

**ANALISIS UPRATING PENGHANTAR JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH PADA PENYULANG KELINCI DARI LUAS
PENAMPANG AAC 70 mm² MENJADI AAACS 240 mm²**

TUGAS AKHIR



Diajukan Oleh:

RASYDI AMIN
2020201045

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
2025**

**ANALISIS UPRATING PENGHANTAR JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH PADA PENYULANG KELINCI DARI LUAS
PENAMPANG AAC 70 mm² MENJADI AAACS 240 mm²**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Serjana Teknik



Diajukan Oleh:

RASYDI AMIN
2020201045

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
2025**

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri/tidak plagiat dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Jika ternyata tidak benar saya bersedia untuk membatalkan gelar keserjanaan yang telah saya peroleh.

Nama : Rasydi Amin

NIM : 2020201045

Tanggal : -

Tanda Tangan :



RASYDI AMIN
NIM : 2020201045

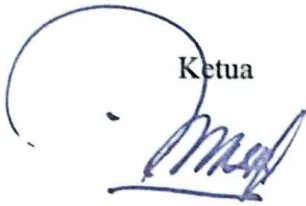
LEMBAR PELAKSANAAN

Judul : Analisis *Uprating* Penghantar Jaringan Tegangan Menengah
Pada Penyulang Kelinci Dari Luas Penampang AAC 70 mm²
Menjadi AAACS 240 mm²
Nama : Rasydi Amin
NIM : 2020201045
Program Studi : Teknik Elektro

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji pada Selasa, 04 Februari
2025 Semester Ganjil Tahun Akademik 2024/2025.

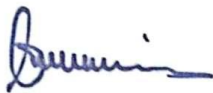
Disetujui Oleh:
TIM PENGUJI

Ketua



Ir. Masnur Putra Halilintar, M.Si
NIDN. 0020106502

Anggota Penguji



Ir. Usaha Situmeang, M.T.
NIDN. 1022046201

Sekretaris



Elvira Zondra, S.T., M.T.
NIDN. 1022047302

Anggota Penguji



Arlenny, S.T., M.T.
NIDN. 1023126701

Anggota Penguji



Abrar Tanjung, S.T., M.T.
NIDN. 1020117001

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Analisis *Uprating* Penghantar Jaringan Tegangan Menengah
Pada Penyulang Kelinci Dari Luas Penampang AAC 70 mm²
Menjadi AAACS 240 mm²

Nama : Rasydi Amin

NIM : 2020201045

Program Studi : Teknik Elektro

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Pekanbaru, sesuai dengan Berita Acara Nomor : 575/FT/Ad/2025

Disetujui Oleh:

Pembimbing I


Zulfahri, S.T., M.T.
NIDN. 10017097202

Pembimbing II


Monice, S.ST., M.T.
NIDN. 1028088304

Diketahui Oleh:
Dekan Fakultas Teknik



Dr. H. Zainuri, S.T., M.T.
NIK. 0001198

Disetujui Oleh:
Ketua Prodi Teknik Elektro



Zulfahri, S.T., M.T.
NIK. 0301207

Tanggal Sidang Meja Hijau : Pekanbaru, 04 Februari 2025

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT atas berkat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan hasil baik. Maka saya persembahkan hasil karya tugas akhir ini kepada orang-orang yang saya cintai dan saya sayangi

Keluarga :

Terima kasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Misran dan Ibu Rohana, serta kedua adik saya yang senantiasa memberikan motivasi, kasih sayang, dukungan, serta doa yang tak terputus sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan hasil yang baik. Semoga pencapaian ini dapat menjadi inspirasi dan penyemangat bagi kita semua untuk meraih prestasi yang lebih gemilang di masa depan.

Dosen Pembimbing :

Terima kasih banyak saya ucapkan kepada dosen pembimbing saya, Bapak Zulfahri, S.T., M.T. dan Bapak Monice, S.ST., M.T., atas segala bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga ilmu dan kebaikan yang telah Bapak berikan menjadi amal yang bermanfaat.

Teman-Teman :

Kepada seluruh teman-teman di kampus, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan, semangat, dan kebersamaan yang telah diberikan kepada saya selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga persahabatan kita tetap abadi, tak lekang oleh waktu.

Dosen Pengajar :

Kepada seluruh Dosen pengajar Universitas Lancang Kuning Pekanbaru, terima kasih banyak saya ucapkan kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen atas segala ilmu dan pelajaran yang telah Bapak dan Ibu berikan kepada saya selama saya belajar di Kampus. Semoga Bapak dan Ibu selalu sehat dan dalam lindungan Tuhan sehingga Bapak dan Ibu dapat selalu memberikan ilmu yang berharga kepada mahasiswa/i Universitas Lancang Kuning.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada ALLAH SWT atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning yang berjudul :

ANALISIS UPRATING PENGHANTAR JARINGAN TEGANGAN MENENGAH PADA PENYULANG KELINCI DARI LUAS PENAMPANG AAC 70 mm² MENJADI AAACS 240 mm²

Sidang Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan akhir akademis dalam rangka meraih gelar kesarjanaan di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H Zainuri, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.
2. Bapak Zulfahri, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.
3. Ibu Monice, S.ST., M.T. selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.
4. Bapak Zulfahri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Monice, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro yang sudah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Bapak Tasnim, Bapak Firman dan Bapak buyung yang serta memberi dukungan maupun data kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Kedua orang tua saya yang senantiasa selalu memberikan semangat, dukungan moril maupun materil kepada penulis dan selalu mendoakan penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Adek-adek saya Nadhim dan Naufal yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil kepada penulis dan selalu mendoakan penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Matius Jefri, Aji Pangestu, Calvin, Herikson dan Yazid serta teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang selalu mendukung dan telah membantu dan memberi dorongan motivasi serta sumbangan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangannya sehingga penulis memohon maaf dan agar dimaklumi. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberi manfaat kepada pembaca terutama kepada penulis sendiri.

Pekanbaru, Februari 2024

Penulis

Rasydi Amin

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Lancang Kuning, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rasydi Amin
NIM : 2020201045
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalti-Free Right*) atas Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“ANALISIS UPRATING PENGHANTAR JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH PADA PENYULANG KELINCI DARI LUAS
PENAMPANG AAC 70 mm² MENJADI AAACS 240 mm²”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di Pekanbaru
Pada Tanggal – Februari 2025
Yang Menyatakan,

Rasydi Amin

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi listrik di Provinsi Riau menuntut sistem distribusi listrik yang lebih efisien dan andal. Salah satu tantangan utama dalam distribusi listrik adalah jatuh tegangan dan rugi-rugi daya yang sering terjadi, khususnya pada Penyulang Kelinci. Penelitian ini mengusulkan metode *uprating* penghantar dengan mengganti luas penampang kabel dari AAC 70 mm² menjadi AAACS 240 mm². Analisis dilakukan melalui perhitungan manual yang divalidasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum *uprating*, jatuh tegangan mencapai 3,440 kV dengan tegangan terima 17,059 kV, sedangkan setelah *uprating*, jatuh tegangan menurun menjadi 1,003 kV dengan tegangan terima 19,496 kV. Selain itu, rugi-rugi daya aktif berkurang dari 0,906 MW menjadi 0,195 MW, dan rugi-rugi daya reaktif berkurang dari 569,77 kVar menjadi 503,803 kVar. Evaluasi kelayakan investasi menggunakan metode *payback period* mengungkapkan total biaya investasi sebesar Rp 9.020.532.165 dengan benefit tahunan Rp 8.994.489.285,54, sehingga periode pengembalian investasi hanya membutuhkan waktu 1,002 tahun atau sekitar 13 bulan. Penelitian ini memberikan rekomendasi strategis bagi PT PLN (Persero) dalam upaya meningkatkan kualitas layanan distribusi listrik. Dengan penerapan inovasi ini, diharapkan sistem distribusi listrik yang lebih andal dan efisien dapat terwujud, memberikan manfaat nyata bagi masyarakat.

Kata kunci: *Uprating* penghantar, jaringan distribusi, jatuh tegangan, rugi-rugi daya, ETAP 12.6, efisiensi investasi.

ABSTRACT

The increasing demand for electricity in Riau Province necessitates a more efficient and reliable electricity distribution system. One of the main challenges in electricity distribution is voltage drop and power losses, particularly in the Kelinci Feeder. This study proposes a conductor uprating method by replacing the cable cross-section from AAC 70 mm² to AAACS 240 mm². The analysis was carried out using manual calculations validated with ETAP 12.6 software. The results show that before the uprating, the voltage drop reached 3.440 kV with a receiving voltage of 17.059 kV, while after the uprating, the voltage drop decreased to 1.003 kV, achieving a receiving voltage of 19.496 kV. Furthermore, active power losses were reduced from 0.906 MW to 0.195 MW, and reactive power losses decreased from 569.77 kVar to 503.803 kVar. An investment feasibility evaluation using the payback period method revealed a total investment cost of Rp 9.020.532.165 with an annual benefit of Rp 8.994.489.285,54, resulting in a payback period of only 1.002 years or approximately 13 months. This study provides strategic recommendations for PT PLN (Persero) to enhance the quality of electricity distribution services. With this innovation, a more efficient and reliable electricity distribution system is expected to materialize, delivering tangible benefits to the community.

Keywords: Conductor uprating, distribution network, voltage drop, power losses, ETAP 12.6, investment efficiency.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
LEMBAR PELAKSANAAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir	3
1.6 Sistematik Penulisan	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik	5
2.2 Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik	6
2.2.1 Sistem Pendistribusian Secara Langsung.....	7
2.2.2 Sistem Pendistribusian Secara Tidak Langsung	7
2.3 Struktur Jaringan Distribusi	8
2.3.1 Gardu Induk Pembangkit Pada Sistem Distribusi.....	8
2.3.2 Jaringan Distribusi Listrik Primer.....	9
2.3.3 Gardu Distribusi Jaringan	12
2.3.4 Sistem Distribusi Sekunder	13

2.4	Pengertian Transformator	13
2.4.1	Prinsip Kerja Transformator	14
2.4.2	Efisiensi Transformator.....	14
2.4.3	Transformator pada Jaringan Tegangan Menengah.....	14
2.5	Bahan Dan Jenis Penghantar Listrik.....	15
2.5.1	Bahan Penghantar Secara Umum.....	15
2.5.2	Jenis – Jenis Bahan Penghantar	16
2.5.3	Jenis Penghantar Listrik Telanjang	17
2.6	Impedansi Penghantar	18
2.7	Tahanan (Resistansi) Saluran	18
2.8	Syarat Umum Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik	19
2.8.1	Faktor Keandalan Sistem Tenaga Listrik.....	19
2.8.2	Faktor Kualitas Sistem Penyaluran Energi Listrik.....	20
2.8.3	Faktor Pemeliharaan Sistem Penyaluran Dan Pendistribusian Energi Listrik.....	21
2.9	Jatuh Tegangan (<i>Voltage Drop</i>).....	21
2.9.1	Pengertian Jatuh Tegangan (<i>Voltage Drop</i>).....	21
2.9.2	Resistivitas (Hambatan Jenis)	22
2.10	Metode <i>Up-Rating</i>	22
2.10.1	Perbaikan Jatuh Tegangan (<i>Voltage Drop</i>).....	22
2.10.2	Perbaikan Rugi-Rugi Daya (<i>Losses</i>).....	25
2.10.3	Menentukan Nilai <i>UP-Rating</i>	26
2.11	Studi Aliran Daya	27
2.11.1	Daya Listrik.....	28
2.11.2	Persamaan Aliran Daya.....	29
2.11.3	Metode Analisis Aliran Daya.....	30
2.12	Penyusutan Energi Pada Penyulang.....	31
2.12.1	Konduktor Fasa	32
2.13	Metode <i>Payback</i> Periode	33
2.14	ETAP 12.6 (<i>Electric Transient Analysis Program</i>).....	34
2.14.1	Elemen Standar ETAP	36

BAB 3 METODE PENELITIAN	39
3.1 Metode Penelitian	39
3.2 Sistem Kelistrikan	39
3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian	41
3.4 Pengumpulan Data	41
3.5 Metode Pengumpulan Data	50
3.6 Tahapan/Langkah Penelitian	51
3.7 <i>Flowchart</i> Penelitian	51
BAB 4 PEMBAHASAN	53
4.1 Umum	53
4.2 <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Kelinci	53
4.3 Perhitungan Jatuh Tegangan Sebelum <i>Up-Rating</i> Penghantar	55
4.4 Validasi Tegangan Dengan ETAP 12.6 Saat Kondisi <i>Eksisting</i>	59
4.5 Rugi – Rugi Daya (<i>Losses</i>) Sebelum <i>Up-Ratting Conductor</i>	65
4.5.1. Rugi – Rugi Daya Pada Saluran	65
4.5.2. Perhitungan Rugi-Rugi Daya Reaktif	68
4.5.3. Perhitungan Kerugian Ekonomi Sebelum <i>Up-Ratting Conductor</i>	71
4.6 Perhitungan Aliran Daya Sebelum <i>Up-Ratting</i> Menggunakan Metode <i>Newton – Raphson</i>	75
4.6.1 Perhitungan Manual Untuk Menghitung Aliran Daya Menggunakan Metode <i>Newton – Raphson</i>	75
4.6.2 Validasi Aliran Daya Menggunakan Aplikasi ETAP 12.6.0	83
4.7 Perbandingan Perhitungan Manual Dengan Validasi Menggunakan ETAP 12.6.0	85
4.8 Perhitungan Jatuh Tegangan Setelah <i>Up-Ratting Conductor</i> Menggunakan AAAC-S 240 mm ²	86
4.9 Validasi Tegangan Dengan ETAP 12.6.0 Setelah <i>Up-Ratting Conductor</i> AAAC-S 240 mm ²	91
4.10 Rugi-Rugi Daya (<i>Losses</i>) Sesudah <i>Up-Ratting Conductor</i> AAAC-S 240 mm ²	97

4.10.1	Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pada Saluran	97
4.10.2	Perhitungan Rugi-Rugi Daya Reaktif	101
4.10.3	Perhitungan Kerugian Ekonomis Sesudah <i>Up-Ratting Conductor</i>	104
4.11	Perhitungan Aliran Daya Sesudah <i>Up-Ratting Conductor</i> AAAC-S 240 mm ²	107
4.11.1	Perhitungan Manual Untuk Menghitung Aliran Daya Menggunakan Metode <i>Newton – Raphson</i>	107
4.11.2	Validasi Aliran Daya Menggunakan Aplikasi ETAP 12.6.0.....	116
4.12	Validasi Rugi-Rugi Daya Sebelum Dan Sesudah Penerapan <i>Up-Ratting Conductor</i> Pada ETAP 12.6.0	118
4.10.1.	Validasi Rugi-Rugi Daya Aktif Dan Reaktif Sebelum <i>Uprating</i> Dan Sesudah <i>Uprating</i>	119
4.13	Perbandingan Perhitungan Manual Dengan Validasi Setelah <i>Up-Ratting Conductor</i> Menggunakan ETAP 12.6.0.....	124
4.14	Grafik Hasil Perhitungan Manual <i>Drop</i> Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Sebelum Dan Sesudah <i>Up-Ratting Conductor</i>	125
4.15	Perhitungan Asumsi Biaya Investasi	126
4.16	Perhitungan <i>Payback Period</i>	128
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	129
5.1	Kesimpulan	129
5.2	Saran	130
DAFTAR PUSTAKA		132
LAMPIRAN		134

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Bagan atau Alur Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2. 2 Diagram Satu Saluran.....	6
Gambar 2. 3 Gambaran Umum Gardu Induk Distribusi	9
Gambar 2. 4 Konfigurasi Jaringan Radial.....	10
Gambar 2. 5 Konfigurasi Jaringan <i>Tie Line</i>	10
Gambar 2. 6 Sistem Konfigurasi Jaringan Terbuka / <i>Loop</i>	11
Gambar 2. 7 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi Spindel	12
Gambar 2. 8 Gardu Distributor Pada Tiang Jaringan Distribusi.....	12
Gambar 2. 9 Jaringan Distribusi Sekunder	13
Gambar 2. 10 Gambar Jenis Konduktor Bulat Dan Jenis Plat	16
Gambar 2. 11 Gambar Jenis Konduktor Siku Dan Jenis Kanal	16
Gambar 2. 12 Gambar Kawat Solid Dan Gambar Kawat <i>Standed</i>	17
Gambar 2. 13 Gambar Kawat Gabungan Solid Dan <i>Standed</i>	17
Gambar 2. 14 Segitiga Daya	28
Gambar 2. 15 Diagram Satu Garis dari N-bus Dalam Suatu Sistem Tenaga.....	29
Gambar 2. 16 Tampilan ETAP 12.6.....	35
Gambar 2. 17 <i>Software</i> ETAP 12.6.....	36
Gambar 2. 18 Tampilan Awal ETAP.....	36
Gambar 2. 19 Elemen standar ANSI.....	37
Gambar 2. 20 Simbol Generator di ETAP	37
Gambar 2. 21 Simbol Transformator di ETAP	37
Gambar 2. 22 Simbol pemutus rangkaian di ETAP	38
Gambar 2. 23 Simbol beban statis di ETAP	38
Gambar 3. 1 <i>Single Line</i> Penyulang Kelinci	40
Gambar 4. 1 <i>Single Line</i> Diagram Penyulang Kelinci Pada ETAP versi 12.6.0... 54	54
Gambar 4. 2 Tegangan Pangkal Penyulang Kelinci Kondisi eksisting.....	60
Gambar 4. 3 Tegangan ujung Penyulang Kelinci Kondisi eksisting	60
Gambar 4. 4 Tegangan Pangkal Penyulang Kelinci Setelah <i>Up-Ratting</i> <i>Conductor</i>	91
Gambar 4. 5 Tegangan Ujung Penyulang Kelinci Setelah <i>Up-Ratting</i>	92
Gambar 4. 6 Tampilan Grid Summary Report Rugi-Rugi Daya Sebelum <i>Up-Ratting</i>	118
Gambar 4. 7 Tampilan Grid Summary Report Rugi-Rugi Daya Sesudah <i>Up-Ratting</i>	119
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Tegangan Jatuh Sebelum dan Sesudah Penerapan <i>Up-ratting Conductor</i>	125

Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Kehilangan Daya Sebelum dan Sesudah <i>Up-Ratting</i> Konduktor	126
--	-----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Data Impedansi Penghantar AAC (SPLN No.64:1985).....	41
Tabel 3. 2 Data Impedansi Penghantar AAAC-S (SPLN 41-10:1991).....	42
Tabel 3. 3 Data Parameter Tegangan Existing.....	42
Tabel 3. 4 Data panjang saluran jaringan tegangan menengah GI New Garuda Sakti pada penyulang Kelinci	42
Tabel 3. 5 Data Jumlah Transformator dan Pembebanan Pada Penyulang Kelinci	43
Tabel 3. 6 Data dan Panjang Saluran Pada Penyulang Kelinci.....	46
Tabel 3. 7 Data resistansi (R) dan reaktansi (X) per kilometer untuk konduktor AAAC-S sesuai dengan standar SPLN 64:1985.....	48
Tabel 3. 8 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Untuk <i>Up-ratting</i> Penampang AAC 70 mm ² Menjadi AAAC-S 240 mm ²	49
Tabel 4. 1 Nilai perhitungan drop tegangan per-bus (<i>section</i>).....	56
Tabel 4. 2 Nilai validasi ETAP 12.6.0 drop tegangan per-bus (<i>section</i>)	61
Tabel 4. 3 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Aktif dan Rugi Energi Sebelum <i>Up-Ratting Conductor</i>	66
Tabel 4. 4 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum <i>Up-Ratting</i> <i>Conductor</i>	69
Tabel 4. 5 Perhitungan Kerugian Ekonomis (Jam, Hari, Tahun) Sebelum <i>Up</i> <i>Ratting Conductor</i>	71
Tabel 4. 6 Aliran Daya Setiap Bus Sebelum <i>Uprating</i>	81
Tabel 4. 7 Hasil Analisa Aliran Daya AAC 70 mm ² Pada Aplikasi ETAP 12.6.0	83
Tabel 4. 8 Perbandingan Perhitungan Manual Dengan ETAP 12.6.0.....	86
Tabel 4. 9 Perhitungan Jatuh Tegangan Setelah <i>Up-Ratting Conductor</i> AAAC-S 240 mm ²	87
Tabel 4. 10 Nilai validasi ETAP 12.6.0 drop tegangan per-bus (<i>section</i>)	92
Tabel 4. 11 Perhitungan Rugi-Rugi Daya dan Rugi Energi Sesudah di <i>Up-Ratting Conductor</i>	98
Tabel 4. 12 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sesudah <i>Up-Ratting</i> <i>Conductor</i>	101
Tabel 4. 13 Perhitungan Kerugian Ekonomis (Jam, Hari, Tahun) Setelah <i>Uprating Conductor</i>	104
Tabel 4. 14 Tabel Aliran Daya <i>Newton Rapsion</i> Dengan Menggunakan Perhitungan Manual	113
Tabel 4. 15 Hasil Analisa Aliran Daya AAAC-S 240 mm ² Pada Aplikasi ETAP 12.6.0	116

Tabel 4. 16 Validasi <i>Losses</i> Menggunakan ETAP 12.6.0 Pada Jenis Penampang AAC 70 mm ²	119
Tabel 4. 17 Validasi <i>Losses</i> Menggunakan ETAP 12.6.0 Pada Jenis Penampang AAAC-S 240 mm ²	122
Tabel 4. 18 Perbandingan Perhitungan Manual Dengan ETAP 12.6.0.....	125
Tabel 4. 19 Estimasi Biaya Investasi dalam Proses <i>Up-Ratting</i> Penampang AAC 70 mm ² menjadi AAAC-S 240 mm ²	127
Tabel 4. 20 Perbandingan Rugi-Rugi dan Benefit Setelah <i>Up-Ratting</i> <i>Conductor</i>	128

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan untuk menunjang segala aktivitas baik itu untuk kebutuhan pribadi maupun kebutuhan kormesial. Kebutuhan energi listrik di Riau saat ini terus meningkat dari tahun ke tahun, untuk itu kontinuitas dan tingkat efisensi Sistem Distribusi Tenaga Listrik ke pelanggan perlu ditingkatkan guna memperoleh pelayanan yang optimal. Dalam memenuhi tuntutan konsumen yang menginginkan mutu pelayanan tenaga listrik pastinya diharapkan menggunakan penghantar yang efisien dalam menyalurkan tenaga listrik, maka salah satunya PT PLN (Persero) yang memiliki kewajiban dan wewenang dalam mewujudkan hal tersebut. Maka dari itu, PLN ULP Rumbai selaku unit PLN yang menaungi wilayah Rumbai memiliki kewajiban untuk menjaga mutu, efisiensi dan kontinuitas jaringan distribusi yang berada di Kota Pekanbaru agar dapat memenuhi kebutuhan listrik ke pelanggan atau masyarakat di Rumbai.

Studi suatu penelitian menunjukkan bahwa hampir 10-13 % dari total daya energi listrik yang dibangkitkan langsung dari sumber pembangkit energi listrik yang dihasilkan hilang, hilangnya energi listrik yaitu sebagai kerugian atau *losses* pada jaringan distribusi, oleh sebab itu menyebabkan peningkatan biaya energi dan tentunya tidak efisien dan profil tegangan yang buruk atau tidak seseuai dengan standar ketetapan yang berlaku.

Selain itu hal lain yang perlu di perhatikan atau persyaratan kualitas tegangan yang baik yaitu dalam penyediaan tenaga listrik diisyaratkan suatu level standar tertentu untuk menentukan kualitas tegangan pelayanan untuk para konsumen, secara umum ada tiga hal yang pdijaga kualitasnya diataranya yaitu frekuensi listrik yang stabil (50 Hz), sistem jaringan distribusi yang baik serta tegangan yang dihasilkan sesuai standart perusahaan listrik negara (SPLN) No. 1 tahun 1985 yaitu sebesar 220 *volt* untuk 1 *fhasa* dan 380 *volt* untuk 3 fhasanya atau berada diantara + 5 % - 10 %.

Rendahnya kualitas sistem penyaluran sistem tenaga listrik dapat menyebabkan jatuh tegangan (*voltage drop*), terjadinya *losses* serta tidak seimbang beban, dan fhasa netral dialiri arus, akibat terjadinya rugi tegangan pada saluran, maka jatuh tegangan khususnya ditempat pelanggan yang paling jauh dari sumber (gardu induk), tegangan yang diterima pelanggan akan lebih kecil dari tegangan nominal atau dibawah standart mutu pelayanan, hal ini sangat tidak baik dalam penyaluran sistem distribusi karena dapat berdampak pada alat atau peralatan-peralatan yang menggunakan listrik, dan dapat menyebabkan umur peralatan-peralatan listrik yang rentan akan kerusakan akibat tegangan yang diterima tidak stabil atau di bawah dari tegangan input yang dibutuhkan oleh peralatan tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan diatas, maka perumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik penghantar yang terjadi pada penyulang kelinci saat menggunakan penampang AAC 70 mm² dan AAAC-S 240 mm²?
2. Berapa besarnya *Drop* Tegangan pada penghantar jenis AAC 70 mm² dan AAAC-S 240 mm² ?
3. Berapa besarnya *Losses*/Rugi-Rugi Daya pada penghantar jenis AAC 70 mm² AAAC-S 240 mm² ?
4. Bagaimana mengevaluasi dan menghitung keberhasilan dari analisis yang diimplementasikan dalam meningkatkan pendapatan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir ini mencakup analisis pembebanan jaringan tegangan menengah pada penyulang kelinci dengan menggunakan luas penampang AAC 70 mm² dan AAACS 240 mm². Fokus analisis termasuk, namun tidak terbatas pada pemahaman tentang karakteristik pembebanan jaringan, perbandingan performa jaringan dengan dua luas penampang yang berbeda, dan implikasi dari pemilihan luas penampang terhadap efisiensi jaringan dan juga keuntungan pendapatan pada dua penampang berbeda.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pembahasan permasalahan diatas adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penurunan tegangan dan rugi-rugi daya pada penyulang Kelinci dilakukan menggunakan metode *up-rating conductor* untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan.
2. Membandingkan nilai tegangan dan rugi-rugi daya (*losses*) pada jaringan distribusi 20 kV, khususnya pada penyulang Kelinci, sebelum dan sesudah penerapan metode *up-rating conductor* dengan menggunakan simulasi validasi melalui perangkat lunak ETAP 12.6.0.
3. Menentukan *payback period* sebagai indikator kelayakan investasi setelah perbaikan dilakukan menggunakan metode *up-rating* penghantar.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Penulis mengharapkan, dalam penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat untuk banyak pihak antara lain, yaitu:

1. Bagi Penulis

Dapat menganalisa Drop Tegangan dan Rugi-Rugi Daya untuk penghantar jenis AAC dan AAACS secara teoritis berdasarkan data-data yang di peroleh dari PT PLN (persero) ULP Rumbai.

2. Bagi perusahaan

Dapat digunakan sebagai bahan informasi dan masukan serta bahan pertimbangan dalam mengatasi suatu permasalahan sehingga tepat dalam melakukan penggantian penghantar.

3. Bagi Universitas Lancang Kuning

Dapat dijadikan sebagai bahan bacaan baru di perpustakaan yang nantinya tentu biasa dijadikan referensi ataupun acuan dalam penelitian dan pembelajaran mengenai bagaimana penggantian penghanta pada Jaringan Tegangan Menengah.

1.6 Sistematik Penulisan

Penulisan tugas akhir ini menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan dan batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan oleh penulisan tugas akhir ini.

BAB 2 : LANDASAN TEORI

Berisi tentang bagian yang berisi teori-teori yang ada kaitannya dengan judul tugas akhir digunakan sebagai penunjang dalam pembahasan.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Berisi tentang jenis penelitian, lokasi penelitian, pengolahan data, pengambilan data, metodologi pengelolahan data dan hasil yang diharapkan.

BAB 4 : PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian yang diperoleh dari pengolahan data yang telah dikumpulkan. Bagian ini juga mencakup analisis data berdasarkan teori yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya serta pembahasan mengenai temuan penelitian dibandingkan dengan penelitian terdahulu atau teori yang ada.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari penelitian berdasarkan hasil analisis yang menjawab rumusan masalah. Selain itu, bagian ini juga memuat saran yang dapat diberikan berdasarkan temuan penelitian, baik saran akademik untuk penelitian selanjutnya maupun saran praktis bagi pihak terkait.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis uprating konduktor pada jaringan distribusi tegangan menengah penyulang Kelinci, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penurunan Tegangan dan Rugi-Rugi Daya

Berdasarkan hasil analisis pada penyulang Kelinci, penerapan metode *up-rating conductor* menghasilkan penurunan signifikan pada jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Sebelum perbaikan, total jatuh tegangan mencapai 3,440 kV, dengan tegangan terima sebesar 17,059 kV dari tegangan pengiriman 20,5 kV, yang setara dengan persentase drop tegangan 16,78%, jauh melampaui batas toleransi SPLN 72 Tahun 1987 (maksimum 10%). Setelah perbaikan menggunakan konduktor AAAC-S 240 mm², total jatuh tegangan berkurang menjadi 1,003 kV, dengan tegangan terima meningkat menjadi 19,496 kV, setara dengan persentase *drop* tegangan 4,895%. Selain itu, rugi-rugi daya aktif dan reaktif sebelum perbaikan masing-masing tercatat sebesar 906,0412 kW dan 569,77 kVar. Setelah penerapan konduktor AAAC-S 240 mm², rugi-rugi daya aktif berhasil ditekan menjadi 195,336 kW, dan rugi-rugi daya reaktif turun menjadi 503,803 kVar. Penurunan signifikan ini menunjukkan bahwa metode *up-rating conductor* tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga meningkatkan kualitas distribusi listrik pada penyulang Kelinci secara keseluruhan.

2. Perbandingan Drop Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Berdasarkan Validasi Simulasi ETAP 12.6.0

Berdasarkan validasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0, sebelum dilakukan *up-rating conductor*, tegangan ujung penyulang tercatat sebesar 17,058 kV dengan persentase *drop* tegangan mencapai 16,78%. Rugi-rugi daya aktif (*Losses P*) mencapai 895,84 kW dan rugi-rugi daya reaktif (*Losses Q*) sebesar 501,197 kVAR. Setelah penerapan *up-rating conductor* menggunakan AAAC-S 240 mm², tegangan ujung penyulang meningkat

menjadi 19,132 kV dengan persentase *drop* tegangan yang berkurang signifikan menjadi 6,670%. Rugi-rugi daya aktif menurun menjadi 166,6 kW, dan rugi-rugi daya reaktif berkurang menjadi 484,444 kVAR. Perbaikan ini menunjukkan peningkatan efisiensi energi dan kualitas distribusi listrik pada penyulang Kelinci.

3. Nilai Hasil *Payback Period*

Berdasarkan perhitungan, penerapan metode *up-rating conductor* dengan konduktor AAAC-S 240 mm² menghasilkan penghematan biaya operasional yang signifikan setiap tahunnya. Periode pengembalian investasi (*payback period*) tercatat selama 13 bulan atau setara dengan 1,002 tahun (satu tahun satu bulan). Hal ini membuktikan bahwa metode ini tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga efisien secara ekonomi, memberikan manfaat yang signifikan dalam jangka panjang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, berikut beberapa saran yang dapat menjadi rekomendasi untuk pengembangan dan perbaikan lebih lanjut :

1. Optimalisasi Penerapan Metode *Up-Rating Conductor*

Berdasarkan hasil analisis, penerapan konduktor AAAC-S 240 mm² terbukti efektif dalam menurunkan jatuh tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada penyulang Kelinci. Oleh karena itu, disarankan agar PT PLN (Persero) mempertimbangkan untuk menerapkan metode ini secara luas pada penyulang lain yang memiliki masalah serupa. Langkah ini tidak hanya akan meningkatkan kualitas tegangan dan efisiensi energi, tetapi juga memastikan keandalan pasokan listrik kepada pelanggan secara konsisten.

2. Peningkatan Akurasi Simulasi dalam Perencanaan Jaringan Distribusi

Validasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0 menunjukkan hasil yang akurat dalam memprediksi penurunan tegangan dan rugi-rugi daya setelah penerapan *up-rating conductor*. Oleh karena itu, disarankan agar pemanfaatan perangkat lunak simulasi terus dioptimalkan dalam proses perencanaan dan analisis jaringan distribusi. Hal ini bertujuan untuk

meningkatkan akurasi dalam pengambilan keputusan teknis sebelum implementasi di lapangan, sehingga dapat meminimalkan potensi kesalahan dan memastikan hasil yang lebih optimal.

3. Evaluasi Ekonomi dan Implementasi Secara Berkelanjutan

Berdasarkan perhitungan periode pengembalian investasi (*payback period*), metode *up-rating conductor* dengan konduktor AAAC-S 240 mm² terbukti memiliki kelayakan ekonomi dengan waktu pengembalian investasi selama 13 bulan. Oleh karena itu, disarankan agar metode ini dipertimbangkan untuk diterapkan secara lebih luas pada jaringan distribusi listrik yang mengalami permasalahan serupa. Selain itu, kajian lebih lanjut dapat dilakukan untuk menilai efisiensi metode ini dalam jangka panjang, termasuk kemungkinan penggunaan konduktor alternatif dengan spesifikasi yang lebih ekonomis namun tetap memenuhi standar teknis yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- 41-10:1991, S. (1991). *Penghantar Aluminium Paduan Berselubung Polietilen Ikatan Silang (AAAC - S)*.
- Adriyansah, Mappalotteng, A. M., & Suhardi Rahman, E. (2022). *Analisis Transformator Sisipan Pada Uprating Transformator Dalam Mengatasi Overload Di PT. PLN ULP Mattoanging*. 19(3), 169–174.
- Anugrah, A. Van, Eteruddin, H., & Arlenny, A. (2020). Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci. *SainETIn*, 4(2), 65–71. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v4i2.6338>
- Badaruddin, B., & Kiswanto, H. (2015). Studi Analisa Perencanaan Instalasi Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (Sutm) 20 Kv. *Jurnal Teknologi Elektro*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.22441/jte.v6i1.773>
- Daman. (2009). Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. In *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.
- Darmana, I., & Erlinawati. (2023). *Buku Ajar Teori Dan Pratikum Rangkaian Listrik* (Vol. 1). LPPM Universitas Bung Hatta Gedung Rektorat Lt.III. <https://lppm.bunghatta.ac.id/index.php/output/buku/2023/126-buku-ajar-teori-dan-pratikum-rangkaian-listrik>
- DR.Artono Arismunandar, M. A. S., & DR. Susumu Kuwahara. (2004). Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid III: Gardu Induk. In *Buku Teknik Tenaga Listrik* (3rd ed.). PT Pradnya Paramita JalanBunga 8-8A Jakarta 13140 Anggota IKAPI.
- Myers, S. C. (2007). *Principles Of Corporate Finance* (Tenth Edit, Vol. 54, Issue Article 7). McGraw-Hill/Irwin.
- No.64, S. (1985). *SPLN 64:1985 Penilaian Petunjuk Penggunaan Pelebur Tegangan Menengah Distribusi*. 21(4), 162.
- Operation Technology, I. (2019). ETAP 12.6.0. In *Operation Technology, Inc* (Issue 10002889).
- PUIL. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik. In *Standar Nasional Indonesia*. BSN.
- Rashid, M. H. (1999). *Elektronika Daya* (2nd ed.). PT Prenhallindo.
- SPLN. (1981). *Standar Perusahaan Umum Listrik Negara*. Departemen Pertambangan Dan Energi.
- SPLN No.1. (1995). *SPLN 1:1995 Tegangan-Tegangan Standar*. 1–12. <https://idoc.pub/documents/spln-1-1995-tegangan-standar-mwl1g6ekr9lj>

- Suswanto. (2009). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. *Universitas Indonesia*, 1–35.
- Syafri, M. Al. (2019). *Analisis Simulasi Peningkatan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Menggunakan Sistem Fault Detection Insulation Restoration Di Penyulang Ogan Gardu Induk Sei Juaro PT. PLN (Persero) Palembang*. Teknik listrik.
- Syahputra, R. (2016). Tenaga Listrik. *Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik, LP3M UMY, Yogyakarta*, 249–256.
- Syufrijal Readysal Monantun. (2014). JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. In *Kementerian Pendidikan Dasar Menengah Dan Kebudayaan Republik Indonesia*. kementerian pendidikan dasar menengah dan kebudayaan republik indonesia. <https://pdfs.semanticscholar.org/0a1c/0f36298394581d93136e7414f92c2ca6366d.pdf>
- Tenda, N., Patras, L. s., & Tumailang, H. (2016). Penyusutan daya listrik pada penyulang jaringan transmisi isimu marisa. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(1), 2301–8402.
- Van.Harten, P., & Ir.E.Setiawan. (1981). *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Binacipta.
- Wildi, T. (2002). *Electrical Machines Drives And Power Systems Fifth Edition* (S. Helba (ed.); Fifth Edit). Pearson Education.
- William D Stevenson, J. (1984). *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya.
- Young, Hugh D.; Freedman, R. A. (2002). Fisika Universitas. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (pp. 5–24).