

TUGAS AKHIR

**“KONSERVASI ENERGI LISTRIK PADA INDUSTRI MINYAK KELAPA
SAWIT DENGAN PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK”**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Diajukan Oleh :

RIDO AGUS CANDRA SINURAT
NPM : 1107220055



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

ABSTRAK

Konservasi Energi Listrik Pada Industri Kelapa Sawit dengan Penghematan Energi Listrik bertujuan untuk memberikan peran yang cukup signifikan sebagai usaha penghematan energi listrik dan dilakukan analisa untuk mencari penghematan energi listrik sebagai usaha konservasi energi listrik disertai dengan studi kelayakan dari segi ekonomi dengan menggunakan metode ekonomi untuk mengevaluasi suatu proyek atau usaha yang mana semua biaya dalam kepemilikan , pengoperasian, pemeliharaan, dan pada akhirnya penjualan dari proyek tersebut dipertimbangkan untuk kepentingan pada keputusan mengenai proyek tersebut.

Kata Kunci: Konservasi, Energi Listrik, Industri Kelapa Sawit, Penghematan Energi Listrik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan mudah-mudahan berguna bagi semesta alam. Berangkaikan salam kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang mana beliau adalah contoh teladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“konservasi energi listrik pada industri minyak kelapa sawit dengan penghematan energi listrik”**.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Y.P. Sinurat dan Ibunda L. Br. Turnip, S.Pd, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah, penulis juga mengucapkan terimah kasih kepada kakak saya Melita Christina Br. Sinurat, Amkeb, Adik laki-laki saya Riski Meno Pranata Sinurat, dan Adik perempuan saya Melani Septiana Br. Sinurat, serta segenap keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis sampai saat ini.

2. Bapak Rahmatullah, S.T., MSc, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara..
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T, selaku pembimbing I yang telah memberikan wawasan dan arahan yang membangun pada penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, selaku pembimbing II yang telah memberi wawasan dan arahan yang membangun pada penyusunan tugas akhir ini.
7. Segenap Bapak & Ibu dosen serta pegawai di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Indrawati Hutabarat, S.Pd, Seseorang yang sangat spesial yang telah membantu dan memberi wawasan dan dukungan yang membangun pada tugas akhir ini.
9. Segenap teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Fakultas Teknik Elektro angkatan 2011 A1,A2, dan A3 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
10. Segenap sahabat-sahabat seperjuangan saya, Apriandi, S.T, Mahasa Nst, S.T, Yatno, S.T, Abdi Gunawan, S.T, Saat Jati Mulyo, S.T, Jaka Fadhilah Siregar, S.T, Yogi, S.T yang selalu membantu dan memberikan doa serta dukungan dan motivasi kepada penulis

11. Segenap teman-teman sejawat dan seperjuangan saya di BEM TEKNIK, khususnya Brother Hood”11 Aidil Pratama Lubis, S.T, Septian Indra Pradana, S.T, Rahmat Kurniawan Rambe, S.T, Bobby Prasetyo Tamba, S.T, Abdi Syahputra Tanjung, S.T, Juan Fadly, S.T, Yafis Furqon, S.T, Anugrah Junanda, S.T, M.Arif Prasetyo, S.T, Eko Pramono, S.T.
12. Segenap adinda- adinda sejawat dan seperjuangan saya di BEM TEKNIK Khususnya Pejuang Senyum”12, Sektor”13, dan kawan- kawan ketiga HMJ.
13. Segenap teman-teman sejawat dan seperjuangan saya di Kost”184 khusus nya Ando Sitohang, S.T, Ebtan Sihotang, S.Pd, M.Pd, Grada Turnip, SST, Halason, S.Pd, Adi Marbun, Sabar Gea, Erik Doloksaribu.
14. Segenap teman-teman sejawat dan seperjuangan saya di Punguan Naposo Silahisabungan Medan (NSM) Sekitarnya.

Penulis telah berupaya semaksimal mungkin dalam menyelesaikan skripsi ini, namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini di sebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak untuk memperbaiki skripsi ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat menambah dan memperkaya pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 30 Oktober 2017

Penulis

Rido A.C Sinurat

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metode Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	7
2.2 Pengertian Konservasi Energi Listrik	8
2.3 Audit Energi Listrik	9
2.4 Energi Listri, Beban Listrik, dan Biaya Listrik	9
2.5 Tarif Listrik	11
2.6 Pengaruh Kualitas Daya Listrik	12
2.6.1 Faktor Daya	14

2.6.2 Distorsi Harmonik	16
2.6.3 Motor Listrik	17
2.6.4 Pembebanan Motor	18
2.7 Interaksi Pertimbangan Teknis dan Ekonomis	19
2.7.1 Faktor Kebutuhan	19
2.7.2 Faktor Keragaman Beban	20
2.7.3 Faktor Beban	22
2.8 Analisis Biaya Siklus Hidup	22
2.8.1 Penentuan Periode Analisis	23
2.8.2 Perkiraan Biaya Pada Analisis Biaya Siklus Hidup	24
2.8.3 Perhitungan Nilai Uang Terhadap Waktu Sekarang	25
2.8.3.1 <i>Single Present Value (SPV)</i>	25
2.8.3.2 <i>Uniform Present Value (UPV)</i>	25
2.8.4 Analisis Biaya Siklus Hidup.....	26
2.8.4.1 <i>Perhitungan Biaya Siklus Hidup</i>	26
2.8.4.2 <i>Perhitungan Parameter Suplemerter</i>	27
2.8.5 Keputusan Berdasarkan Analisis Biaya Siklus Hidup....	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jadwal dan Lokasi Penelitian	30
3.2 Metode Menentukan Pemakaian Listrik	30
3.2.1 Penggunaan Arus, Tegangan, dan Faktor Daya	30
3.2.2 Observasi (Pengamatan)	30
3.2.3 Wawancara	30
3.2.4 Diagram Alir Penelitian.....	31

BAB IV ANALISA DAN HASIL

4.1 PT. Multimas Nabati Asahan	32
4.4.1 Produksi	32
4.4.2 Hasil Produksi	32
4.2 Penggunaan Energi Listrik	33
4.2.1 Biaya Energi Listrik	34
4.2.2 Konsumsi Energi Spesifik	34
4.2.3 Hasil Pengukuran Besaran Listrik	35
4.2.4 Faktor Daya	35
4.2.5 Distorsi Harmonik	36
4.2.6 Daya	36
4.3 PT. SOCFIN INDONESIA (SOCFINDO)	37
4.3.1 Produksi	38
4.3.2 Hasil Produksi	38
4.4 Penggunaan Energi Listrik	39
4.4.1 Biaya Energi Listrik	39
4.4.2 Konsumsi Energi Spesifik	40
4.4.3 Hasil Pengukuran Besaran Listrik	40
4.4.4 Faktor Daya	41
4.4.5 Distorsi Harmonik	41
4.4.6 Daya	42
4.5 PT. Multimas Nabati Asahan	43
4.1.2 Analisa Sistem Kelistrikan	43
4.6 Perbaikan Faktor Daya	44

4.6.1 Analisa Kondisi Eksisting	44
4.6.2 Bentuk Konservasi	47
4.6.3 Analisa Biaya Siklus Hidup	47
4.7 Perbaikan Distorsi Harmonik	51
4.7.1 Analisa Kondisi Eksisting	51
4.7.2 Bentuk Konservasi	52
4.7.3 Analisa LCC	52
4.8 Resume Konservasi Pada PT. Multimas Nabati Asahan	57
4.9 PT. SOCFIN INDONESIA (SOCFIDO)	59
4.9.1 Analisa Sistem Kelistrikan	59
4.9.2 Optimalisasi Kapasitas Terpasang	59
4.9.3 Analisa Kondisi Eksisting	60
4.9.4 Bentuk Konservasi	60
4.9.5 Analisa LCC	61
4.10 Perbaikan Faktor Daya	65
4.10.1 Analisa Kondisi Eksisting	65
4.10.2 Bentuk Konservasi.....	66
4.10.3 Analisa LCC	66
4.11 Pemasangan Variabel Speed Drive.....	71
4.7.1 Analisa Kondisi Eksisting dan Bentuk Konservasi	71
4.7.2 Analisa LCC	72
4.12 Resume Konservasi Pada PT.Socfindo Tanah Gambus	76
4.13 Resume Perubahan Konservasi Energi Spesifik.....	77

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Faktor Daya	11
Gambar 2.2 Upaya Peningkatan Faktor Daya.....	15
Gambar 2.3 Pembentukan Gelombang Terdistorsi Harmonik.....	16
Gambar 2.5 Ilustrasi Keragaman Beban	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Produksi PT.Multimas Nabati Asahan.....	30
Gambar 3.2.4 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.13 Diagram Alir Proses Produksi PT.Socfindo Tanah Gambus	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil Produksi PT.Multimas Nabati Asahan	33
Tabel 4.2 Penggunaan Energi Listrik PT.Multimas Nabati Asahan	33
Tabel 4.3 Biaya Energi Listrik PT.Multimas Nabati Asahan	34
Tabel 4.4 Konsumsi Energi Spesifik PT. Multimas Nabati Asahan	34
Tabel 4.5 Data Pengukuran Arus PT. Multimas Nabati Asahan.....	35
Tabel 4.6 Data Pengukuran Tegangan PT. Multimas Nabati Asahan.....	35
Tabel 4.7 Data Pengukuran Faktor Daya PT. Multimas Nabati Asahan.....	35
Tabel 4.8 Data Pengukuran THD Arus PT. Multimas Nabati Asahan	36
Tabel 4.9 Data Pengukuran Daya Kompleks PT. Multimas Nabati Asahan.....	36
Tabel 4.10 Data Pengukuran Daya Aktif PT. Multimas Nabati Asahan.....	36
Tabel 4.11 Data Pengukuran Daya Reaktif PT. Multimas Nabati Asahan	36
Tabel 4.12 Hasil Produksi PT.Socfindo Tanah Gambus.....	38
Tabel 4.13 Penggunaan Energi Listrik PT. Socfindo Tanah Gambus	39
Tabel 4.14 Biaya Energi Listrik PT.Socfindo Tanah Gambus.....	39
Tabel 4.15 Konsumsi Energi Spesifik PT.Socfindo Tanah Gambus	40
Tabel 4.16 Data Pengukuran Arus PT.Socfindo Tanah Gambus.....	40
Tabel 4.17 Data Pengukuran Tegangan PT.Socfindo Tanah Gambus.....	40
Tabel 4.18 Data Pengukuran Faktor Daya PT.Socfindo Tanah Gambus.....	41
Tabel 4.19 Data Pengukuran THD Arus PT.Socfindo Tanah Gambus.....	41
Tabel 4.20 Data Pengukuran Daya Kompleks PT.Socfindo Tanah Gambus.....	42
Tabel 4.21 Data Pengukuran Daya Aktif PT.Socfindo Tanah Gambus.....	42
Tabel 4.22 Data Pengukuran Daya Reaktif PT.Socfindo Tanah Gambus	42

Tabel 4.23	Perhitungan biaya siklus hidup pemasangan kapasitor bank pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun ...	46
Tabel 4.24	Perhitungan penghematan pemasangan kapasitor bank pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun.....	47
Tabel 4.25	Perhitungan waktu balik modal pemasangan kapasitor bank pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15%	48
Tabel 4.26	Perhitungan biaya siklus hidup pemasangan filter harmonik pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun....	53
Tabel 4.27	Perhitungan penghematan pemasangan filter harmonik pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun....	54
Tabel 4.28	Perhitungan waktu balik modal pemasangan filter harmonik pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun....	55
Tabel 4.29	Resume konservasi energi listrik PT.Multimas Nabati Asahan.....	58
Tabel 4.30	Perhitungan biaya siklus hidup untuk penurunan pelanggan pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.	62
Tabel 4.31	Perhitungan penghematan untuk penurunan pelanggan pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.	63
Tabel 4.32	Perhitungan waktu balik modal untuk penurunan pelanggan pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.	64
Tabel 4.33	Perhitungan biaya siklus hidup pemasangan kapasitor bank pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.	67
Tabel 4.34	Perhitungan penghematan pemasangan kapasitor bank pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.	68

Tabel 4.35	Perhitungan waktu balik modal pemasangan kapasitor bank pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15%.....	70
Tabel 4.36	Perhitungan biaya siklus hidup pemasangan VSD pada PT.Socfindo Tanah Gambus, tingkat pemotongan 15% per tahun....	72
Tabel 4.37	Perhitungan penghematan pemasangan VSD/ASD pada PT.Socfindo Tanah Gambus, tingkat pemotongan 15% per tahun....	73
Tabel 4.38	Perhitungan waktu balik modal pemasangan VSD pada PT.Socfindo Tanah Gambus, tingkat pemotongan 15% per tahun....	75
Tabel 4.39	Resume konservasi energi listrik PT.Socfindo Tanah Gambus.....	76
Tabel 4.40	Penurunan nilai KES setelah konservasi energi listrik.	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi suatu negara tidak bisa lepas dari penggunaan energi tersebut. Namun bukan berarti negara banyak menggunakan energi merupakan negara yang memiliki tingkat perekonomian yang maju. Pada tahun 50-an sampai dengan tahun 60-an pemakaian energi meningkat dengan pesat untuk mendorong proses industrialisasi dan efisiensi penggunaan energi tidak menjadi masalah yang begitu dipersoalkan, hal ini dikarenakan harga energi yang mayoritas didominasi oleh minyak bumi relatif murah. Namun, pada tahun 1973 terjadi “Kemelut Energi” di dunia yang mengubah jalan pikiran bahwa energi akan senantiasa mudah didapat dengan harga murah, karna ketersediaan energi bukan tanpa batas. Sejak era energi mahal tersebut, banyak negara berupaya untuk memanfaatkan energi yang diperlukan untuk daya guna yang lebih tinggi. Oleh karna itu, mulai digalakkan konservasi energi diberbagai negara.

Tingkat efisiensi pemakaian energi suatu negara dapat digambarkan dengan indeks pemakaian energi atau elastisitas energi, yang merupakan perbandingan antara pemakaian atau konsumsi energi terhadap hasil yang diperoleh dari pemakaian energi tersebut. Pemakaian energi di indonesia tergolong boros karena elastisitasnya masih tinggi.

Di indonesia, konservasi energi mulai dicanangkan secara nasional pada tahun 1981, dan merupakan salah satu kebijakan umum di bidang energi yang diterapkan pemerintah Indonesia sampai sekarang. Pada tahun 2005, presiden mengeluarkan inpres no 10/2005 yang memerintahkan agar dilakukan

penghematan energi diinstansi-instansi pemerintah pusat maupun daerah, serta dilakukan sosialisasi kepada masyarakat mengenai program-program penghematan energi.

Bidang industri merupakan konsumen energi yang besar karena sektor industri memakai lebih kurang 30% dari seluruh keperluan energi primer. Hal ini berarti, konservasi energi pada sektor industri cukup berarti dalam usaha penghematan energi listrik. Selain itu sektor industri terdiri atas konsumen yang besar-besar dengan jumlah relatif sedikit sehingga penanganan konservasi energi menjadi lebih mudah. Sektor industri dapat dibagi menurut konsumsi energinya, yaitu industri yang padat energi dan industri yang tidak padat energi. Industri yang padat energi contohnya adalah pabrik besi dan baja, minyak kelapa sawit, pabrik semen, pabrik pulp dan kertas dan peleburan aluminium. Sedangkan industri yang tidak padat energi contohnya adalah industri makanan, tekstil, dan industri lain selain yang diatas. Pada umumnya industri besar telah memiliki suatu badan yang mengelola pemakaian energinya, sedangkan industri kecil dan menengah belum memiliki badan semacam ini.

Konservasi energi dapat dilakukan baik di sisi penyedia listrik ataupun di sisi permintaan daya listrik. Skripsi ini melakukan penelitian peluang-peluang usaha konservasi energi pada sisi permintaan daya, khususnya sektor industri padat energi, yang mengambil studi kasus pada industri minyak kelapa sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil dari konservasi energi listrik pada industri minyak kelapa sawit dengan penghematan energi listrik:

1. Bagaimanakah penghematan energi listrik pada sisi permintaan daya listrik?
2. Bagaimanakah menganalisa kelayakan penghematan energi dari segi teknis dan dari segi ekonomi dengan menggunakan analisis biaya siklus hidup?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari konservasi energi listrik pada industri minyak kelapa sawit dengan penghematan energi listrik :

1. Mengetahui penghematan energi listrik yang ada pada sisi permintaan daya listrik.
2. Memberikan beberapa rekomendasi penghematan energi dari segi teknis dan dari segi ekonomi dengan menggunakan analisis biaya siklus hidup.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup permasalahan dan mencegah kemungkinan meluasnya masalah ataupun penyimpangan dari fokus pembahasan konservasi energi listrik pada industri minyak kelapa sawit dengan penghematan energi listrik, maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Konservasi energi listrik dilakukan melalui proses audit energi listrik.
2. Pola penggunaan energi pada industri kelapa sawit dengan tinjauan konsumsi energi spesifik (KES).

3. Proses produksi pada industri kelapa sawit, hanya dibahas secara garis besar berkenaan dengan pemakaian energi listrik.
4. Masalah kualitas daya dan metode-metode umum yang telah ada dalam meningkatkannya.
5. Motor listrik, sebatas pemakaian energi dan kapasitas ratingnya. Masalah rugi-rugi daya secara mikro tidak dibahas.
6. Harga listrik dari PLN dan harga energi pembangkit sendiri.
7. Stabilitas sistem tidak dibahas.
8. Metode analisis kelayakan dari sudut pandang ekonomi menggunakan acuan *“Siklus Hidup Biaya Manual Untuk Program Manajemen Energi Federal”*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari konservasi energi listrik pada industri minyak kelapa sawit dengan penghematan energi listrik ini adalah :

1. Menambah wawasan tentang bagaimana cara untuk dapat lebih mudah mempelajari tahapan-tahapan dalam proses produksi industri kelapa sawit yang menggunakan energi listrik.
2. Mengetahui kebijakan-kebijakan yang telah dilakukan oleh industri dan pemerintah dalam usaha konservasi energi listrik.
3. Menambah wawasan tentang cara penggunaan metode analisis biaya siklus hidup.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penulisan penelitian ini digunakan beberapa metode sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Metode ini dilakukan penulis untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan. Pada skripsi ini digunakan data-data dari perusahaan-perusahaan yang penulis buat dengan melakukan uji coba langsung.

2. Studi Pustaka

Pengolahan data dilakukan untuk memperoleh parameter-parameter yang digunakan dalam analisa teknis dan analisa ekonomis, sedangkan analisa berisikan peluang-peluang yang dapat dilakukan sebagai usaha konservasi energi serta studi kelayakan sebagai acuan dalam melakukan penyusunan laporan.

1.7 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan ini terdiri dari 5 bab, dengan tujuan untuk mempermudah dalam pembahasan. Adapun sistematika penulisan tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi Latar Belakang, Tujuan Penulisan, Rumusan Masalah, Pembatasan Masalah, Metode Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai dasar-dasar teori yaitu pembahasan konservasi energi listrik, pembahasan tentang energi listrik dan metode analisis biaya siklus hidup.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menerangkan lokasi dilaksanakannya penelitian, serta berisikan tahapan penggunaan energinya, data-data penelitian, jalannya penelitian dan jadwal penelitian.

BAB IV : ANALISIS DAN HASIL UJI COBA

Pada bab ini berisikan pengolahan data dan analisa konservasi energi listrik yang dapat dilakukan dari segi teknis dan kelayakan dari segi ekonomis.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran tentang konservasi energi listrik pada industri minyak kelapa sawit dengan meningkatkan efisiensi dan kualitas daya listrik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Konservasi energi sebagai sebuah pilar manajemen energi nasional belum mendapat perhatian yang memadai di Indonesia. Manajemen energi di tanah air selama ini lebih memprioritaskan pada bagaimana menyediakan energi atau memperluas akses terhadap energi kepada masyarakat. Hal ini diwujudkan antara lain melalui peningkatan eksploitasi bahan bakar fosil atau pembangunan listrik perdesaan. Konsumsi energi di sisi yang lain masih dibiarkan meningkat dengan cepat, lebih cepat daripada pertumbuhan ekonomi. Ini ditunjukkan misalnya oleh permintaan terhadap tenaga listrik.

Konservasi energi akan mendatangkan manfaat bukan hanya untuk masyarakat yang konsumsi energi per kapitanya telah sangat tinggi, namun juga oleh negara yang konsumsi energi per kapitanya rendah, seperti Indonesia. Dengan melakukan konservasi maka seolah-olah kita menemukan sumber energi baru. Bila Indonesia dapat menghemat konsumsi BBM nya sekitar 10 persen saja, maka itu berarti akan menemukan lapangan minyak baru yang dapat memproduksi sekitar 150.000 barel per hari, yang dalam kenyataannya membutuhkan biaya yang cukup besar untuk eksplorasi dan memproduksinya. Biaya yang dapat dihemat dengan melakukan konservasi sangat besar.

Konservasi energi bermanfaat bukan hanya untuk menekan konsumsi dan biaya konsumsi energi, namun juga memberikan dampak yang lebih baik terhadap lingkungan. Salah satu faktor yang membuat konservasi energi tidak berkembang di Indonesia adalah adanya pandangan di kalangan masyarakat bahwa Indonesia

adalah negara yang dianugerahi dengan kekayaan sumberdaya energi yang berlimpah, dan karena itu menggunakan energi secara hemat tidak dianggap sebagai sebuah keharusan.

Pemahaman konservasi energi sebagai tindakan praktis juga belum berkembang di kalangan masyarakat karena masih langkanya penyebaran informasi atau kampanye mengenai teknik-teknik konservasi energi. Peraturan perundang-undangan mengenai konservasi energi pun belum dikembangkan. Demikian pula, pembentukan Badan Khusus di kalangan pemerintah/ swasta yang menangani masalah konservasi energi juga belum didirikan. Kerugian karena tidak menerapkan program konservasi energi sebetulnya sudah dirasakan di tanah air. Berapa kerugian karena tidak melakukan konservasi energi dengan benar merupakan angka yang belum pernah kita hitung.

2.2 Pengertian

Menurut bahasa konservasi berarti pengawetan, perlindungan, atau pengekalan. Konservasi energi berarti menggunakan energi secara efisien dengan tidak menurunkan fungsi energi itu sendiri secara teknis namun memiliki tingkat ekonomi yang serendah- rendahnya, dapat di terima oleh masyarakat serta tidak pula mengganggu lingkungan. Sehingga konservasi energi listrik adalah penggunaan energi listrik dengan efisiensi tinggi melalui langkah- langkah penurunan berbagai kehilangan energi listrik pada semua taraf pengolahan, mulai dari pembangkit, pengiriman (transmisi), sampai dengan pemanfaatan. Dengan kata lain yang lebih sederhana konservasi energi listrik adalah penghematan energi listrik.

Banyak upaya- upaya yang dapat dilakukan dalam konservasi energi listrik, upaya tersebut dapat dilakukan baik di sisi penyedia listrik ataupun di sisi kebutuhan daya listrik. Dalam skripsi ini usaha konservasi energi listrik yang dibahas adalah pada sisi konsumen dan salah satu teknik konservasi energi listrik adalah *auditing* atau pemeriksaan tingkat penggunaan energi untuk menghasilkan suatu produk.

2.3 Audit Energi listrik

Audit energi listrik adalah suatu metode untuk mengetahui dan mengevaluasi efektivitas dan efisiensi pemakaian energi listrik di suatu tempat.

Tahapan audit energi adalah sebagai berikut :

- Survey data lapangan dan pengukuran.
- Analisis peluang penghematan.
- Analisis keuangan.
- Implementasi proyek audit.
- Evaluasi dan perkembangan proyek.

2.4 Energi Listrik, Beban Listrik, Dan Biaya Listrik

Daya listrik pada sistem tenaga listrik bolak- balik tiga fasa terdiri dari tiga komponen, yaitu daya kompleks, daya aktif, dan daya reaktif. Yang dimaksud dengan daya kompleks adalah jumlah tegangan dan arus yang digunakan untuk diubah energi listrik per satuan waktu. Daya kompleks mengandung komponen real dan imajiner dari daya yang diberikan.

$$S = 3 \cdot V_{RMS} \cdot I_{RMS}^* \dots\dots\dots (2.1)$$

$$S = P + jQ \dots\dots\dots (2.2)$$

$$S = S \cos \varphi + jS \sin \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

$$E = P \cdot t \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana,

V_{RMS} = Tegangan RMS

I_{RMS} = Arus RMS

S = Daya kompleks

P = Daya real

Q = Daya imajiner

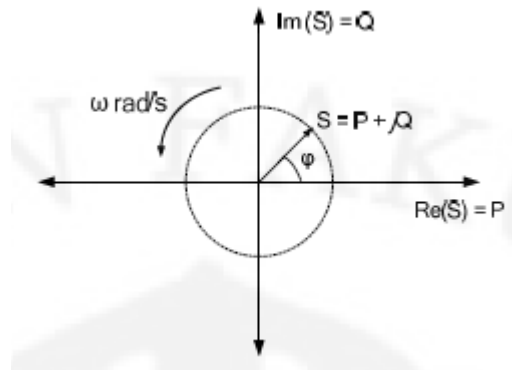
E = Energi listrik

t = Waktu atau periode

φ = Perbedaan sudut fasa antara tegangan dan arus

Daya aktif disebut juga daya real, sedangkan daya reaktif adalah daya imajiner. Daya aktif adalah daya yang bekerja, sedangkan daya reaktif adalah daya yang timbul akibat penggunaan beban- beban reaktif seperti induktor dan kapasitor. Daya reaktif muncul Karena adanya pergeseran fasa antara tegangan dan arus yang dihasilkannya sehingga menyebabkan adanya daya yang berlawanan arah dengan daya yang disuplai.

Diagram faktor dari komponen daya adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram faktor daya

2.5 Tarif Listrik

Biaya listrik dikenakan kepada pelanggan yang menggunakan listrik yang bersumber dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Biaya listrik terdiri dari dua komponen yaitu Biaya awal dan Biaya perbulan, penjelasan untuk kedua biaya tersebut adalah sebagai berikut :

a. Biaya awal

Biaya awal merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh konsumen listrik untuk mendapatkan suplai listrik dari penyedia listrik pada waktu awal. Biaya awal terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Biaya penyambungan.
2. Biaya jaminan listrik.

b. Biaya perbulan (pemakaian)

Biaya perbulan merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap bulan, biaya ini terdiri dari beberapa komponen yaitu :

1. Biaya beban (Abonemen).
2. Biaya pemakaian (kWh).
3. Biaya kelebihan pemakaian kVArh.

4. Biaya pemakaian trafo jika ada.
5. Biaya lain- lain.
 - a) Biaya pajak penerangan jalan
 - b) Biaya materai
 - c) Biaya pajak pertambahan nilai

2.6. Pengaruh Kualitas Daya Listrik

Dalam industri kualitas daya listrik sangat diperhatikan, karena akan berdampak langsung pada mesin mesin produksi, serta keefektifan proses produksi. Banyak hal yang dapat mempengaruhi kualitas daya, kestabilan tegangan.

Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas daya yang diterima oleh konsumen. Kualitas Daya yang baik, antara lain meliputi: kapasitas daya yang memenuhi dan tegangan yang selalu konstan dan nominal.

Tegangan harus selalu di jaga konstan, terutama rugi tegangan yang terjadi di ujung saluran. Tegangan yang tidak stabil dapat berakibat merusak alat-alat yang peka terhadap perubahan tegangan (khususnya alat-alat elektronik). Demikian juga tegangan yang terlalu rendah akan mengakibatkan alat-alat listrik tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya.

Salah satu syarat penyambungan alat-alat listrik, yaitu tegangan sumber harus sama dengan tegangan yang dibutuhkan oleh peralatan listrik tersebut. Tegangan terlalu tinggi akan dapat merusak alat-alat listrik.

Perubahan frekuensi akan sangat dirasakan oleh pemakai listrik yang orientasi kerjanya berkaitan/bergantung pada kestabilan frekuensi. Konsumen kelompok ini biasanya adalah industri-industri yang menggunakan mesin-mesin otomatis dengan menggunakan setting waktu/frekuensi.

Kualitas daya yang baik juga harus dapat mengantisipasi timbulnya pengaruh harmonisa yang akhir-akhir ini sudah mulai menggejala. Pengaruh harmonisa disebabkan oleh adanya alat-alat elektronik, penyearah, UPS dan sebagainya.

Ada pun pendapat lain mengatakan bahwa faktor yang mempengaruhi kualitas daya listrik :

- Konsumen listrik menjadi semakin sadar akan masalah kualitas daya seperti adanya fluktuasi tegangan, interupsi dan transient. Selain itu, banyak pemerintah di suatu negara yang telah merevisi kebijakannya untuk semakin mendorong peningkatan kualitas daya sesuai dengan batas dan standar yang ditetapkan.
- Penekanan pada efisiensi sistem tenaga listrik secara keseluruhan telah mendorong pemakaian high-efficiency device, adjustable-speed motor drive dan kapasitor paralel untuk mengoreksi faktor daya dan mengurangi losses. Sebagai akibatnya, muncul peningkatan level harmonik pada sistem tenaga listrik yang mengancam operasi, kehandalan dan keamanan sistem.
- Beban peralatan modern menggunakan pengendali berbasis mikroprosesor dan alat elektronika daya yang lebih sensitif terhadap perubahan kualitas daya.

- Otomasi dan efisiensi bergantung pada komponen digital yang membutuhkan pasokan arus searah. Oleh karena daya yang dibangkitkan dan dikirimkan berupa daya AC, maka suplai daya AC harus diubah menjadi bentuk DC terlebih dahulu untuk dapat digunakan oleh beban DC. Oleh sebab itu, akan banyak diperlukan adanya konverter yang dapat semakin meningkatkan level harmonik dan dapat menyebabkan distorsi gelombang fundamental menjadi semakin parah.

Masalah kualitas daya yang berhubungan dengan deviasi frekuensi adalah adanya harmonik dan adanya penyebab lain yang mengakibatkan penyimpangan dari frekuensi suplai yang diharapkan. Sedangkan kualitas daya yang berkaitan dengan besarnya tegangan dapat berupa fluktuasi tegangan, khususnya yang menyebabkan terjadinya flicker.

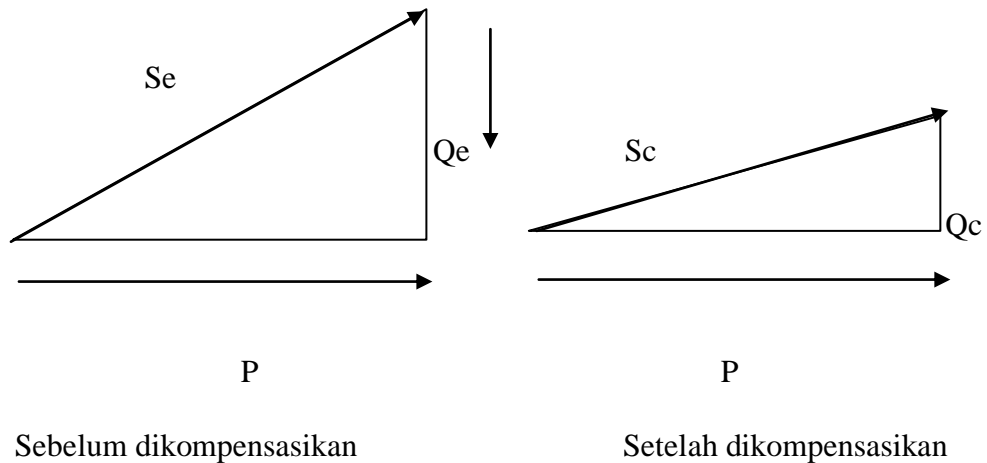
Masalah tegangan lainnya adalah voltage sag, interupsi dalam waktu singkat dan adanya fenomena transient pada tegangan. Diantara masalah-masalah tersebut, dua masalah kualitas daya yang menjadi perhatian utama adalah voltage sag dan harmonik. Diperlukan Maintenance secara berkala untuk tetap menjaga kestabilan daya listrik di industri.

2.6.1 Faktor Daya

Daya reaktif akan dikirim dari sumber ke beban, walaupun tidak akan di data pada alat ukur energi seperti layaknya daya aktif. Magnitude dari daya reaktif ini meningkat seiring dengan menurunnya faktor daya. Adanya energi yang terbuang karena adanya daya reaktif ini menyebabkan beberapa penyuplai listrik memberikan penalti berupa denda kepada konsumen yang memiliki faktor daya relatif rendah. Selain itu keadaan ini akan meningkatkan rugi- rugi pada jaringan

listrik karena meningkatnya arus yang dikirimkan. Oleh karena itu, penghematan energi yang cukup signifikan dapat dilakukan dengan meningkatkan faktor daya.

Peningkatan faktor daya dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor parallel pada sisi beban. Perbaikan tersebut dapat dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Upaya peningkatan faktor daya dengan pemasangan kapasitor

Faktor daya di rumuskan sebagai berikut :

$$\text{Faktor daya (Power Factor)} = \cos \varphi = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (2.5)$$

Ukuran dari kapasitor yang digunakan untuk mengkompensasi faktor daya dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q_C = P (\tan[\cos^{-1} PF_{ex}] - \tan [\cos^{-1} PF_{comp}]) \dots \dots \dots (2.6)$$

Penghematan rugi-rugi jaringan yang dapat direduksi dengan peningkatan faktor daya ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\% \text{ Loss reduction} = \left[1 - \left(\frac{PF_{ex}}{PF_{comp}} \right)^2 \right] \times 100 \% \dots \dots \dots (2.7)$$

Di Indonesia, PLN mengenakan biaya kelebihan daya reaktif kepada para konsumen yang mempunyai faktor daya kurang dari 85%. Hal ini karena penyedia listrik (PLN) harus mengirimkan daya kompleks (kVA) yang

lebih besar untuk memenuhi kebutuhan energi listrik atau daya aktif (kW) yang tetap apabila faktor dayanya buruk.

2.6.2 Distorsi Harmonik

Distorsi gelombang (berdasarkan IEC 702-07-43) adalah perubahan bentuk sebuah sinyal yang tidak disengaja dan umumnya tidak disadari dengan referensi sinyal fundamental 50/60 hz. Distorsi gelombang yang utama antara lain harmonik, interharmonik dan komponen DC.

Komponen harmonik atau biasa disebut harmonik adalah gelombang yang mempunyai frekuensi kelipatan bilangan asli terhadap frekuensi dasar.

Persamaan frekuensi harmonik adalah :

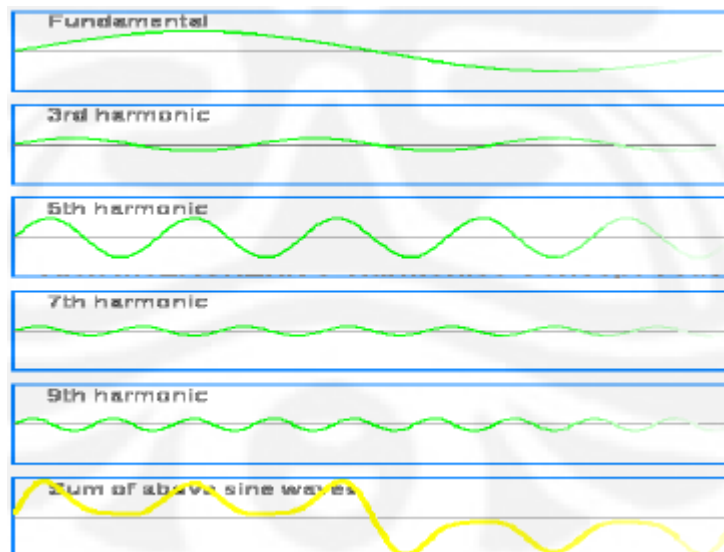
$$h = n \times f \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan :

h : frekuensi harmonik orde ke-n

f : frekuensi fundamental sistem (50 Hz atau 60 Hz)

n : orde harmonic



Gambar 2.3 Pembentukan gelombang terdistorsi harmonik

Parameter dalam pengukuran harmonik yang paling umum digunakan adalah Total Harmonic Distortion (THD), yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h \rightarrow \infty} M_h^2}}{M_1} \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan M dapat berupa arus atau tegangan.

Nilai RMS besaran yang terdistorsi dapat dinyatakan dengan

$$\text{Nilai RMS} = \sqrt{\sum_{h>1}^{h \rightarrow \infty} M_h^2} = M_1 \sqrt{1 + THD^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Distorsi harmonik dapat dikurangi dengan menggunakan filter harmonik.

2.6.3 Motor Listrik

Motor induksi merupakan motor yang umum digunakan pada sektor industri. Motor induksi memiliki karakteristik induktif sebagai akibat dari penggunaan kumparan pada konstruksinya yang menghasilkan medan magnet yang memutar rotor. Salah satu parameter yang penting untuk mengidentifikasi motor listrik selama pembebanan penuh adalah efisiensi konversi dari motor (η)

Efisiensi konversi adalah perbandingan antara daya mekanis terhadap daya aktif elektris yang dikonsumsi oleh motor.

$$\eta = \frac{P_{mechanical}}{P_{electrical}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Oleh karena adanya rugi- rugi daya pada motor (seperti friksi dan rugi inti), efisiensi motor memiliki nilai yang berbeda-beda untuk setiap jenis motor, berkisar antara 75% - 95%, dan bergantung dari ukuran motor.

Peningkatan efisiensi dari motor dapat dilakukan dengan merancang motor dengan material yang lebih baik. Jenis motor ini dikenal dengan nama motor

efisiensi tinggi atau motor premium. Namun, harga motor premium lebih mahal sekitar 10% - 30% dari pada motor listrik biasa.

2.6.3 Pembebanan motor

Kebanyakan motor yang digunakan pada industri mendapat pembebanan yang bervariasi. Apabila motor bekerja dalam keadaan terbeban penuh, maka efisiensi konversi motor akan tinggi, namun apabila motor bekerja tanpa beban efisiensi motor akan rendah. Hal ini dikarenakan motor akan tetap menyerap daya aktif listrik yang sama sehingga terjadi pemborosan energi. Untuk itu dapat digunakan pengendali pada motor agar daya input motor dapat diselesaikan dengan kebutuhan daya output atau daya mekanisnya. Keuntungan dari penggunaan pengendali motor antara lain adalah mengurangi rugi-rugi daya pada saat keadaan tanpa beban, mengurangi rugi-rugi daya akibat panas, mengurangi tegangan dan arus awal motor, dan meningkatkan efisiensi konversi antara daya mekanis terhadap daya listrik.

Pengendali yang umum digunakan adalah *Adjustable-Speed Driver* (ASD). Penggunaan ASD memberikan beberapa keuntungan dalam mengatur efisiensi system, terutama efisiensi konversi motor listrik. ASD dapat memberikan efisiensi yang lebih tinggi, biaya operasi yang rendah, kemudahan dalam mengendalikan motor, dan tidak membutuhkan tingkat pemeliharaan yang tinggi. ASD dapat meningkatkan efisiensi penggunaan motor sampai dengan 30%, sedangkan untuk dapur listrik, ASD dapat memberikan penghematan sampai dengan 50%.

2.7. Interaksi Pertimbangan Teknis dan Ekonomi

2.7.1 Faktor kebutuhan

Kebutuhan daya atau permintaan daya adalah penggunaan beban (dalam kW atau kVA) yang dirata-rata dalam interval waktu tertentu yang pendek, dan kebutuhan daya rata-rata dalam periode waktu tertentu (biasanya selama satu bulan atau satu tahun). Sedangkan permintaan maksimal didefinisikan sebagai nilai terbesar dari seluruh kebutuhan daya yang terjadi selama periode waktu yang ditentukan. Harus dimengerti dengan jelas bahwa nilai kebutuhan daya maksimum bukanlah nilai seketika, akan tetapi adalah nilai daya rata-rata maksimum yang terjadi pada suatu periode tertentu.

Sedangkan faktor kebutuhan adalah perbandingan kebutuhan maksimum yang terjadi terhadap tingkat nilai beban yang terpasang.

$$\text{Kebutuhan Rata-Rata} = \frac{\text{Energi yang dikonsumsi dalam satu periode}}{\text{Periode}} \dots (2.12)$$

$$\text{Faktor Kebutuhan} = \frac{\text{Kebutuhan Maksimum}}{\text{Kapasitas Terpasang}} \dots (2.13)$$

Faktor kebutuhan muncul karena pada keadaan sebenarnya nilai maksimum kebutuhan daya dari peralatan listrik atau konsumen biasanya lebih rendah dari nilai kapasitas terpasang. Hal ini dikarenakan oleh dua hal, yang pertama adalah untuk cadangan jika terjadi beban lebih dan yang kedua adalah karena jarang ada keadaan dimana seluruh peralatan listrik digunakan secara bersamaan pada satu waktu.

2.7.2 Faktor Keragaman Beban

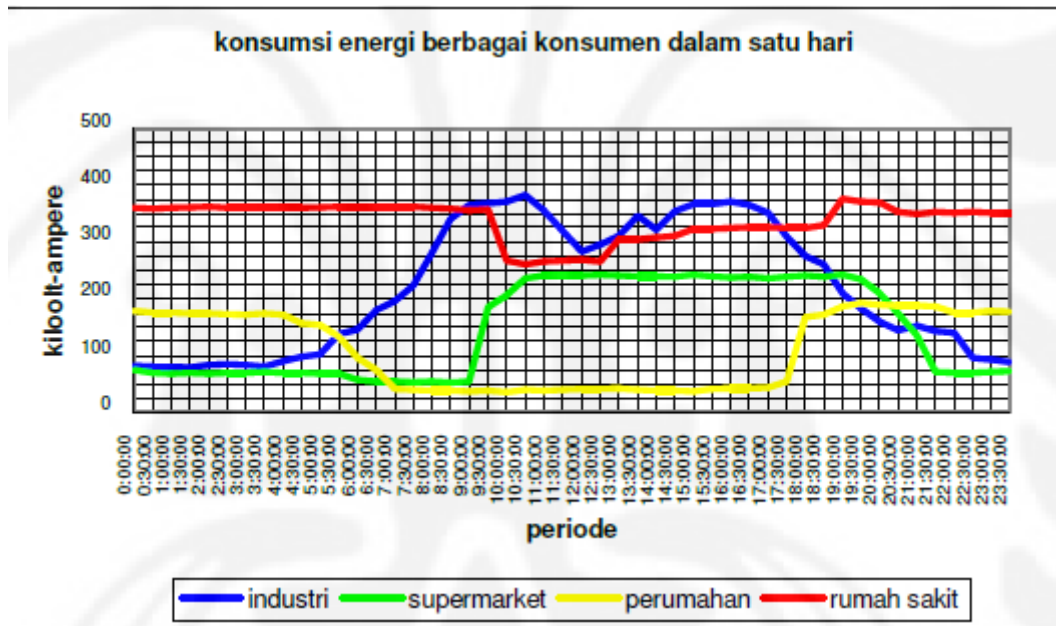
Faktor keragaman beban muncul karena pada kebanyakan kasus, pengguna energi listrik memiliki karakteristik penggunaan daya maksimum yang bervariasi terhadap waktu penggunaan. Misalnya, penerangan pada perumahan memiliki nilai maksimum pada malam hari, sedangkan ada beberapa industri yang menggunakan energi rendah pada malam hari namun tinggi pada siang hari. Faktor keragaman beban didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah kebutuhan daya maksimum individual dari berbagai jenis konsumen selama periode tertentu terhadap kebutuhan daya maksimum yang terjadi secara serentak pada konsumen-konsumen tersebut pada periode waktu yang sama.

$$\text{Faktor Keragaman Beban} = \frac{\sum \text{Penggunaan daya maksimum}}{\text{Penggunaan daya maksimum pada waktu tertentu}} \dots (2.14)$$

Dalam aplikasinya, kadangkala digunakan faktor utilitas beban yang merupakan resiprok dari nilai faktor keragaman beban.

$$\text{Faktor Utilitas Beban} = \frac{\text{Penggunaan daya maksimum pada waktu tertentu}}{\sum \text{Penggunaan daya maksimum}} \dots (2.15)$$

Ilustrasi dari penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar dan keterangan berikut :



Gambar 2.5 Ilustrasi keragaman beban

Kebutuhan daya maksimum pada industri dalam satu hari adalah 383 kW, pada supermarket adalah 243 kW, pada perumahan adalah 192 kW, pada rumah sakit adalah 376 kW. Jika saja nilai maksimum kebutuhan ini terjadi pada waktu yang sama maka kebutuhan maksimum yang ditanggung oleh para penyedia listrik adalah 1.194 kW. Dengan memperhitungkan faktor keragaman beban selama satu hari,

$$\text{Faktor Keragaman Beban} = \frac{1,194}{1,015} = 1,18 ; \text{Faktor utilitas beban} = \frac{1}{1,18} = 0,85$$

Maka, besar penghematan yang dapat dilakukan dalam pemenuhan kebutuhan daya seperti diatas adalah $1 - 0,85 = 0,15$; atau dengan kata lain dengan memperhitungkan faktor keragaman beban maka dapat dilakukan penghematan investasi sebesar 15 %.

2.7.3 Faktor Beban

Faktor beban didefinisikan sebagai perbandingan antara daya rata-rata terhadap kebutuhan daya maksimum. Faktor beban dapat dinyatakan secara

harian, mingguan, bulanan, atau tahunan. Faktor beban juga dapat dilihat dari sisi penyedia listrik (pembangkitan) sebagai daya listrik yang dihasilkan ataupun dari sisi pengguna listrik sebagai daya yang dikonsumsi.

$$\text{Faktor Beban} = \frac{\text{Daya Rata-Rata}}{\text{Kebutuhan Daya Maksimum}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Pada aplikasinya, faktor beban adalah indeks proporsi antara kerja suatu sistem pada seluruh periode terhadap kapasitas maksimumnya. Dengan faktor beban ini maka akan diketahui nilai maksimum yang harus ditanggung oleh suatu walaupun nilai tersebut tidak berlangsung pada keseluruhan waktu.

2.8 Analisis Biaya Siklus Hidup

Analisis Biaya Siklus Hidup adalah suatu metode ekonomi untuk mengevaluasi suatu proyek atau usaha yang mana semua biaya dalam kepemilikan, pengoperasian, pemeliharaan, dan pada akhirnya penjualan dari proyek tersebut dipertimbangkan untuk kepentingan pada keputusan mengenai proyek tersebut. Analisis biaya siklus hidup dapat digunakan untuk keputusan investasi modal dengan biaya awal yang tinggi diperdagangkan untuk mengurangi biaya wajib masa akan datang. Konservasi energi merupakan contoh yang sangat tepat untuk aplikasi Analisis biaya siklus hidup.

Waktu yang tepat untuk menggunakan Analisis biaya siklus hidup adalah seawal mungkin yang dapat dilakukan. Hal ini karena banyaknya pertimbangan yang harus diperhitungkan dalam menentukan kelayakan suatu proyek.

2.8.1 Penentuan Periode Analisis

Periode studi untuk Analisis biaya siklus hidup adalah waktu yang dilalui yang mana harga dan keuntungan yang berhubungan dengan keputusan investasi modal adalah menarik untuk investor.

Tanggal dasar adalah titik pada waktu untuk yang mana semua biaya proyek terkait dipotong dalam Analisis biaya siklus hidup Periode studi dimulai dengan tanggal dasar dan termasuk periode perencanaan/ konstruksi (P/C) dan periode layanan. Dalam analisis biaya siklus hidup biaya sebelum periode studi tidak dimasukkan. Tanggal servis atau tanggal layanan adalah tanggal dimana proyek diharapkan diimplementasikan; biaya operasi dan perawatan (termasuk biaya energi dan air yang berhubungan) secara umum diadakan setelah tanggal tersebut, bukan sebelum. Ketika terdapat delay anatar awal periode studi dan tanggal servis, waktu yang menundanya dinamakan periode perencanaan/ konstruksi (P/C periode).

Periode studi untuk LCCA adalah waktu berakhir dimana biaya dan keuntungan yang berhubungan dengan keputusan investasi modal menarik perhatian dalam pembuatan keputusan. Jadi, periode studi dimulai dengan tanggal dasar dan termasuk periode P/C dan periode service yang relevan untuk proyek. Periode service dimulai dengan tanggal service dan sampai ke akhir dari periode studi.

2.8.2 Perkiraan Biaya pada Analisis Biaya Siklus Hidup

Hanya biaya yang relevan dengan keputusan dan jumlah yang signifikan yang dibutuhkan untuk membuat keputusan investasi yang sah. Biaya relevan dengan keputusan apabila biaya berubah dari alternatif ke alternatif. Biaya yang

kira-kira sama untuk tiap alternatif bukan faktor penentu dalam pemilihan alternatif dan oleh karena itu dapat diabaikan dari perhitungan biaya siklus hidup. Biaya yang signifikan adalah ketika cukup besar untuk membuat perbedaan dalam biaya siklus hidup dari alternatif proyek.

Biaya investasi awal mungkin kesulitan terakhir dari perkiraan biaya proyek, karena investasi awal secara relatif tertutup (berakhir) untuk masa sekarang. Jumlah dan waktu dari penggantian modal tergantung pada perkiraan umur sistem dan panjang periode layanan. Nilai sisa dari sistem adalah nilai sisa pada akhir periode studi, atau pada waktu terjadi pergantian selama periode studi. Nilai residual dapat didasarkan pada nilai ditempat, nilai penjualan kembali, nilai sisa, keuntungan bersih dari beberapa penjualan, konversi, atau biaya pembuangan.

2.8.3 Perhitungan Nilai Uang terhadap Waktu Sekarang

2.8.3.1 *Single Present Value (SPV)*

SPV digunakan untuk menentukan nilai uang yang di ketahui pada akhir tahun t pada masa sekarang.

$$P = C_t \left[\frac{1}{(1+d)^t} \right] \dots\dots\dots (2.17)$$

2.8.3.2 *Uniform Present Value (UPV)*

UPV digunakan untuk menentukan nilai uang yang diketahui pada waktu rutin konstan (annual) pada masa sekarang.

$$P = A_0 = \left[\frac{(1+d)^t - 1}{d (1+d)^t} \right] \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

P : Nilai uang pada masa sekarang.

Ct : Nilai uang pada akhir periode.

A_0 : Nilai uang pada waktu rutin.

d : Tingkat pemotongan.

t : periode.

2.8.4 Analisis Biaya Siklus Hidup

Analisis biaya siklus hidup mencakup dua hal yaitu metode perhitungan biaya usia pakai dan perhitungan parameter-parameter tambahan.

2.8.4.1 Perhitungan Analisis biaya siklus hidup

Metode biaya siklus hidup adalah suatu metode perhitungan biaya masa depan dan biaya sekarang dari suatu proyek selama siklus pakainya. Dalam menggunakan metode biaya siklus hidup dibutuhkan dua buah atau lebih pilihan yang akan dibandingkan untuk kemudian dipilih satu yang akan di implementasikan. Penentuan keefektifan biaya relatif dari masing-masing pilihan alternatif dapat dilihat dari biaya siklus hidup terendah. Metode biaya siklus hidup dapat dilakukan dengan catatan pada asumsi ekonomi dan periode studi (tanggal dasar dan tanggal layanan) yang sama.

Data-data yang dibutuhkan dalam menghitung biaya siklus hidup dari suatu proyek adalah biaya yang diukur berdasarkan waktunya masing-masing, tingkat pemotongan, dan periode studi.

Persamaan dari biaya siklus hidup :

$$\text{Biaya siklus hidup} = I + R_{cpl} - R_{es} + E + O M \& R \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana :

Biaya siklus hidup = Biaya siklus hidup total dalam nilai uang sekarang.

I = Biaya investasi nilai sekarang.

R_{cpi} = Biaya penggantian modal nilai sekarang.

R_{es} = Biaya sisa nilai sekarang.

E = Biaya energi nilai sekarang.

OM & R = Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan nilai sekarang.

2.8.4.2 Perhitungan parameter suplemer

1. Net Saving (NS)

Net Saving atau penghematan bersih adalah variasi dari perhitungan penghematan dari sisi ekonomi suatu proyek yang memperkirakan perbedaan yang muncul antara penghematan nilai sekarang terhadap biaya sekarang untuk investasi selama periode studi. Penghematan bersih ada karena pengurangan biaya operasional masa depan. NS dapat digunakan secara linier dengan LCC.

Persamaan NS adalah sebagai berikut :

$$NS_{A:BC} = [\Delta E + \Delta W + \Delta OM\&R] - [\Delta I_0 + \Delta R_{cpi} - \Delta R_{es}] \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana :

$NS_{A:BC}$ = *Net Saving* nilai sekarang dari alternatif A terhadap kondisi dasar.

ΔE = ($E_{BC} - E_A$) Penghematan biaya energi.

$\Delta OM\&R$ = ($OM\&R_{BC} - OM\&R_A$)

= Penghematan biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan.

$$\Delta I_0 = (I_A - I_{BC})$$

= Investasi awal yang ditambahkan pada pilihan dari kondisi awal.

$$\Delta R_{cpl} = (R_{cplA} - R_{cplBC}) = \text{Biaya pergantian modal tambahan.}$$

$$\Delta R_{es} = (E_{BC} - E_{BA}) = \text{Nilai sisa tambahan}$$

Semua nilai direpresentasikan dalam nilai sekarang.

2. *Saving to Investment Ratio (SIR)*

SIR adalah ukuran ekonomi dari suatu pilihan proyek yang menggambarkan hubungan antara penghematan dan kenaikan biaya investasi dalam bentuk perbandingan. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$SIR_{A:BC} = \frac{\Delta E + \Delta OM\&R}{\Delta I_0 + \Delta R_{cpl} - \Delta R_{es}} \dots\dots\dots (2.21)$$

SIR tidak menggambarkan suatu kelayakan ekonomi yang linier dengan LCC. Nilai *SIR* yang semakin besar bukan berarti memberikan keterangan semakin layaknya suatu pilihan proyek dari segi ekonomi.

3. *Penyesuaian Tingkat Pengembalian (Adjusted Internal Rate of Return)*

Penyesuaian Tingkat Pengembalian adalah ukuran ekonomi dari persentase rutin yang dihasilkan dari investasi proyek pada periode studi. AIRR dibandingkan dengan MARR (*Minimum Acceptable Rate of Return*), atau sama dengan tingkat pemotongan pada analisa LCC. Apabila AIRR lebih besar dari MARR maka pilihan proyek dapat diterima secara ekonomi, sedangkan apabila

AIRR lebih kecil dari MARR maka pilihan proyek tidak layak secara ekonomi. Dan apabila AIRR sama dengan MARR maka pilihan proyek sama dengan kondisi awal dari segi ekonominya. Suatu pilihan dengan AIRR yang besar bukan berarti suatu pilihan dengan LCC yang terendah. Persamaan AIRR adalah sebagai berikut :

$$\text{AIRR} = (1+r) \left(\text{SIR} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots\dots\dots (2.22)$$

4. *Simple Payback Periode (SPB) dan Discounted Payback (DPB)*

Periode pengembalian adalah suatu angka yang mengindikasikan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal investasi awal. Biasanya dinyatakan dalam satuan tahun atau bulan. Perbedaan antara SPB dengan DPB terletak pada metode perhitungan nilainya terhadap waktu. DPB memperhitungkan.

$$\sum_{t=1}^y \frac{[\Delta E_t + \Delta O\&M_t - \Delta R_{cp1_t} + \Delta R_{est_t}]}{(1+d)^t} \geq \Delta I_0 \dots\dots\dots (2.23)$$

2.8.5 Keputusan Berdasarkan Analisis Biaya Siklus Hidup

Dalam rangka menentukan dan menggambarkan keperluan analisa ekonomi, itu sangat membantu untuk mengetahui tipe keperluan investasi yang dibuat untuk proyek.

Dalam penentuan pilihan menggunakan Analisis Biaya Siklus Hidup digunakan kriteria sebagai berikut, dengan menganggap kondisi eksisting adalah kondisi awal :

- Biaya Siklus Hidup < Analisis Biaya Siklus Hidup kondisi eksisting
- NS pilihan > 0
- SIR > 1
- AIRR > tingkat pemotongan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jadwal dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 2 bulan, dimulai dari awal Januari sampai akhir bulan Februari 2016. Tempat penelitian dilaksanakan di PT. MULTIMAS NABATI ASAHAN dan PT. SOCFIN INDONESIA (SOCFINDO).

3.2. Metode Menentukan Pemakaian Energi Listrik

Pemakaian energi listrik ditingkat konsumen ada bermacam-macam disesuaikan dengan kebutuhan yang terjadi. Untuk mengetahui pola penggunaan listrik yang terdapat di PT. MULTIMAS NABATI ASAHAN dan PT.SOCFIN INDONESIA (PT.SOCFINDO) maka penulis menggunakan beberapa metode yang dapat mendekati pola penggunaan energi listrik, antara lain :

3.2.1. Penggunaan arus, tegangan dan faktor daya

Melakukan pengukuran arus, tegangan dan faktor daya yang terdapat pada PHB yang diikuti pencatatan beban nyala untuk mengetahui daya terpakai pada saat beban menyala.

3.2.2. Obeservasi (pengamatan)

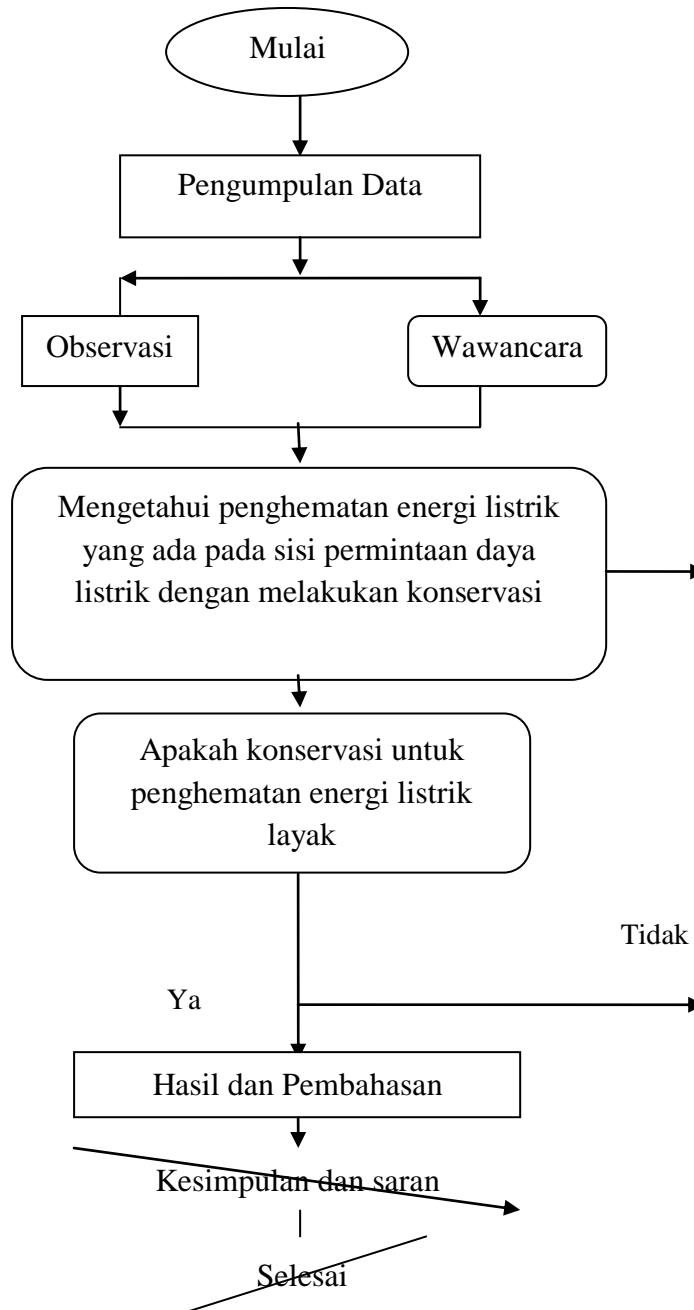
Melakukan pengamatan secara langsung penggunaan energi listrik.

3.2.3. Wawancara

Melakukan tanya jawab dengan pihak-pihak terkait untuk mendapatkan keterangan yang lebih mendalam tentang pemakaian energi listrik.

3.2.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alur (*flowchart diagram*) dimaksudkan untuk memberikan suatu gambaran perancangan yang lebih terinci sebagai pendekatan cara kerja keseluruhan dari sistem yang dikerjakan. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2.4 dibawah ini :



Gambar 3.2.4 Diagram Alir Penelitian

B AB IV ANALISA DAN HASIL

4.1 PT. Multimas Nabati Asahan

PT. Multimas Nabati Asahan adalah salah satu industri minyak kelapa sawit di Indonesia. PT. Multimas Nabati Asahan awalnya hanya mendirikan satu *plant refinery* dengan kapasitas 1500 ton per hari dan mulai berproduksi pada 9 september 1996. Untuk mengantisipasi permintaan pasar yang terus meningkat maka pada tahun 1999, PT. Multimas Nabati Asahan mendirikan plant kedua dengan kapasitas 1000 ton perhari. *Plant Refinery* ini terdiri dari beberapa stasiun, yaitu, *refined deodorized palm oil*, *refined bleached deodorized stearin*, *refined bleached deodorized olein*, dan *palm fatty acid destilat*. PT. Multimas Nabati Asahan ini bertempat di jl. Acces road dusun IV Tj.permai, Desa Kuala Tanjung, Kec. Sei Suka, Batu Bara, Sumatera Utara. Dimana Hasil utamanya adalah Minyak Makan.

4.1.1 Produksi

Bahan baku untuk membuat Minyak makan adalah dari bahan tandan buah segar (TBS). Urutan proses produksi dari tandan buah segar (TBS) hingga menjadi minyak makan.

4.4.2 Hasil Produksi

Hasil produksi dalam satu tahun terakhir dari PT. Multimas Nabati Asahan dapat dilihat pada table berikut.

Tabel. 4.1 Hasil Produksi PT. Multimas Nabati Asahan

BULAN	BERAT (Ton)
Januari	3,484,312
Februari	2,819,718
Maret	3,241,051
April	4,149,500
Mei	3,849,253
Juni	6,074,324
Juli	6,044,369
Agustus	6,663,980
September	6,530,472
Oktober	4,752,240
November	4,881,513
Desember	5,567,963
Rata-rata	4.679.895

4.2 Penggunaan Energi Listrik

Penggunaan energi listrik dalam satu tahun terakhir dari PT. Multimas

Nabati Asahan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Penggunaan energi listrik PT. Multimas Nabati Asahan

BULAN	LWBP (kWh)	WBP (kWh)	Total (kWh)
Januari	188.040	2.910	190.950
Februari	170.610	2.610	173.220
Maret	156.990	2.700	159.690
April	86.430	2.190	88.620
Mei	136.920	2.190	139.110
Juni	179.130	9.900	181.560
Juli	157.500	3.000	160.500
Agustus	202.800	3.300	206.100
September	240.600	3.900	244.500
Oktober	170.880	2.910	173.790
November	281.430	3.510	284.940
Desember	164.400	2.640	167.040
Rata-rata	178.958	2.888	181.846

4.2.1 Biaya Energi Listrik

Biaya energi listrik dalam satu tahun terakhir dari PT. Multimas Nabati

Asahan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Biaya energi listrik PT. Multimas Nabati Asahan

Bulan	Tagihan (Rp)
Januari	519,806,478
Februari	471,790,581
Maret	460,008,357
April	558,971,114
Mei	547,795,448
Juni	762,557,189
Juli	695,942,431
Agustus	783,277,874
September	868,986,916
Oktober	729,753,312
November	728,753,312
Desember	866,971,892
Rata-rata	850,314,223

4.2.2 Konsumsi Energi Spesifik

Konsumsi energi listrik spesifik untuk dalam satu tahun terakhir dari PT.

Multimas Nabati Asahan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel. 4.4 Konsumsi Energi Spesifik PT. Multimas Nabati Asahan

BULAN	kWh	Ton	KES (kWh/Ton)
Januari	190.950	3,484,312	48.072
Februari	173.220	2,819,718	67.719
Maret	159.690	3,241,051	53.445
April	88.620	4,149,500	38.484
Mei	139.110	3,849,253	23.022
Juni	181.560	6,074,324	22.901
Juli	160.500	6,044,369	30.037
Agustus	206.100	6,663,980	24.084
September	244.500	6,530,472	31.559
Oktober	173.790	4,752,240	51.449
November	284.940	4,881,513	35.601
Desember	167.040	5,567,963	51.174
Rata-rata	181.846	4,679,895	38.856

4.2.3 Hasil Pengukuran Besaran Listrik

Data pengukuran arus untuk tiap fasa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data pengukuran arus di PT. Multimas Nabati Asahan

	I_R (Amp)	I_S (Amp)	I_T (Amp)
Rata-rata	745,3	738,2	759,4
Maksimum	1825,4	1803,6	1831,4
Minimum	10,2	0	0

Data pengukuran tegangan untuk tiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Data pengukuran tegangan di PT. Multimas Nabati Asahan

	V_R (Volt)	V_S (Volt)	V_T (Volt)
Rata-rata	227,14	227,74,	227,39
Maksimum	234,45	234,61	234,04
Minimum	217,83	219,03	218,40

4.2.4 Faktor Daya

Data pengukuran karakteristik faktor daya untuk setiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Data pengukuran faktor daya di PT. Multimas Nabati Asahan

	PF_R	PF_S	PF_T	PF_{TOTAL}
Rata-rata	0,94	0,89	0,87	0,83
Maksimum	1	1	1	0,99
Minimum	0,61	0,37	0,4	0,57

Dengan memperhatikan faktor daya diatas, maka dapat dilakukan konservasi energi dengan penambahan kapasitor bank untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan listrik.

4.2.5 Distorsi Harmonik

Data pengukuran harmonik arus untuk setiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data pengukuran THD arus di PT. Multimas Nabati Asahan

	THD I_R (%)	THD I_S (%)	THD I_T (%)
Rata-rata	21,92	20,81	20,25
Maksimum	42,31	66,65	56,64
Minimum	3,18	2,49	1,34

Dengan melihat THD arus total diatas, maka rugi-rugi daya di jaringan

akibat distorsi harmonik adalah kecil.

4.2.6 Daya

Data pengukuran daya kompleks untuk tiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Data pengukuran daya kompleks di PT. Multimas Nabati Asahan

	Fasa R (kVA)	Fasa S (kVA)	Fasa T (kVA)
Rata-rata	162,56	161,42	165,99
Maksimum	389,33	385,47	390,52
Minimum	2,17	0	0

Data pengukuran daya aktif untuk tiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Data pengukuran daya aktif di PT. Multimas Nabati Asahan

	Fasa R (kW)	Fasa S (kW)	Fasa T (kW)
Rata-rata	160,27	158,33	161,13
Maksimum	383,54	376,77	380,30
Minimum	2,16	0	0

Data pengukuran daya reaktif untuk tiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11 Data pengukuran daya reaktif di PT. Multimas Nabati Asahan

	Fasa R (kVAr)	Fasa S (kVAr)	Fasa T (kVAr)
Rata-rata	24,86	28,81	35,27
Maksimum	113,57	124,19	143,55
Minimum	-22,6	-19,41	-12,33

4.3 PT. SOCFIN INDONESIA (SOCFINDO)

PT. Socfin Indonesia (SOCFINDO) adalah badan usaha milik swasta asing. PT. Socfindo tanah gambus bergerak dalam bidang perkebunan kelapa sawit. PT. Socfindo Tanah Gambus terletak di Kecamatan Lima Puluh, Kabupaten Batu Bara, Provinsi Sumatera Utara. Perkebunan PT. Socfindo Tanah Gambus dilihat dari topografinya adalah datar, sebagian lagi terdapat daerah yang berbukit dan memiliki kemiringan yang cukup curam.

Plantation North Sumatera (PNS) member nama PT. Socfin Indonesia (SOCFINDO), didirikan melalui Akte Notaris Chairil Bahri di Jakarta pada tanggal 21 Juni 1968 No.23 dan Akte perubahn No.64 tanggal 12 Mei 1968. Disahkan oleh menteri kehakiman pada tanggal 3 September 1969 dan diumumkan dalam tambahan berita Negara RI No.68/69 tanggal 31 Oktober 1969. Sesuai Akta tanggal 3 Mei 2002 No.5, Pernyataan keputusan para pemegang saham PT. Socfin Indonesia, yang diterbitkan oleh Notaris Ny. R. Arie Soetarjo, SH, pemerintah R.I. telah melepas 30% sahamnya kepada PNS, sehingga saham pemerintah R.I. dibawah kementrian BUMN saat ini hanya 10%.

Perkebunan PT. Socfindo Tanah Gambus melakukan teknik budidaya mulai dari pengolahan tanah, pembibitan, penanaman, pemeliharaan tanaman, panen dan pengolahan TBS menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO). PT. Socfindo Tanah Gambus juga menerima CPO dari perkebunan sepupu yaitu dari Kebun Bangun Bandar, Matapao, Aek Pamingkeh, Nagari Lama, dan Aek Loba untuk diolah di pabrik *Fractionation & Refinery* (FRF) Tanah Gambus. Produk yang dihasilkan oleh pabrik FRF adalah *Olein*, *Stearin*, dan *Fatty Acid* yang berasal dari *Crude Palm Oil* (CPO).

4.3.1 Produksi

Bahan baku untuk membuat Minyak makan adalah dari bahan tandan buah segar (TBS). Urutan proses produksi dari tandan buah segar (TBS) hingga menjadi minyak makan.

4.3.2 Hasil Produksi

Hasil produksi dalam satu tahun terakhir dari PT. Socfindo Tanah Gambus dapat dilihat pada table berikut:

Tabel. 4.12 Hasil Produksi PT. Socfindo Tanah Gambus

BULAN	BERAT (Ton)
Januari	3,515,350
Februari	4,410,040
Maret	4,805,440
April	4,553,920
Mei	6,186,320
Juni	7,236,740
Juli	5,885,510
Agustus	5,086,780
September	5,318,360
Oktober	4,665,070
November	4,686,360
Desember	4,786,780
Rata- rata	4,974,630

4.4 Penggunaan Energi Listrik

Penggunaan energi listrik dalam satu tahun terakhir dari PT. Multimas

Nabati Asahan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.13 Penggunaan energi listrik PT. Socfindo Tanah Gampus

BULAN	LWBP (kWh)	WBP (kWh)	Total (kWh)
Januari	56,400	12,800	69,200
Februari	48,300	10,700	59,000
Maret	54,800	12,300	67,100
April	39,100	8,300	47,400
Mei	57,400	12,500	69,500
Juni	43,700	9,900	53,600
Juli	38,600	8,800	47,400
Agustus	47,500	11,100	58,600
September	51,600	11,800	63,400
Oktober	41,700	9,200	50,900
November	49,600	11,800	61,400
Desember	49,200	11,100	60,300
Rata-rata	48,158,3	10,858,3	59,016,7

4.4.1 Biaya Energi Listrik

Biaya energi listrik dalam satu tahun terakhir dari PT. Socfindo Tanah

Gampus dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.14 Biaya energi listrik PT. Socfindo Tanah Gampus

Bulan	Tagihan (Rp)
Januari	89,837,039
Februari	96,731,711
Maret	99,086,971
April	99,664,028
Mei	101,726,792
Juni	115,511,459
Juli	113,032,442
Agustus	106,604,507
September	92,549,621
Oktober	95,909,922
November	93,988,753
Desember	104,669,912
Rata-rata	114,364,807

4.4.2 Konsumsi Energi Spesifik

Konsumsi energi listrik spesifik untuk dalam satu tahun terakhir dari PT.

Socfindo Tanah Gambus dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 4.15 Konsumsi Energi Spesifik PT. Socfindo Tanah Gambus

BULAN	kWh	Ton	KES (kWh/Ton)
Januari	69,200	3,515,350	19,685
Februari	59,000	4,410,040	13,378
Maret	67,100	4,805,440	13,963
April	47,400	4,553,920	10,408
Mei	69,900	6,186,320	11,299
Juni	53,600	7,236,740	7,406
Juli	47,400	5,885,510	8,053
Agustus	58,600	5,086,780	11,520
September	63,400	5,318,360	11,920
Oktober	50,900	4,665,070	10,910
November	61,400	4,686,360	13,101
Desember	60,300	4,786,780	12,597
Rata-rata	59,016,7	4,974,630	11,863

4.4.3 Hasil Pengukuran Besaran Listrik

Data pengukuran arus untuk tiap fasa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Data pengukuran arus di PT. Socfindo Tanah Gambus

	I _R (Amp)	I _S (Amp)	I _T (Amp)	I _N (Amp)
Rata-rata	251,16	302,13	265,94	2,05
Maksimum	448,64	493,64	485,18	5,59
Minimum	151,77	182,86	163,91	1,09

Data pengukuran tegangan untuk tiap fasa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.17 Data pengukuran tegangan di PT. Socfindo Tanah Gambus

	V _R (Volt)	V _S (Volt)	V _T (Volt)
Rata-rata	133,12	133,09,	133,34
Maksimum	135,07	135,03,	135,34
Minimum	129,75	129,86	129,91

4.4.4 Faktor Daya

Data pengukuran karakteristik faktor daya untuk setiap fasa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Data pengukuran faktor daya di PT. Socfindo Tanah Gampus

	PF_R	PF_S	PF_T	PF_{TOTAL}
Rata-rata	0,88	0,88	0,80	0,85
Maksimum	0,95	0,93	0,86	0,76
Minimum	0,73	0,78	0,68	0,87

Dengan memperhatikan faktor daya diatas, maka dapat dilakukan konservasi energi dengan penambahan kapasitor bank untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan listrik.

4.4.5 Distorsi Harmonik

Data pengukuran harmonik arus untuk setiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.19 Data pengukuran THD arus di PT. Socfindo Tanah Gampus

	THD I_R (%)	THD I_S (%)	THD I_T (%)
Rata-rata	2,29	2,25	2,45
Maksimum	3,86	3,69	3,54
Minimum	1,67	1,32	1,67

Dengan melihat THD arus total diatas, maka rugi-rugi daya di jaringan akibat distorsi harmonik adalah kecil.

4.4.6 Daya

Data pengukuran daya kompleks untuk tiap fasa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.20 Data pengukuran daya kompleks di PT. Socfindo Tanah Gambus

	Fasa R (VA)	FasaS (VA)	Fasa T (VA)
Rata-rata	33,410,53	40,188,47	35,434,37
Maksimum	59,792,73	65,55273	64,701,82
Minimum	20,192,73	24,349,09	22,025,46

Data pengukuran daya aktif untuk tiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.21 Data pengukuran daya aktif di PT. Socfindo Tanah Gambus

	Fasa R (W)	FasaS (W)	Fasa T (W)
Rata-rata	29,215,27	35,162,37	28,203,81
Maksimum	45,098,18	52,363,64	47,192,73
Minimum	17,574,55	22,418,18	18,458,18

Data pengukuran daya reaktif untuk tiap fasa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.22 Data pengukuran daya reaktif di PT. Socfindo Tanah Gambus

	Fasa R (VAr)	Fasa S (VAr)	Fasa T (VAr)
Rata-rata	566,18	834,55	795,28
Maksimum	589,09	883,64	850,91
Minimum	458,18	654,55	621,82

4.5 PT.Multimas Nabati Asahan

Dari data-data yang diperoleh seperti yang telah dijelaskan pada bab III, maka terdapat 3 buah peluang penghematan energi pada PT.Multimas Nabati Asahan yaitu:

- Pemanfaatan faktor utilitas beban,
- Perbaikan faktor daya untuk mereduksi rugi-rugi jaringan, dan
- Penggunaan filter harmonik, melihat THD arus rata-rata 21%.

4.5.1 Analisa Kondisi Sistem Kelistrikan

Kondisi sistem kelistrikan diperhitungkan untuk menentukan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan di PT.Multimas Nabati Asahan.

Untuk kebutuhan daya aktif rata-rata dengan waktu menyala 24 jam dan 30 hari dalam satu bulan maka diperoleh:

$$\text{Kebutuhan daya rata-rata} = \frac{708.200 \text{ kWh}}{12 \text{ bulan}} = 59.016,67 \text{ kWh/bulan} = 81,97$$

kW dan kebutuhan daya maksimum dari rekening listrik selama setahun adalah:

$$\text{Kebutuhan daya maksimum rata-rata} = 69.900 \text{ kWh/bulan} = 97,08 \text{ kW}$$

$$\text{Faktor beban tahunan} = \frac{81,97 \text{ kW}}{97,08 \text{ kW}} \times 100\% = 84\%.$$

Sedangkan kebutuhan daya aktif rata-rata untuk waktu kerja 16 jam dan 26 hari dalam satu bulan (dengan mengabaikan hari libur) maka diperoleh :

$$\text{Kebutuhan daya rata-rata} = \frac{2.170.020 \text{ kWh}}{12 \text{ bulan} \times 16 \text{ jam/hari} \times 26 \text{ hari/ bulan}} = 434,7 \text{ Kw}$$

dan kebutuhan daya maksimum dari rekening listrik selama setahun adalah :

$$\text{Kebutuhan daya maksimum rata-rata} = 284.940 \text{ kWh/bulan} = 685 \text{ kW}$$

4.6 Perbaikan Faktor Daya

4.6.1 Analisa Kondisi Eksisting

Berdasarkan data yang diperoleh, faktor daya total dari sistem kelistrikan adalah 0,83. Dari segi teknis, nilai faktor daya yang rendah akan menghasilkan rugi-rugi jaringan antara titik pasokan listrik PLN dengan panel utama PT.Multimas Nabati Asahan sebesar 15% dari total penggunaan energi listrik. Oleh karena itu, faktor daya harus ditingkatkan, walaupun pihak perusahaan tidak dikenakan biaya kelebihan kVarh.

Konsumsi daya aktif rata-rata adalah 251,16 kW dan faktor daya adalah 0,83. Sedangkan rugi-rugi jaringan diperkirakan dengan kapasitas arus yang melewati sistem distribusi dan jenis konduktor yang digunakan, sebesar 15% dari daya aktif yang dikonsumsi yaitu 37,67 kW. Dengan waktu konsumsi daya selama satu bulan, maka energi yang terbuang adalah $37,67 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 27.122,4 \text{ kWh}$ per bulan .

Dengan meningkatkan faktor daya menjadi 0,95, maka dapat dilakukan penghematan dengan persentase :

$$\begin{aligned} \% \text{ LOSS}_{\text{Reduction}} &= \left[1 - \left(\frac{\text{PF}_{\text{lama}}}{\text{PF}_{\text{baru}}} \right)^2 \right] \times 100\% \left[1 - \left(\frac{0,83}{0,95} \right)^2 \right] \times 100\% = 23,67 \% \\ &= 24\% \end{aligned}$$

sehingga, energi listrik (kWh) yang dapat dihemat dengan perbaikan faktor daya ini adalah $24\% \times 27.122,4 \text{ kWh} = 6.507 \text{ kWh}$ per bulan .

Dengan tarif listrik Rp. 550,- per kWh, akan diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 3.578.850,- per bulan.

4.6.2 Bentuk Konservasi

Untuk memperbaiki nilai faktor daya maka dibutuhkan pemasangan bank kapasitor, sebagai kompensator daya reaktif. Kapasitas kapasitor yang dibutuhkan adalah :

$$Q_c = P (\tan (\cos^{-1} 0,83) - \tan (\cos^{-1} 0,95))$$

$$Q_c = 251,16 \times 0,34$$

$$Q_c = 85,4 \text{ kVAr} = 90 \text{ kVAr}$$

Kompensasi kapasitor yang dibutuhkan adalah 90 kVAr.

4.6.3 Analisa Biaya Siklus Hidup

Parameter-parameter yang digunakan adalah :

- a. Penghematan per bulan diperoleh dari penghematan rugi-rugi jaringan dan denda yang reaktif yang terjadi, sebesar :

Biaya rugi-rugi jaringan = Rp. 3,578.850,- per bulan.

- b. Harga kapasitor bank adalah Rp. 80.000.000,- dengan umur pakai kapasitor bank adalah 10 tahun, dengan biaya pemeliharaan Rp. 200.000,- per bulan.
- c. Tingkat pemotongan 15% dan 9% per tahun.

Perhitungan biaya siklus hidup untuk tingkat pemotongan 15% per tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 4.23 Perhitungan biaya siklus hidup (biaya selama pemakaian) pemasangan kapasitor bank pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya (1)	Biaya tanggal dasar (2)	Periode (3)	Faktor pemotongan (4)	Present Value (5= 2 × 4)
Investasi	80.000.000.00	120 bulan	1.00	80.000.000.00
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	200.000.00	120 bulan	61.98	12,396,569,45
Biaya energi tambahan			61,98	-
Biaya Pergantian Modal			0,23	-
Biaya Selama Penggunaan (LCC)			0,23	92,396,569,45

Biaya yang harus dikeluarkan PT.Multimas Nabati Asahan dalam jangka waktu 10 tahun untuk pemasangan kapasitor bank adalah Rp. 92.396.569,- yang terdiri dari biaya investasi sebesar Rp. 80.000.000,- dengan faktor pemotongan adalah satu, dan biaya operasional kapasitor selama pemakaian sebesar Rp.200.000,- per bulan yang dengan faktor pemotongan 15% per tahun memiliki nilai pada masa sekarang sebesar Rp. 12.936.569,-.

Tabel 4.24 Perhitungan penghematan pemasangan kapasitor bank pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya	Tanpa pemasangan	Dengan pemasangan	Selisih	Faktor pemotongan	Present value
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6= 4X5)
Penghematan operasional					
Biaya yang harus di keluarkan	3.578.850,00		3.578.850,00	61,98	221,827,312,87
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan		200,000	(200,000)	61,98	(12,396,569,45)
Total penghematan					209,430,743,42

Biaya Investasi					
Investasi		80.000.000,00	(80.000.000,00)	1,00	(80.000.000,00)
Biaya pergantian modal				0,23	
Nilai sisa				0,23	
Total Investasi					(80.000.000,00)

Net Saving (NS)	129,430,743,42
Saving to Investment Ratio (SIR)	2,62
Adjusted Investment Rate of Return (AIRR)	0,0207

Apabila peluang penghematan biaya listrik dengan pemasangan kapasitor bank tidak dilakukan, maka biaya yang harus dikeluarkan PT.Multimas Nabati Asahan adalah Rp. 3.578.850,- per bulan. Dengan tingkat pemotongan 15% per tahun dan selama 10 tahun, maka biaya yang harus dikeluarkan dalam jangka waktu 10 tahun adalah Rp. 221.827.312,-. Sedangkan apabila peluang ini dilaksanakan maka biaya tersebut dapat dihemat. Akan tetapi, dibutuhkan biaya operasional dalam melakukan peluang penghematan ini selama 10 tahun sebesar Rp. 12.396.569,-. Sehingga total penghematan yang diperoleh dalam 10 tahun adalah Rp. 209.430.743,-.

Dengan investasi sebesar Rp. 80.000.000,- maka penghematan yang

diperoleh PT.Multimas Nabati Asahan dalam jangka 10 tahun adalah Rp. 209.430.743,- Rp. 80.000.000,- = Rp. 129.430.743,-. SIR bernilai 2,62 yang memberikan arti bahwa setiap Rp. 1,- yang diinvestasikan maka akan memperoleh keuntungan sebesar Rp. 2,62. Tingkat kenaikan keuntungan (AIRR) bernilai 0,0207.

Tabel 4.25 Perhitungan waktu balik modal pemasangan kapasitor bank pada
PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15%

Bulan	Pemasukan penghematan	Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	Penghematan	Faktor pemotongan per tahun	Penghematan VP	Penghematan Kumulatif	Investasi	Net Saving
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6=4X5)	(7=Σ6)	(8)	(9)
1	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,88E-01	3,337,135,80	3,337,135,80	80,000,000,00	(76,662,864,20)
2	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,75E-01	3,295,936,60	6,633,072,40	80,000,000,00	(73,366,927,60)
3	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,63E-01	3,255,246,02	9,888,318,42	80,000,000,00	(70,111,681,58)
4	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,52E-01	3,215,057,80	13,103,376,21	80,000,000,00	(66,896,623,79)
5	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,40E-01	3,175,365,73	16,278,741,94	80,000,000,00	(63,721,258,06)
6	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,28E-01	3,136,163,68	19,414,905,62	80,000,000,00	(60,585,094,38)
7	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,17E-01	3,097,445,61	22,512,351,23	80,000,000,00	(57,487,648,77)
8	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,05E-01	3,059,105,54	25,571,556,77	80,000,000,00	(54,428,443,23)
9	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,94E-01	3,021,437,57	28,592,994,34	80,000,000,00	(51,407,005,66)
10	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,83E-01	2,984,135,87	31,577,130,21	80,000,000,00	(48,422,869,79)
11	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,72E-01	2,947,294,69	34,524,424,90	80,000,000,00	(45,475,575,10)
12	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,62E-01	2,910,908,33	37,435,333,24	80,000,000,00	(42,564,666,76)
13	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,51E-01	2,874,971,19	40,310,304,43	80,000,000,00	(39,689,695,57)
14	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,40E-01	2,839,477,72	43,149,782,15	80,000,000,00	(36,850,217,85)
15	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,30E-01	2,804,422,44	45,954,204,60	80,000,000,00	(34,045,795,40)
16	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,20E-01	2,769,799,94	48,724,004,54	80,000,000,00	(31,275,995,46)
17	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,10E-01	2,735,604,88	51,459,609,42	80,000,000,00	(28,540,390,58)
18	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,00E-01	2,701,831,98	54,161,441,40	80,000,000,00	(25,838,558,60)
19	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,90E-01	2,668,476,03	56,829,917,44	80,000,000,00	(23,170,082,56)
20	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,80E-01	2,635,531,88	59,465,449,32	80,000,000,00	(20,534,550,68)
21	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,70E-01	2,602,994,45	62,068,443,77	80,000,000,00	(17,931,556,23)
22	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,61E-01	2,570,858,72	64,639,302,49	80,000,000,00	(15,360,697,51)
23	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,51E-01	2,539,119,72	67,178,422,21	80,000,000,00	(12,821,577,79)
24	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,42E-01	2,507,772,57	69,686,194,78	80,000,000,00	(10,313,805,22)
25	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,33E-01	2,476,812,41	72,163,007,19	80,000,000,00	(7,836,992,81)
26	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,24E-01	2,446,234,48	74,609,241,67	80,000,000,00	(5,390,758,33)
27	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,15E-01	2,416,034,05	77,025,275,72	80,000,000,00	(2,974,724,28)
28	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,06E-01	2,386,206,47	79,411,482,19	80,000,000,00	(588,517,81)
29	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	6,97E-01	2,356,747,13	81,768,229,33	80,000,000,00	1,768,229,33
30	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	6,89E-01	2,327,651,49	84,095,880,82	80,000,000,00	4,095,880,82
Play Back Periode	29 Bulan							

Jangka waktu pengembalian modal adalah 29 bulan. Dengan melihat perhitungan biaya siklus hidup diatas, diperoleh

- Biaya siklus hidup = Rp. 92.396.569,-
- $NS > 0$
- $SIR > 1$
- $AIRR > 0,0125$
- Waktu pengembalian modal 29 bulan

Maka usaha penghematan biaya energi dengan peningkatan faktor daya pada PT.Multimas Nabati Asahan dapat dilaksanakan dari segi ekonomi untuk tingkat pemotongan 15% per tahun.

Biaya yang harus dikeluarkan PT.Multimas Nabati Asahan dalam jangka waktu 10 tahun untuk pemasangan kapasitor bank adalah Rp. 95.788.338,- yang terdiri dari biaya investasi sebesar Rp. 80.000.000,- dengan faktor pemotongan adalah satu, dan biaya operasional kapasitor selama pemakaian sebesar Rp.200.000,- per bulan yang dengan faktor pemotongan 15% per tahun memiliki nilai pada masa sekarang sebesar Rp. 15.788.388,-.

Apabila peluang penghematan biaya listrik dengan pemasangan kapasitor bank tidak dilakukan, maka biaya yang harus dikeluarkan PT.Multimas Nabati Asahan adalah Rp. 3.578.850,- per bulan.

Dari perhitungan diatas, terlihat bahwa dengan mempertimbangkan tingkat pemotongan yang lebih kecil pertahunnya, maka waktu pengembalian modal akan lebih singkat, hal ini dikarenakan tingkat penurunan harga yang tidak terlalu jauh setiap bulannya, sehingga jumlah biaya yang dapat dihemat jadi lebih besar. Dengan perbaikan faktor daya pada sistem tenaga listrik PT.Multimas Nabati

Asahan, maka konsumsi energi dapat dihemat sebesar 6.507 kWh per bulan, atau 4,1 % dari total konsumsi energi per bulan.

4.7 Perbaikan Distorsi Harmonik

4.7.1 Analisa Kondisi Eksisting

Distorsi harmonik yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah 21%. Untuk menanggulangi hal tersebut diperlukan penggunaan filter harmonik. Harmonik arus yang tinggi dapat meningkatkan konsumsi kWh (arus), rugi-rugi saluran, penurunan life time peralatan, overheating, dan neutral overloading.

Berdasarkan pengukuran dan data yang diperoleh, rata-rata distorsi harmonik arus pada PT.Multimas Nabati Asahan adalah 21%. Sehingga daya yang dikonsumsi adalah sebagai berikut :

$$\text{Tegangan rata-rata} = 227,4 \text{ volt}$$

$$\text{Arus rata-rata} = 747,6 \text{ Amp}$$

$$\text{Faktor daya} = 0,95$$

$$\text{Daya aktif rata-rata} = 3 \times V \times I \times \text{PF} = 484,5 \text{ kW}$$

$$\text{THD rata-rata} = 21\%$$

$$\text{Energi yang di konsumsi} = 484,5 \text{ kW} \times 24 \times 30 = 348,840 \text{ kWh}$$

Dengan menurunkan THD arus menjadi 2,5%, maka daya yang akan dikonsumsi adalah sebagai berikut :

$$\text{THD rata-rata} = 2,5\%$$

$$\text{Arus fundamental} = \frac{747,6}{\sqrt{1+(0,21)^2}} = 731,6 \text{ Amp}$$

$$\text{Arus total rata-rata} = 731,6 \sqrt{1 + (0,025)^2} = 731,8 \text{ Amp}$$

$$\text{Tegangan rata-rata baru} = 227,4 \text{ volt}$$

$$\text{Daya aktif rata-rata} = 3 \times 227,4 \times 731,8 \times 0,95 = 474,27 \text{ Kw}$$

$$\text{Energi yang di konsumsi} = 474,27 \text{ kW} \times 24 \times 30 = 341.474 \text{ kWh}$$

Sehingga dengan memperbaiki distorsi harmonik dapat dilakukan penghematan energi sebesar $348.840 \text{ kWh} - 341.474 \text{ kWh} = 7.366 \text{ kWh}$ per bulan, atau dengan tarif listrik sebesar Rp. 550 per kWh, diperoleh penghematan finansial sebesar Rp. 4.051.300,- per bulan.

4.7.2 Bentuk Konservasi

Bentuk konservasi energi yang dapat dilakukan untuk perbaikan distorsi harmonik adalah dengan menggunakan filter harmonik sedekat mungkin dengan sumber harmonik.

4.7.3 Analisa Biaya Siklus Hidup

Parameter-parameter yang digunakan adalah :

- a. Penghematan per bulan diperoleh dari pemasangan filter untuk mengurangi rugi-rugi jaringan adalah :

$$\text{Biaya rugi-rugi jaringan} = \text{Rp. } 4.051.300,- \text{ per bulan}$$

- b. Harga filter harmonik adalah Rp. 90.000.000,- dengan umur pakai filter harmonik adalah 10 tahun, dengan biaya pemeliharaan Rp. 200.000,- per bulan.
- c. Tingkat pemotongan 15% dan 9% per tahun.

Perhitungan biaya siklus hidup untuk tingkat pemotongan 15% per tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 4.26 Perhitungan biaya siklus hidup pemasangan filter harmonik pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar Biaya (1)	Biaya Tanggal Dasar (2)	Periode (3)	Faktor Pemotongan (4)	Present Value (5= 2X4)
Investasi	90.000.000,00	120 bulan	1,00	90.000.000,00
Biaya Operasi, Pemeliharaan, dan Perbaikan	200.000,00	120 bulan	61,98	12,396,569,45
Biaya Energi Tambahan			61,98	-
Nilai Sisa			0,23	-
Biaya Pergantian Modal			0,23	-
Biaya Selama Penggunaan (LCC)				102,396,569,45

Biaya yang harus dikeluarkan PT.Multimas Nabati Asahan dalam jangka waktu 10 tahun untuk pemasangan filter harmonik adalah Rp. 102.396.569,- yang terdiri dari biaya investasi sebesar Rp. 90.000.000,- dengan faktor pemotongan adalah satu, dan biaya operasional filter selama pemakaian sebesar Rp. 200.000,- per bulan yang dengan faktor pemotongan 15% per tahun memiliki nilai pada masa sekarang sebesar Rp. 12.936.569,-

Tabel 4.27 Perhitungan penghematan pemasangan filter harmonik pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar Biaya	Tanpa Pemasangan	Dengan Pemasangan	Selisih	Faktor Pemotongan	Present Value
(1)	(2)	(3)	(4= 2-3)	(5)	(6= 4X5)
Penghematan Operasional					
Biaya yang harus dikeluarkan	4.051.300,00		4.051.300,00	61,98	251.111.109,05
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan		2 00.000,00	(200.000,00)	61,98	(12.396.569,45)
Total penghematan					2 38.714.539,60
Biaya Investasi					
Investasi		90.000.000,00	(90.000.000,00)	1,00	(90.000.000,00)
Biaya Pergantian Modal		-	-	0,23	-
Nilai Sisa		-	-	0,23	-
Total Investasi					(90.000.000,00)
Net Saving (NS)					148.714.539,60
Saving to Investment Ratio (SIR)					2,65
Adjusted Investment Rate of Return (AIRR)					0,0208

Apabila peluang penghematan biaya listrik dengan pemasangan filter harmonik tidak dilakukan, maka biaya yang harus dikeluarkan PT.Multimas Nabati Asahan adalah Rp. 4.051.300,- per bulan. Dengan tingkat pemotongan 15% per tahun dan selama 10 tahun, maka biaya yang harus dikeluarkan dalam jangka waktu 10 tahun adalah Rp. 251.111.109,-. Sedangkan apabila peluang ini dilaksanakan maka biaya tersebut dapat dihemat. Akan tetapi, dibutuhkan biaya operasional dalam melakukan peluang penghematan ini selama 10 tahun sebesar Rp. 12.396.569,-. Sehingga total penghematan yang diperoleh dalam 10 tahun adalah Rp. 238.714.539,-.

Dengan investasi sebesar Rp. 90.000.000,-, maka penghematan yang diperoleh PT, Multimas Nabati Asahan dalam jangka 10 tahun adalah Rp. 238.714.539,- - Rp. 90.000.000,- = Rp. 148.714.539,-. SIR bernilai 2,65 yang memberikan arti bahwa setiap Rp. 1,- yang diinvestasikan maka akan memperoleh

keuntungan sebesar Rp. 2,65. Tingkat kenaikan keuntungan (AIRR) bernilai 0,0208.

Tabel 4.28 Perhitungan waktu balik modal pemasangan filter harmonik pada PT.Multimas Nabati Asahan, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Bulan	Pemasukan penghematan	Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	Penghematan	Faktor pemotongan per tahun	Penghematan VP	Penghematan Kumulatif	Investasi	Net Saving
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6=4X5)	(7=∑6)	(8)	(9= 7-8)
1	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,88E-01	3,337,135,80	3,337,135,80	80,000,000,00	(76,662,864,20)
2	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,75E-01	3,295,936,60	6,633,072,40	80,000,000,00	(73,366,927,60)
3	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,63E-01	3,255,246,02	9,888,318,42	80,000,000,00	(70,111,681,58)
4	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,52E-01	3,215,057,80	13,103,376,21	80,000,000,00	(66,896,623,79)
5	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,40E-01	3,175,365,73	16,278,741,94	80,000,000,00	(63,721,258,06)
6	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,28E-01	3,136,163,68	19,414,905,62	80,000,000,00	(60,585,094,38)
7	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,17E-01	3,097,445,61	22,512,351,23	80,000,000,00	(57,487,648,77)
8	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	9,05E-01	3,059,105,54	25,571,556,77	80,000,000,00	(54,428,443,23)
9	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,94E-01	3,021,437,57	28,592,994,34	80,000,000,00	(51,407,005,66)
10	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,83E-01	2,984,135,87	31,577,130,21	80,000,000,00	(48,422,869,79)
11	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,72E-01	2,947,294,69	34,524,424,90	80,000,000,00	(45,475,575,10)
12	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,62E-01	2,910,908,33	37,435,333,24	80,000,000,00	(42,564,666,76)
13	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,51E-01	2,874,971,19	40,310,304,43	80,000,000,00	(39,689,695,57)
14	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,40E-01	2,839,477,72	43,149,782,15	80,000,000,00	(36,850,217,85)
15	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,30E-01	2,804,422,44	45,954,204,60	80,000,000,00	(34,045,795,40)
16	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,20E-01	2,769,799,94	48,724,004,54	80,000,000,00	(31,275,995,46)
17	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,10E-01	2,735,604,88	51,459,609,42	80,000,000,00	(28,540,390,58)
18	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	8,00E-01	2,701,831,98	54,161,441,40	80,000,000,00	(25,838,558,60)
19	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,90E-01	2,668,476,03	56,829,917,44	80,000,000,00	(23,170,082,56)
20	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,80E-01	2,635,531,88	59,465,449,32	80,000,000,00	(20,534,550,68)
21	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,70E-01	2,602,994,45	62,068,443,77	80,000,000,00	(17,931,556,23)
22	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,61E-01	2,570,858,72	64,639,302,49	80,000,000,00	(15,360,697,51)
23	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,51E-01	2,539,119,72	67,178,422,21	80,000,000,00	(12,821,577,79)
24	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,42E-01	2,507,772,57	69,686,194,78	80,000,000,00	(10,313,805,22)
25	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,33E-01	2,476,812,41	72,163,007,19	80,000,000,00	(7,836,992,81)
26	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,24E-01	2,446,234,48	74,609,241,67	80,000,000,00	(5,390,758,33)
27	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,15E-01	2,416,034,05	77,025,275,72	80,000,000,00	(2,974,724,28)
28	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	7,06E-01	2,386,206,47	79,411,482,19	80,000,000,00	(588,517,81)
29	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	6,97E-01	2,356,747,13	81,768,229,33	80,000,000,00	1,768,229,33
30	3,578,850,00	(200,000,00)	3,378,850,00	6,89E-01	2,327,651,49	84,095,880,82	80,000,000,00	4,095,880,82
Play Back Periode	28 Bulan							

Jangka waktu pengembalian modal adalah 28 bulan. Dengan melihat perhitungan biaya siklus hidup diatas, diperoleh

- biaya siklus hidup = Rp. 102.396.569,-
- $NS > 0$
- $SIR > 1$
- $AIRR > 0,0125$
- Waktu pengembalian modal 28 bulan

Maka usaha penghematan biaya energi dengan meminimalisasi distorsi harmonik pada PT.Multimas Nabati Asahan dapat dilaksanakan dari segi ekonomi untuk tingkat pemotongan 15% per tahun.

Dari perhitungan diatas, terlihat bahwa dengan mempertimbangkan tingkat pemotongan yang lebih kecil pertahunnya, maka waktu pengembalian modal akan lebih singkat, hal ini dikarenakan tingkat penurunan harga yang tidak terlalu jauh setiap bulannya, sehingga jumlah biaya yang dapat dihemat jadi lebih besar.

Dengan perbaikan faktor daya pada sistem tenaga listrik PT.Multimas Nabati Asahan, maka konsumsi energi dapat dihemat sebesar 7.366 kWh per bulan, atau 3,5 % dari total konsumsi energi per bulan.

4.8 Resume Konservasi Pada PT.Multimas Nabati Asahan

Dari peluang-peluang yang telah dijelaskan di atas, maka diperoleh total penghematan energi listrik dan biaya energi listrik yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.29 Resume konservasi energi listrik PT.Multimas Nabati Asahan

No.	Konservasi Energi	Penghematan energi per bulan		Penghematan biaya per bulan	Investasi	Waktu balik modal d=15%/tahun	Waktu balik modal d=9%/tahun
		(kWh)	(%)	(Rp)	(Rp)	(bulan)	(bulan)
1	Pemasangan kapasitor bank	6.507	4,1	3.578.850,-	80.000.000,-	29	27
2	Pemasangan filter harmonik	7.366	3,5	4.051.300,-	90.000.000,-	26	26
	Total	13.873	7,6	4.051.300,-	170.000.000	28 – 29	26 – 27

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa total energi yang dapat dihemat adalah 13.873 kWh per bulan. Dengan mempertimbangkan tingkat pemotongan sebesar 15% per tahun maka waktu balik modal berkisar 28 – 29 bulan, sedangkan apabila tingkat pemotongan yang diperhitungkan sebesar 9% per bulan maka waktu balik modal adalah 26 – 27 bulan.

4.9 PT. SOCFIN INDONESIA (SOCFINDO) Tanah Gambus

Dari data-data yang diperoleh seperti yang telah dijelaskan pada bab III, maka terdapat 2 buah peluang penghematan energi pada PT.Socfindo Tanah Gambus yaitu:

- Penurunan kapasitas langganan daya listrik;
- Perbaiki faktor daya untuk mereduksi rugi-rugi jaringan karena kondisi eksisting faktordaya pada sistem kelistrikan PT.Socfindo Tanah Gambus adalah 0,83;

4.9.1 Analisa Kondisi Sistem Kelistrikan

Kondisi sistem kelistrikan diperhitungkan untuk menentukan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan pada PT.Socfindo Tanah Gambus.

Untuk kebutuhan daya aktif rata-rata dengan waktu nyala 24 jam dan 30 hari dalam satu bulan maka diperoleh:

$$\text{Kebuthan daya rata-rata} = \frac{708.200 \text{ kWh}}{12 \text{ bulan}} = 59.016,67 \text{ kWh/bulan} =$$

81,97 kW dan kebutuhan daya maksimum dari rekening listrik selama setahun adalah:

$$\text{Kebutuhan daya maksimum rata-rata} = 69.900\text{kWh/bulan} = 97,08 \text{ kW}$$

$$\text{Faktor beban tahunan} = \frac{81,97 \text{ kW}}{97,08 \text{ kW}} \times 100\% = 84\%.$$

4.9.2 Optimalisasi Kapasitas Daya Terpasang

Optimalisasi kapasitas daya terpasang secara langsung tidak memberikan penghematan energi di sisi konsumen, akan tetapi memberikan penghematan finansial. Lain halnya apabila dilihat dari sisi penyedia listrik (PLN), dengan optimalisasi yang dilakukan oleh konsumen, maka akan memberikan penghematan daya terpasang pada pembangkit listrik.

4.9.3 Analisa Kondisi Eksisting

Daya maksimum yang terjadi dari hasil pengukuran pada bulan agustus adalah:

Daya maksimum terukur = $190.047,28 + 2.323,64 = 192.370,92 \text{ VA} \gg 193 \text{ kVA}$

Dengan daya terpasang 555 kVA, maka faktor kebutuhan:

$$\text{Faktor Kebutuhan} = \frac{193 \text{ kVA}}{555 \text{ kVA}} \times 100 \% = 35 \%$$

Karena pengukuran dilakukan pada bulan Agustus, sedangkan pemakaian energi listrik tertinggi terjadi pada bulan Juni, maka dilakukan pendekatan hasil pengukuran dengan mengambil asumsi waktu penggunaan energi dan faktor daya seragam. Maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Beban Maksimum} &= \frac{\text{Daya rata-rata bulan Juni}}{\text{Daya rata-rata bulan Agustus}} \times \text{kVA Pengukuran} \\ &= \frac{97.08 \text{ kW}}{63.71 \text{ kW}} \times 193 \text{ kVA} = 294.09 \text{ Kva} \end{aligned}$$

Dan dengan memperhitungkan keperluan untuk cadangan daya listrik sebesar 25%, maka kebutuhan daya dari PT.Socfindo Tanah Gambus adalah:

$$\text{Daya maksimum} = 125\% \times 294.09 \text{ kVA} = 367,6 \text{ kVA} \gg 368 \text{ kVA}$$

4.9.4 Bentuk Konservasi

Konservasi energi yang dapat dilakukan dalam rangka optimalisasi daya terpasang adalah dengan menurunkan langganan daya dari PLN sesuai dengan kebutuhan yang telah dihitung di atas, dan juga dengan mengoptimalkan faktor beban dengan memperhitungkan faktor keragaman beban. Akan tetapi, karena faktor beban yang diperoleh sudah baik yaitu 84%, maka bentuk konservasi energi dengan cara yang kedua tidak dilakukan.

Dari daftar langganan daya yang disediakan PLN untuk golongan I3, untuk memenuhi kebutuhan daya sebesar 368 kVA, maka dilakukan pemasangan langganan sebesar 380 kVA.

Penghematan biaya yang dapat dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\text{Selisih langganan daya} = 555 \text{ kVA} - 380 \text{ kVA} = 175 \text{ kVA}$$

Dengan biaya beban sebesar Rp. 29.500,- per kVA, maka penghematan biaya yang diperoleh adalah:

$$\text{Penghematan biaya} = 175 \text{ kVA} \times \text{Rp. } 29.500,- /\text{kVA} = \text{Rp. } 5.162.500,- \times / \text{bulan.}$$

4.9.5 Analisa Biaya Siklus Hidup

Analisa biaya siklus hidup digunakan untuk menentukan apakah suatu proyek layak dilaksanakan dari sisi ekonomi atau tidak. Parameter-parameter yang digunakan dalam analisa biaya siklus hidup ini adalah:

- a. Penghematan, yaitu sebesar Rp. 5.162.500,- /bulan
- b. Investasi pemasangan baru, dengan rincian sebagai berikut:
 - Pengembalian langganan 555 kVA = Rp. 30.525.000,-
 - Pemasangan langganan 380 kVA = $380 \text{ kVA} \times \text{Rp. } 117,- /\text{VA}$
= Rp. 44.460.000,-
 - Investasi = Rp. 44.460.000,- – Rp. 30.525.000,- = Rp. 13.935.000,-
- c. Tingkat pemotongan 15 % per tahun dan 9% per tahun.
- d. Diharapkan kapasitas langganan sebesar 380 kVA dapat digunakan sampai 10 tahun.

Perhitungan biaya siklus hidup untuk tingkat pemotongan 15% per tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 4.30 Perhitungan biaya siklus hidup untuk penurunan pelanggan pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya (1)	Biaya tanggal dasar (2)	Periode (3)	Faktor pemotongan (4)	Present Value (5= 2 × 4)
Investasi	13.935.000.00	120 bulan	1.00	13.935.000.00
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	-	120 bulan	61.98	-
Biaya energi tambahan	-		61,98	-
Biaya Pergantian Modal	-		0,23	-
Biaya Selama Penggunaan (LCC)	-		0,23	13.935.000.00

Biaya yang harus dikeluarkan PT.Socfindo Tanah Gambus dalam jangka waktu 10 tahun untuk biaya investasi dalam menurunkan kapasitas langganan listrik dari PLN adalah Rp. 13.935.000,-. Biaya ini hanya dikeluarkan satu kali dalam 10 tahun, sehingga faktor pemotongan adalah satu

Tabel 4.31 Perhitungan penghematan untuk penurunan pelanggan pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya	Tanpa pemasangan	Dengan pemasangan	Selisih	Faktor pemotongan	Present value
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6= 4X5)
Penghematan operasional					
Biaya yang harus dikeluarkan	5.162.500,00		5.162.500,00	61,98	319,986,448.91
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan				61,98	-
Total penghematan	319,986,448.91				
Biaya Investasi					
Investasi		13.935.000,00	(13,935,000,00)	1,00	(13,935,000,00)
Biaya pergantian modal				0,23	
Nilai sisa				0,23	
Total Investasi	(13,935,000,00)				
Net Saving (NS)	306,051,448,91				
Saving to Investment Ratio (SIR)	2296				
Adjusted Investment Rate of Return (AIRR)	0,039				

Apabila peluang penghematan biaya listrik dengan penurunan pelanggan ini tidak dilakukan, maka biaya yang harus dikeluarkan PT.Socfindo Tanah Gambus adalah Rp.5.162.500,- per bulan. Dengan tingkat pemotongan 15% per tahun dan selama 10 tahun, maka biaya yang harus dikeluarkan dalam jangka waktu 10 tahun adalah Rp. 319.986.448,-. Sedangkan apabila peluang ini dilaksanakan maka biaya tersebut dapat dihemat. Selain itu, tidak dibutuhkan biaya operasional dalam melakukan peluang penghematan ini.

Dengan investasi sebesar Rp. 13.935.000,-, maka penghematan yang diperoleh PT.Socfindo Tanah Gambus dalam jangka 10 tahun adalah Rp. 319.986.448,- - Rp.13.935.000,- = Rp. 306.051.448,-. SIR bernilai 22,96, dan

memberikan arti bahwa setiap Rp. 1,- yang diinvestasikan maka akan memperoleh keuntungan sebesar Rp. 22,96. Tingkat kenaikan keuntungan (AIRR) bernilai 0,0393.

Tabel 4.32 Perhitungan waktu balik modal untuk penurunan langganan pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.

Bulan	Pemasukan penghematan	Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	Penghematan	Faktor pemotongan per tahun	Penghematan VP	Penghematan Kumulatif	Investasi	Net Saving
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6=4X5)	(7=Σ6)	(8)	(9= 7-8)
1	5,162,500,00	-	5,162,500,00	0,987654	5,098,765.43	5,098,765.43	13,935,000.00	(8,836,234.57)
2	5,162,500,00	-	5,162,500,00	0,975461	5,035,817.71	10,134,583.14	13,935,000.00	(3,800,416.86)
3	5,162,500,00	-	5,162,500,00	0,963418	4,973,647.12	15,108,230.26	13,935,000.00	1,173,230.26
4	5,162,500,00	-	5,162,500,00	0,951524	4,912,244.07	20,020,474.34	13,935,000.00	6,085,474.34
5	5,162,500,00	-	5,162,500,00	0,939777	4,851,599.08	24,872,073.42	13,935,000.00	10,937,073.42
6	5,162,500,00	-	5,162,500,00	0,928175	4,791,702.80	29,663,776.21	13,935,000.00	15,728,776.21
Play Back Periode		3 Bulan						

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa jangka waktu pengembalian modal adalah 3 bulan.

Dengan melihat perhitungan biaya siklus hidup diatas, diperoleh:

- Biaya siklus hidup = Rp. 13.935.000,-
- $NS > 0$
- $SIR > 1$
- $AIRR > 0,0125$
- Waktu pengembalian modal 3 bulan

Maka usaha penghematan biaya energi dengan optimalisasi kapasitas terpasang pada PT.Socfindo Tanah Gambus dapat dilaksanakan dari segi ekonomi untuk tingkat pemotongan 15% per tahun.

4.10 Perbaikan Faktor Daya

4.10.1 Analisa Kondisi Eksisting

Berdasarkan data yang diperoleh, faktor daya total dari sistem kelistrikan adalah 0,85. Dari segi biaya energi listrik, nilai ini memenuhi standar minimal yang diberikan PLN, namun pada bulan-bulan tertentu dimana nilai faktor daya lebih rendah dari 0,85, maka pihak konsumen akan dikenakan biaya denda daya reaktif. Sedangkan dari segi teknis, nilai faktor daya yang rendah akan menghasilkan rugi-rugi jaringan antara titik pasokan listrik PLN dengan panel utama PT.Socfindo Tanah Gambus sebesar 15% dari total penggunaan energi listrik. Oleh karena itu, faktor daya harus ditingkatkan.

Konsumsi daya aktif rata-rata adalah 81,97 kW dan faktor daya adalah 0,85. Sedangkan rugi-rugi jaringan diperkirakan dengan kapasitas arus yang melewati sistem distribusi dan jenis konduktor yang digunakan sebesar 15% dari daya aktif yang dikonsumsi yaitu 12,3 kW. Dengan waktu konsumsi daya selama satu bulan, maka energi yang terbuang adalah: $12,3 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 8.856 \text{ kWh}$ per bulan.

Dengan meningkatkan faktor daya menjadi 0,95, maka dapat dilakukan penghematan dengan persentase:

$$\begin{aligned} \% \text{ Loss}_{\text{Reduction}} &= \left[1 - \left(\frac{\text{PF}_{\text{jama}}}{\text{PF}_{\text{baru}}} \right)^2 \right] \times 100\% \left[1 - \left(\frac{0,85}{0,95} \right)^2 \right] \times 100\% = 19,9 \% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Sehingga, energi listrik (kWh) yang dapat dihemat dengan perbaikan faktor daya ini adalah $20\% \times 8.856 \text{ kWh} = 1.771,2 \text{ kWh}$ per bulan.

Dengan tarif listrik Rp. 440,- per kWh, akan diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 779.328,- per bulan.

4.10.2 Bentuk Konservasi

Untuk memperbaiki nilai faktor daya maka dibutuhkan pemasangan bank kapasitor, sebagai kompensator daya reaktif. Kapasitas kapasitor yang dibutuhkan adalah :

$$Q_C = P (\tan (\cos^{-1} 0,83) - \tan (\cos^{-1} 0,95))$$

$$Q_C = 81,97 \times 0,29$$

$$Q_C = 23,7 \text{ kVAr} = 25 \text{ kVAr}$$

Kompensasi kapasitor yang dibutuhkan adalah 25 kVAr.

4.10.3 Analisa Biaya Siklus Hidup

Parameter-parameter yang digunakan adalah:

- a. Penghematan per bulan diperoleh dari penghematan rugi-rugi jaringan dan denda yang reaktif yang terjadi, sebesar:

Biaya rugi-rugi jaringan = Rp. 779.328,- per bulan.

Rata-rata denda daya reaktif = Rp. 1.094.363,- per bulan.

Penghematan = Rp. 1.873.691,- per bulan.

- b. Harga kapasitor bank adalah Rp. 35.000.000,- dengan umur pakai kapasitor bank adalah 10 tahun, dengan biaya pemeliharaan Rp. 200.000,- per bulan.
- c. Tingkat pemotongan 15% per tahun.

Perhitungan biaya siklus hidup untuk tingkat pemotongan 15% per tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 4.33 Perhitungan biaya siklus hidup pemasangan kapasitor bank pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya (1)	Biaya tanggal dasar (2)	Periode (3)	Faktor pemotongan (4)	Present Value (5= 2 × 4)
Investasi	30.000.000.00	120 bulan	1.00	30.000.000.00
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	200,000.00	120 bulan	61.98	12,396,569,45
Biaya energi tambahan	-		61,98	-
Biaya Pergantian Modal	-		0,23	-
Biaya Selama Penggunaan (LCC)	-		0,47	42,396,569,45

Biaya yang harus dikeluarkan PT.Socfindo Tanah Gambus dalam jangka waktu 10 tahun untuk pemasangan kapasitor bank adalah Rp. 42.396.569,- yang terdiri dari biaya investasi sebesar Rp. 30.000.000,- dengan faktor pemotongan adalah satu, dan biaya operasional kapasitor selama pemakaian sebesar Rp. 200.000,- per bulan yang dengan faktor pemotongan 15% per tahun memiliki nilai pada masa sekarang sebesar Rp. 12.936.569,-.

Tabel 4.34 Perhitungan penghematan pemasangan kapasitor bank pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya	Tanpa pemasangan	Dengan pemasangan	Selisih	Faktor pemotongan	Present value
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6= 4X5)
Penghematan operaional					
Biaya yang harus di keluarkan	1,873,691		1,873,691	62	1 16,136,703
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan		200,000	(200.000)	62	(12,396,569)
Total penghematan	1 03,740,134				

Biaya Investasi					
Investasi		30.000.000	(30.000.000)	1	(30.000.000)
Biaya pergantian modal		-	-	0	
Nilai sisa		-	-	0	
Total Investasi	(80.000.000,00)				

Net Saving (NS)	7 3,740,133.59
Saving to Investment Ratio (SIR)	3,46
Adjusted Invesment Rate of Return (AIRR)	0,023

Apabila peluang penghematan biaya listrik dengan pemasangan kapasitor bank tidak dilakukan, maka biaya yang harus dikeluarkan PT.Socfindo Tanah Gambus adalah Rp.1.873.691,- per bulan. Dengan tingkat pemotongan 15% per tahun dan selama 10 tahun, maka biaya yang harus dikeluarkan dalam jangka waktu 10 tahun adalah Rp. 116.136.703,-. Sedangkan apabila peluang ini dilaksanakan maka biaya tersebut dapat dihemat. Akan tetapi, dibutuhkan biaya operasional dalam melakukan peluang penghematan ini selama 10 tahun sebesar Rp. 12.396.569,-. Sehingga total penghematan yang diperoleh dalam 10 tahun adalah Rp.103.740.134,-.

Dengan investasi sebesar Rp. 30.000.000,-, maka penghematan yang diperoleh PT.Socfindo Tanah Gambus dalam jangka 10 tahun adalah Rp. 103.740.134,- - Rp.30.000.000,- = Rp. 73.740.133,-. SIR bernilai 3,46 yang memberikan arti bahwa setiap Rp. 1,- yang diinvestasikan maka akan memperoleh keuntungan sebesar Rp. 3,46. Tingkat kenaikan keuntungan (AIRR) bernilai 0,023.

Tabel 4.35 Perhitungan waktu balik modal pemasangan kapasitor bank pada PT.Socfindo Tanah Gambus tingkat pemotongan 15%.

Bulan	Pemasukan penghematan	Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	Penghematan	Faktor pemotongan per tahun	Penghematan VP	Penghematan Kumulatif	Investasi	Net Saving
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6=4X5)	(7=∑6)	(8)	(9= 7-8)
1	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.987654	1,653,028.15	1,653,028.15	30,000,000.00	(28,346,971.85)
2	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.975461	1,632,620.39	3,285,648.54	30,000,000.00	(26,714,351.46)
3	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.963418	1,612,464.59	4,898,113.13	30,000,000.00	(25,101,886.87)
4	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.951524	1,592,557.62	6,490,670.74	30,000,000.00	(23,509,329.26)
5	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.939777	1,572,896.41	8,063,567.15	30,000,000.00	(21,936,432.85)
6	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.928175	1,553,477.94	9,617,045.09	30,000,000.00	(20,382,954.91)
7	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.916716	1,534,299.20	11,151,344.29	30,000,000.00	(18,848,655.71)
8	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.905398	1,515,357.23	12,666,701.52	30,000,000.00	(17,333,298.48)
9	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.894221	1,496,649.12	14,163,350.63	30,000,000.00	(15,836,649.37)
10	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.883181	1,478,171.97	15,641,522.60	30,000,000.00	(14,358,477.40)
11	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	.872277	1,459,922.93	17,101,445.53	30,000,000.00	(12,898,554.47)
12	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.861509	1,441,899.19	18,543,344.72	30,000,000.00	(11,456,655.28)
13	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.850873	1,424,097.97	19,967,442.69	30,000,000.00	(10,032,557.31)
14	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.840368	1,406,516.51	21,373,959.20	30,000,000.00	(8,626,040.80)
15	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.829993	1,389,152.11	22,763,111.31	30,000,000.00	(7,236,888.69)
16	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.819746	1,372,002.08	24,135,113.39	30,000,000.00	(5,864,886.61)
17	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.809626	1,355,063.79	25,490,177.18	30,000,000.00	(4,509,822.82)
18	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.799631	1,338,334.60	26,828,511.78	30,000,000.00	(3,171,488.22)
19	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.789759	1,321,811.95	28,150,323.73	30,000,000.00	(1,849,676.27)
20	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.780009	1,305,493.29	29,455,817.02	30,000,000.00	(544,182.98)
21	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.770379	1,289,376.09	30,745,193.11	30,000,000.00	7 45,193.11
22	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.760868	1,273,457.86	32,018,650.97	30,000,000.00	2,018,650.97
23	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.751475	1,257,736.16	33,276,387.13	30,000,000.00	3,276,387.13
24	1,873,691.00	(200,000.00)	1,673,691.00	0.742197	1,242,208.55	34,518,595.68	30,000,000.00	4,518,595.68
Play Back Periode	21 Bulan							

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa jangka waktu pengembalian modal adalah 21 bulan.

Dengan melihat perhitungan biaya siklus hidup diatas, diperoleh:

- Biaya siklus hidup = Rp. 42.396.596,-
- $NS > 0$
- $SIR > 1$
- $AIRR > 0,0125$
- Waktu pengembalian modal 21 bulan.

Maka usaha penghematan biaya energi dengan peningkatan faktor daya pada PT.Socfindo Tanah Gambus dapat dilaksanakan dari segi ekonomi untuk tingkat pemotongan 15% per tahun.

Dari perhitungan diatas, terlihat bahwa dengan mempertimbangkan tingkat pemotongan yang lebih kecil pertahunnya, maka waktu pengembalian modal akan lebih singkat, hal ini dikarenakan tingkat penurunan harga yang tidak terlalu jauh setiap bulannya, sehingga jumlah biaya yang dapat dihemat jadi lebih besar.

Dengan perbaikan faktor daya pada sistem tenaga listrik PT.Socfindo Tanah Gambus, maka konsumsi energi dapat dihemat sebesar 1.771,2 kWh per bulan, atau 3% dari total konsumsi energi per bulan.

4.11 Pemasangan Variabel Speed Drive

4.11.1 Analisa Kondisi Eksisting dan Bentuk Konservasi

Mesin-mesin listrik yang digunakan untuk memikul beban mekanis yang bervariasi, oleh karena itu pada saat beban penuh, efisiensi mekanis dari motor listrik tinggi, sedangkan pada saat keadaan tanpa beban efisiensi menjadi sangat rendah. Untuk itu diperlukan pengendali yang bekerja dengan cara menyesuaikan kebutuhan daya input untuk daya output yang terpasang. Pengendali yang digunakan adalah *Variable Speed Drive* (VSD). VSD bekerja dengan

menyesuaikan kebutuhan daya input terhadap kebutuhan beban output, sehingga energi yang dikonsumsi pada saat beban kosong atau beban kecil dapat dikurangi apabila dibandingkan terhadap motor yang tidak menggunakan VSD.

4.11.2 Analisa Biaya Siklus Hidup

Parameter-parameter yang digunakan adalah :

- a. Penghematan per bulan diperoleh adalah Rp. 2.688.998,- per bulan.
- b. Total harga *Motor Driver* untuk motor-motor dengan ukuran besar adalah Rp. 35.000.000,- dengan umur pakai 20 tahun, dengan biaya pemeliharaan Rp. 250.000,- per bulan.
- c. Tingkat pemotongan 15% per tahun.

Tabel 4.36 Perhitungan biaya siklus hidup pemasangan VSD pada PT.Socfindo Tanah Gambus, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya (1)	Biaya tanggal dasar (2)	Periode (3)	Faktor pemotongan (4)	Present Value (5= 2 × 4)
Investasi	3 5,000,000.00	240 bulan	1.00	3 5,000,000.00
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	250,000.00	240 bulan	75.94	1 8,985,569.40
Biaya energi tambahan	-		75.94	-
Nilai Sisa			0,05	
Biaya Pergantian Modal	-		0,05	-
Biaya Selama Penggunaan (LCC)	-			53,985,569.40

Biaya yang harus dikeluarkan PT.Socfindo Tanah Gambus dalam jangka waktu 20 tahun untuk pemasangan VSD adalah Rp. 53.985.569,- yang terdiri dari biaya investasi sebesar Rp. 35.000.000,- dengan faktor pemotongan adalah satu, dan biaya operasional VSD selama pemakaian sebesar Rp. 250.000,- per bulan yang dengan faktor pemotongan 15% per tahun memiliki nilai pada masa sekarang sebesar Rp. 18.985.569,-.

Tabel 4.37 Perhitungan penghematan pemasangan VSD/ASD pada PT.Socfindo Tanah Gambus, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Daftar biaya	Tanpa pemasangan	Dengan pemasangan	Selisih	Faktor pemotongan	Present value
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6= 4X5)
Penghematan operaional					
Biaya yang harus di keluarkan	2 ,688,998.00		2 ,688,998.00	7 5.94	2 04,208,632.54
Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan		250,000.00	(250,000.00)	7 5.94	(18,985,569.40)
Total penghematan					1 85,223,063.14
Biaya Investasi					
Investasi		3 5,000,000.00	(35,000,000.00)	1,00	(35,000,000.00)
Biaya pergantian modal				0.05	
Nilai sisa				0.05	
Total Investasi					(35,000,000.00)
Net Saving (NS)					150,223,063.14
Saving to Investment Ratio (SIR)					5.29
Adjusted Invesment Rate of Return (AIRR)					0.0196

Apabila peluang penghematan biaya listrik dengan pemasangan VSD tidak dilakukan, maka biaya yang harus dikeluarkan PT.Socfindo Tanah Gambus adalah Rp. 2.688.998,- per bulan. Dengan tingkat pemotongan 15% per tahun dan selama 20 tahun, maka biaya yang harus dikeluarkan dalam jangka waktu 20 tahun adalah Rp. 204.208.632,-. Sedangkan apabila peluang ini dilaksanakan maka biaya tersebut dapat dihemat. Akan tetapi, dibutuhkan biaya operasional dalam melakukan peluang penghematan ini selama 20 tahun sebesar Rp. 18.985.569,-. Sehingga total penghematan yang diperoleh dalam 10 tahun adalah Rp. 185.223.063,-.

Dengan investasi sebesar Rp. 35.000.000,-, maka penghematan yang diperoleh PT.Socfindo Tanah Gambus dalam jangka 20 tahun adalah

Rp.185.223.063,- Rp.35.000.000,- = Rp. 150.223.063,-. SIR bernilai 5,29 yang memberikan arti bahwa setiap Rp.1,- yang diinvestasikan maka akan memperoleh keuntungan sebesar Rp.5,29. Tingkat kenaikan keuntungan (AIRR) bernilai 0,0196.

Tabel 4.38 Perhitungan waktu balik modal pemasangan VSD pada PT.Socfindo Tanah Gambus, tingkat pemotongan 15% per tahun.

Bulan	Pemasukan penghematan	Biaya operasi, pemeliharaan, dan perbaikan	Penghematan	Faktor pemotongan per tahun	Penghematan VP	Penghematan Kumulatif	Investasi	Net Saving
(1)	(2)	(3)	(4=2-3)	(5)	(6=4X5)	(7=Σ6)	(8)	(9=7-8)
1	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.987654	2,408,886.91	2,408,886.91	3 5,000,000.00	(32,591,113.09)
2	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.975461	2,379,147.57	4,788,034.48	3 5,000,000.00	(30,211,965.52)
3	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.963418	2,349,775.38	7,137,809.86	3 5,000,000.00	(27,862,190.14)
4	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.951524	2,320,765.80	9,458,575.66	3 5,000,000.00	(25,541,424.34)
5	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.939777	2,292,114.37	11,750,690.04	3 5,000,000.00	(23,249,309.96)
6	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.928175	2,263,816.67	14,014,506.70	3 5,000,000.00	(20,985,493.30)
7	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.916716	2,235,868.31	16,250,375.02	3 5,000,000.00	(18,749,624.98)
8	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.905398	2,208,265.00	18,458,640.02	3 5,000,000.00	(16,541,359.98)
9	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.894221	2,181,002.47	20,639,642.49	3 5,000,000.00	(14,360,357.51)
10	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.883181	2,154,076.51	22,793,719.00	3 5,000,000.00	(12,206,281.00)
11	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.872277	2,127,482.98	24,921,201.97	3 5,000,000.00	(10,078,798.03)
12	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.861509	2,101,217.75	27,022,419.73	3 5,000,000.00	(7,977,580.27)
13	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.850873	2,075,276.79	29,097,696.52	3 5,000,000.00	(5,902,303.48)
14	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.840368	2,049,656.09	31,147,352.61	3 5,000,000.00	(3,852,647.39)
15	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.829993	2,024,351.70	33,171,704.31	3 5,000,000.00	(1,828,295.69)
16	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.819746	1,999,359.70	35,171,064.01	3 5,000,000.00	1 71,064.01
17	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.809626	1,974,676.25	37,145,740.26	3 5,000,000.00	2,145,740.26
18	2,688,998.00	(250,000.00)	2,438,998.00	0.799631	1,950,297.53	39,096,037.78	3 5,000,000.00	4,096,037.78
Play Back Periode		16 Bulan						

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa jangka waktu balik modal adalah 16 bulan.

Dengan melihat perhitungan biaya siklus hidup diatas, diperoleh:

- Biaya siklus hidup = Rp. 53.985.569,-
- $NS > 0$
- $SIR > 1$
- $AIRR > 0,0125$
- Waktu pengembalian modal 16 bulan

Maka usaha penghematan biaya energi dengan pemasangan *motor driver* (VSD) pada PT.Socfindo Tanah Gambus dapat dilaksanakan dari segi ekonomi untuk tingkat pemotongan 15% per tahun.

4.12 Resume Konservasi pada PT.Socfindo Tanah Gambus

Dari peluang-peluang yang telah dijelaskan di atas, maka diperoleh total penghematan energi listrik dan biaya energi listrik yang dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.39 Resume konservasi energi listrik PT.Socfindo Tanah Gambus.

No.	Konservasi Energi	Penghematan energi per bulan		Penghematan biaya per bulan	Investasi	Waktu balik modal d=15%/tahun	Waktu balik modal d=9%/tahun
		(kWh)	(%)	(Rp)	(Rp)	(bulan)	(bulan)
1	Pemasangan kapasitor bank		-	5.162.500,-	13.935.000	3	3
2	Pemasangan filter harmonik	1.771,2	3	1.873.691,-	30.000.000	21	20
	Total	1.771,2	3	7.036.191	43.935.000	3-21	3-20

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa total energi yang dapat dihemat adalah 7.882,56 kWh per bulan. Dengan mempertimbangkan tingkat pemotongan sebesar 15% per tahun maka waktu balik modal berkisar 3 – 21 bulan.

4.13 Resume Perubahan Konsumsi Energi Spesifik

Dalam tempo kurang dari tiga tahun, konservasi yang dilakukan pada tiga buah industri baja yang disebutkan diatas dapat mengurangi pemborosan penggunaan energi listrik. Hal ini dapat dilihat dari Konsumsi Energi Spesifik (KES) yang terjadi penurunan seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 4.40 Penurunan nilai KES setelah konservasi energi listrik

Industri	Rata- rata produksi per bulan (TON)	Sebelum konversi energi listrik		Setelah konversi energi listrik	Rata- rata penghematan energi listrik per bulan		
		kWh per bulan	KES (kWh/Ton)	kWh per bulan	KES (kWh/Ton)	kWh	%
PT.Multimas Nabati Asahan	2.498,35	180.835	72,69	161.962	64,83	18.873	10,4
PT.Socfindo Tanah Gambus	928,33	59.016,7	64,54	51.134,14	55,08	7.882,56	13,4

Tabel diatas menjelaskan bahwa konservasi energi yang direkomendasikan dapat mengurangi konsumsi energi dalam menghasilkan produksi per ton nya. Pada PT.Multimas Nabati Asahan terlihat bahwa penurunan penggunaan energi listrik dapat mencapai 10,4 % pada PT.Socfindo Tanah Gambus dapat mencapai 13,4 %.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian konservasi energi listrik pada industri minyak kelapa sawit dengan meningkatkan efisiensi dan kualitas daya listrik, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Konservasi energi listrik pada hakekatnya adalah mengurangi penggunaan energi listrik melalui perbaikan rugi-rugi daya tanpa harus mengurangi produksi baik dari segi kuantitas maupun kualitas.
2. Dengan konservasi energi listrik, konsumsi energi spesifik PT. Multimas Nabati Asahan turun sebesar 13,4% dengan penghematan biaya sebesar Rp. 4.562.689,- perbulan, dengan total investasi sebesar 78.935.000,- dan waktu balik modal adalah 3 bulan sampai dengan 21 bulan, sehingga usaha penghematan energi listrik di PT. Multimas Nabati Asahan layak dilakukan, baik untuk tingkat pemotongan 9% per tahun.
3. Dengan konservasi energi listrik, konsumsi energi spesifik PT. Socfindo Tanah Gambus turun sebesar 13,4% dengan penghematan biaya sebesar Rp. 4.562.689,- perbulan, dengan total investasi sebesar 78.935.000,- dan waktu balik modal adalah 3 bulan sampai dengan 21 bulan, sehingga usaha penghematan energi listrik di PT. Socfindo Tanah Gambus layak dilakukan, baik untuk tingkat pemotongan 9% per tahun.
4. Dengan memvariasikan tingkat pemotongan pada perhitungan *Life-Cycle Costing Analysis*, dapat disimpulkan bahwa semakin kecil tingkat pemotongan maka jumlah penghematan biaya yang diperoleh akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Centre for Renewable Energy Source. “*Energy Audit Guide, Part B: System Retrofits for Energy Efficiency.*” Athens: ADAPT, 2000
- Dugan, Roger C., *et al.* *Electrical Power System Quality. 2nd Edition.* New York: McGraw-Hill, 2002
- Fuller S. K., Stephen R. Petersen. *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program.* Washington, DC: U.S. Department of Commerce, 1995
- Helcke, George. *The energy saving guide.* Oxford: Pergamon Press, 1981
- Johnson, David E., *et al.* *Electric Circuit Analysis 3rd Edition.* New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1997
- Kashkari, Chaman. *Energy : resources, demand and conservation.* New Delhi: Tata McGraw Hill, 1975
- Meckler, Milton. *Energy conservation in buildings and industrial plants.* New York: McGraw-Hill, 1980
- Meiske I. A., Theresia. “*Analisa perhitungan rugi-rugi tenaga listrik.*” Skripsi Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 1995
- Raharjo, Ferianto. *Ekonomi Teknik – Analisis Pengambilan Keputusan.* Yogyakarta: ANDI, 2007
- Richard, “*Evaluasi rugi-rugi dan efektivitas investasi jaringan tegangan rendah.*” Skripsi Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 1987
- Sissine, Fred. “*Energy Efficiency: Budget, Oil Conservation, and Electricity Conservation Issues.*” CRS Issue Brief for Congress, 2005
- Song, Cheng Chee. “*High Efficiency Motors for Industrial and Commercials*

Sectors in Malaysia.”

Ward, W. A., Junfeng Li, *et al.* “Energy Efficiency in China : Case Studies and Economic Analysis” China: State Planning Commiss