd armour	Galvanized steel wire left hand	mm	7
15.	Serving	Polypropylene yarn		
		Indicative thickness	mm	3.5
		Approximate outside diameter	mm	173
16.	F.O. core	12 SMR optical fibers cabled with power cores		
	Approximate	-In air	Kg/m	71
	Cable weight	-in water	Kg/m	54
		Oil volume		
17.	Jointing	In practice	/km	2

SKLT Sirkuit 3-4

Component	Unit	Data
Conductor	Size	300 Mm ²
	Shape	Concentric lay stranded and stinghtly compacted, watertight type
	Overall dimeter . Approx.	20,9 mm
Thickness of conductor screen	Approx.	20.9
Thickness of XLPE insulation	Nom	22.0 mm
Thickness of insulation screen	Approx.	1.0 mm
Thickness of waterproof layer	Approx.	0.8 mm
Thickness of lead alloy sheath	Nom	2.9 mm
Thicknes of bedding layer	Approx.	0.2 mm
Optical fiber		
a. No. of optical fibers/unit		28
b. Type of optical fiber		Single-mode for 24 cores Multi mode for 4 cores
c. Thickness of lead alloy sheath	Nom	1.5 mm
d. Thickness	Nom	2.5 mm
e. Diameter of unit		20 mm
Thickness of polypropylene yarn bedding	Approx.	2.0 mm
Diameter of armour wire	Nom	8.0 mm
Thickness of polypropylene yarn serving	Approx.	4.7 mm
Overall diameter cable	Approx.	199 mm
Net weight in air	Approx.	60 kg/m
Jointing	approx	1/km

LAMPIRAN D

Listing Program GUI Matlab

```
function varargout = cobal(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @cobal_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @cobal_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function cobal_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
function varargout = cobal_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Tu=str2num(get(handles.edit1, 'String'));
handles.edit1=Tu;
guidata(hObject, handles);
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
Ti=str2num(get(handles.edit2, 'String'));
handles.edit2=Ti;
guidata(hObject, handles);
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
a=str2num(get(handles.edit3, 'String'));
handles.edit3=a;
guidata(hObject, handles);
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
rs=str2num(get(handles.edit4, 'String'));
handles.edit4=rs;
guidata(hObject, handles);
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Tu=handles.edit1;
Ti=handles.edit2;
a=handles.edit3;
A=handles.edit90;
p=handles.edit91;
rs=(p/A);
Rdc=rs*(1+(a*(Tu-Ti)));
set(handles.edit5, 'string', Rdc);
set(handles.edit89, 'string', rs);
function pushbutton1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
f=str2num(get(handles.edit6, 'String'));
handles.edit6=f;
guidata(hObject, handles);
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
ks=str2num(get(handles.edit7, 'String'));
handles.edit7=ks;
guidata(hObject, handles);
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
f=handles.edit6;
ks=handles.edit7;
Tu=handles.edit1;
Ti=handles.edit2;
a=handles.edit3;
rs=handles.edit89;
p=handles.edit91;
A=handles.edit90;
rs=(p/A);
Rdc=rs*(1+(a*(Tu-Ti)));
xs=(sqrt(((8*3.14*f)/Rdc))*10^-7*ks);
ys=xs^4/(192+0.8*xs^4);
set(handles.edit8, 'string', ys);
function togglebutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function uipanel1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
dc=handles.edit10;
S=handles.edit11;
kp=handles.edit12;
f=handles.edit6;
Tu=handles.edit1;
Ti=handles.edit2;
a=handles.edit3;
rs=handles.edit89;
p=handles.edit91;
A=handles.edit90;
rs=(p/A);
Rdc=rs*(1+(a*(Tu-Ti)));
xs=(sqrt(((8*3.14*f)/Rdc))*10^-7*kp);
bantu= (xs^4/(192+(0.8*xs^4)));
bantu0= (1.18/(bantu+0.27));
bantu00=(dc/S)^2;
bantu1= ((0.312*bantu00)+bantu0);
yp= (bantu*bantu00)*bantu1;
set(handles.edit13, 'string', yp);

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
dc=str2num(get(handles.edit10, 'String'));
handles.edit10=dc;
guidata(hObject, handles);
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
S=str2num(get(handles.edit11, 'String'));
handles.edit11=S;
guidata(hObject, handles);
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```



```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
kp=str2num(get(handles.edit12, 'String'));
handles.edit12=kp;
guidata(hObject, handles);
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rdc=handles.edit14;
ys=handles.edit15;
yp=handles.edit17;
Rac0=Rdc*(1+ys+yp);
Rac=Rac0*10^3
set(handles.edit18,'string',Rac);

function edit14_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rdc=str2num(get(handles.edit14, 'String'));
handles.edit14=Rdc;
guidata(hObject, handles);
function edit14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit15_Callback(hObject, eventdata, handles)
ys=str2num(get(handles.edit15, 'String'));
handles.edit15=ys;
guidata(hObject, handles);
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit17_Callback(hObject, eventdata, handles)
yp=str2num(get(handles.edit17, 'String'));
handles.edit17=yp;
guidata(hObject, handles);
function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit18_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
aT=handles.edit19;
rs=handles.edit20;
Ts=handles.edit21;
D=handles.edit22;
ts=handles.edit23;
bantu22=40*rs*(1+(aT*(Ts-20)));
bantu23=3.14*((D+ts)^2-(D-ts)^2)
Rs=(bantu22/bantu23)*10^5;
set(handles.edit24, 'string', Rs);

function edit19_Callback(hObject, eventdata, handles)
aT=str2num(get(handles.edit19, 'String'));
handles.edit19=aT;
guidata(hObject, handles);

function edit19_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit20_Callback(hObject, eventdata, handles)
rs=str2num(get(handles.edit20, 'String'));
handles.edit20=rs;
guidata(hObject, handles);

function edit20_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit21_Callback(hObject, eventdata, handles)
Ts=str2num(get(handles.edit21, 'String'));
handles.edit21=Ts;
guidata(hObject, handles);
function edit21_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```

```
function edit22_Callback(hObject, eventdata, handles)
D=str2num(get(handles.edit22, 'String'));
handles.edit22=D;
guidata(hObject, handles);

function edit22_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit23_Callback(hObject, eventdata, handles)
ts=str2num(get(handles.edit23, 'String'));
handles.edit23=ts;
guidata(hObject, handles);
function edit23_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit24_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit24_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=handles.edit26;
Rs=handles.edit27;
s=handles.edit29;
Isir=handles.edit28;
Dsluar=handles.edit86;
m=((2*3.14*50)/Rs)*10^-7;
lamda0=6*(m^2/(1+m^2))*((Dsluar/(2*s))^2);
D1=((0.86*m^3.08)*(Dsluar/(2*s))^(1.4*m+0.7));
Ieddy=((Rs/Rac)*(lamda0*(1+D1))*10^-3);
lamda1=(Isir+Ieddy);
set(handles.edit88, 'string', lamda0);
set(handles.edit87, 'string', Ieddy);
set(handles.edit30, 'string', lamda1);

function edit26_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=str2num(get(handles.edit26, 'String'));
handles.edit26=Rac;
guidata(hObject, handles);

function edit26_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit27_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rs=str2num(get(handles.edit27, 'String'));
```

```
handles.edit27=Rs;
guidata(hObject, handles);
function edit27_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit28_Callback(hObject, eventdata, handles)
Isir=str2num(get(handles.edit28, 'String'));
handles.edit28=Isir;
guidata(hObject, handles);
function edit28_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit29_Callback(hObject, eventdata, handles)
s=str2num(get(handles.edit29, 'String'));
handles.edit29=s;
guidata(hObject, handles);

function edit29_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit30_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit30_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit36_Callback(hObject, eventdata, handles)
p=str2num(get(handles.edit36, 'String'));
handles.edit36=p;
guidata(hObject, handles);
function edit36_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit37_Callback(hObject, eventdata, handles)
dA=str2num(get(handles.edit37, 'String'));
handles.edit37=dA;
guidata(hObject, handles);
function edit37_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit38_Callback(hObject, eventdata, handles)
Ta=str2num(get(handles.edit38, 'String'));
handles.edit38=Ta;
guidata(hObject, handles);
function edit38_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit39_Callback(hObject, eventdata, handles)
asuhu=str2num(get(handles.edit39, 'String'));
handles.edit39=asuhu;
guidata(hObject, handles);
function edit39_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit41_Callback(hObject, eventdata, handles)
RA=str2num(get(handles.edit41, 'String'));
handles.edit1=RA;
guidata(hObject, handles);

function edit41_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=handles.edit94;
Rarmour=handles.edit95;
Rsheath=handles.edit96;
Reff=Rac*(1+Rarmour+Rsheath);
set(handles.edit50, 'string', Reff);

function edit50_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit50_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit44_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=str2num(get(handles.edit44, 'String'));
handles.edit44=Rac;
guidata(hObject, handles);
function edit44_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```



```
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=handles.edit44;
RA=handles.edit41;
c=handles.edit47;
dA=handles.edit45;
bantu561=(1.23*(RA/Rac));
bantu652=((2*c)/dA)^2;
bantu582=((2.77*RA*10^6)/(2*3.14*50))^2+1);
bantu583=(1/bantu582);
Rar=(bantu561*bantu652*bantu583);
set(handles.edit49, 'string', Rar);

function edit45_Callback(hObject, eventdata, handles)
dA=str2num(get(handles.edit45, 'String'));
handles.edit45=dA;
guidata(hObject, handles);

function edit45_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit46_Callback(hObject, eventdata, handles)
Isir=str2num(get(handles.edit46, 'String'));
handles.edit46=Isir;
guidata(hObject, handles);
function edit46_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit43_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit43_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit47_Callback(hObject, eventdata, handles)
c=str2num(get(handles.edit47, 'String'));
handles.edit47=c;
guidata(hObject, handles);
function edit47_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit48_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rs=str2num(get(handles.edit48, 'String'));
handles.edit48=Rs;
```

```
guidata(hObject, handles);
function edit48_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit49_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit49_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit40_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit40_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
p=handles.edit36;
dA=handles.edit37;
asuhu=handles.edit39;
Ta=handles.edit38;
Aa=handles.edit42;
bantu757=((3.14*dA)/0.1218)^2+1);
bantu24=(p*(sqrt(bantu757)));
bantu25=(1+(asuhu*(Ta-20)));
Rarmour=((bantu24/Aa)*bantu25);
set(handles.edit40, 'string', Rarmour);

function edit42_Callback(hObject, eventdata, handles)
Aa=str2num(get(handles.edit42, 'String'));
handles.edit42=Aa;
guidata(hObject, handles);
function edit42_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit69_Callback(hObject, eventdata, handles)
C=str2num(get(handles.edit69, 'String'));
handles.edit69=C;
guidata(hObject, handles);
function edit69_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton13_Callback(hObject, eventdata, handles)
C=handles.edit69;
Vn=handles.edit75;
```

```
Reff=handles.edit97;
Ic=(2*3.14*50*C*Vn);
PIc=((Ic^2)*(1000^3)*Reff);
set(handles.edit76, 'string', Ic);
set(handles.edit81, 'string', PIc);

function edit72_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit72_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit75_Callback(hObject, eventdata, handles)
Vn=str2num(get(handles.edit75, 'String'));
handles.edit75=Vn;
guidata(hObject, handles);
function edit75_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit76_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit76_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit77_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit77_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit79_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit79_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit81_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit81_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit51_Callback(hObject, eventdata, handles)
er=str2num(get(handles.edit51, 'String'));
handles.edit51=er;
guidata(hObject, handles);
function edit51_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)
er=handles.edit51;
Di=handles.edit57;
Dcx=handles.edit56;
PF=handles.edit55;
Vn=handles.edit78;
ban= (18*log(Di/Dcx));
C= ((er/ban)*(10^-9));
Pd= (2*3.14*50*C*(Vn^2)*PF)
set(handles.edit58, 'string', C);
set(handles.edit60, 'string', Pd);

function edit54_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit54_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit55_Callback(hObject, eventdata, handles)
PF=str2num(get(handles.edit55, 'String'));
handles.edit55=PF;
guidata(hObject, handles);
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit56_Callback(hObject, eventdata, handles)
Dcx=str2num(get(handles.edit56, 'String'));
handles.edit56=Dcx;
guidata(hObject, handles);
function edit56_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit58_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit58_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit57_Callback(hObject, eventdata, handles)
Di=str2num(get(handles.edit57, 'String'));
handles.edit57=Di;
guidata(hObject, handles);
function edit57_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit59_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit59_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit60_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit60_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit78_Callback(hObject, eventdata, handles)
Vn=str2num(get(handles.edit78, 'String'));
handles.edit78=Vn;
guidata(hObject, handles);
function edit78_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit83_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit83_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton14_Callback(hObject, eventdata, handles)
S=handles.edit104;
V=handles.edit103;
Pd=handles.edit101;
PIc=handles.edit100;
Reff=handles.edit106;
I=S/((sqrt(3))*V);
PeffI=3*I^2*Reff;
PeffnI=PIc+Pd;
Rtot=PeffI+PeffnI;
set(handles.edit82,'string',I);
set(handles.edit98,'string',PeffI);
set(handles.edit99,'string',PeffnI);
set(handles.edit108,'string',Rtot);

function edit82_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit82_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```


end

```
function pushbutton15_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit84_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit84_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit86_Callback(hObject, eventdata, handles)
Dsluar=str2num(get(handles.edit86, 'String'));
handles.edit86=Dsluar;
guidata(hObject, handles);
function edit86_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit87_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit87_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit88_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit88_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit89_Callback(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit90_Callback(hObject, eventdata, handles)
A=str2num(get(handles.edit90, 'String'));
handles.edit90=A;
guidata(hObject, handles);
function edit90_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit91_Callback(hObject, eventdata, handles)
p=str2num(get(handles.edit91, 'String'));
handles.edit91=p;
guidata(hObject, handles);
function edit91_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton16_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit94_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=str2num(get(handles.edit94, 'String'));
handles.edit94=Rac;
guidata(hObject, handles);
function edit94_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit95_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rarmour=str2num(get(handles.edit95, 'String'));
handles.edit95=Rarmour;
guidata(hObject, handles);
function edit95_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit96_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rsheath=str2num(get(handles.edit96, 'String'));
handles.edit96=Rsheath;
guidata(hObject, handles);
function edit96_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
function edit97_Callback(hObject, eventdata, handles)
Reff=str2num(get(handles.edit97, 'String'));
handles.edit97=Reff;
guidata(hObject, handles);
function edit97_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit98_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit98_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit99_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit99_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit100_Callback(hObject, eventdata, handles)
PIC=str2num(get(handles.edit100, 'String'));
handles.edit100=PIc;
guidata(hObject, handles);
function edit100_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit101_Callback(hObject, eventdata, handles)
Pd=str2num(get(handles.edit101, 'String'));
handles.edit101=Pd;
guidata(hObject, handles);
function edit101_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit103_Callback(hObject, eventdata, handles)
V=str2num(get(handles.edit103, 'String'));
handles.edit103=V;
guidata(hObject, handles);
function edit103_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit104_Callback(hObject, eventdata, handles)
S=str2num(get(handles.edit104, 'String'));
handles.edit104=S;
guidata(hObject, handles);
function edit104_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit106_Callback(hObject, eventdata, handles)
Reff=str2num(get(handles.edit106, 'String'));
handles.edit106=Reff;
guidata(hObject, handles);
function edit106_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
```

```
end
```

```
function edit108_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit108_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function text2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

Program mencari drop tegangan, efisiensi, dan kemampuan hantar arus

```
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @KHA_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @KHA_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function KHA_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
function varargout = KHA_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
I=str2num(get(handles.edit2, 'String'));
handles.edit2=I;
guidata(hObject, handles);
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
V=str2num(get(handles.edit3, 'String'));
handles.edit3=V;
guidata(hObject, handles);
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
f=str2num(get(handles.edit4, 'String'));
handles.edit4=f;
guidata(hObject, handles);
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
r=str2num(get(handles.edit5, 'String'));
handles.edit5=r;
guidata(hObject, handles);
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
f=handles.edit4;
V=handles.edit3;
I=handles.edit2;
Rac=handles.edit7;
R=handles.edit8;
r=handles.edit5;
Vs=handles.edit13;
L=2*10^-7*(log(R/r));
XL=2*3.14*f*L;
Vr1=Vs-(I*Rac);
Vr2=I*XL;
Vd=Vs-Vr1;
set(handles.edit6, 'string', L);
set(handles.edit9, 'string', XL);
set(handles.edit14, 'string', Vr1);
set(handles.edit16, 'string', Vr2);
set(handles.edit17, 'string', Vd);
set(handles.edit10, 'string', Rac);
set(handles.edit12, 'string', XL);

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=str2num(get(handles.edit7, 'String'));
handles.edit7=Rac;
guidata(hObject, handles);

function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```



```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
R=str2num(get(handles.edit8, 'String'));
handles.edit8=R;
guidata(hObject, handles);
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)
Vs=str2num(get(handles.edit13, 'String'));
handles.edit13=Vs;
guidata(hObject, handles);
function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit14_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit14_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit15_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit15_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit16_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit16_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit17_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit17_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit18_Callback(hObject, eventdata, handles)
I=str2num(get(handles.edit18, 'String'));
handles.edit18=I;
guidata(hObject, handles);
function edit18_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit20_Callback(hObject, eventdata, handles)
Vr=str2num(get(handles.edit20, 'String'));
handles.edit20=Vr;
guidata(hObject, handles);
function edit20_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit22_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit22_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
Vr=handles.edit20;
```

```
I=handles.edit18;
Ploss=handles.edit23;
cosphi=handles.edit32;
Pr=(sqrt(3))*(Vr*I*cosphi);
effisiensi=Pr/(Pr+Ploss)*100;
set(handles.edit22, 'string', Pr);
set(handles.edit25, 'string', efisiensi);

function edit23_Callback(hObject, eventdata, handles)
Ploss=str2num(get(handles.edit23, 'String'));
handles.edit23=Ploss;
guidata(hObject, handles);
function edit23_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit25_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit25_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit26_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit26_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit27_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit27_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit29_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit29_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit30_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit30_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```

```
function edit31_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit31_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit32_Callback(hObject, eventdata, handles)
cosphi=str2num(get(handles.edit32, 'String'));
handles.edit32=cosphi;
guidata(hObject, handles);
function edit32_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit33_Callback(hObject, eventdata, handles)
Pd=str2num(get(handles.edit33, 'String'));
handles.edit33=Pd;
guidata(hObject, handles);
function edit33_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit34_Callback(hObject, eventdata, handles)
deltateta=str2num(get(handles.edit34, 'String'));
handles.edit34=deltateta;
guidata(hObject, handles);
function edit34_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit35_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit35_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
deltateta=handles.edit20;
Pd=handles.edit34;
T1=handles.edit33;
T2=handles.edit36;
T3=handles.edit38;
T4=handles.edit39;
Y1=handles.edit41;
Y2=handles.edit42;
Rac=handles.edit43;
Iml=deltateta-(Pd*(0.5*T1+3*(T2+T3+T4)));
```

```
Im2=Rac*T1+(3*Rac*T2*(1+Y1))+(3*Rac*(1+Y1+Y2)*(T3+T4));  
Kha=sqrt(Im1/Im2);  
set(handles.edit35, 'string', Kha);
```

```
function edit36_Callback(hObject, eventdata, handles)  
T1=str2num(get(handles.edit36, 'String'));  
handles.edit36=T1;  
guidata(hObject, handles);  
function edit36_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),  
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))  
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');  
end
```

```
function edit37_Callback(hObject, eventdata, handles)  
function edit37_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),  
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))  
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');  
end
```

```
function edit38_Callback(hObject, eventdata, handles)  
T2=str2num(get(handles.edit38, 'String'));  
handles.edit38=T2;  
guidata(hObject, handles);  
function edit38_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),  
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))  
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');  
end
```

```
function edit39_Callback(hObject, eventdata, handles)  
T3=str2num(get(handles.edit39, 'String'));  
handles.edit39=T3;  
guidata(hObject, handles);  
function edit39_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),  
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))  
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');  
end
```

```
function edit40_Callback(hObject, eventdata, handles)  
T4=str2num(get(handles.edit40, 'String'));  
handles.edit40=T4;  
guidata(hObject, handles);  
function edit40_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),  
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))  
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');  
end
```

```
function edit41_Callback(hObject, eventdata, handles)  
Y1=str2num(get(handles.edit41, 'String'));
```



```
handles.edit41=Y1;
guidata(hObject, handles);
function edit41_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit42_Callback(hObject, eventdata, handles)
Y2=str2num(get(handles.edit42, 'String'));
handles.edit42=Y2;
guidata(hObject, handles);
function edit42_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit43_Callback(hObject, eventdata, handles)
Rac=str2num(get(handles.edit43, 'String'));
handles.edit43=Rac;
guidata(hObject, handles);

function edit43_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```