

TUGAS AKHIR

**KAJIAN TEKNIS PENAMBAHAN KAPASITOR BANK
PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT SUNRISE STEEL**



Disusun Oleh :

MOHAMAD IRFANDI NOVIANTO

NBI : 1451900090

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

KAJIAN TEKNIS PENAMBAHAN KAPASITOR BANK
PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT SUNRISE STEEL



Disusun Oleh:

Mohamad Irfandi Novianto

1451900090

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

2023

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : MOHAMAD IRFANDI NOVIANTO
NBI : 1451900090
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : KAJIAN TEKNIS PENAMBAHAN
KAPASITOR BANK PADA SISTEM
TENAGA LISTRIK DI PT SUNRISE
STEEL

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Ir. Gatut Budiomo, M.Sc.
NPP. 20450.89.0181

Dosen Pembimbing 2



Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT.
NPP. 20450.22.0860

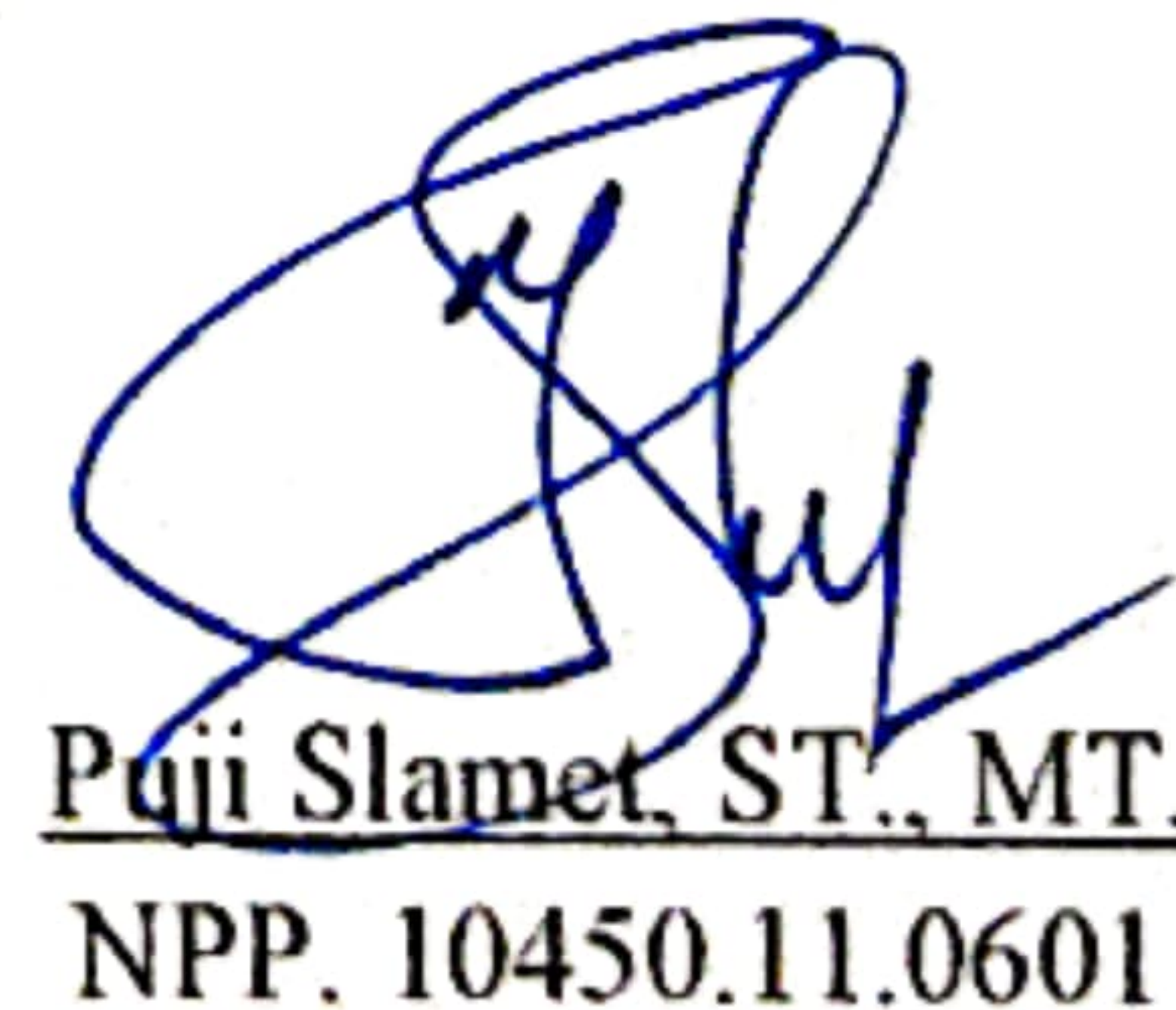
Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. H. Sajiyo, M.Kes., IPU., ASEAN eng
NPP. 20410.90.0197

Ketua
Program Studi Teknik Elektro



Puji Slamet, ST., MT.
NPP. 10450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohamad Irfandi Novianto
NBI : 1451900090
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“KAJIAN TEKNIS PENAMBAHAN KAPASITOR BANK PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT SUNRISE STEEL”

Adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 15 Juni 2023
Yang Menyatakan,



Mohamad Irfandi Novianto
NBI. 1451900090



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI**

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohamad Irfandi Novianto
NBI/NPM : 1451900090
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*)**, atas karya saya yang berjudul:

**“KAJIAN TEKNIS PENAMBAHAN KAPASITOR BANK PADA SISTEM
TENAGA LISTRIK DI PT SUNRISE STEEL”**

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentukpangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 15 Juni 2023.

Yang Menyatakan,



Mohamad Irfandi Novianto
NBI. 1451900090

ABSTRAK

Dengan banyaknya beban induktif yang dipakai yaitu motor 3 fasa dan mesin las telah menyebabkan rendahnya faktor daya pada sistem kelistrikan di PT SUNRISE STEEL. Pada industri ini terdapat 2 tempat produksi baja lapis yang bernama *Continuous Galvalume Line 1* dan *Continuous Galvalume Line 2*. Terdapat 6 trafo yang menyuplai daya pada kedua tempat tersebut, tetapi ada 2 trafo yang mempunyai faktor daya sangat rendah, dimana Trafo 1 (*Continuous Galvalume Line 2*) sudah terpasang kapasitor bank namun faktor dayanya masih rendah yakni senilai 0,67 dan Trafo 3 (*Continuous Galvalume Line 1*) senilai 0,66. Penambahan *Capasitor Bank* tentu sangat dibutuhkan guna meningkatkan nilai faktor daya pada kedua sistem kelistrikan tersebut. Pada penelitian ini menargetkan kenaikan faktor daya menjadi 0,98, dimana pada Trafo 1 (*Continuous Galvalume Line 2*) membutuhkan penambahan kapasitor 1000 kVAR dengan menggunakan teknik kompensasi manual sebanyak 10 step dan pada Trafo 3 (*Continuous Galvalume Line 1*) membutuhkan kapasitor 150 kVAR dengan menggunakan teknik kompensasi manual sebanyak 6 step. Metode kompensasi yang digunakan pada keduanya ialah metode kompensasi global, kapasitor akan dipasang pada 1 tempat yaitu pada masing-masing LVMDP keduanya. ETAP digunakan untuk mensimulasikan hasil perhitungan yang didapat dan memperoleh selisih dibawah 1% dengan hasil simulasi. Hasil penghematan ekonomis bulanan yang telah didapatkan setelah penambahan kapasitor bank pada Trafo 1 (*Continuous Galvalume Line 2*) sebanyak Rp. 424.236.735,- dan pada Trafo 3 (*Continuous Galvalume Line 1*) sebanyak Rp. 5.469.572,-.

Kata kunci: Kata Kunci: daya listrik, faktor daya, daya reaktif, kapasitor bank, efisiensi ekonomis

ABSTRACT

With the large number of inductive loads used, namely 3-phase motors and welding machines, it has caused a low power factor in the electrical system at PT SUNRISE STEEL. In this industry there are 2 coated steel production sites named *Continuous Galvalume Line 1* and *Continuous Galvalume Line 2*. There are 6 transformers that supply power in both places, but there are 2 transformers that have a very low power factor, where Transformer 1 (*Continuous Galvalume Line 2*) has installed capacitor banks but the power factor is still low at 0.67 and Transformer 3 (*Continuous Galvalume Line 1*) is 0.66. The addition of Bank Capacitors is certainly needed to increase the value of the power factor in the two electrical systems. This study targets an increase in power factor to 0.98, where Transformer 1 (*Continuous Galvalume Line 2*) requires adding 1000 kVAR capacitors using manual compensation techniques as much as 10 steps and Transformer 3 (*Continuous Galvalume Line 1*) requires 150 kVAR capacitors using manual compensation

techniques as much as 6 steps. The compensation method used in both is the global compensation method, capacitors will be installed in 1 place, namely in each LVMDP of both. ETAP is used to simulate the calculation results obtained and obtain a difference below 1% with the simulation results. The results of monthly economic savings that have been obtained after the addition of capacitor banks on Transformer 1 (Continuous Galvalume Line 2) as much as Rp. 424.236.735,- and on Transformer 3 (Continuous Galvalume Line 1) as much as Rp. 5.469.572,-.

Keywords: electrical power, power factor, reactive power, capacitor bank, economical efficiency

KATA PENGANTAR

ALHAMDULILLAHIRABBILALAMIN, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penelitian dan penulisan tugas akhir dengan judul “KAJIAN TEKNIS PENAMBAHAN KAPASITOR BANK PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT SUNRISE STEEL” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan tugas akhir ini penulis mengalami berbagai kendala, namun berkat nasihat, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak serta berkah dari ALLAH SWT sehingga semua kendala yang ada dapat teratasi. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta beserta kakak-kakak dan seluruh anggota keluarga yang telah banyak memberikan perhatian, dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Bapak Ir. Gatut Budiono, M.Sc. dan Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T, MT. selaku dosen pembimbing 1 dan 2 beserta para dosen Prodi Teknik Elektro UNTAG yang telah memberi banyak ilmu dan arahan kepada penulis, semoga bapak-bapak/ibu-ibu senantiasa sehat diberi keberkahan ilmu.
3. Bapak Agus Purwanto, selaku HRD dari PT Sunrise Steel yang bersedia menerima penulis untuk melakukan penelitian di industri terkait. Serta bapak Sunari yang telah membimbing dan mendampingi penulis selama melakukan penelitian.
4. Seluruh teman-teman Angkatan 19 terutama rekan rekan DNmax yang telah banyak memberikan masukan, bantuan, dan motivasi selama ini kepada penulis, sukses selalu untuk kita semua, KONSLET.

Dalam penyusunan tugas akhir, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dikemudian hari dan jikalau masih banyak kekurangan, penulis mengharapkan banyak saran serta kritik yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, 21 Mei 2023

Mohamad Irfandi Novianto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Kontribusi Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. DASAR TEORI.....	5
2.1. <i>State of The Art</i>	5
2.2. Sistem Tenaga Listrik.....	7
2.1.1. Daya Pada Sistem Tenaga	8
2.1.1.1. Daya Aktif.....	8
2.1.1.2. Daya Reaktif.....	9
2.1.1.3. Daya Semu	9
2.2. Kapasitor	10
2.3. Kapasitor Daya (<i>Capasitor Bank</i>)	10
2.3.1. Prinsip Kerja Kapasitor	11

2.3.2. Kapasitor <i>Shunt</i> (Paralel)	12
2.3.3. Kapasitor Seri	12
2.3.4. Metode Kompensasi Daya.....	13
2.3.4.1. Kompensasi Tetap	13
2.3.4.2. Kompensasi Otomatis	14
2.3.4.3. Kompensasi Manual	15
2.3.5. Metode Instalasi <i>Capasitor Bank</i>	15
2.3.5.1. Kompensasi Individu.....	16
2.3.5.2. Kompensasi Grup	16
2.3.5.3. Kompensasi Global	17
2.3.6. Perhitungan Daya Reaktif	18
2.4. Faktor Daya (<i>Power Factor</i>)	19
2.4.1. Faktor Daya Mendahului (<i>leading</i>)	20
2.4.2. Faktor Daya Tertinggal (<i>lagging</i>).....	21
2.4.2.1. Kerugian pada jalur penghantar (Rugi Tembaga)	21
2.4.2.2. Tingginya nilai Rating kVA yang dibutuhkan	22
2.4.2.3. Efisiensi Rendah.....	22
2.4.2.4. Mendapat <i>penalty</i> dari PLN (Penyedia Layanan Listrik).....	22
2.4.2.5. Ukuran Penghantar	22
2.4.2.6. Jatuh Tegangan (<i>Voltage Drop</i>)	22
2.5. Tegangan Listrik	23
2.6. Arus Listrik	23
2.7. Beban Listrik.....	24
2.7.1. Beban Induktif.....	25
2.7.2. Beban Kapasitif	25
2.7.3. Beban Resistif	26
BAB III. METODE PENELITIAN.....	27
3.1. Metode Penelitian.....	27

3.2. Diagram Alir Penelitian	27
3.2.1. Studi Literatur	28
3.2.2. Pengumpulan Data	28
3.2.3. Perhitungan Kapasitor yang Dibutuhkan	28
3.2.4. Simulasi Kinerja <i>Capasitor Bank</i>	29
3.2.5. Analisa Efisiensi Ekonomis	29
3.2.6. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penambahan Kapasitor	30
3.2.7. Penarikan Kesimpulan.....	30
3.3. Pengambilan Data	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Perhitungan Besaran Kapasitor	33
3.1.1. Perhitungan Daya Terpasang.....	33
3.1.3. Kompensasi Daya Reaktif.....	36
4.1.3.1 Metode Kompensasi.....	38
3.1.4. Perubahan Daya dan Arus	39
3.2. <i>Single Line Diagram</i> dan Simulasi Kinerja <i>Capasitor Bank</i>	42
3.3. Analisis Efisiensi Ekonomis.....	48
3.3.1. Batas kVAR yang diizinkan PLN	48
3.3.2. <i>Penalty</i> Kelebihan Pemakaian Daya Reaktif.....	49
3.3.3. Biaya Rekening Listrik Terpakai	50
3.3.4. Pengembalian Biaya Kapasitor	51
3.4. Perbandingan Hasil Data.....	51
BAB V. PENUTUP.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	58
Lampiran A. Surat Balasan Tempat Penelitian.	58

Lampiran B. Surat Permohonan Penelitian	59
Lampiran C. Kartu Asistensi	60
Lampiran D. Tarif PLN	61
Lampiran E. <i>Single Line Diagram</i>	62
Lampiran F. Simulasi Tiap Step Kapasitor	65
Lampiran G. Dokumentasi Penelitian.	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembagian Sistem Penyaluran Tenaga Listrik.	7
Gambar 2.2 Vektor Diagram Segitiga Daya.	8
Gambar 2.3 Kapasitor.	10
Gambar 2.4 Prinsip Kerja Kapasitor.	11
Gambar 2.5 Rangkaian Kapasitor <i>Shunt</i> (Paralel).	12
Gambar 2.6 Rangkaian Kapasitor Seri.	13
Gambar 2.7 <i>Single Line Diagram</i> Dengan Metode Kompensasi Tetap.	13
Gambar 2. 8 <i>Single Line Diagram</i> Dengan Metode Kompensasi Otomatis.	14
Gambar 2.10 <i>Single Line Diagram</i> Dengan Metode Kompensasi Manual.	15
Gambar 2.11 Pemasangan Kapasitor Bank Dengan Metode <i>Individual Compensation</i>	16
Gambar 2.12 Pemasangan Kapasitor Bank Dengan Metode <i>Group Compensation</i>	16
Gambar 2.13 Pemasangan Kapasitor Bank Dengan Metode <i>Global Compensation</i>	17
Gambar 2.14 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor.	18
Gambar 2.15 Gelombang Faktor Daya Mendahului (<i>Leading</i>).	21
Gambar 2.16 Gelombang Faktor Daya Tertinggal (<i>Lagging</i>).	21
Gambar 2.17 Rangkaian Listrik AC Dengan Beban Induktif.	25
Gambar 2.18 Rangkaian Listrik AC Dengan Beban Kapasitif.	26
Gambar 2.19 Rangkaian Listrik AC Dengan Beban Resistif.	26
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	27
Gambar 4. 1 Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Daya Semu Pada Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>).	33
Gambar 4. 2 Hasil Perhitungan Daya Aktif dan Daya Semu Pada Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>).	34
Gambar 4.3 <i>Single Line Diagram</i> Dengan Metode Kompensasi Manual Pada LVMDP Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>)	38
Gambar 4.4 <i>Single Line Diagram</i> Dengan Metode Kompensasi Manual Pada LVMDP Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>)	39

Gambar 4.5 Perbandingan Perubahan Arus dan Daya Semu pada Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>).....	40
Gambar 4.6 Perbandingan Perubahan Arus dan Daya Semu pada Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>).....	41
Gambar 4.7 Simulasi Sistem Kelistrikan Pada Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>) Sebelum Perbaikan Faktor Daya	42
Gambar 4.8 Simulasi Sistem Kelistrikan Pada Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>) Setelah Perbaikan Faktor Daya	43
Gambar 4.9 Kenaikan Faktor Daya Tiap Step Pada LVMDP Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>).....	44
Gambar 4.10 Kebutuhan Kapasitansi Tiap Step Pada LVMDP Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>).....	45
Gambar 4.11 Simulasi Sistem Kelistrikan Pada Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>) Sebelum Perbaikan Faktor Daya.....	45
Gambar 4.12 Simulasi Sistem Kelistrikan Pada Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>) Setelah Perbaikan Faktor Daya.....	46
Gambar 4.13 Kenaikan Faktor Daya Tiap Step Pada LVMDP Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>).....	47
Gambar 4.14 Kebutuhan Kapasitansi Tiap Step Pada LVMDP Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>).....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik Pada Bulan Januari – Maret 2023.....	30
Tabel 3.2 Hasil Pengambilan Data.....	31
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Penambahan Kapasitor Bank Pada Trafo 1 (<i>Continuous Galvalume Line 2</i>).....	44
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Penambahan Kapasitor Bank Pada Trafo 3 (<i>Continuous Galvalume Line 1</i>).....	46
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Kelistrikan.....	52
Tabel 4. 4 Biaya Listrik Bulanan	52