

TUGAS AKHIR

Analisis Ekonomi Teknik Untuk Konservasi Energi Pada PT. Sandratex, Jakarta

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat
dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



Disusun Oleh :

Nama : Irwan Yosia

NIM : 41607010017

Program Studi : Teknik Industri

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2011

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Irwan Yosia

N.I.M. : 41607010017

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Judul Tugas Akhir : *“Analisis Ekonomi Teknik Untuk Konservasi
Energi Pada PT. Sandratex”*

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,

(Irwan Yosia)

LEMBAR PERSETUJUAN

Analisis Ekonomi Teknik Untuk Konservasi Energi Pada PT. Sandratex, Jakarta

Disusun Oleh :

Nama : Irwan Yosia

NIM : 41607010017

Program Studi : Teknik Industri



Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Ir. Sonny Koeswara, MSIE.

Ir. Atep Afia Hidayat, MP.

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Ekonomi Teknik Untuk Konservasi Energi Pada PT. Sandratex, Jakarta

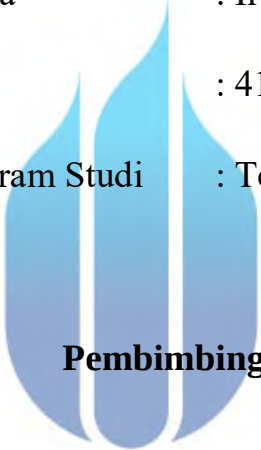
Disusun Oleh :

Nama : Irwan Yosia

NIM : 41607010017

Program Studi : Teknik Industri

Pembimbing,



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

[Alfa Firdaus, ST., MT.]

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi

[Ir. Muhammad Kholil, MT.]

ABSTRACT

With the increasing use of energy in line with the development of economy and industry, it also realized the importance of energy conservation on the user side. Energy conservation policy measures whose implementation is the easiest and the most inexpensive cost of the steps above, and now also can be implemented by all levels of society. These steps would require a number of investments that are categorized in low cost, medium, and high. From the category that need for an analysis that produces the parameters set out in the discipline of engineering economics.

In order for that investment is feasible or not feasible to be calculated using the method of investment evaluation in which there are net present value, payback period, benefit cost ratio, internal rate of return, and sensitivity analysis. The method used in this study are based on preliminary studies and literature study. There are 7 steps that an investment in energy conservation and then analyzed using 5 turns 5 step method of investing that is feasible while the remaining 2 steps said to be feasible.

Keyword : Net Present Value, Sensitivity Analysis

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Dengan semakin meningkatnya penggunaan energi sejalan dengan berkembangnya perekonomian dan industri, maka disadari pula pentingnya penghematan energi pada sisi pemakai. Konservasi energi merupakan langkah kebijaksanaan yang pelaksanaannya paling mudah dan biayanya paling murah diantara langkah-langkah di atas, serta sekarang juga dapat dilaksanakan oleh seluruh lapisan masyarakat. Langkah-langkah tersebut tentunya memerlukan sejumlah investasi yang dikategorikan dalam biaya murah, sedang, dan tinggi. Dari kategori itulah perlunya sebuah analisis yang menghasilkan parameter-parameter yang tertuang dalam disiplin ilmu ekonomi teknik.

Agar investasi itu dikatakan layak atau tidak layak haruslah dihitung menggunakan metode evaluasi investasi yang didalamnya terdapat *net present value*, *payback period*, *benefit cost ratio*, *internal return of rate*, dan *sensitivity analysis*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan studi pendahuluan (*preliminary research*) dan studi kepustakaan (*library research*). Terdapat 7 langkah yang menjadi investasi dalam konservasi energy dan setelah dianalisis menggunakan 5 metode investasi ternyata 5 langkah yang dikatakan layak sedangkan 2 langkah sisanya dikatakan tidak layak.

Kata Kunci : Net Present Value, Sensitivity Analysis

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb..

Penulis sangat menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mohon maaf sebesar-besarnya kepada para pembaca khususnya serta semua pihak yang berperan atas terselesaikannya Tugas Akhir ini. Penulis harap semua masukan dan kritik yang penulis dapat dari semua pihak yang menilai Tugas Akhir ini dapat menjadikan penulis sebagai pribadi yang belajar lebih baik lagi di masa mendatang.

Selain itu, tidak lupa rasa syukur dan banyak terimakasih atas dukungan moril dan materil yang penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT. Dzat yang tidak pernah putus menganugerahkan Maha Kasih SayangNya kepada penulis. Dia yang tidak pernah lupa memberikan berkah, kesempatan, keajaiban, cinta dan cobaan sehingga penulis menjadi seorang yang berupaya untuk belajar dari hal-hal tersebut. Terima kasih ya Allah karena senantiasa memberikan rasa syukur dan tidak mudah memberikan rasa puas kepada penulis sehingga penulis akan selalu berusaha untuk menjadi seorang lebih baik lagi.
2. Kedua orang tua dan keluarga, Mama, Papa, Alma, Kakak Yan dan Kakak Don terimakasih yang tak terhingga karena telah menunjukkan penulis bagaimana dunia ini yang sebenarnya. Mama, Alma dan Om Rully, terimakasih telah menjadi *partner* yang setia untuk berdiskusi. Penulis sangat menyadari bahwa tahap ini masih sangat jauh dari kata “membanggakan”. Kata terimakasih tidak pernah cukup untuk membalas semua kasih sayang yang tidak pernah padam sepanjang hidup penulis.
3. Seluruh dosen Universitas Mercu Buana, khususnya Ir. Torik Husein, MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri; Ir. Muhammad Kholil, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri; Alfa Firdaus, ST., MT., selaku dosen pembimbing selama penulis menyusun tugas akhir ini, terima kasih telah memberikan masukan yang luar biasa bermanfaat bagi penulis

hingga tugas akhir dapat terselesaikan dengan baik; Ir. Indra Almahdy, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik penulis; Ir. Sonny Koeswara, MSIE, selaku Kepala Laboratorium Teknik Industri yang selalu meluangkan waktu bagi penulis untuk berdiskusi; dan tidak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada bapak dan ibu dosen Teknik Industri lainnya yang telah mengajarkan berbagai teori, paradigma, dan konsep yang berkaitan dengan disiplin ilmu teknik industri.

4. Seluruh sahabat di dalam hidup penulis: Kak Retno, Ria, Peppy, Ronny, Baim, Deni, Fadil, dan Kak Fafa. terimakasih telah menjadi sahabat yang pengertian dan ada saat penulis butuhkan. *just no wonder why you guys are always on my „Top List Friends“.. See y'all in the brighter future.. ☺*
5. Terimakasih juga tidak kalah penting penulis ucapkan kepada Pak Hendra A.K. dan Keluarga Besar General Affair Division PT. TMMIN (Head Office), seluruh teman-teman Teknik Industri UMB'07, dan semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Terakhir, Seluruh keluarga besar yang telah mendukung setiap langkah penulis sejak memasuki jenjang perguruan tinggi hingga saat ini. Keluarga besar Purna Paskibraka Indonesia (PPI) DKI Jakarta, Ikatan Mahasiswa Teknik Industri (IMTI) UMB, Ikatan Mahasiswa Teknik Industri Indonesia (IMTII) Zona Jakarta, Majelis Permusyawaratan Mahasiswa (MPM) UMB, terima kasih atas dukungan yang terus mengalir hingga penulis sampai pada jenjang ini.

Sekian kata pengantar dari penulis, mohon maaf apabila terdapat kesalahan penulisan nama atau gelar serta masih banyak pihak yang belum disebutkan satu per satu.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pernyataan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pengesahan	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
BAB I	PENDAHULUAN
1.1.	Latar Belakang..... 1
1.2.	Identifikasi Masalah..... 5
1.3.	Batasan Masalah..... 5
1.4.	Rumusan Masalah..... 6
1.5.	Tujuan Penelitian..... 7
1.6.	Metodologi Penelitian..... 7
1.7.	Sistematika Penulisan..... 8
BAB II	LANDASAN TEORI
2.1.	Energi..... 10
2.2.	Audit Energi..... 13
2.2.1.	Konsep Audit Energi..... 14
2.2.2.	Klasifikasi Audit Energi..... 14
2.3.	Konservasi Energi..... 18
2.4.	Ekonomi Teknik..... 23
2.4.1.	Metode Penilaian Investasi..... 25
2.4.2.	Konsep Bunga..... 31
2.5.	Keterkaitan Ekonomi Teknik - Konservasi Energi.. 32
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian..... 34
3.2.	Materi penelitian..... 34
3.3.	Indentifikasi Kebutuhan Data..... 34
3.4.	Metode Penelitian..... 35
3.4.1.	Studi Pendahuluan..... 35
3.4.2.	Studi Kepustakaan..... 35

3.5.	Teknik Penelitian.....	36
3.6.	Metode Analisis.....	36
 BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		
4.1.	Data Riwayat Perusahaan.....	40
4.2.	Sistem Produksi.....	44
4.2.1	Mesin Produksi pada Proses Spinning.....	44
4.2.2	Mesin Produksi pada Proses Weaving.....	47
4.2.3	Mesin Produksi pada Proses Finishing.....	50
4.3.	Flow Proses.....	53
4.4.	Pola Penggunaan Energi.....	56
4.5.	Potensi Penghematan Energi.....	66
4.5.1.	Potensi Penghematan pada Sisi Suply.....	66
4.5.2.	Pemasangan Inverter.....	67
4.5.3.	Pemasangan Lampu Ballast Elektronik.....	68
4.5.4.	Pemanfaatan Kondensat.....	69
4.5.5.	Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi.....	70
4.5.6.	Instalasi Preheater.....	70
4.5.7.	Pemasangan Flowmeter.....	70
4.6.	Latar Belakang Penggunaan Data.....	71
4.6.1.	Data Nilai Investasi.....	71
4.6.2.	Data Suku Bunga.....	71
4.6.3.	Data Penghematan.....	71
4.6.4.	Data Biaya Pemeliharaan.....	72
4.6.5.	Data Umur Ekonomis.....	72
4.7.	Perhitungan dengan Metode Net Present Value....	72
4.8.	Perhitungan dengan Metode Payback Period.....	70
4.9.	Perhitungan dengan Metode Benefit Cost Ratio....	83
4.10.	Perhitungan dengan Metode Internal Rate of Return	89
4.11.	Perhitungan dengan Metode Sensitivity Analysis..	96
 BAB V ANALISIS DATA		
5.1.	Analisis Metode Net Present Value.....	104
5.2.	Analisis Metode Payback Period.....	106
5.3.	Analisis Metode Benefit Cost Ratio.....	109
5.4.	Analisis Metode Internal Rate of Return.....	111
5.5.	Analisis Metode Sensitivity Analysis.....	114
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1.	Kesimpulan.....	121
6.2.	Saran.....	122

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Generator Set dan Kapasitasnya	42
Tabel 4.2. Kapasitas Trafo yang digunakan PT. Sandratex	58
Tabel 4.3. Penggunaan Energi Rata-Rata per Bulan Tahun 2008	59
Tabel 4.4. Penggunaan Energi Rata-Rata per Bulan Tahun 2009	60
Tabel 4.5. Penggunaan Energi Rata-Rata per Bulan Tahun 2010	62
Tabel 4.6. Konsumsi Energi Listrik Pada Bulan Maret 2010	63
Tabel 4.7. Trafo yang Dilepas Dari Jaringan	67
Tabel 4.8. Mesin-mesin yang Akan Dipasang Inverter	68
Tabel 5.1. Analisis Metode Net Present Value	92
Tabel 5.2. Analisis Metode Payback Period	94
Tabel 5.3. Analisis Metode Benefit Cost Ratio	97
Tabel 5.4. Analisis Metode Internal Rate of Return	100
Tabel 5.5. Analisis Metode Sensitivity Analysis	106
Tabel 6.1. Hasil Analisis Dengan 5 Metode Ekonomi Teknik	110

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Perkembangan Demand&Supply Energi	2
Gambar 1.2. Perkembangan Pangsa Pasar & Subsidi Fosil	3
Gambar 2.1. Elemen Pokok Sistem Tenaga Listrik	13
Gambar 4.1. Proses Winding	47
Gambar 4.2. Mesin Warping	47
Gambar 4.3. Mesin Sizing Kawamoto dan Kanamaru	48
Gambar 4.4. Mesin Weaving	49
Gambar 4.5. Hasil Proses Weaving	49
Gambar 4.6. Proses Inspeksi	50
Gambar 4.7. Mesin Bleaching	51
Gambar 4.8. Mesin Dyeing	51
Gambar 4.9. Gulungan Kain	52
Gambar 4.10 Gudang Barang Jadi	53
Gambar 4.11. Proses Spinning	54
Gambar 4.12 Proses Weaving	55
Gambar 4.13 Proses Finishing	55
Gambar 4.14 Single Line Diagram	57
Gambar 4.15. Grafik Penggunaan Energi Tahun 2008	60
Gambar 4.16. Grafik Penggunaan Energi Tahun 2009	61
Gambar 4.17. Grafik Penggunaan Energi Tahun 2010	62
Gambar 4.18. Grafik Profil Beban Bulan Maret 2010	65
Gambar 4.18. Aliran Cash Flow NPV pada Trafo	73
Gambar 4.19. Aliran Cash Flow NPV pada Inverter	74

Gambar 4.20. Aliran Cash Flow NPV pada Kondensat	76
Gambar 4.21. Aliran Cash Flow NPV pada Isolasi Pipa Distribusi	77
Gambar 4.22. Aliran Cash Flow NPV pada Preheater	78
Gambar 4.23. Aliran Cash Flow NPV pada Flowmeter	79



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan semakin meningkatnya penggunaan energi sejalan dengan berkembangnya perekonomian dan industri, maka disadari pula pentingnya penghematan energi pada sisi pemakai. Hal ini tertuang dalam Instruksi Presiden (Inpres) No. 9 tahun 1982 tertanggal 7 April 1982, yang dikeluarkan oleh Pemerintah Republik Indonesia, tentang Konservasi Energi. Inpres ini terutama ditujukan terhadap pencahayaan gedung, AC, peralatan dan perlengkapan kantor yang menggunakan listrik, dan kendaraan dinas.

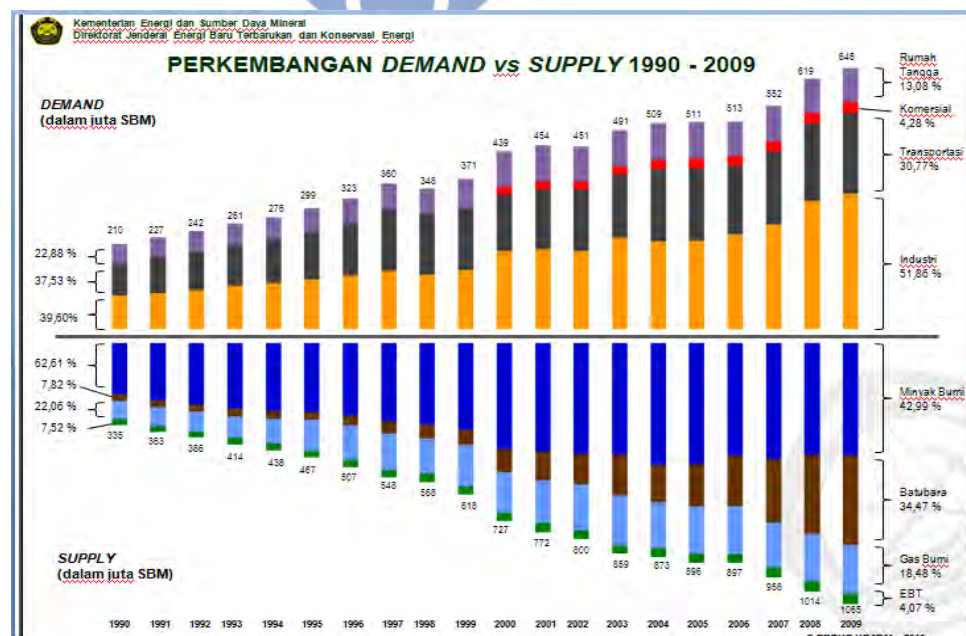
Inpres No. 9 tahun 1982 tersebut kemudian diperkuat dengan Keppres No. 43 tahun 1991 tentang Konservasi energi, yang isinya merinci lebih jauh petunjuk langkah-langkah konservasi energi melalui:

- a. Kampanye hemat energi
- b. Diklat konservasi
- c. Peragaan dan contoh peralatan hemat energi
- d. Litbang teknologi konservasi

e. Pengembangan sistem audit energi, identifikasi potensi peningkatan efisiensi

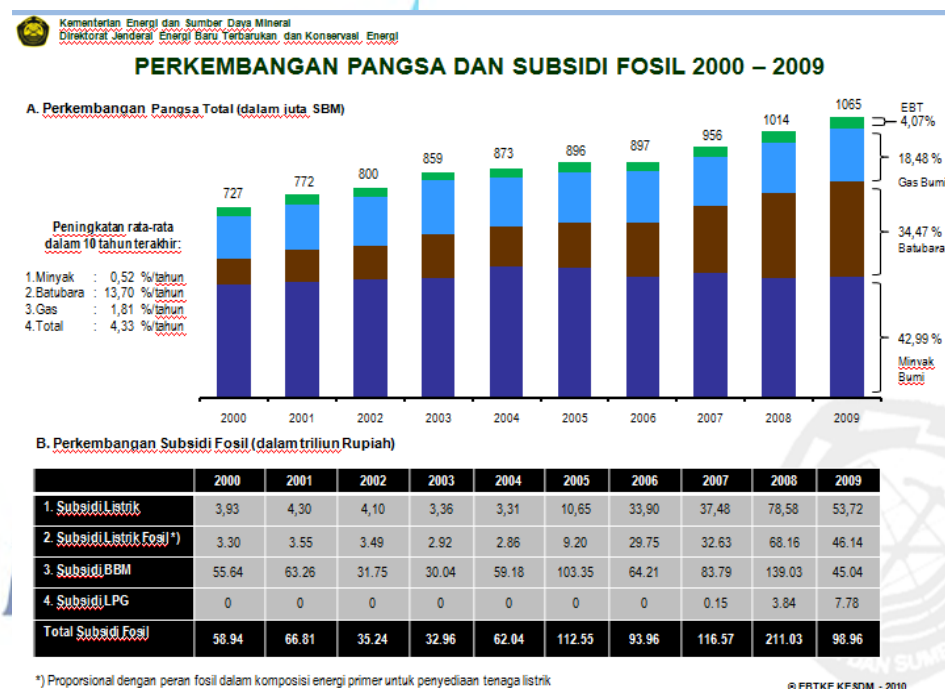
f. Standarisasi

Keppres No. 43 tahun 1991 ini, selain mencakup aspek teknis, juga mencakup aspek pelaksanaan dan implementasi seperti kebijakan di bidang investasi, perkreditan, serta harga dan tarif energi. Selanjutnya Inpres No. 10 tahun 2005, tentang penghematan energi, dikeluarkan dengan mempertimbangkan potensi ancaman krisis energi listrik karena pasokan listrik yang tersedia, yaitu kapasitas terpasang, tidak mampu mengimbangi pertumbuhan permintaan konsumsi listrik nasional dengan pertumbuhan rata-rata 7% pertahun. Kebutuhan energi listrik dari dua sektor utama yaitu rumah tangga dan industri, bahkan mengalami peningkatan dengan laju kenaikan rata-rata 10% – 15% pertahun.



Grafik 1.1 Perkembangan Demand & Supply Energi

Sementara pada saat yang bersamaan, kemampuan penyediaan listrik oleh negara melalui PT PLN (Persero) masih terbatas, bahkan terdapat indikasi bahwa kemampuan tersebut mulai menurun. Salah satu penyebab penurunan kemampuan pemasokan tersebut adalah karena sebagian besar pembangkit tenaga listrik yang dimiliki oleh PT PLN (Persero) menggunakan bahan bakar fosil, yaitu minyak atau batubara, sebagai sumber energi penggeraknya, sementara ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis.



Grafik 1.2 Perkembangan Pangsa dan Subsidi Fossil

Inpres No. 10 tahun 2005 tersebut di atas dikeluarkan sebagai langkah Pemerintah untuk menjamin ketahanan dan kecukupan pasokan energi di dalam negeri, dalam rangka memelihara kelangsungan perekonomian nasional, yang diikuti dengan Peraturan Menteri No. 0031 tahun 2005, tentang tata cara pelaksanaan penghematan energi, yang

mengatur konservasi energi pada instansi pemerintah dan masyarakat pada umumnya.

Krisis energi tersebut diatas akan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan perekonomian dan industri nasional. Hal ini dapat dilihat dengan semakin buruknya kinerja industri dikarenakan biaya produksi domestik yang meningkat dengan kenaikan harga BBM dan energi listrik. Sementara itu tingkat konsumsi energi listrik per kapita nasional serta daya beli ekonomi yang rendah, menyebabkan efisiensi dan nilai tambah yang dihasilkannya juga relatif rendah. Peningkatan efisiensi pemanfaatan energi memerlukan infrastruktur, teknologi dan *know-how* mengenai sistem konversi dan konservasi, serta kebijakan dan manajemen energi yang optimal.

Dampak lain dari krisis energi tersebut adalah akan diberlakukannya tarif dua kali lipat bagi perusahaan atau industri disaat beban puncak, yang memang harganya lebih mahal. Ini merupakan upaya mendorong pelanggan sektor industri untuk melakukan penghematan energi.

Untuk mengimplementasikan penghematan energi sesuai dengan Keppres No. 10 tahun 2005, sebaiknya keberhasilan negara lain seperti Jepang dan Thailand dalam melakukan penghematan energi dengan pemberian insentif melalui bantuan audit energi pada sektor industri, patut ditiru. Audit energi pada industri di Indonesia sudah sangat perlu dilakukan untuk mengidentifikasi peluang konservasi dan efisiensi dalam

pemakaian energi di sektor industri. Sejalan dengan hal di atas, penulis akan melakukan penelitian di PT Sandratex sebagai salah satu industri tekstil yang telah melakukan komitmen dengan Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang akan ditemui dalam konservasi energi :

1. Krisis energi listrik karena pasokan listrik yang tersedia, yaitu kapasitas terpasang, tidak mampu mengimbangi pertumbuhan permintaan konsumsi listrik nasional.
2. Peluang konservasi dan efisiensi dalam pemakaian energi di sektor industri.
3. Analisis investasi dengan langkah – langkah penghematan energi yang ditentukan apakah layak atau tidak untuk dilaksanakan.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis membatasi masalah agar pembahasannya terarah dan mempunyai batasan yang jelas sehingga mendapatkan hasil yang optimal, oleh karena itu perlu diadakan pembatasan-pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Rincian dan profil intensitas dan konsumsi energi pada industri tekstil PT. Sandratex.
2. Identifikasi penggunaan energi dan potensi penghematannya pada industri tekstil PT. Sandratex.
3. Rekomendasi langkah-langkah penghematan energi berdasarkan kriteria :
 - a. Tanpa biaya atau biaya rendah
 - b. Biaya sedang
 - c. Biaya tinggi

Evaluasi investasi untuk konservasi energi yang direkomendasikan yang memerlukan biaya (*low/medium/high cost*).

1.4. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang diangkat pada penulisan laporan tugas akhir ini adalah penulis akan melakukan analisis ekonomi teknik untuk konservasi energi pada PT. Sandratex, sehingga dapat menghasilkan penghematan energi melalui langkah-langkah konservasi yang terarah, sistematis, dan dapat dilaksanakan secara optimal di PT. Sandratex.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan prioritas penerapan konservasi energi yang layak (*feasible*) untuk dilaksanakan dan Melakukan analisis ekonomi teknik dengan mempertimbangkan *net benefit and cost* (B/C) *ratio*, *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR), *sensitivity analysis* (SA), serta *payback period* (PBP).
2. Menganalisa pada proyek konservasi energi yang direkomendasikan dan memerlukan biaya (*low/medium/high cost*) di PT. Sandratex.

1.6. Metode Penelitian

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Mempelajari teori-teori dengan membaca buku-buku yang berkaitan dengan tema tulisan yang dibuat.

2. Studi Observasi

Penulis melakukan observasi ke lapangan untuk melakukan pengamatan secara langsung bagaimana proses produksi dan mengambil data sekunder serta pendukung di PT Sandratex.

3. Wawancara

Penulis melakukan diskusi atau tanya jawab terhadap beberapa karyawan untuk membahas masalah terkait.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan digunakan untuk memudahkan pembahasan, penulisan ini dibagi menjadi enam bab yang terkait antara satu dengan yang lainnya. Untuk lebih jelasnya penulis akan menguraikan secara garis besarnya sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Dalam bab ini dikemukakan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Bab ini mengemukakan teori-teori yang menunjang serta digunakan dalam membantu pengolahan data dan analisa pemecahan masalah.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan cara pengambilan data dan pengolahan data dengan menggunakan alat-alat yang ada serta gambaran umum perusahaan yaitu PT. Sandratex.

BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bab ini berisikan pengumpulan data yang terdiri dari dua yaitu data umum perusahaan dan data khusus untuk pengolahan data. Pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang tersedia dan dengan melihat serta mempertimbangkan dengan teori-teori terkait.

BAB V Analisa Pemecahan Masalah

Pada Bab ini membahas keterkaitan antara faktor-faktor data yang diperoleh dari masalah yang diajukan kemudian menyelesaikan masalah tersebut dengan metode yang diajukan dan menganalisa proses dan hasil penyelesaian masalah.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Merupakan bab terakhir dari penelitian ini yang berisi kesimpulan dari hasil penulisan dan saran-saran serta rekomendasi yang diberikan penulis berkaitan dengan penelitian.

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Energi

Energi adalah suatu besaran yang secara konseptual dihubungkan dengan transformasi, proses atau perubahan yang terjadi. Besaran ini seringkali dikaitkan dengan perpindahan sebuah gaya atau perubahan temperatur, sehingga memungkinkan penentuan satuan joule (perpindahan gaya 1 Newton sejauh 1 meter), maupun kalor jenis (energi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur sebesar 1 derajat per satuan massa material).

Dalam keperluan praktis, energi sering kali dikaitkan dengan jumlah bahan bakar atau konsumsi jumlah listrik. Setiap zat sebenarnya mengandung sejumlah energi di dalamnya yang disebut energi dalam. Dalam suatu proses zat dapat melepaskan sebagian energi dalamnya (dalam proses pembakaran) atau menyimpan energi yang berasal dari lingkungan (pemanasan suatu zat).

Dalam melakukan analisis energi suatu sistem, harus dilakukan berbagai proses perhitungan yang melibatkan jumlah material/zat dan

energi. Oleh karena itu perlu dipahami berbagai satuan yang sering digunakan dalam menyatakan besar atau jumlah dari suatu besaran.

Untuk menyatakan jumlah material, ada beberapa besaran yang dapat digunakan, yaitu :

1. Massa, dengan satuan kg, lbf, ton dan sebagainya
2. Volume, dengan satuan liter, m³, gallon dan sebagainya

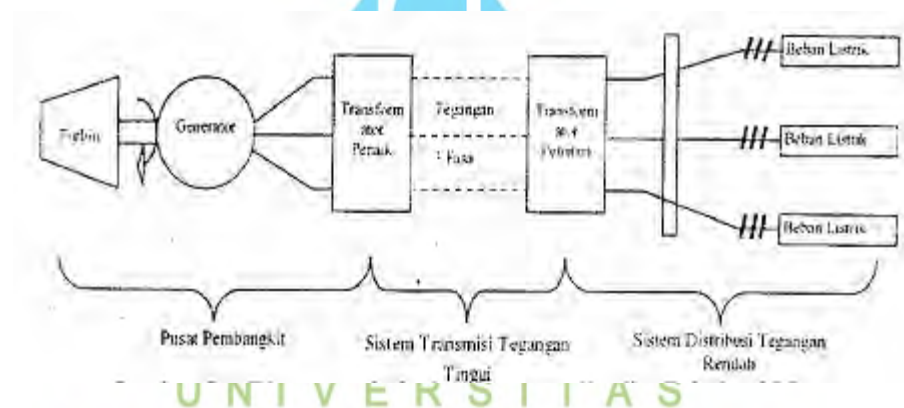
Untuk menyatakan jumlah energi, ada beberapa satuan yang digunakan, misalnya joule, ft.lbf, kWh, BTU dan sebagainya. Satuan joule merupakan satuan standart internasional (SI) yang biasa digunakan untuk semua bentuk energi. Sedangkan kWh adalah satuan yang biasa digunakan untuk menyatakan energi-energi listrik, ft.lbf adalah satuan yang biasanya digunakan untuk menyatakan energi termal.

Salah satu cara yang paling ekonomis, mudah dan aman untuk mengirimkan energi adalah melalui bentuk energi listrik. Pada pusat pembangkit, sumber daya energi primer seperti bahan bakar fosil (minyak, gas alam dan batubara), hidro, panas bumi dan nuklir diubah menjadi energi listrik. Generator sinkron mengubah energi mekanis yang dihasilkan poros turbin menjadi energi listrik tiga fase.

Melalui transformator penaik tegangan (step up transformator) energi listrik ini dikirimkan melalui saluran transmisi bertegangan tinggi menuju pusat-pusat beban. Peningkatan tegangan dimaksud untuk mengurangi jumlah arus yang mengalir melalui saluran transmisi. Dengan

demikian saluran transmisi bertegangan tinggi akan membawa aliran arus yang rendah dan ini berarti mengurangi rugi-rugi panas yang terjadi (heat lost) yaitu sebesar $I^2 R$. Ketika saluran transmisi mencapai pusat beban, tegangan tersebut kembali diturunkan menjadi tegangan menengah dengan transformator penurun tegangan (step down transformator).

Di pusat-pusat beban yang terhubung dengan saluran distribusi, energi listrik ini diubah kembali menjadi bentuk-bentuk energi terpakai lainnya seperti energi mekanis, penerangan, pendingin, dan lain-lain. Elemen pokok tenaga dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Elemen pokok sistem tenaga listrik (Zuhail, 1995)

Beban yang diberi tegangan, impedansi dari beban tersebut akan menentukan besar arus dan sudut fasa yang mengalir pada beban tersebut. Faktor daya merupakan petunjuk yang menyatakan suatu beban. Faktor daya merupakan hasil bagi dari rata-rata dengan daya nyata.

$$\text{Faktor daya} = \frac{P}{V.I} = \frac{V.I \cos \phi}{V.I} = \cos \phi \dots\dots\dots (2.1)$$

Besarnya faktor daya adalah $0 < \cos \phi < 1$. Untuk mendapatkan pemakaian daya maksimal, faktor daya dapat diusahakan mendekati 1, yaitu dengan menambahkan peralatan *capasitor bank*. (Zuhal, 1995).

2.2. Audit Energi

Usaha-usaha untuk menghemat energi di segala bidang makin dirasakan perlu karena semakin terbatasnya sumber-sumber energi yang tersedia dan semakin mahalnya biaya pemakaian energi. Usaha-usaha penghematan energi pada suatu bangunan komersial seperti suatu pabrik hanya dapat dilakukan jika telah diketahui untuk apa energi tersebut digunakan dan berapa besarnya pemakaian energi di tiap-tiap bangunan pabrik tersebut. Untuk mengetahui hal itu maka diperlukan pengetahuan tentang audit energi atau kesetimbangan energi.

Berdasarkan kegiatan yang dilakukan pada akhirnya audit energi didefinisikan sebagai: kegiatan untuk mengidentifikasi jenis energi dan mengidentifikasikan besarnya energi yang digunakan pada bagian-bagian operasi suatu industri/pabrik atau bangunan serta mencoba mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi.

Audit energi dapat dilakukan setiap saat atau sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan. Monitoring pemakaian energi secara teratur merupakan keharusan untuk mengetahui besarnya energi yang digunakan

pada setiap bagian operasi selama selang waktu tertentu. Dengan demikian usaha-usaha penghematan dapat dilakukan. (Abdurachim, 2002).

2.2.1. Konsep Audit Energi

Audit energi merupakan usaha atau kegiatan untuk mengidentifikasi jenis dan besarnya energi yang digunakan pada bagian-bagian operasi suatu industri/pabrik atau bangunan dan mencoba mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi. Sasaran dari audit energi adalah untuk mencari cara mengurangi konsumsi energi persatuan output dan mengurangi biaya operasi. Untuk mengukur besarnya efisiensi penghematan digunakan parameter Benefit Cost Ratio (BCR) yang didefinisikan sebagai : (Abdurachim, 2002)

$$BCR = \frac{E_a \cdot b}{c} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

E = Biaya energi tahunan, satuan uang

a = Potensi energi tahunan, satuan uang, % dari harga E

b = Realisasi biaya energi yang dapat dihemat, % dari harga a

c = Biaya realisasi, satuan uang

2.2.2. Klasifikasi Audit Energi

a. Survei Energi (*Energy Survey or Walk Through Audit*).

Survei energi merupakan jenis audit energi paling sederhana. Audit hanya dilakukan pada bagian-bagian utama atau pengguna energi terbesar. Tujuan dari survei energi adalah :

- 1) Untuk mengetahui pola penggunaan energi dan sistem yang mengkonsumsi energi serta untuk mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi (*Energy Conservation Opportunity = ECO*)
- 2) Untuk mendapatkan data yang berguna bagi audit energi awal.

Pada survei energi, data-data dapat diperoleh melalui wawancara dengan orang-orang yang berhubungan dengan penggunaan energi pada beberapa tahun terakhir yang telah tersedia. Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kecenderungan karakteristik pemakaian energi pada suatu industri, pabrik atau gedung.

Hasil laporan hanya berupa rekomendasi atau usulan mengenai bagian-bagian yang perlu dilakukan audit rinci atau bagian-bagian yang telah optimal penggunaan energinya.

- b. Audit Energi Awal atau Audit Energi Singkat (*Preliminary Energy Audit = PEA*).

Tujuan dari audit energi awal (PEA) adalah untuk mengukur produktivitas dan efisiensi penggunaan energi dan

mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi (ECO's).

Kegiatan audit energi awal meliputi:

- 1) Pengumpulan data-data pemakaian energi yang tersedia
- 2) Mengamati kondisi peralatan, penggunaan, penggunaan energi beserta alat-alat ukur yang berhubungan dengan monitoring energi seperti:
 - a) Memeriksa kondisi isolasi yang rusak atau hilang.
 - b) Meneliti adanya kebocoran.
 - c) Mengamati alat-alat ukur dan alat kendali yang tidak bekerja.
 - d) Mengamati gas pembuangan pembakaran.
 - e) Dan lain-lain.
- 3) Mengamati prosedur operasi dan perawatan yang biasa dilakukan dalam industri/pabrik atau gedung tersebut.
- 4) Survei energi manajemen, yaitu untuk mengetahui kegiatan manajemen energi dan kriteria pengambilan keputusan dalam investasi penghematan energy

Hasil PEA biasanya berupa laporan mengenai sumber-sumber kebocoran / kehilangan energi seperti adanya isolasi yang tidak sempurna, kebocoran fluida atau alat ukur pengendali yang

tidak bekerja, rekomendasi perbaikan ringan yang harus dilakukan.

c. Audit Energi Rinci atau Energi Penuh (*Detailed Energy Audit or Full Audit*)

Audit energi rinci (DEA) adalah audit energi yang dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur yang sengaja dipasang pada peralatan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi. Kegiatan ini diikuti dengan analisis rinci penggunaan energi beberapa sistem. Tujuan dari audit energi ini untuk mengevaluasi kemungkinan penghematan energi (ECO's).

Audit energi rinci biasanya dilakukan setelah PEA, meskipun sebenarnya audit energi ini dapat dilakukan sendiri, asalkan kegiatan yang tercangkup dalam PEA dilakukan pada awal kegiatan audit. Pengukuran yang dilakukan meliputi pengukuran tekanan, temperatur, laju aliran fluida atau bahan bakar dan konsumsi energi listrik. Data-data pengukuran tersebut kemudian digunakan untuk menghitung besarnya konsumsi energi. Hal ini dilakukan dengan menerapkan *balance energy* pada komponen atau sistem.

Hasil DEA berupa rekomendasi perubahan-perubahan sistem atau komponen yang diperlukan dengan didasari oleh

bukti-bukti perhitungan agar diperoleh penghematan energi dan penghematan biaya energi beserta cara-cara implementasinya.

2.3. Konservasi Energi

Negara Indonesia kaya akan sumber energi, tetapi pemanfaatannya selama ini belum seimbang karena terlalu banyak tergantung pada sumber energi minyak bumi. Padahal sumber energi minyak bumi dewasa ini merupakan sumber pendapatan yang terpenting dan persediaannya terbatas. Ketergantungan pada satu sumber energi yaitu minyak bumi dan produk turunannya ini tidak dapat dibiarkan secara terus menerus karena kebutuhan energi akan terus meningkat baik disebabkan meningkatnya industri maupun pertambahan jumlah penduduk serta adanya peningkatan kesejahteraan masyarakat. Untuk menghadapi masalah-masalah tersebut di atas, disusunlah langkah-langkah kebijakan energi oleh pemerintah, langkah-langkah itu adalah:

1. Intensifikasi

2. Diversifikasi

3. Konservasi

Konservasi energi merupakan langkah kebijaksanaan yang pelaksanaannya paling mudah dan biayanya paling murah diantara langkah-langkah di atas, serta sekarang juga dapat dilaksanakan oleh seluruh lapisan masyarakat. Kebijakan energi ini dimaksudkan untuk memanfaatkan sebaik-baiknya sumber energi yang ada, juga dalam rangka mengurangi

ketergantungan akan minyak bumi, dengan pengertian bahwa konservasi energi tidak boleh menjadi penghambat kerja operasional maupun pembangunan yang telah direncanakan. (Badan Koordinasi Energi Nasional, 1983).

Oleh Karena itu disamping harus secepatnya mengembangkan sumber-sumber energi dari bahan bakar non fosil seperti biomassa, biogas, dan sebagainya, harus juga berusaha untuk dapat mengoptimalkan penggunaan energi minyak bumi secara lebih tepat, cermat, hemat dan efisien dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi.

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 BBMnya sekitar 10 persen saja, maka itu berarti “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. Sebagai dimaklumi, sumber utama pemanasan global yang dikhawatirkan masyarakat planet bumi kini adalah pembakaran bahan bakar fosil, atau aktivitas manusia yang berkaitan dengan penggunaan energi. Kegiatan pembakaran bahan bakar fosil, misalnya yang ditunjukkan oleh kegiatan transportasi, menghasilkan berbagai polutan seperti CO_x, NO_x maupun SO_x di samping partikel debu yang mengotorkan udara.

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. Penyakit yang dilahirkan dari pola konsumsi BBM nasional yang tidak sehat (“subsidi BBM”, penyelundupan, pengoplosan, serta biaya politik yang ditimbulkannya) sedikit banyak dapat diatasi bila kita melakukan konservasi energi dengan ketat, khususnya di sektor transportasi. Rugi-rugi (*losses*) dalam penggunaan listrik nasional dapat ditekan bila kesadaran melakukan efisiensi dan konservasi energi telah berkembang di kalangan masyarakat dan perusahaan listrik itu sendiri. Banyak industri dapat menekan biaya produksi mereka bila perhatian mengenai bagaimana dapat menggunakan energi secara hemat dipraktekkan dalam kegiatan industri sehari-hari.

Kesadaran untuk melakukan konservasi energi sebenarnya sudah pernah muncul di tanah air, khususnya pada periode Krisis Minyak Dunia akhir 1970-an. Resesi ekonomi dunia yang berkepanjangan sebagai akibat naiknya harga minyak dunia kala itu (walaupun berarti oil boom di Indonesia) cukup merisaukan sejumlah analis energi di tanah air, khususnya karena kekhawatiran bahwa kekayaan minyak bumi Indonesia tidak akan berumur lama, apalagi bila pola konsumsinya tidak dihemat.

Instruksi Presiden tentang Konservasi Energi diterbitkan tahun 1982 (InPres No. 9/1982) yang kemudian disempurnakan dengan Keputusan Presiden No. 43 Tahun 1991. Di kalangan masyarakat muncul Lembaga Swadaya Masyarakat (Masyarakat Hemat Energi) yang menaruh perhatian terhadap konservasi energi. Sebuah ESCO didirikan oleh pemerintah yang kemudian menjadikannya BUMN di bidang energi (PT KONEBA). PLN melakukan beberapa proyek manajemen sisi permintaan (demand side management) untuk menekan konsumsi listrik di sisi pemakaian. Departemen Energi melakukan sejumlah proyek percontohan konservasi energi, misalnya di gedung kantor pemerintah (hal serupa dilakukan di gedung kampus perguruan tinggi). Pemerintah bahkan sempat menerbitkan dokumen RIKEN (Rencana Induk Konservasi Energi) yang namun tidak diikuti dengan rencana tindak (*action plan*) yang jelas.

Gerakan konservasi energi yang secara parsial dan skala kecil sebenarnya telah dilakukan oleh pemerintah dan elemen masyarakat tersebut tidak menimbulkan gaung yang cukup besar atau diikuti dengan tindakan konservasi energi yang lebih luas. Bahkan, sejak 1990-an, ketika konsumsi energi di Indonesia sudah jauh membengkak, kegiatan konservasi energi bahkan nyaris dilupakan. Konsumsi energi cenderung makin boros, harga energi tidak disesuaikan dengan nilai ekonominya, dan beban subsidi yang ditanggung oleh APBN untuk membiayai pemakaian energi oleh masyarakat (dalam bentuk subsidi BBM dan listrik) semakin bengkak.

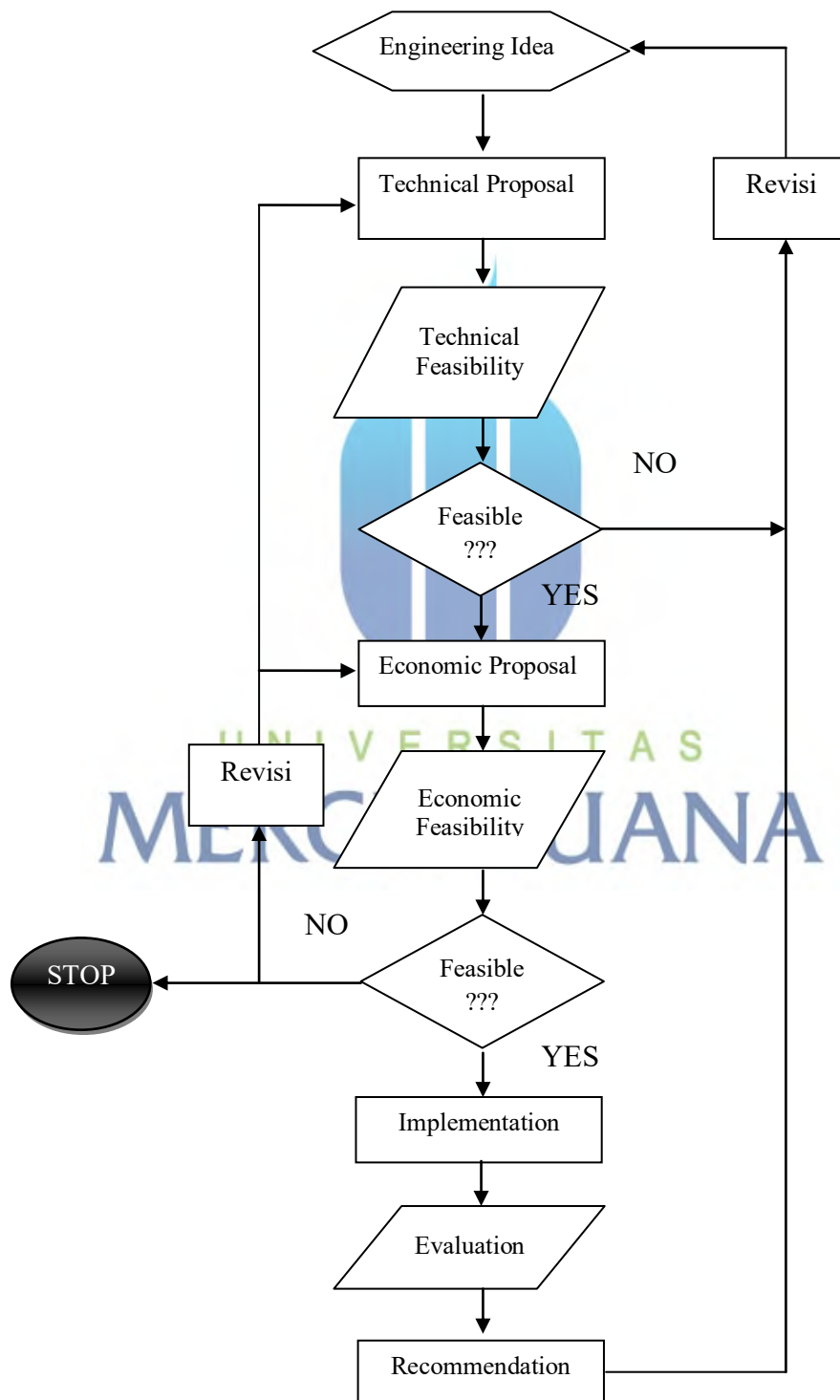
Akibat lain lain adalah polusi yang makin parah karena kegiatan pemakaian energi, khususnya dalam transportasi perkotaan.

Membiarkan pola konsumsi energi berlangsung dengan boros akan sangat merugikan, baik dari sisi ekonomi, lingkungan maupun upaya untuk mempertahankan manfaat dari sumberdaya energi itu sendiri. Karena “penyakit” yang ditimbulkan sebagai akibat mengabaikan upaya-upaya konservasi energi tersebut sudah cukup parah, maka konservasi energi sebagai keharusan sudah tak boleh ditunda lagi pelaksanaannya di Indonesia.

2.4. Ekonomi Teknik

Ekonomi teknik adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan aspek-aspek ekonomi dalam teknik; yang terdiri dari evaluasi sistematis dari biaya-biaya dan manfaat usulan pada proyek teknik. Jadi ekonomi teknik melibatkan analisis-analisis teknis, yang menitikberatkan aspek ekonomi dan bertujuan membantu membuat serta mengambil keputusan. Pada awalnya para perancang teknik masih lebih memfokuskan rancangannya pada aspek teknis saja tanpa mempertimbangkan aspek efisiensi pemakaian sumber daya. Hal itu dimungkinkan karena sumber daya yang dibutuhkan relatif banyak dan murah. Namun, dengan semakin terbatasnya sumber daya alam dan semakin mahal biaya untuk mendapatkan sumber daya alam tersebut, maka semua perancang teknik (*engineer*) dituntut untuk

mendapatkan rancangan yang lebih efektif dan efisien. Suatu sistem studi kelayakan konservasi energi yang melibatkan aspek ekonomi, dapat dijelaskan melalui flow chart berikut :



Gambar 2.2

Siklus Studi Kelayakan Konservasi Energi Berorientasi Ekonomis

2.4.1. Metode Penilaian Investasi

a. Metode Pengembalian Investasi (*Return On Investment, ROI*)

Metode pengembalian investasi disebut juga dengan average rate of return. Metode ini menggunakan angka keuntungan menurut akuntansi yang dibandingkan dengan rata-rata nilai investasi. Perhitungan average rate of return ini dilakukan dengan cara membandingkan dari pemasukan per tahun terhadap dana investasi.

Rumus dari metode ROI adalah sebagai berikut :

$$ROI = \frac{\text{Pemasukan}}{\text{Investasi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Investasi dapat dinyatakan berupa biaya pertama investasi rata-rata. Sementara yang dimaksud pemasukan adalah didalamnya dimasukan faktor-faktor depresiasi, pajak, bunga, dan lain-lain sehingga rumus ROI dapat bervariasi seperti :

$$1) ROI = \frac{\text{Pemasukan netto sebelum pajak}}{\text{Biaya Pertama}} \quad \dots\dots(2.4)$$

$$2) ROI = \frac{\text{Pemasukan netto sebelum pajak}}{\text{Rata-rata investasi}} \quad \dots\dots(2.5)$$

$$3) ROI = \frac{\text{Pemasukan netto setelah pajak}}{\text{Rata-rata investasi}} \quad \dots\dots(2.6)$$

Rata-rata investasi

Dari analisis diatas terlihat bahwa semakin besar ROI, maka semakin disukai oleh calon investor. Hanya bila memakai kriteria ini harus ditentukan terlebih dahulu berupa besar angka ROI sebagai patokan. Selain itu perhitungan ROI ini dipakai untuk analisis sebuah proyek disarankan sebagai tambahan atau pelengkap dari kriteria-kriteria perhitungan yang lain (Soeharto, 1995)

b. Metode Pengembalian Modal (*Payback Period*)

Yang dimaksud dengan periode pengembalian adalah jangka waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal suatu investasi yang dihitung dari aliran kas bersih. Aliran kas bersih yang dimaksud adalah selisih pendapatan terhadap pengeluaran per tahun. Unit satuan periode pengembalian ini biasanya dinyatakan dalam jangka waktu per tahun.

Metode *payback period* ini banyak digunakan dalam berbagai bidang dan alternative yang dipilih memakai metode ini adalah alternative yang memiliki pengembalian paling singkat. Semakin cepat dalam pengembalian biaya investasi sebuah proyek, semakin baik proyek tersebut karena semakin lancer perputaran modalnya.

Disamping itu metode *payback period* ini telah digunakan sebagai ukuran tingkat resiko suatu investasi, karena

likuiditasnya berhubungan dengan berapa cepat suatu investasi dapat dikembalikan. Secara sederhana metode *payback period* ini adalah menghitung jumlah tahun yang diperlukan untuk arus kas masuk agar sama dengan arus kas keluar.

$$\text{Payback period}_{(k)} = \frac{\text{Biaya Investasi Total}}{\text{Aliran kas masuk bersih}} \dots(2.7)$$

Dalam kasus diatas *payback period* memberikan petunjuk bahwa investasi dengan periode pengembalian lebih cepat akan lebih menguntungkan. Jika hasil PBP $\leq n$ umur investasi maka rencana investasi dikatakan layak (*feasible*).

c. Metode Nilai Bersih Sekarang (Net Present Value, NPV)

Metode nilai bersih sekarang adalah metode menghitung nilai bersih (*netto*) pada waktu sekarang (*present*). Asumsi present yaitu menjelaskan waktu awal perhitungan bertepatan dengan saat evaluasi dilakukan atau pada periode tahun ke-nol (0) dalam perhitungan *cash flow* investasi.

$$\text{NPV} = \text{PWB} - \text{PWC} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

PWB : Present Worth Benefit

PWC : Present Worth Cost

Jika NPV > 0, maka investasi akan menguntungkan/layak

Jika $NPV < 0$, maka investasi tidak menguntungkan/tidak layak

d. Metode Benefit Cost (B/C) Ratio

Metode *benefit cost ratio* adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam tahap-tahap evaluasi awal perencanaan investasi atau sebagai analisis tambahan dalam rangka memvalidasi hasil evaluasi yang telah dilakukan dengan metode lainnya. Metode BCR ini memberikan penekanan terhadap nilai perbandingan antara aspek manfaat (*benefit*) yang akan diperoleh dengan aspek biaya dan kerugian yang akan ditanggung (*cost*) dengan adanya investasi tersebut.

$$BCR = \frac{PWB}{PWC} \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk mengetahui apakah suatu rencana investasi layak ekonomis atau tidak setelah melalui metode ini adalah :

Jika : $BCR \geq 1$ investasi layak

$BCR \leq 1$ investasi tidak layak

e. Metode Tingkat Pengembalian Internal (*Internal Rate Return, IRR*)

Berbeda dengan metode sebelumnya, dimana umumnya kita mencari nilai ekuivalensi *cash flow* dengan mempergunakan suku bunga sebagai faktor penentu utamanya, maka pada metode

Internal Rate of Return (IRR) ini justru yang dicari adalah suku bunganya di saat NPV sama dengan nol. Jadi pada metode IRR ini informasi akan dihasilkan berkaitan dengan tingkat kemampuan cash flow dalam mengembalikan investasi yang dijelaskan dalam bentuk % / periode waktu.

Logika sederhananya menjelaskan seberapa besar kemampuan cash flow dalam mengembalikan modalnya dan seberapa besar pula kewajiban yang harus dipenuhi. Kemampuan inilah yang disebut dengan IRR sedangkan kewajiban disebut dengan *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). Dengan demikian, suatu rencana investasi dapat dikatakan layak dan menguntungkan jika $IRR \geq MARR$.

IRR akan diperoleh saat $NPV = 0$ jadi perlu dicari NPV dengan nilai i yang berbeda untuk mendapatkan NPV mendekati nol dan lakukan interpolasi pada saat $NPV +$ dan $NPV -$ tersebut sehingga didapatkan i pada $NPV = 0$.

Nilai MARR umumnya ditetapkan secara subjektif melalui suatu pertimbangan-pertimbangan tertentu dari investasi tersebut.

Dimana pertimbangan yang dimaksud adalah :

- 1) Suku bungan investasi (i);
- 2) Biaya lain yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan investasi (C_c)

3) Faktor resiko (α)

Dengan demikian, $MARR = i + Cc + \pm, \dots\dots\dots(2.9)$

jika Cc dan $\pm$ tidak ada atau nol, maka $MARR = i$, sehingga
 $MARR \geq i$.

f. Analisis Sensitivitas (*Sensitivity Analysis*)

Analisis sensitivitas dibutuhkan dalam rangka mengetahui sejauh mana dampak parameter-parameter investasi yang telah ditetapkan sebelumnya boleh berubah karena adanya faktor situasi dan kondisi selama umur investasi, sehingga perubahan tersebut hasilnya akan berpengaruh secara signifikan pada keputusan yang telah diambil. Parameter-parameter investasi yang memerlukan analisis sensitivitas antara lain :

- 1) Investasi
- 2) Benefit/pendapatan
- 3) Cost/pengeluaran
- 4) Suku bunga ($i\%$)

Analisis sensitivitas dapat ditinjau atas dua perspektif :

- 1) Sensitivitas terhadap diri sendiri, yaitu sensitivitas pada kondisi break even point (titik pulang pokok), yaitu saat

$$NPV = 0 \text{ atau } AE = 0 \dots\dots\dots(2.10)$$

- 2) Sensitivitas terhadap alternatif lain, biasanya ditemukan jika terdapat n alternative yang harus dipilih salah satunya untuk dilaksanakan.

2.4.2. Konsep Bunga

Bunga adalah sejumlah uang yang dibayarkan akibat pemakaian uang yang dipinjam sebelumnya. Penarikan bunga pada dasarnya merupakan kompensasi dari penurunan nilai uang selama waktu peminjaman sehingga besarnya bunga relative sama besarnya dengan penurunan nilai uang tersebut. Oleh karena itu, seseorang yang membungakan uangnya sebesar tingkat penurunan nilai uang (inflasi), tidak akan mendapatkan keuntungan ekonomis terhadap uang yang dibungakan itu, tetapi hanya meminjam nilai kekayaan yang bersangkutan relatif tetap dan stabil. Besarnya bunga adalah selisih jumlah antara jumlah utang dibayar dengan utang semula

$$Interest = Present\ amount\ owed - Original\ investment....(2.11)$$

a. Tingkat Suku Bunga

Tingkat suku bunga (*rate of interest*) merupakan rasio antara bunga yang dibebankan per periode waktu dengan jumlah uang yang dipinjam awal periode dikalikan 100%, dirumuskan :

$$Rate\ of\ Interest = \frac{Bunga\ dibayarkan/satuan\ waktu}{Jumlah\ pinjaman\ awal} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

b. Bunga Sederhana

Sistem bunga sederhana (*simple interest*), yaitu sistem perhitungan bunga hanya didasarkan atas besarnya pinjaman semula dan bunga periode sebelumnya yang belum dibayar tidak termasuk faktor pengali bunga.

Secara formula system bunga sederhana dapat dirumuskan :

$$\text{Bunga} = i \times p \times n \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

i = Suku bunga

p = pinjaman awal

n = jumlah periode peminjaman

c. Bunga Majemuk

Sistem bunga majemuk (*compound interest*), yaitu sistem perhitungan bunga dimana bunga tidak hanya dihitung terhadap besarnya pinjaman awal, tetapi perhitungan didasarkan atas besarnya utang awal periode yang bersangkutan, dengan kata lain bunga yang berbunga.

2.5. Keterkaitan Konservasi Energi dengan Ekonomi Teknik

Konservasi energi merupakan langkah kebijaksanaan yang pelaksanaannya paling mudah dan biayanya paling murah diantara langkah-langkah di atas, serta sekarang juga dapat dilaksanakan oleh seluruh lapisan masyarakat.

Langkah-langkah tersebut tentunya memerlukan sejumlah investasi yang dikategorikan dalam biaya murah, sedang, dan tinggi. Dari kategori itulah perlunya sebuah analisis yang menghasilkan parameter-parameter yang tertuang dalam disiplin ilmu ekonomi teknik. Agar investasi itu dikatakan layak atau tidak layak haruslah dihitung menggunakan metode evaluasi investasi yang didalamnya terdapat *net present value*, *payback period*, *benefit cost ratio*, *internal return of rate*, dan *sensitivity analysis* sehingga keterkaitan konservasi energi dengan ekonomi teknik sangat erat dan sangat dibutuhkan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2010 bertempat di PT. Sandratex.

3.2. Materi Penelitian

Subyek penelitian adalah analisis ekonomi teknik untuk konservasi energi pada PT. Sandratex.

3.3. Identifikasi Kebutuhan Data

Data-data yang dibutuhkan untuk keperluan penelitian ini adalah terdiri dari :

- a. Data riwayat kegiatan operasi perusahaan, terdiri dari: (1) Profil Perusahaan, (2) Deskripsi Pabrik, dan (3) Kebijakan Perusahaan.
- b. Data Produk, terdiri dari (1) Nama tipe produk dan pelanggannya, (2) Kapasitas produksi masing-masing produk, dan (3) Bahan baku produk.
- c. Data pola penggunaan energi berdasarkan mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi.

- d. Data biaya konsumsi energi *electricity* dan energi *thermal* pada tahun 2008, 2009 dan 2010.

3.4. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan studi pendahuluan (*preliminary research*) dan studi kepustakaan (*library research*).

3.4.1. Studi Pendahuluan

Sebelum melakukan penelitian lebih lanjut, dilakukan penelitian pendahuluan (*preliminary research*). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai perusahaan itu sendiri dan masalah yang dihadapi PT. Sandratex dalam melakukan audit energi dengan melakukan analisis ekonomi teknik untuk konservasi energi pada PT. Sandratex.

3.4.2. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan (*library research*) meliputi pengumpulan data dan bahan untuk tujuan teoritis dengan jalan memperolehnya dari beberapa perpustakaan, internet, dan media informasi lainnya. Beberapa teori yang dipelajari kembali dalam studi kepustakaan ini adalah :

- a. Konsep dan teori investasi.
- b. Konversi dan konservasi energi.
- c. Teori *Net Present Value* (NPV).
- d. Konsep *Internal Rate of Return* (IRR).

- e. Perhitungan *Pay Back Period*.
- f. *Net Benefit and Cost (B/C) Ratio*.
- g. Pengukuran *Sensitivity Analysis*.

3.5. Teknik Penelitian

Teknik penelitian yang peneliti lakukan dengan pengolahan data.

3.5.1. Teknik Pengolahan Data

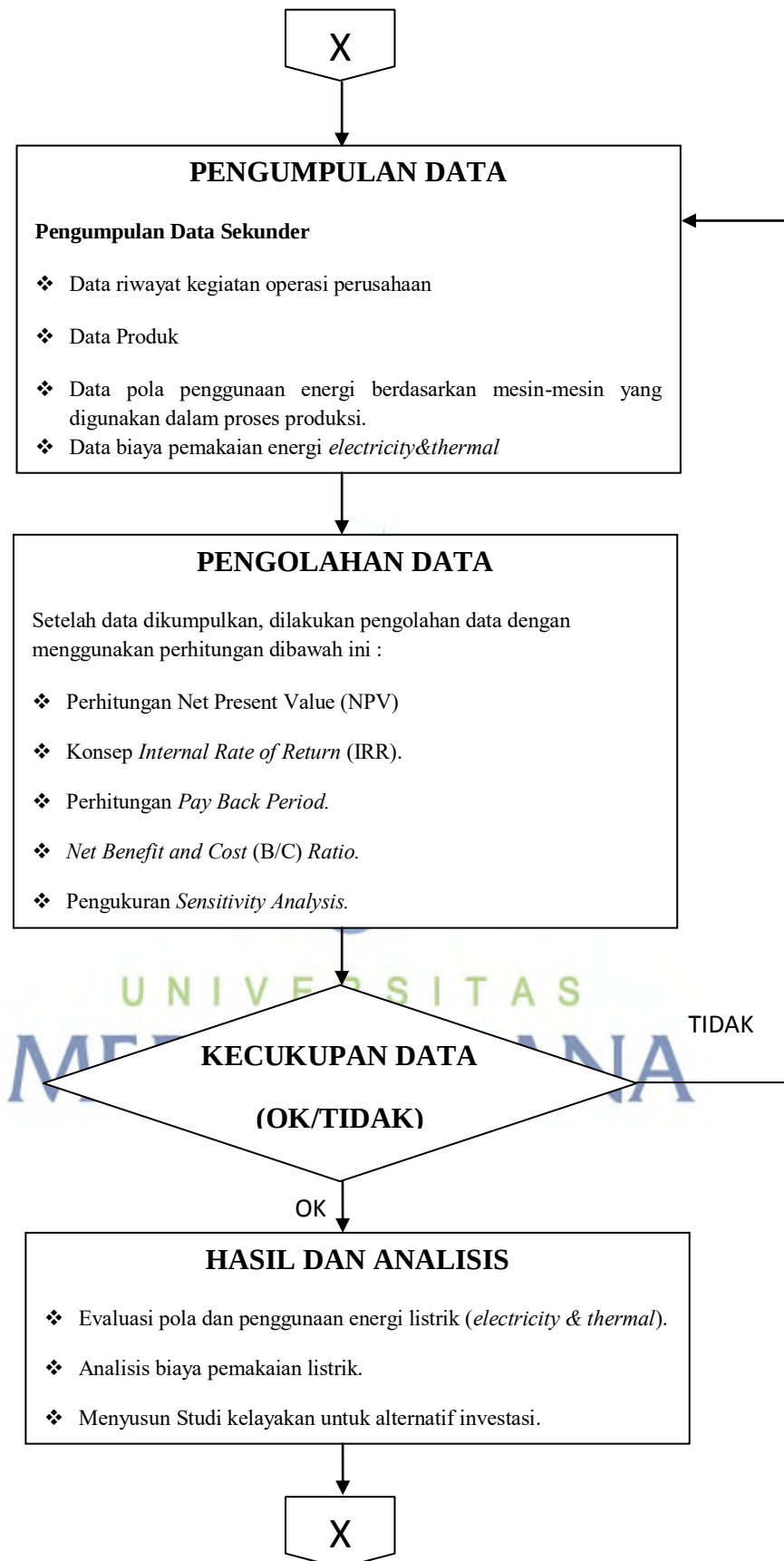
Teknik pengolahan data terdiri dari perhitungan-perhitungan dan pengujian-pengujian data berdasarkan landasan teori, yaitu :

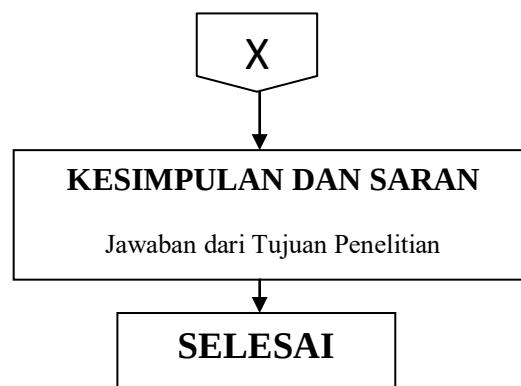
- a. Perhitungan Net Present Value (NPV)
- b. Konsep *Internal Rate of Return* (IRR).
- c. Perhitungan *Pay Back Period*.
- d. *Net Benefit and Cost (B/C) Ratio*.
- e. Pengukuran *Sensitivity Analysis*.

3.6. Metode Analisis

Hasil pengolahan data kemudian dianalisis, yaitu berupa evaluasi perbandingan (*comparison*). Hal-hal yang perlu/penting dievaluasi untuk kepentingan tahun 2010 adalah masalah penggunaan energi (*electricity&thermal*) dan besarnya konsumsi yang dipakai serta memberikan alternatif investasi jangka pendek, menengah dan panjang. Berikut rincian penjelasan dan tujuan dari analisis tersebut :







BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Data Riwayat Perusahaan

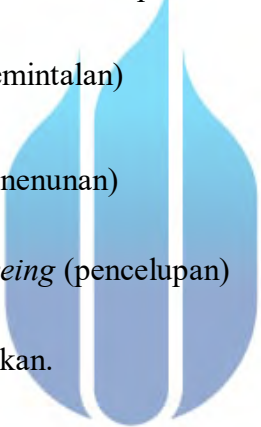
Industri Tekstil PT Sandratex atau yang dikenal dengan “Sandang Rakyat Textile”, pada awal berdirinya berlokasi di Semarang, Jawa Tengah pada tahun 1961, Kemudian pada tahun 1972 Sandratex mengembangkan sayapnya ke beberapa daerah di Pulau Jawa dan salah satunya adalah yang berlokasi di Jalan Ir. H. Juanda, Desa Rempoa, di Ciputat timur, Tangerang Selatan, Banten, didirikan sejak tahun 1972. Berada pada jalan protokol yang menghubungkan Jakarta dengan Ciputat, perusahaan ini mengalami kejayaan sebagai perusahaan tekstil hingga tahun 1995 dan merupakan salah satu industri tekstil yang cukup diperhitungkan, hal ini disebabkan karena kualitas produksinya dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri. Negara tujuan ekspor tekstil PT Sandratex keluar negeri adalah Amerika dan Eropa. Adapun kapasitas produksi pertahun adalah sebagai berikut ;

- a. Benang : 13.195,83 Bale/tahun
- b. Kain Grey : 6.471.887,5 Yds/tahun

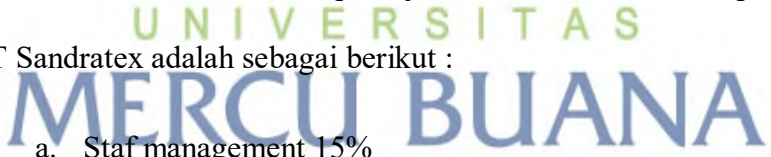
c. Kain Celup : 3.803.504,5 Yds/tahun

Karyawan pada saat kejayaannya sempat mencapai 5000 orang, namun seiring dengan semakin ketatnya persaingan industri tekstil, baik sesama industri tekstil dalam negeri maupun industri tekstil luar negeri, karyawan PT Sandratex tinggal kurang lebih 1200 dengan kapasitas produksi pada saat ini tinggal 40 persen sampai dengan 50 persen.

PT Sandratex memproduksi benang, *Gray*, Kain celup, dengan menggunakan proses produksi seperti :

- 
- a. *Spinning* (pemintalan)
 - b. *Weaving* (penenunan)
 - c. *Finishing dyeing* (pencelupan)
 - d. dan pengepakan.

Untuk melaksanakan pekerjaan tersebut diatas komposisi karyawan PT Sandratex adalah sebagai berikut :

- 
- a. Staf management 15%
 - b. Staf bagian produksi 65%
 - c. Teknisi dan lain-lain 20%

Dalam melaksanakan kegiatan produksi dari kapas menjadi benang, selanjutnya dari benang menjadi kain *grey* dan kain celup, PT Sandratex menggunakan energi utama seperti :

a. Energi Listrik

Energi listrik yang digunakan untuk melakukan proses produksi diperoleh dari dua sumber, yaitu PT PLN (Persero) dan pembangkit sendiri atau genset. Dalam melaksanakan kegiatan produksi sumber energi listrik utama yang digunakan adalah dari PT PLN (Persero), sedangkan genset hanya digunakan sebagai cadangan.

Apabila diperhatikan penggunaan energi listrik di PT Sandratex, pada saat awal industri ini didirikan pada tahun 1972, menggunakan sumber energi listrik dengan menggunakan generator set sebagai sumber daya utama dengan total daya sampai tahun 1983 sebesar 21.000 kVA dengan rincian seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 4.1 Generator set dan kapasitasnya

No.	Tahun	Jumlah	Kapasitas (kVA)
1.	1972	2	1.250
2.	1974	5	1.250
3.	1979	5	1.250
4.	1983	4	1.500
Total		11	21.000

Seiring dengan berkembangnya waktu, pada tahun 1983, PT Sandratex mulai menggunakan sumber daya listrik dari PT PLN (Persero) sebesar 4.500 kVA, untuk keperluan *finishing* dan tenun. Selanjutnya pada tahun 1996, daya listrik dari PT PLN (Persero) tersebut ditambah menjadi 9.690 kVA, sementara itu peran generator set yang sebelumnya sebagai sumber daya utama menjadi cadangan karena biaya operasional generator set semakin mahal.

Sehubungan dengan semakin berkurangnya pesanan kain *grei* dan kain celup pada tahun 2007, pihak manajemen memutuskan untuk mengurangi daya listrik dari PT PLN (Persero) hingga daya tersambung menjadi 7.265 kVA. Pada saat yang bersamaan generator set yang ada dihentikan operasinya, dan pada saat sekarang ini jumlah generator set yang ada tinggal 9 buah dengan total daya sebesar 12.250 kVA dengan kondisi sebagian rusak.

b. Faktor Daya Listrik

Faktor daya listrik atau $\cos \phi$ yang terbaca untuk beberapa kali pengamatan pada Panel Distribusi Utama (MDP) adalah 0,95. Pencapaian faktor daya sebesar 0,95, karena adanya pemasangan kapasitor bank pada sisi *Main Distribution Panel* dan sisi *Sub Distribution Panel*.

c. Energi Thermal

Disamping energi listrik yang telah diuraikan diatas, digunakan juga energi thermal dalam bentuk steam *boiler* dan *hot oil* dari *oil heater*, adapun bahan bakar yang digunakan adalah MFO dan IDO.

4.2. Sistem Produksi

PT Sandratex adalah suatu industri tekstil yang memproduksi berbagai macam kain dengan bahan baku dari kapas. Proses produksi pada PT Sandratex diawali dengan proses *spinning*, kemudian dilanjutkan dengan proses *weaving* dan *finishing*. Berikut ini akan diperlihatkan jenis-jenis mesin produksi yang digunakan pada ketiga proses tersebut.

4.2.1. Mesin Produksi pada Proses *Spinning*

Mesin-mesin produksi yang ada pada departemen *spinning* dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Mesin *blowing*, adalah mesin yang melakukan proses pengambilan bahan baku kapas dalam bentuk bal-bal secara otomatis dengan menggunakan mesin. Pada umumnya proses *blowing* terdiri atas beberapa tahapan, yaitu:

- *Opening*.
- *Cleaning*.
- *Mixing or blending*.

- *Microdust removal.*
- *Uniform feed to the carding machine.*
- *Recycling the waste.*

Proses pertama adalah “*opening*” yaitu pengambilan/cabitan kapas (*flock*) dari tumpukan kapas (*bale*). Cabikan-cabikan kapas tersebut diteruskan ke proses pembersihan kotoran (*cleaning*), selanjutnya kapas diaduk supaya homogen. Pada proses pembersihan dan pengadukan, muncul debu-debu halus yang berasal dari kapas itu sendiri, sehingga harus dieliminir pada proses berikutnya. Selanjutnya kapas yang sudah bersih dan hampir homogen dikirim ke mesin *carding* untuk diproses lebih lanjut. Sedangkan kotoran (*waste*) dikirim ke mesin filter untuk dipisahkan yang masih bisa diproses menjadi benang kelas rendah dan yang tidak bisa lagi diproses untuk benang.

- 2) Mesin *carding*, adalah mesin yang digunakan untuk memisahkan kotoran yang masih tersisa dari proses *blowing* yang diikuti dengan proses pemisahan serat-serat individual kapas, sehingga mayoritas menjadi paralel. Proses *carding* menghasilkan lembaran tipis yang ketebalannya homogen yang kemudian diringkas membentuk *strand* yang tebal, kontinu, tidak terpelintir yang disebut *sliver*.
- 3) Mesin *drawing*, adalah mesin yang digunakan untuk perangkapan dan penarikan *sliver*, hingga mencapai berat dan panjang tertentu. Proses ini merupakan awal yang penting bagi kualitas benang, bila terjadi kesalahan pada proses ini maka mutu benang akan turun.

- 4) Mesin *combing*, adalah mesin yang digunakan untuk mendapatkan benang yang sangat halus. Proses *carding* harus diikuti dengan proses *combing*, yaitu proses untuk membuang serat-serat pendek, dan menyisakan *sliver* yang terdiri atas serat-serat panjang yang semua paralel dan lebih halus dan lebih mengkilap dibanding tipe yang tidak melalui mesin *combing*.
- 5) Mesin *ring spinning*, adalah mesin yang digunakan untuk meluruskan serat-serat, mengkombinasikan hasil dari beberapa mesin *carding*. Kombinasi tersebut lebih bermakna sebagai 'penggandaan'. Namun 'penggandaan' tersebut tidak bermakna "doubling" pada proses doubling dua atau tiga benang yang telah jadi menjadi satu. Kadang-kadang proses *drawing* dilengkapi dengan 'proses *combing*' yang membuang serat-serat pendek. Ini normal untuk serat-serat berkualitas lebih tinggi. Hasil proses *drawing* adalah sebuah 'tali katun yang-tidak berantakan dan tidak terplintir.
- 6) Mesin *winding*, adalah mesin yang digunakan untuk memindahkan benang ke *bobbin* yang lebih besar atau corong. Tujuannya adalah untuk mendapatkan bentangan panjang berkelanjutan(continuous). *Weft-winding* mencakup pemindahan ke bobbin yang lebih kecil yang akan masuk ke *shuttle.winder*. Gambar di bawah menggambarkan proses *winding*.

Gambar 4.1 Proses *Winding*

4.2.2. Mesin-Mesin Produksi Pada Proses *Weaving*

- 1) Mesin *warping*, adalah suatu mesin yang digunakan pada proses awal pembuatan kain dari benang dengan cara mengumpulkan benang tersebut ke dalam *beam*, sebelum benang diproses dengan menggunakan mesin *sizing*. Gambar di bawah ini adalah gambar mesin *warping* Kawamoto yang digunakan di PT Sandratex.

Gambar 4.2 Mesin *Warping*

- 2) Mesin *sizing*, terdiri atas dua macam, yaitu untuk membuat filamen dan satu untuk membuat *spun*. Pada dasarnya mesin *sizing* adalah suatu alat yang digunakan untuk memoleskan lilin ke benang agar serat benang menjadi halus, sehingga pekerjaan selanjutnya pada mesin weaving menjadi lancar. Adapun gambar dari mesin *sizing* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



MERCU BUANA
Gambar 4.3 Mesin *sizing* Kawamoto dan Kanamaru

- 3) Mesin *weaving*, dimana proses penganyaman benang menjadi kain (proses penenunan) dikerjakan pada mesin ini. Mesin weaving dan hasil prosesnya berupa kain grey dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Gambar 4.4 Mesin *Weaving*Gambar 4.5 Hasil Proses *Weaving*

- 4) *Inspection*, atau *quality control* adalah proses yang paling terakhir dan paling menentukan pada suatu proses produksi. Bagian inilah termasuk penentu kualitas suatu hasil produksi sebelum proses selanjutnya diteruskan atau sebelum produk akhir dipasarkan. Proses inspeksi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



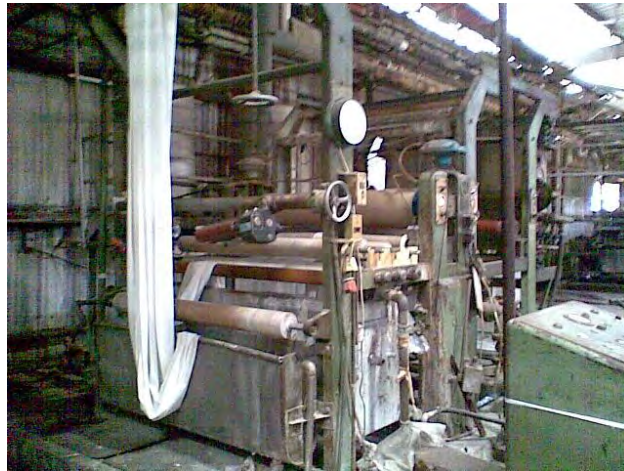
Gambar 4.6 Proses Inspeksi

4.2.3. Mesin-Mesin Produksi Pada Proses *Finishing*

Setelah proses pembuatan kain *grey* selesai pada bagian *quality control*, maka proses selanjutnya adalah proses *finishing*. Proses *finishing* ini adalah proses lanjutan dari proses *spinning* dan *weaving*.

Adapun urutan-urutan proses *finishing* dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) *Pretreatment* atau persiapan, merupakan awal dari pekerjaan proses produksi, proses ini dimaksudkan untuk menentukan ukuran dan tonase kain *grey*, proses ini sangat penting karena berkaitan langsung dengan kapasitas mesin *dyeing* dan jumlah obat yang akan digunakan. Pada proses *pretreatment* ini juga dilakukan suatu proses untuk menghilangkan kanji yang diberikan pada saat persiapan. Gambar dari mesin *bleaching* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 4.7. Mesin *Bleaching*

- 2) *Dyeing* (pencelupan) atau proses pewarnaan, terdiri atas pencelupan dengan temperatur tinggi dan tekanan tinggi. Pada umumnya proses ini digunakan untuk pengerjaan kain *polyester*, sedangkan pencelupan dengan temperatur rendah, dimana obat dan zat pewarna ditaruh di bak. Gambar dari mesin *dyeing* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 4.8 Mesin *Dyeing*

- 3) Mesin *Finishing*, untuk mengeringkan kain setelah dikeluarkan dari mesin *dyieng* sekaligus membuat kain lembut, serta mengatur kerapatan serat. *Finishing* juga dapat dilakukan untuk mengatur kerapatan serat dengan menggunakan panas, dan dalam proses ini mesin harus diset sesuai dengan ukuran kain yang diinginkan. Hasil dari proses ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.9. Gulungan Kain

- 4) *Inspection/Packing*, atau *quality control* merupakan proses yang paling terakhir dan paling menentukan pada suatu proses produksi, karena mutu suatu produk tekstil sebelum diserahkan ke pemesan dilakukan dengan menggunakan mesin *inspection*. Setelah diinspeksi, maka produk dapat disimpan di gudang barang jadi seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.

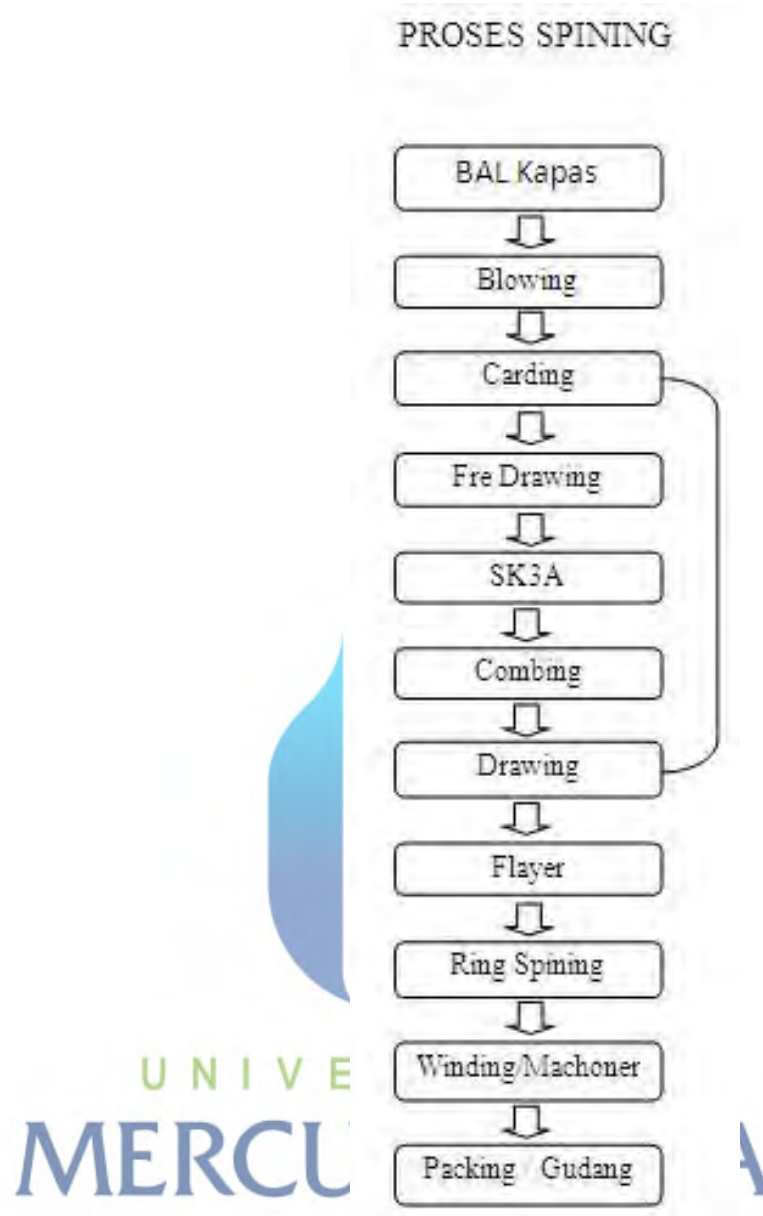


Gambar 4.10 Gudang Barang Jadi

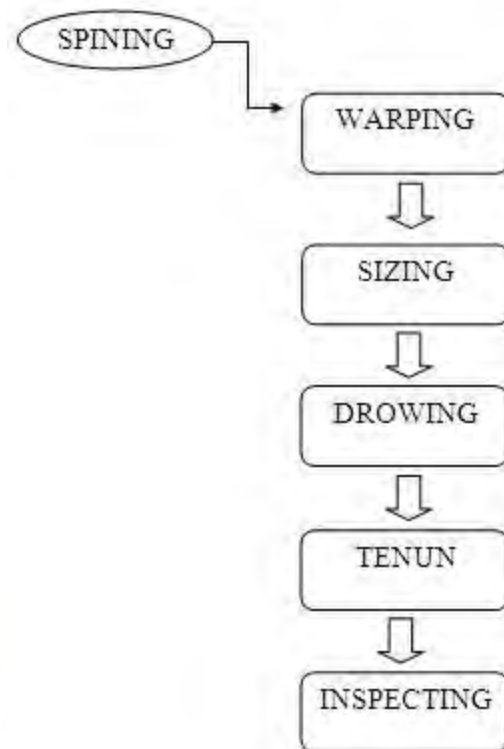
4.3. Flow proses

Diagram alir adalah diagram yang menunjukkan urutan pekerjaan dari mesin-mesin produksi mulai dari kapas, benang, kain grey, hingga *finishing*. Diagram alir pada proses *spinning*, *weaving* dan *finishing*, masing-masing dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

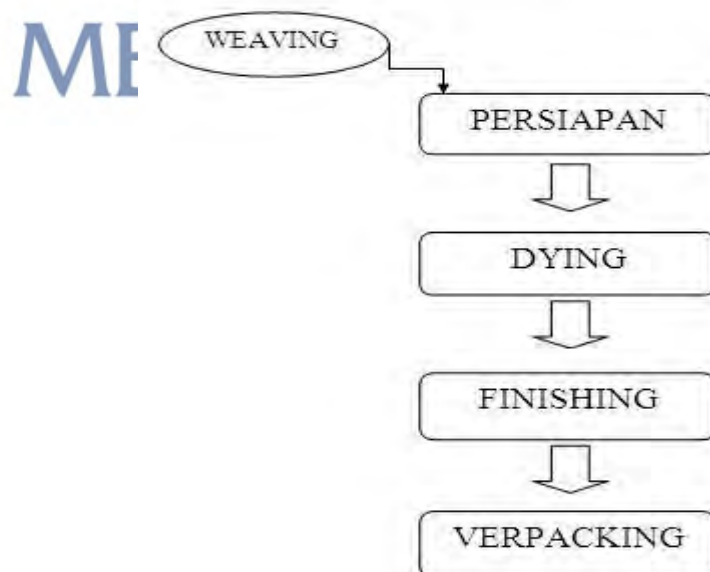
UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Gambar 4.11 Proses *Spinning*

PROSES WEAVING

Gambar 4.12 Proses *Weaving*

PROSES FINISHING

Gambar 4.13 Proses *Finishing*

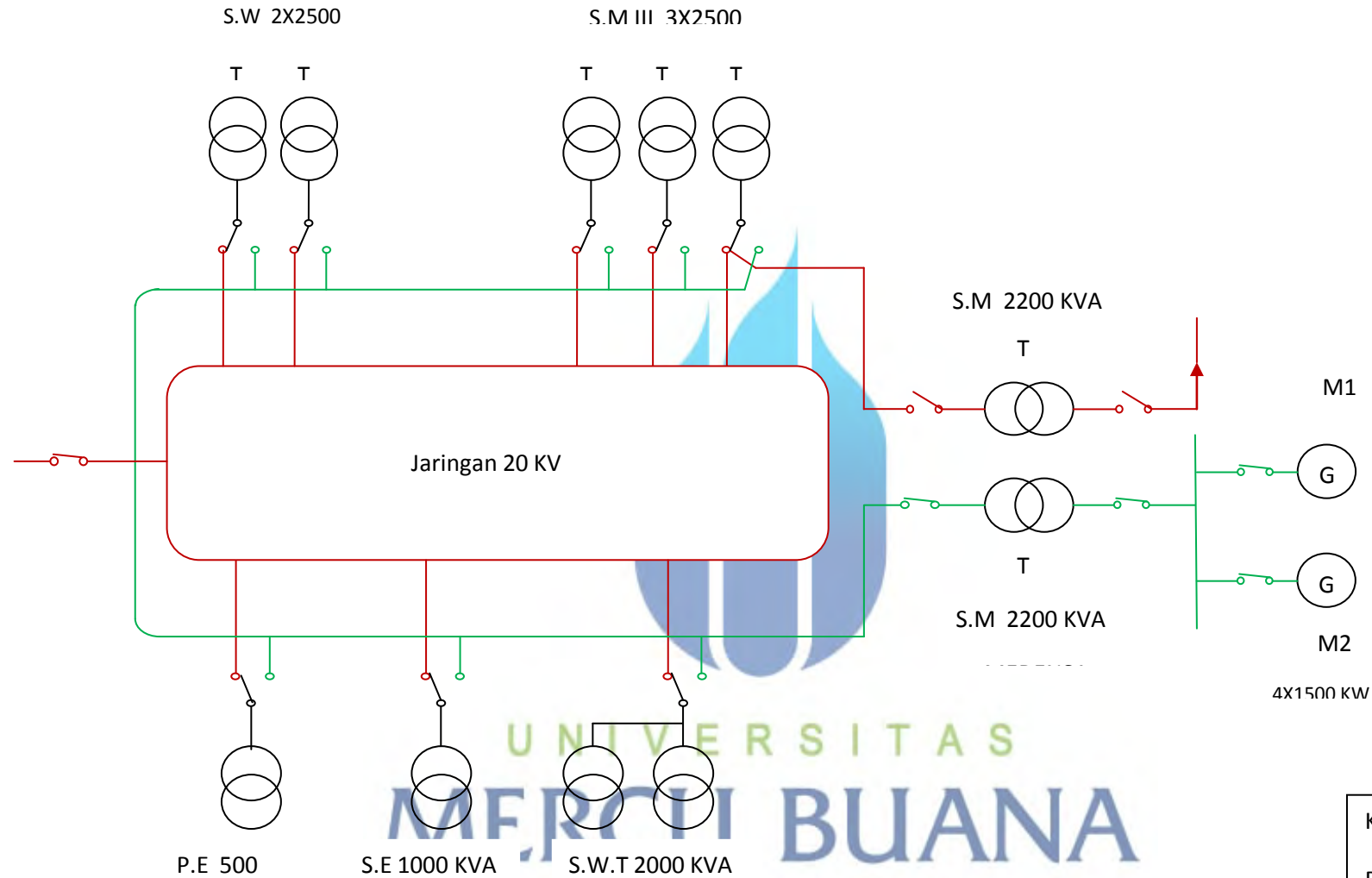
4.4. Pola Penggunaan Energi

a. Distribusi Penggunaan Energi

Distribusi penggunaan energi dapat dilihat pada gambar diagram satu garis (*single line diagram*) dari jaringan listrik secara global seperti terlihat pada gambar 4.14. Dari gambar diagram satu garis tersebut dapat dilihat total daya tersambung dari PT PLN (Persero) sebesar 7.265 kVA, 3 phasa.

Untuk menjamin ketersediaan daya listrik secara berkesinambungan bila terjadi gangguan pada jaringan PT PLN (Persero), jaringan 20 KV dibuat menjadi *system loop* yang menghubungkan 10 buah transformator. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa terdapat 9 generator di PT Sandratex dengan kondisi yang tidak difungsikan





Gambar 4.14. Single Line Diagram

Ket:

PB: Plan BNG

SF: Sandratex Finishing

SW: Sandratex Weaving

Dari *single line diagram* pada gambar 4.14. diketahui bahwa total kapasitas trafo step down adalah 16.000 kVA dan total kapasitas transformator step up adalah 2 x 2000 kVA, sehingga bila dibandingkan dengan daya tersambung dari PT PLN (Persero) sebesar 7.265 kVA terhadap kapasitas transformator sebesar 16.000 kVA, menunjukkan faktor pembebanan trafo sama dengan :

$$\frac{\text{Total daya PLN}}{\text{Kapasitas Trafo}} = \frac{7.265 \text{ kVA}}{16.000 \text{ kVA}} = 45,4\%.$$

Disamping itu dari tabel 2.2 dapat pula diketahui kapasitas masing-masing trafo dengan daerah dan proses produksi yang dilayaninya dapat pada gambar 2.1

Tabel 4.2. Kapasitas Trafo yang digunakan di PT Sandratex

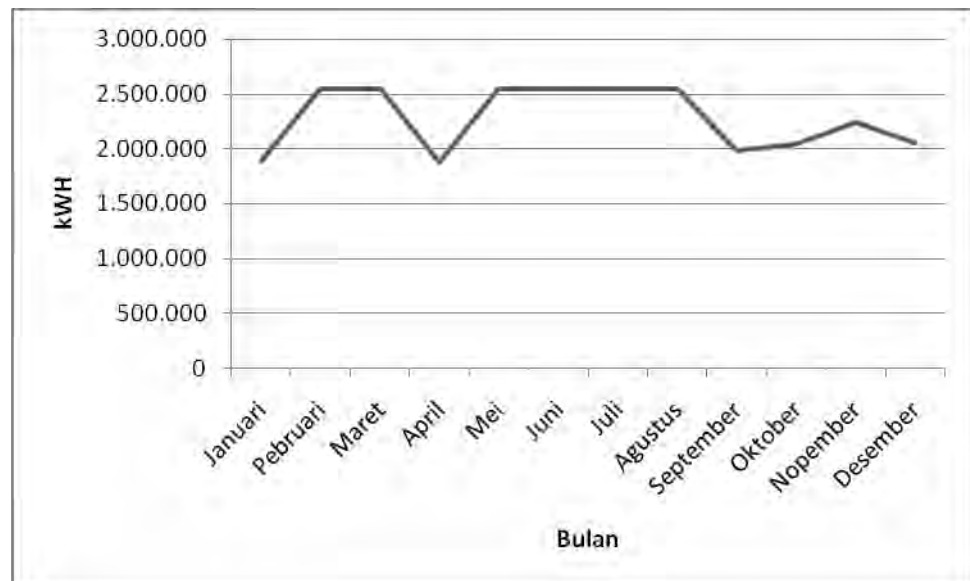
No. Trafo	Proses Produksi/Area yang dilayani	Kapasitas (KVA)	Merk
1.	<i>Weaving II</i>	2 x 2500	Unindo
2.	<i>Spinning Mill 1</i>	2500	Unindo
	<i>Spinning Mill 2</i>	2500	Unindo
	<i>Spinning Mill 3</i>	2500	Unindo
3.	<i>Plant Engineering</i>	500	Unindo
4.	<i>Finishing Dyeng</i>	1000	Unindo
5.	<i>Weaving II</i>	2000	Unindo
6.	<i>Generator (Step Up)</i>	2 x 2200	Medensa

b. Konsumsi dan Biaya Energi

Sumber energi yang digunakan PT Sandratex adalah energi listrik dan HSD atau Solar, namun HSD atau Solar hanya digunakan untuk menjalankan Boiler, karena generator set yang jumlahnya 9 buah yang digunakan sebagai *emergency* sudah tidak digunakan lagi, sehingga tidak ditemukan catatan penggunaan solar untuk genset pada saat melakukan audit.

Tabel 4.3. Penggunaan Energi rata-rata perbulan tahun 2008

No.	Bulan	PT PLN (Persero) (kWH)	PT PLN (Persero) (Rupiah)
1.	Januari	1,890,000	1,271,385,360
2.	Februari	2,550,000	1,439,961,360
3.	Maret	2,550,000	1,444,456,720
4.	April	1,880,000	1,239,917,840
5.	Mei	2,550,000	1,426,472,280
6.	Juni	2,550,000	1,430,970,640
7.	Juli	2,550,000	1,444,456,720
8.	Agustus	2,550,000	1,453,437,970
9.	September	1,990,000	1,316,338,960
10.	Oktober	2,050,000	1,033,131,790
11.	Nopember	2,250,000	1,296,109,840
12.	Desember	2,060,000	1,218,221,200
Total		27,420,000	16,014,861,680
Rata-rata		2,285,000	1,334,571,807



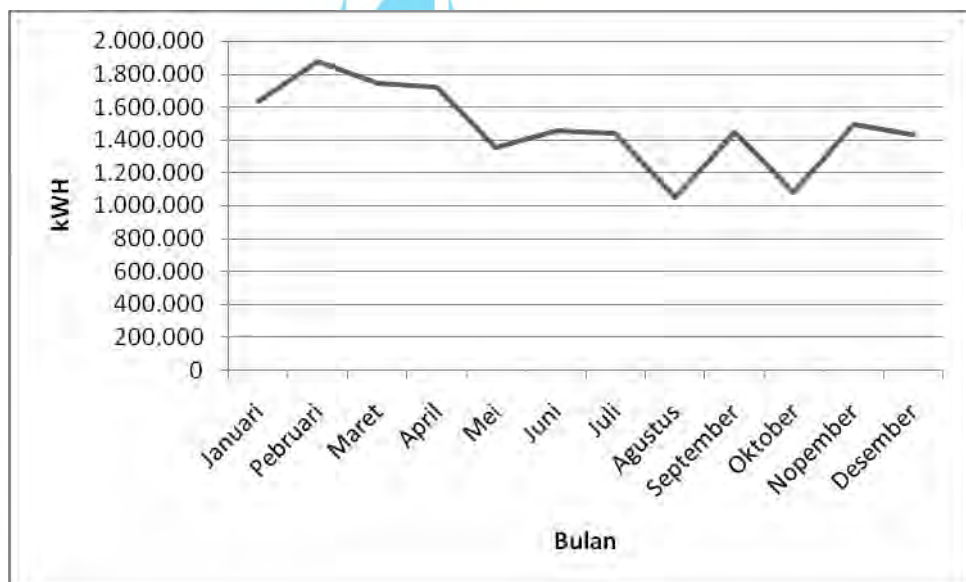
Gambar 4.15 Grafik Penggunaan Energi tahun 2008

Dari tabel 4.3. dan gambar 4.15. diatas menunjukkan penggunaan energi listrik cukup tinggi dan cenderung berfluktuasi, hal ini membuktikan bahwa pada tahun 2008, industri tekstil masih cukup baik, yaitu : Benang 13.195,83 Bale, Grey 6.471.887,50 Yds dan Kain Celup 3.803.504,5 Yds.

Tabel 4.4. Penggunaan Energi rata-rata perbulan tahun 2009

No.	Bulan	PT PLN (Persero) (kWH)	PT PLN (Persero) (Rupiah)
1.	Januari	1,640,000	967,948,560
2.	Februari	1,880,000	1,102,809,360
3.	Maret	1,748,000	1,045,133,880
4.	April	1,723,000	1,104,944,355
5.	Mei	1,358,100	874,692,040
6.	Juni	1,460,000	978,063,120

7.	Juli	1,440,000	980,310,800
8.	Agustus	1,049,900	923,264,680
9.	September	1,452,000	965,813,265
10.	Oktober	1,077,700	745,001,180
11.	Nopember	1,494,000	1,024,140,560
12.	Desember	1,432,000	965,776,970
Total		17,755,600	11,678,168,770
Rata-rata		1,479,633	973,180,731

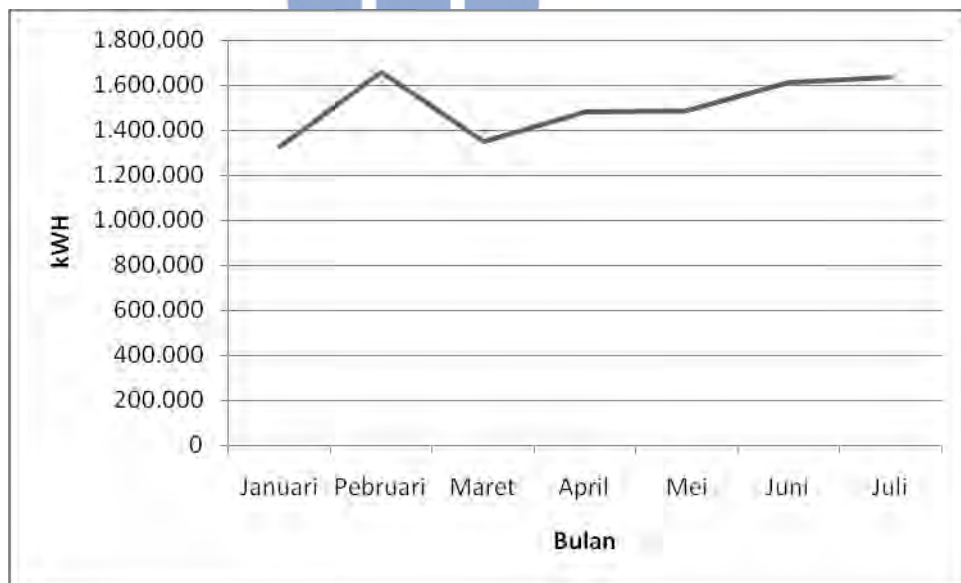


Gambar 4.16 Grafik Penggunaan Energi tahun 2009

Mulai tahun 2009 industri tekstil di Indonesia pada umumnya memperlihatkan produksi yang tidak stabil dan cenderung menurun dibandingkan dengan tahun 2008 seperti diperlihatkan pada tabel 4.4. dan gambar 4.16. Hal ini dibuktikan dengan menurunnya produksi pada tahun 2009 seperti : benang 8.247,75 Bale, grey 4.809.913,00 Yds dan kain celup 2.353.853,00 Yds.

Tabel 4.5. Penggunaan Energi rata-rata perbulan tahun 2010 (sampai bulan Juli)

No.	Bulan	PT PLN (Persero) (kWH)	PT PLN (Persero) (Rupiah)
1.	Januari	1,325,400	914,661,130
2.	Februari	1,657,300	1.128,005,855
3.	Maret	1,349,600	939,645,745
4.	April	1,479,200	1,021,083,715
5.	Mei	1,486,800	1,021,915,355
6.	Juni	1,609,200	1,105,034,565
7.	Juli	1,634,900	1,108,267,220
Total		10,542,400	7,238,613,585
Rata-rata		1,506,057	1,034,087,655



Gambar 4.17. Grafik Penggunaan Energi Tahun 2010

Penggunaan energi listrik pada tahun 2010 sampai dengan bulan Juli cenderung sama dengan tahun 2009, seperti diperlihatkan pada tabel 4.5 dan gambar 4.17.

c. Profil Beban

Pola konsumsi energi listrik PT Sandratex dapat digambarkan dengan merepresentasi pembebanan harian dari data pembebanan harian yang didasarkan pada hasil pencatatan yang dilakukan pada bulan Maret tahun 2010 yang disalurkan kebeberapa fasilitas produksi seperti, *spinning mill, weaving, finishing dyeng dan plant engineering* seperti digambarkan pada tabel 4.6 dan gambar 4.18

Tabel 4.6. Konsumsi energi listrik PT Sandratex pada bulan Maret 2010 (kWh)

Tanggal	Spinning Mill 2	Spinning Mill 3	Weaving 1	Weaving 2	Finishng Dyeing	Plant Engineering	Total
1	42,720		1,700	840	300	1,404	4,244
2	42,720		1,700	12,600	5,040	2,664	64,724
3	42,000	400	1,700	13,240	5,160	2,916	65,416
4	42,720	160	1,700	14,280	3,540	2,532	64,932
5	42,900	1,040	1,700	14,080	1,440	2,136	63,356
6	41,040	160	1,600	13,560	60	1,668	58,088
7						1,044	1,044
8	41,040	1,120	1,600	13,720	120	1,920	59,520
9	40,320	240	1,700	14,560	120	2,472	59,412
10	44,880	160	1,700	15,280	120	2,568	64,708
11	43,929	780	1,700	15,000	120	2,340	63,932
12	42,960	80	1,700	16,760	120	2,100	63,960

13	42,480	240	1,600	18,040	120	2,100	64,580
14						1,044	1,044
15						1,044	1,044
16	44,640	1,600	1,700	14,840	120	2,004	64,904
17	43,920	320	1,700	14,840	180	2,520	63,480
18	44,400	1,040	1,700	15,080	120	2,592	64,932
19	44,160	240	1,700	15,960	120	2,280	64,460
20	42,40	160	1,600	17,320	120	2,136	63,576
21	240	920				1,044	2,244
22	43,200	480	1,600	15,640	120	1,920	62,960
23	40,320	960	1,600	14,680	120	1,908	59,588
24	44,400	640	1,700	15,960	120	1,968	64,788
25	42,240	1,040	1,700	17,360	120	2,604	65,064
26	43,200	240	1,700	17,400	120	2,640	65,300
27	42,480	480	1,700	15,520	120	1,824	62,124
28						1,044	1,044
29	43,200	960	1,500	14,400	120	2,160	62,340
30	44,400	240	1,700	14,360	120	1,932	62,752
31	43,400	880	1,700	14,120	120	1,920	62,180
Total	1,073,520	14,620	43,400	379,440	18,000	62,760	1,591,740
%	67,4	1,0	2,7	23,8	1,2	3,9	100,0

Keterangan :

SM2 : *Spinning Mill 2*

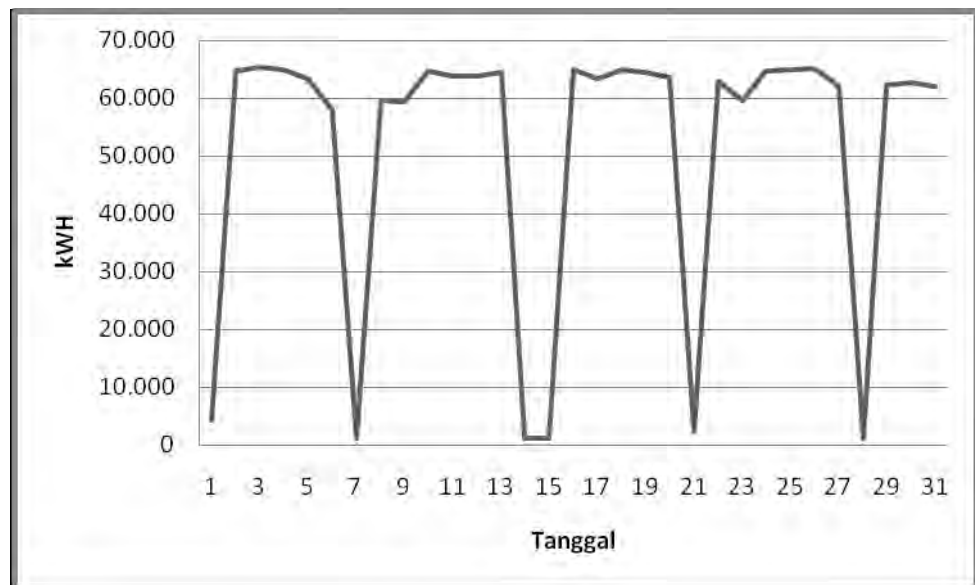
SM3 : *Spinning Mill 3*

SW1 : *Weaving 1*

SW2 : *Weaving 2*

SF : *Finishing Dyeng*

PE : *Plant Engineering*



Gambar 4.18. Grafik Profil Beban PT. Sandratex Maret 2010

Dari tabel 2.6 diatas menunjukkan bahwa pemakaian listrik pada bulan Maret 2010 yang digunakan untuk proses produksi, berdasarkan data dan catatan yang didapatkan pada saat melakukan audit pada bulan Agustus 2010, untuk proses produksi : *Spinning Mill 2, Weaving 2, Plant Engineering, Weaving 1, Finishing dyeng* dan *Spinning Mill 3*, menggunakan energi listrik sebesar 1.591.740 Kwh atau 1,592 Mwh.

Apabila diasumsikan bahwa semua mesin beroperasi dalam waktu 24 jam, dengan jumlah hari kerja 22 hari, factor daya 0,95 diketahui jumlah pemakaian daya listrik adalah adalah 3173 kVA atau sama dengan 43,67% terhadap daya tersambung dari PT PLN (Persero), hal tersebut sesuai dengan informasi yang diperoleh dari hasil wawancara, yaitu kapasitas produksi pada saat ini adalah kurang lebih 40% sampai dengan 50% dari kapasitas maksimum.

4.5. Potensi Penghematan Energi

4.5.1. Potensi Penghematan Energi pada Sisi Supply

Potensi penghematan energi yang dapat dilakukan pada sisi supply adalah dengan mengurangi jumlah trafo, meskipun sistem distribusi menggunakan sistem *loop* untuk membuat sistem menjadi lebih handal, karena disisi lain dengan menggunakan 8 buah transformator step down menimbulkan rendahnya optimasi pembebanan trafo. Hal ini berakibat pemborosan energi listrik untuk inti besi trafo. Rugi-rugi panas yang dihasilkan oleh trafo berkisar 0.4-3% dari kapasitas transformator. Karena transformator beroperasi non-stop, maka rugi-rugi tersebut akan terakumulasi dalam jumlah yang amat signifikan. Oleh karena itu, disarankan perlunya relokasi atau *regrouping* trafo distribusi melalui pengurangan jumlah trafo yang digunakan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengacu pada beban tersambung saat ini dari PT PLN (Persero) sebesar 7265 kVA.

Dari single line diagram pada gambar 4.14. diketahui bahwa total kapasitas trafo step down adalah 16.000 kVA dan total kapasitas transformator step up adalah 2 x 2000 kVA, sehingga bila dibandingkan dengan daya tersambung dari PT PLN (Persero) sebesar 7.265 kVA terhadap kapasitas transformator adalah sebesar 16.000 kVA, sama dengan 45,4%. Dengan demikian dapat dilakukan penghematan energi dengan mengurangi jumlah trafo

dengan menyesuaikan dengan beban tersambung dari PLN sebesar 7.265 kVA, sehingga dengan mengasumsikan trafo maksimu 80% jumlah trafo dapat dikurangi menjadi 4 buah dengan kapasitas masing-masing 2.500 kVA sama dengan 10.000 kVA.

Bila yang digunakan adalah trafo dengan kapasitas 4 x 2500 kVA, maka trafo yang dikeluarkan adalah trafo dengan kapasitas masing-masing adalah : 2500 kVA, 500 kVA, 1000 kVA dan 2000 kVA dengan jumlah adalah 6000 kVA.

Perhitungan penghematan energi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.7 Trafo yang akan dilepas dari jaringan

Kapasitas Trafo (kVA)	<i>Potential Saving</i>	Konsumsi Listrik yang di hemat dalam sebulan (kWh)	Biaya Listrik yang Dihemat per bulan (Asumsi harga listrik Rp 690/kWh)
2500 500 1000 2000	0.4 – 3%	17.280 – 129.000	Rp 7.585.920,- s/d Rp 56.631.000,-

Dari pengurangan transformator yang terlihat pada tabel 3.6 diatas dengan asumsi rugi trafo sebesar 3% menunjukkan adanya potensi penghematan energi sebesar 1.548.000 kWh pertahun atau Rp. 1.068.120.000,- pertahun.

4.5.2. Pemasangan Inverter

Pemasangan inverter, dari hasil diskusi diketahui bahwa semua mesin dengan kapasitas antara 4 – 25 kW sudah menggunakan inverter. Oleh karena itu sesuai dengan hasil pencatatan data yang diperoleh pada saat melakukan audit diketahui bahwa mesin-mesin produksi yang kapasitasnya lebih besar dari 25 kW adalah seperti terlihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Mesin-mesin yang akan dipasang inverter

No.	Nama Mesin	Lokasi	Unit	Kapasitas (kW)
1.	<i>Warping</i>	<i>Gedung Weaving</i>	3	48,00
2.	<i>Cotton Blowing</i>	<i>Gedung Spinning III</i>	4	52,34
3.	<i>Polyester Blowing</i>	<i>Gedung Spinning III</i>	1	29,59
4.	<i>Ontocoro</i>	<i>Gedung Spinning III</i>	4	83,60
5.	<i>Cotton Blowing</i>	<i>Gedung Spinning II</i>	2	51,94
6.	<i>Blowing Cottong</i>	<i>Gedung Spinning I</i>	1	51.00
7.	<i>West Collecting</i>	<i>Gedung Spinning I</i>	1	30
Total				902,2

Jika diasumsikan mesin-mesin beroperasi 100% maka terdapat 20% potensi penghematan yang dihasilkan dari pemakaian inverter tersebut akan berkisar 180 kWh atau 1.559.001 kWh per tahun atau senilai Rp 1.075.710.690 (tarif LWBP Rp 690/kWh).

4.5.3. Pemasangan Lampu Ballast Elektronik

Berdasarkan pada acuan “*Energy Audit Guide, Part B*” dari *Centre for Renewable Energy Sources*, selisih daya yang dihasilkan dari penggantian setiap *ballast* adalah 12 W atau penghematan energi sebesar 13% (penggunaan daya untuk *ballast* biasa dan *ballast* elektronik adalah masing-masing 87 W dan 75 W). Sehingga untuk 3000 titik lampu akan memberikan penghematan energi sebesar 311.040 kWh setahun atau setara dengan Rp. 214.617.600.

4.5.4. Pemanfaatan Kondensat

Di PT. Sandratex, sistim pemanfaatan uap adalah sekali pakai, sepenuhnya uap yang diproduksi habis terpakai. Air umpan ke *boiler* dijaga pada temperatur $\pm 87^{\circ}\text{C}$ dengan cara memanaskan air dalam tangki umpan dengan menggunakan uap dari *boiler* sendiri melalui *heat exchanger* yang terpasang di dalam tangki. Kondensat sisa proses di kumpulkan pada bak pengumpul untuk keperluan proses lainnya dan tidak ada kondensat yang dikembalikan ke *boiler*. Kondensat penting untuk dimanfaatkan karena bertemperatur tinggi, dengan demikian akan mengefisienkan boiler dan rendah kadar oksigen-nya. Kondensat juga umumnya sebagai air destilasi atau mendekati air murni, sehingga menurunkan TDS air umpan dan pada akhirnya mengurangi blow-down. Semakin maksimal penggunaan kondensat, maka semakin menghemat air dan BBM. Kesemuanya itu akan meningkatkan efisiensi boiler secara keseluruhan. Dengan

pemasangan kondensat diperkirakan akan menghemat energi *thermal* sebesar 11.349 kWh atau setara dengan Rp. 135.370.872,- per tahun.

4.5.5. Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Terdapat sejumlah pipa distribusi ke unit pengguna uap yang tidak terisolasi dengan baik. Dengan nilai kalori MFO 10.000 kcal/kg, energi yang dapat dihemat untuk setiap panjang pipa 100 m yang berdiameter 20 cm bila dibalut dengan bahan isolasi setebal 5 cm adalah setara dengan penghematan 400 liter MFO per bulan atau setara dengan Rp. 17.176.320,- per tahun.

4.5.6. Instalasi Preheater

Gas buang boiler dapat dimanfaatkan untuk memanaskan udara pembakaran sebagai *air preheater*. Instalasi *air preheater* untuk memanaskan udara pembakaran dapat menghemat konsumsi bahan bakar pada boiler. Setiap kenaikan temperatur udara pembakaran sebanyak 37,5°C akan memberikan penghematan bahan bakar sebanyak 1% atau 2.268 kWh per tahun dan setara dengan Rp.27.070.596,- per tahun.

4.5.7. Pemasangan Flowmeter

Pemasangan *flowmeter* pada jalur suplai pipa uap dan suplai pipa oli panas akan sangat membantu dalam memonitor performansi *boiler*. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi steam boiler saat ini adalah 53%. Rendahnya efisiensi steam boiler dipengaruhi oleh nilai rasio evaporasi yang tidak sebanding dengan

nilai kalori dari MFO. Dengan memonitor performansi boiler diharapkan ada peningkatan efisiensi sebesar 3%, yang akan menurunkan *fuel cost* 3,8% sama dengan penghematan 10.710 kWH per tahun atau setara dengan Rp.133.397.613,- per tahun.

4.6. Latar Belakang Penggunaan Data Dalam Evaluasi Investasi

Dalam perhitungan studi kelayakan konservasi energy menggunakan analisis ekonomi teknik ini penulis mempertimbangkan sumber data yang digunakan. Pertimbangan tersebut meliputi :

4.6.1. Data nilai investasi

Yang dimaksud data nilai investasi adalah nilai investasi yang penulis dapatkan dari beberapa sumber meliputi perusahaan pemasok alat-alat listrik (vendor) , toko, dan situs BUMN seperti PLN, ANTAM, dan Pertamina yang *up to date*.

4.6.2. Data suku bunga

Suku bunga adalah suku bunga bank yang penulis ambil dari data Bank Indonesia pada tahun 2010. Nilai suku bunga pada tahun 2010 sebesar 7,5 %, sehingga dalam perhitungan nilai *interest rate* dapat disimulasikan untuk mengantisipasi perubahan harga di masa yang akan datang.

4.6.3. Data penghematan

Nilai penghematan didapat dari persentase kWh yang didapat dari setiap potensi penghematan energi dan dikonversikan ke dalam satuan mata uang rupiah.

4.6.4. Data biaya pemeliharaan

Biaya pemeliharaan adalah ongkos pemeliharaan selama alat / produk tersebut beroperasi. Nilai ongkos pemeliharaan ini merupakan nilai hasil kajian berdasarkan pengalaman di PT. Sandratex atau secara empiris.

4.6.5. Data umur ekonomis

Dalam perhitungan analisa evaluasi investasi ini umur ekonomis yang digunakan adalah 1 sampai dengan 20 tahun. Dan nilai ini dipakai berdasarkan tingkat penghematan energi berskala *low*, *medium* dan *high*.

4.7. Perhitungan dengan Metode Net Present Value (NPV)

4.7.1. Menghitung NPV pada Investasi Trafo

Dengan menggunakan Nilai Bersih Saat Ini ingin diketahui apakah investasi membeli trafo ini *feasible*. Data :

Harga Trafo (2500 kVA)	= Rp. 444.332.000,-
(2000 kVA)	= Rp. 408.060.000,-
(1000 kVA)	= Rp. 272.040.000,-
(500 kVA)	= <u>Rp. 247.103.000,-</u> +
Total Investasi (I)	= Rp. 1.371.535.000,-
Rata-rata umur trafo (n)	= 20 Tahun
Biaya Operasional (Ac)	= Rp. 900.000.000,- / Tahun
Penghematan (Ab)	= Rp. 1.068.120.000,- / Tahun
Suku Bunga (i)	= 7,5 % / tahun

Nilai Sisa = Rp. 100.000.000,-

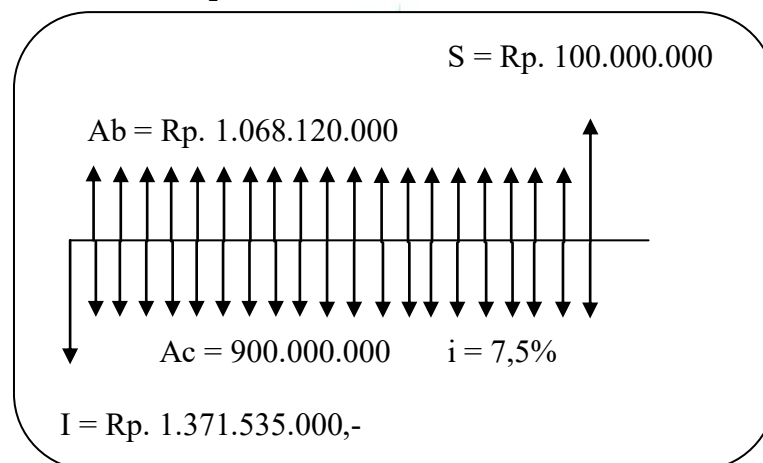
Dari Persamaan 2.8 didapat

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$NPV = -1.371.535.000 + 1.068.120.000 (P/A, 7,5\%, 20) - 900.000.000 (P/A, 7,5\%, 20) + 100.000.000 (P/F, 7,5\%, 20)$$

$$NPV = -1.371.535.000 + 1.068.120.000(10,1945) - 900.000.000 (10,1945) + 100.000.000 (0,2354)$$

$$NPV = \text{Rp. } 365.904.340,-$$



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Gambar 4.18. Aliran Cash Flow NPV pada Trafo

4.7.2. Menghitung NPV pada Investasi Inverter

Dengan menggunakan Nilai Bersih Saat Ini ingin diketahui apakah investasi *inverter* ini *feasible*. Data :

Harga Inverter (48 kW x 3) = Rp. 94.720.000,-

(52,4 kW x 4) = Rp. 385.600.000,-

(29,59 kWx1) = Rp. 52.226.000,-

(83,6 kW x 4) = Rp. 659.882.000,-

$$(51,94 \text{ kW} \times 2) = \text{Rp. } 192.800.000,-$$

$$(51 \text{ kW} \times 1) = \text{Rp. } 100.640.000,-$$

$$(30 \text{ kW} \times 1) = \underline{\text{Rp. } 58.200.000,-} +$$

$$\text{Total Investasi (I)} = \text{Rp. } 1.554.068.000,-$$

$$\text{Rata-rata umur inverter (n)} = 10 \text{ Tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 1.075.710.690,- / \text{ tahun}$$

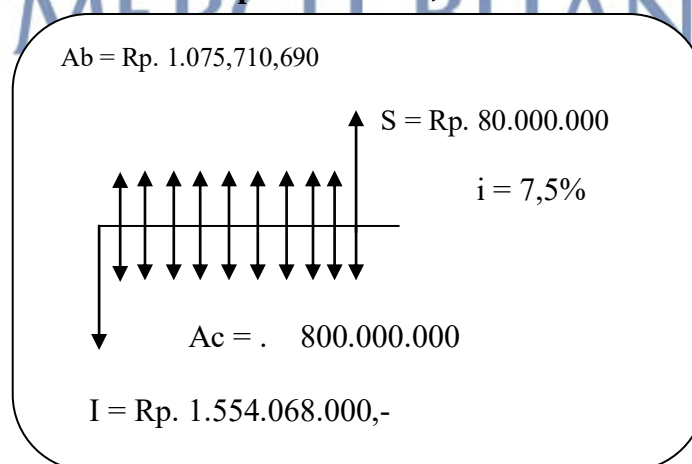
$$\text{Biaya Pemeliharaan (Ac)} = \text{Rp. } 800.000.000,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = 80.000.000$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{ tahun}$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= -I + \text{Ab} (P/A, i, n) - \text{Ac} (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) \\ &= -1.554.000 + 1.075.710,690 (P/A, 7,5, 10) - 800.000.000 \\ &\quad (P/A, 7,5, 10) + 80.000.000 (P/F, 7,5\%, 10) \\ &= -1.554.068.000 + 1.075.710,690 (6,864) - 800.000.000 \\ &\quad (6,864) + 80.000.000 (0,4852) \\ &= \text{Rp. } 377.226.176,- \end{aligned}$$



Gambar 4.19. Aliran Cash Flow NPV pada Inverter

4.7.3. Menghitung NPV pada Investasi Ballast Elektronik

Dengan menggunakan Nilai Bersih Saat Ini ingin diketahui apakah investasi *ballast electronic* ini *feasible*. Data :

Harga Ballast Elektronik (36 W x 2) = Rp. 52.500,-

Dipasang di 3000 titik x Rp. 52.500,- = Rp. 157.500.000,-

Total Investasi (I) = Rp. 157.500.000,-

Usia pakai (n) = 8000 jam = ± 1 tahun

Biaya Pemasangan (b) = Rp. 15.000.000

Penghematan (Ab) = Rp. 214.617.600,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % per tahun

Dari Persamaan 2.8 didapat

$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - b$

$NPV = -157.500.000 + 214.617.600 (P/A, 7,5, 1, 27) - 15.000.000$

$= -157.500.000 + 214.617.600 (0,9302) - 15.000.000$

= Rp. 27.137.291,-

4.7.4. Menghitung NPV pada Investasi Pemanfaatan Kondensat

Dengan menggunakan Nilai Bersih Saat Ini ingin diketahui apakah investasi kondensat ini *feasible*. Data :

Harga Kondensat = Rp. 398.992 / barel = 159 liter

Konsumsi IDO = Rp. 2.707.059.600,-/tahun

Konsumsi IDO per kWh = $\frac{Rp. 2.707.059.600,-}{226.950 \text{ kWh}}$

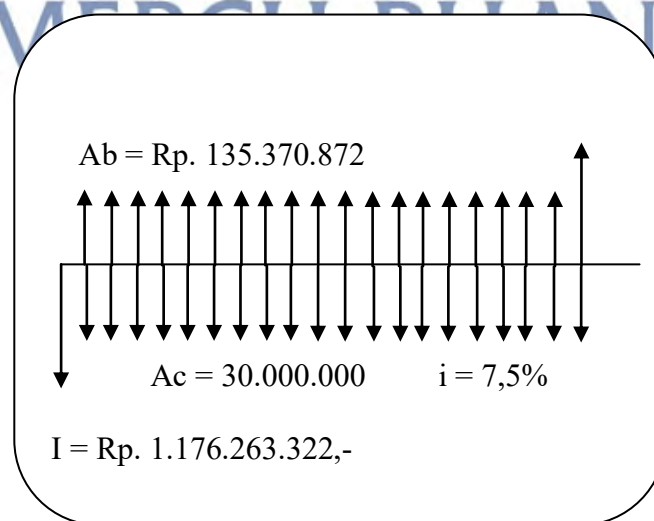
= Rp. 11.928,-/kWh per tahun

Harga IDO (Pertamina) = Rp. 5.775,-/liter

$$\begin{aligned}
 \text{Konsumsi IDO / kWh} &= \frac{11.928}{5.775} = 2,06 \text{ liter / kWh} \\
 \text{Kebutuhan IDO / tahun} &= 2,06 \times 226.950 \text{ kWh} = 468.745 \text{ L} \\
 \text{Investasi Kondensat (I)} &= \text{Rp. } 398.992 \times 2.948 \text{ barel} \\
 &= \text{Rp. } 1.176.263.322,- \\
 \text{Usia pakai kondensat (n)} &= 20 \text{ tahun} \\
 \text{Penghematan (Ab)} &= \text{Rp. } 135.370.872,- / \text{tahun} \\
 \text{Biaya Operasional (Ac)} &= \text{Rp. } 30.000.000,- / \text{tahun} \\
 \text{Suku Bunga (i)} &= 7,5 \% / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$\begin{aligned}
 \text{NPV} &= -I + \text{Ab} (P/A, i, n) - \text{Ac} (P/A, i, n) \\
 &= -1.176.263.322 + 135.370.872 (P/A, 7,5\%, 20) - \\
 &\quad 30.000.000 (P/A, 7,5\%, 20) \\
 &= -1.176.263.322 + 135.370.872 (10,1945) - 30.000.000 \\
 &\quad (10,1945) \\
 &= \text{Rp. - 102.059.967,-}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.20 Aliran Cash Flow NPV pada Kondensat

- 4.7.5. Menghitung NPV pada Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi
- Dengan menggunakan Nilai Bersih Saat Ini ingin diketahui apakah investasi perbaikan isolasi pipa distribusi ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 6.000.000,-

Usia pakai (n) = 10 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 13.597.920,- / tahun

Biaya Perawatan (Ac) = Rp. 10.000.000,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

Dari Persamaan 2.8 didapat

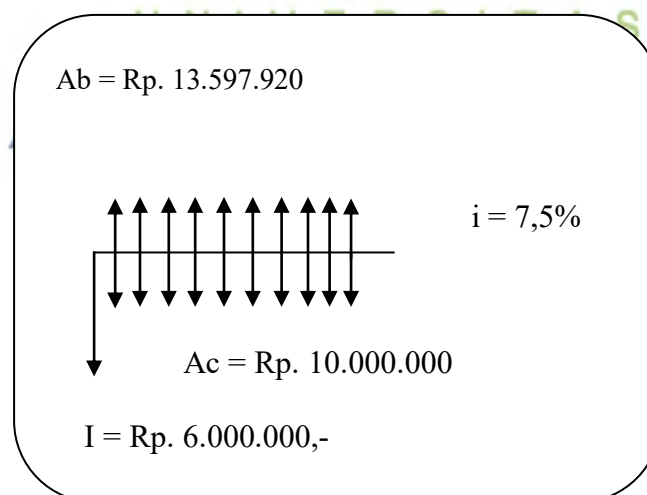
$$NPV = - I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$NPV = - 6.000.000 + 13.597.920 (P/A, 7,5\%, 10) - 10.000.000$$

$$(P/A, 7,5\%, 10)$$

$$= - 6.000.000 + 13.597.920 (6,6841) - 10.000.000 (6,6841)$$

$$= \text{Rp. } 18.048.857,-$$



Gambar 4.21 Aliran Cash Flow NPV pada Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

4.7.6. Menghitung NPV pada Investasi *Preheater*

Dengan menggunakan Nilai Bersih Saat Ini ingin diketahui apakah investasi *preheater* ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 200.000.000,-

Usia pakai (n) = 10 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 27.052.704,- / tahun

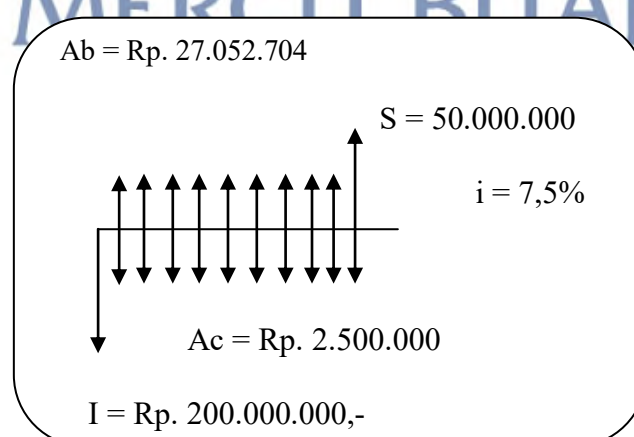
Biaya Pemeliharaan (Ac) = Rp. 2.500.000,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

Nilai Sisa (s) = Rp. 50.000.000,-

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$\begin{aligned}
 NPV &= -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) \\
 &= -200.000.000 + 27.052.704 (P/A, 7,5\%, 10) - 2.500.000 \\
 &\quad (P/A, 7,5\%, 10) + 50.000.000 (P/F, 7,5\%, 10) \\
 &= -300.000.000 + 27.052.704 (6,8641) - 2.500.000 \\
 &\quad (6,8641) + 50.000.000 (0,4852) \\
 &= \text{Rp. -7.207.784,-}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.22 Aliran Cash Flow NPV pada Preheater

4.7.7. Menghitung NPV pada Investasi *Flowmeter*

Dengan menggunakan Nilai Bersih Saat Ini ingin diketahui apakah investasi *preheater* ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 250.000.000,-

Usia pakai (n) = 3 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 127,748,880,- / tahun

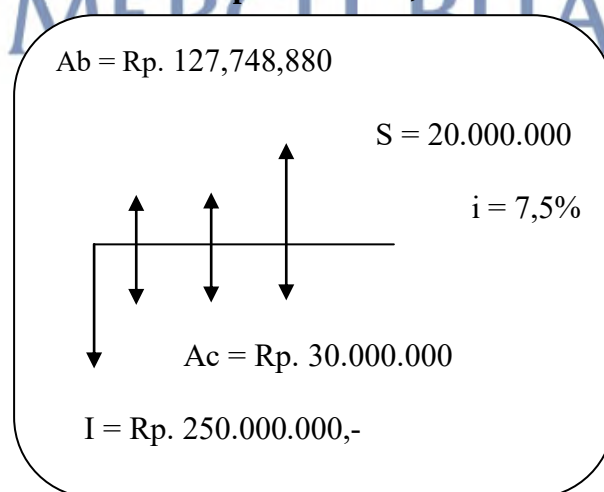
Biaya Operasional (Ac) = Rp. 30.000.000,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

Nilai Sisa = Rp. 20.000.000

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$\begin{aligned}
 NPV &= -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) \\
 &= -250.000.000 + 127,748,880 (P/A, 7,5\%, 3) - 30.000.000 \\
 &\quad (P/A, 7,5\%, 3) + S (P/F, 7,5\%, 3) \\
 &= -250.000.000 + 127,748,880 (2,6) - 30.000.000 (2,6) + \\
 &\quad 20.000.000 (0,793) \\
 &= \text{Rp. 20.034.088,-}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.23 Aliran Cash Flow NPV pada Flowmeter

4.8. Perhitungan dengan Metode Payback Period (PBP)

4.8.1. Menghitung PBP pada Investasi Trafo

Dengan menggunakan periode pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi membeli trafo ini *feasible*. Data :

Total Investasi (I) = Rp. 1.371.535.000,-

Rata-rata umur trafo (n) = 20 Tahun

Biaya Operasional (Ac) = Rp. 900.000.000,- / Tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 1.068.120.000,- / Tahun

Dari persamaan 2.7 didapat

$$(k)_{PBP} = \frac{I}{Ab - Ac} \times \text{periode tahun}$$

$$= \frac{1.371.535.000}{1.068.120.000 - 900.000.000} \times 1 \text{ tahun} = \mathbf{8,15 \text{ tahun}}$$

4.8.2. Menghitung PBP pada Investasi Inverter

Dengan menggunakan periode pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi inverter ini *feasible*. Data :

Total Investasi (I) = Rp. 1.554.068.000,-

Rata-rata umur inverter (n) = 10 Tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 1.075.710.690,- / tahun

Biaya Pemeliharaan (Ac) = Rp. 800.000.000,- / tahun Dari

persamaan 2.7 didapat

$$(k)_{PBP} = \frac{I}{Ab - Ac} \times \text{periode tahun}$$

$$= \frac{1.554.068.000}{1.075.710.690 - 800.000.000} \times 1 \text{ tahun} = \mathbf{5,63 \text{ tahun}}$$

4.8.3. Menghitung PBP pada Investasi Ballast Elektronik

Dengan menggunakan periode pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi ballast elektronik ini *feasible*. Data :

Total Investasi (I) = Rp. 157.500.000,-

Usia pakai (n) = 8000 jam = 1,26 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 214.617.600,- / tahun

Biaya Pemasangan (b) = Rp. 15.000.000

Dari persamaan 2.7 didapat

$$\begin{aligned}(k)_{\text{PBP}} &= \frac{I}{Ab - Ac} \times \text{periode tahun} \\ &= \frac{157.500.000}{214.617.600 - 15.000.000} \times 1 \text{ tahun} = \mathbf{0,78 \text{ tahun}}\end{aligned}$$

4.8.4. Menghitung PBP pada Investasi Kondensat

Dengan menggunakan periode pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi kondensat ini *feasible*. Data :

Investasi Kondensat (I) = Rp. 1.176.263.322,-

Usia pakai kondensat (n) = 20 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 135.370.872,- / tahun

Biaya Operasional (Ac) = Rp. 30.000.000,- / tahun

Dari persamaan 2.7 didapat

$$\begin{aligned}(k)_{\text{PBP}} &= \frac{I}{Ab - Ac} \times \text{periode tahun} \\ &= \frac{1.176.263.322}{135.370.872 - 30.000.000} \times 1 \text{ tahun} = \mathbf{11,163 \text{ tahun}}\end{aligned}$$

4.8.5. Menghitung PBP pada Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Dengan menggunakan periode pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi perbaikan isolasi pipa distribusi ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 6.000.000,-

Usia pakai (n) = 10 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 13.597.920,- / tahun

Biaya Perawatan (Ac) = Rp. 10.000.000,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$NPV = -6.000.000 + 13.597.920 (P/A, 7,5\%, 10) - 10.000.000$$

$$(P/A, 7,5\%, 10)$$

$$= -6.000.000 + 13.597.920 (6,6841) - 10.000.000 (6,6841)$$

persamaan 2.7 didapat

$$(k)_{PBP} = \frac{I}{Ab} \times \text{periode tahun}$$

$$= \frac{6.000.000}{13.597.920 - 10.000.000} \times 1 \text{ tahun} = 1,66 \text{ tahun}$$

4.8.6. Menghitung PBP pada Investasi *Preheater*

Dengan menggunakan periode pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi membeli preheater ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 200.000.000,-

Usia pakai (n) = 10 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 27.052.704,- / tahun

Biaya Pemeliharaan (Ac) = Rp. 2.500.000,- / tahun

$$(k)_{PBP} = \frac{I}{Ab} \times \text{periode tahun}$$

$$= \frac{200.000.000}{27.052.704 - 2.500.000} \times 1 \text{ tahun} = \mathbf{8,145 \text{ tahun}}$$

4.8.7. Menghitung PBP pada Investasi *Flowmeter*

Dengan menggunakan periode pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi flowmeter ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 250.000.000,-

Usia pakai (n) = 3 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 127,748,880,-/ tahun

Biaya Operasional (Ac) = Rp. 30.000.000,- / tahun

Dari persamaan 2.7 didapat

$$(k)_{PBP} = \frac{I}{Ab} \times \text{periode tahun}$$

$$= \frac{250.000.000}{127,748,880 - 30.000.000} \times 1 \text{ tahun} = \mathbf{2,55 \text{ tahun}}$$

4.9. Perhitungan dengan Metode Benefit Cost Ratio (BCR)

4.9.1. Menghitung BCR pada Investasi Trafo

Dengan menggunakan rasio manfaat-rugi ini ingin diketahui apakah investasi membeli trafo ini *feasible*. Data :

Total Investasi (I) = Rp. 1.371.535.000,-

Rata-rata umur trafo (n) = 20 Tahun

Biaya Operasional (Ac) = Rp. 900.000.000,- / Tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 1.068.120.000,- / Tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

$$\text{Nilai Sisa} = \text{Rp. } 100.000.000,-$$

Dari persamaan 2.9 didapat

$$\text{BCR} = \frac{\text{PWB}}{\text{PWC}}$$

$$\begin{aligned} \text{PWB} &= \text{Ab} (P/A, i, n) + \text{S} (P/F, i, n) \\ &= 1.068.120.000 (P/A, 7,5\%, 20) + 100.000.000 \\ &\quad (P/F, 7,5\%, 20) \\ &= 1.068.120.000 (10,1945) + 100.000.000 (0,2354) \\ &= \text{Rp. } 10.912.489.340,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PWC} &= \text{I} + \text{Ac} (P/A, i, n) \\ &= 1.371.535.000 + 900.000.000 (P/A, 7,5\%, 20) \\ &= 1.371.535.000 + 900.000.000 (10,1945) \\ &= \text{Rp. } 10.546.585.000 \end{aligned}$$

$$\text{BCR} = \frac{10.912.489.340}{10.546.585.000} = \mathbf{1,034}$$

4.9.2. Menghitung BCR pada Investasi Inverter

Dengan menggunakan rasio manfaat-rugi ini ingin diketahui apakah investasi inverter ini *feasible*. Data :

$$\text{Total Investasi (I)} = \text{Rp. } 1.554.068.000,-$$

$$\text{Rata-rata umur inverter (n)} = 10 \text{ Tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 1.075.710.690,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Biaya Pemeliharaan (Ac)} = \text{Rp. } 800.000.000,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = 80.000.000$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{ tahun}$$

Dari Persamaan 2.9 didapat

$$BCR = \frac{PWB}{PWC}$$

$$\begin{aligned} PWB &= Ab (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) \\ &= 1.075.710.690 (P/A, 7,5\%, 15) + 80.000.000 (P/F, 7,5\%, 10) \\ &= 1.075.710.690 (8,827) + 80.000.000 (0,4852) \\ &= \text{Rp. } 9.534.114.261,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PWC &= I + Ac (P/A, i, n) \\ &= \text{Rp. } 1.554.068.000 + 800.000.000 (P/A, 7,5\%, 10) \\ &= 1.554.068.000 + 800.000.000 (6,864) \\ &= \text{Rp. } 7.045.268.000,- \end{aligned}$$

$$BCR = \frac{9.534.114.261}{7.045.268.000} = 1,353$$

4.9.3. Menghitung BCR pada Investasi Ballast Elektronik

Dengan menggunakan rasio manfaat-rugi ini ingin diketahui apakah investasi ballast elektronik ini *feasible*. Data :

$$\text{Total Investasi (I)} = \text{Rp. } 157.500.000,-$$

$$\text{Usia pakai (n)} = 8000 \text{ jam} = \pm 1 \text{ tahun}$$

$$\text{Biaya Pemasangan (b)} = \text{Rp. } 15.000.000$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 214.617.600,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% \text{ per tahun}$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$NPV = - I + Ab (P/A, i, n) - b$$

$$\begin{aligned} NPV &= - 157.500.000 + 214.617.600 (P/A, 7,5\%, 1,27) - 15.000.000 \\ &= - 157.500.000 + 214.617.600 (0,9302) - 15.000.000 \end{aligned}$$

Dari Persamaan 2.9 didapat

$$BCR = \frac{PWB}{PWC}$$

$$PWB = Ab (P/A, i, n) = 214.617.600 (P/A, 7,5\%, 1,26)$$

$$= 214.617.600 (1,15) = \text{Rp. } 246.810.240,-$$

$$PWC = I + 15.000.000$$

$$= \text{Rp. } 157.500.000 + 15.000.000$$

$$= \text{Rp. } 172.500.000,-$$

$$BCR = \frac{246.810.240}{172.500.000} = \mathbf{1,43}$$

4.9.4. Menghitung BCR pada Investasi Pemanfaatan Kondensat

Dengan menggunakan rasio manfaat-rugi ini ingin diketahui

apakah investasi kondensat ini *feasible*. Data :

$$\text{Investasi Kondensat (I)} = \text{Rp. } 1.176.263.322,-$$

$$\text{Usia pakai kondensat (n)} = 20 \text{ tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 135.370.872,- / \text{tahun}$$

$$\text{Biaya Operasional (Ac)} = \text{Rp. } 30.000.000,- / \text{tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

Dari Persamaan 2.9 didapat

$$BCR = \frac{PWB}{PWC}$$

$$PWB = Ab (P/A, i, n) = 135.370.872 (P/A, 7,5\%, 20)$$

$$= 135.370.872 (10,1945) = \text{Rp. } 1.380.038.355,-$$

$$PWC = I + Ac (P/A, i, n)$$

$$= \text{Rp. } 1.176.263.322 + 30.000.000 (10,1945)$$

$$= \text{Rp. } 1.482.098.322,-$$

$$BCR = \frac{1.380.038.355}{1.482.098.322} = \mathbf{0,93}$$

4.9.5. Menghitung BCR pada Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Dengan menggunakan rasio manfaat-rugi ini ingin diketahui apakah investasi perbaikan isolasi pipa distribusi ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 6.000.000,-

Usia pakai (n) = 10 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 13.597.920,- / tahun

Biaya Perawatan (Ac) = Rp. 10.000.000,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

Dari Persamaan 2.9 didapat

$$BCR = \frac{PWB}{PWC}$$

$$PWB = Ab (P/A, i, n) = 13.597.920 (P/A, 7,5\%, 10)$$

$$= 13.597.920 (6,6841) = Rp. 90.889.857,-$$

$$PWC = I + Ac (P/A, i, n)$$

$$= Rp. 6.000.000 + 10.000.000 (P/A, 7,5\%, 10)$$

$$= Rp. 6.000.000 + 10.000.000 (6,6841)$$

$$BCR = \frac{90.889.857}{72.841.000} = 1,247$$

4.9.6. Menghitung BCR pada Investasi *Preheater*

Dengan menggunakan rasio manfaat-rugi ini ingin diketahui apakah investasi *preheater* ini *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 300.000.000,-

Usia pakai (n) = 10 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 27.052.704,- / tahun

Biaya Pemeliharaan (Ac) = Rp. 2.500.000,- / tahun

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa (s)} = \text{Rp. } 50.000.000,-$$

Dari Persamaan 2.9 didapat

$$\text{BCR} = \frac{\text{PWB}}{\text{PWC}}$$

$$\begin{aligned} \text{PWB} &= \text{Ab (P/A, i, n)} + \text{S (P/F, i, n)} \\ &= 27.052.704 (\text{P/A, } 7,5\%, 10) + 50.000.000 (\text{P/F, } 7,5\%, 10) \\ &= 27.052.704 (5,2966) + 50.000.000 (0,4852) \\ &= \text{Rp. } 167.547.352,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PWC} &= \text{I} + \text{Ac (P/A, i, n)} \\ &= \text{Rp. } 300.000.000 + 2.500.000 (\text{P/A, } 7,5\%, 10) \\ &= 300.000.000 + 2.500.000 (6,8641) \\ &= \text{Rp. } 317.160.250 \end{aligned}$$

$$\text{BCR} = \frac{167.547.352}{317.160.250} = 0,528$$

4.9.7. Menghitung BCR pada Investasi *Flowmeter*

Dengan menggunakan rasio manfaat-rugi ini ingin diketahui apakah investasi *flow meter* ini *feasible*. Data :

$$\text{Investasi (I)} = \text{Rp. } 50.000.000,-$$

$$\text{Usia pakai (n)} = 3 \text{ tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 127,748,880,- / \text{tahun}$$

$$\text{Biaya Operasional (Ac)} = \text{Rp. } 30.000.000,- / \text{tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = \text{Rp. } 20.000.000$$

Dari Persamaan 2.9 didapat

$$BCR = \frac{PWB}{PWC}$$

$$\begin{aligned} PWB &= Ab (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) \\ &= 127,748,880 (P/A, 7,5\%, 3) + 20.000.000 (P/F, 7,5\%, 3) \\ &= 127,748,880 (2,6) + 20.000.000 (0,793) \\ &= \text{Rp. } 348.007.088,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PWC &= I + Ac (P/A, i, n) \\ &= \text{Rp. } 50.000.000 + 30.000.000 (P/A, 7,5\%, 3) \\ &= \text{Rp. } 50.000.000 + 30.000.000 (2,6) \\ &= \text{Rp. } 128.000.000,- \end{aligned}$$

$$BCR = \frac{348.007.088,-}{128.000.000} = 2,718$$

4.10. Perhitungan dengan Metode Internal Rate of Return (IRR)

4.10.1. Menghitung IRR pada investasi trafo

Dengan menggunakan tingkat internal pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi pembelian trafo *feasible*. Data :

$$\text{Total Investasi (I)} = \text{Rp. } 1.371.535.000,-$$

$$\text{Rata-rata umur trafo (n)} = 20 \text{ Tahun}$$

$$\text{Biaya Operasional (Ac)} = \text{Rp. } 900.000.000,- / \text{Tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 1.068.120.000,- / \text{Tahun}$$

$$\text{MARR (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = \text{Rp. } 100.000.000,-$$

$$NPV = - I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) = 0$$

$$I = Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$1.371.535.000 = 1.068.120.000 (P/A, i, 20) - 900.000.000 (P/A, i, 20)$$

$$+ 100.000.000 (P/F, i, 20)$$

$$1.371.535.000 = (P/A, i, 20) (1.068.120.000 - 900.000.000) +$$

$$100.000.000 (P/F, i, 20)$$

$$1.371.535.000 = (P/A, i, 20) (168.120.000) + 100.000.000 (P/F, i, 20)$$

jika kita asumsikan $i = 11\%$ maka ;

$$I = 168.120.000 (P/A, 11\%, 20) + 100.000.000 (P/F, 11\%, 20)$$

$$I = 168.120.000 (7,9633) + 100.000.000 (0,124)$$

$$I = 1.351.189.996,-$$

Jika kita asumsikan $i = 10,75\%$ maka ;

$$I = 168.120.000 (P/A, 10,75\%, 20) + 100.000.000 (P/F, 10,75\%, 20)$$

$$I = 168.120.000 (8,0953) + 100.000.000 (0,129)$$

$$I = 1.373.881.836,-$$

Dengan metode interpolasi

$$i = 10,75\% + \frac{1.371.535.000}{1.351.189.996 + 1.373.881.836} \cdot (11\% - 10,75\%)$$

$$IRR = 10,75\% + 0,125\% = 10,875\% , \text{ Jadi } IRR > MARR$$

4.10.2. Menghitung IRR pada investasi inverter

Dengan menggunakan tingkat internal pengembalian ini ingin

diketahui apakah investasi inverter *feasible*. Data :

$$\text{Total Investasi (I)} = \text{Rp. } 1.554.068.000,-$$

$$\text{Rata-rata umur inverter (n)} = 10 \text{ Tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 1.075.710.690,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Biaya Pemeliharaan (Ac)} = \text{Rp. } 800.000.000,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = \text{Rp. } 80.000.000$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$\text{NPV} = -I + A_b (P/A, i, n) - A_c (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) = 0$$

$$I = 1.075.710.690 (P/A, i, 10) - 800.000.000 (P/A, i, 10) + 80.000.000 (P/F, i, 10)$$

$$1.554.068.000 = (1.075.710.690 - 800.000.000) (P/A, i, 10) + 80.000.000 (P/F, i, 10)$$

$$1.554.068.000 = 275.710.690 (P/A, i, 10) + 80.000.000 (P/F, i, 10)$$

jika kita asumsikan $i = 12\%$ maka ;

$$I = 275.710.690 (P/A, 12\%, 10) + 80.000.000 (P/F, 12\%, 10)$$

$$I = 275.710.690 (5,6502) + 80.000.000 (0,322)$$

$$I = 1.481.825.399,-$$

Jika kita asumsikan $i = 11,75\%$ maka ;

$$I = 275.710.690 (P/A, 11,75\%, 10) + 80.000.000 (P/F, 11,75\%, 10)$$

$$I = 275.710.690 (5,7085) + 80.000.000 (0,3292)$$

$$I = 1.600.230.474,-$$

Dengan metode interpolasi

$$i = 11,75\% + \frac{1.554.068.000}{1.481.825.399 + 1.600.230.474} \cdot (12\% - 11,75\%)$$

$$\text{IRR} = 10,75\% + 0,126\% = 10,876\% , \text{ Jadi IRR} > \text{MARR}$$

4.10.3. Menghitung IRR pada investasi ballast elektronik

Dengan menggunakan tingkat internal pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi ballast elektronik *feasible*. Data :

$$\text{Total Investasi (I)} = \text{Rp. } 157.500.000,-$$

$$\text{Usia pakai (n)} = 8000 \text{ jam} = \pm 1 \text{ tahun}$$

$$\text{Biaya Pemasangan (b)} = \text{Rp. } 15.000.000$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 214.617.600,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% \text{ per tahun}$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$\text{NPV} = -I + \text{Ab (P/A,i,n)} - b$$

$$\text{NPV} = -157.500.000 + 214.617.600 (\text{P/A,i,1}) - 15.000.000$$

$$157.500.000 = 214.617.600 (\text{P/A,i,1}) - 15.000.000$$

$$142.500.000 = 214.617.600 (\text{P/A,i,1})$$

$$(\text{P/A,i,1}) = \frac{142.500.000}{214.617.600} = 0,66$$

$$(\text{P/A,i,n}) = \left\{ \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n} \right\}$$

Jika kita asumsikan $i = 50\%$, maka

$$(\text{P/A,i,n}) = \left\{ \frac{(1+0,5)^1 - 1}{0,5 (1+0,5)^1} \right\} = 0,66$$

$$\text{IRR} = 50 \% , \text{ Jadi IRR} > \text{MARR}$$

4.10.4. Menghitung IRR pada investasi pemanfaatan kondensat

Dengan menggunakan tingkat internal pengembalian ini ingin

diketahui apakah investasi pemanfaatan kondensat *feasible*. Data :

$$\text{Investasi Kondensat (I)} = \text{Rp. } 1.176.263.322,-$$

$$\text{Usia pakai kondensat (n)} = 20 \text{ tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 135.370.872,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Biaya Operasional (Ac)} = \text{Rp. } 30.000.000,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{ tahun}$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$1.176.263.322 = 135.370.872 (P/A, i, 20) - 30.000.000 (P/A, i, 20)$$

$$1.176.263.322 = (135.370.872 - 30.000.000) (P/A, i, 20)$$

$$(P/A, i, 20) = \frac{1.176.263.322}{105.370.872} = 11,163$$

jika kita asumsikan $i = 6,25\%$ maka ;

$$(P/A, i, n) = \left\{ \frac{(1+0,0625)^{20} - 1}{0,0625 (1+0,0625)^{20}} \right\} = 11,2407$$

Jika kita asumsikan $i = 6,5\%$ maka ;

$$(P/A, i, n) = \left\{ \frac{(1+0,065)^{20} - 1}{0,065 (1+0,065)^{20}} \right\} = 11,0185$$

Dengan metode interpolasi

$$IRR = 6,25\% + \frac{11,163}{11,2407 + 11,0185} \cdot (6,5\% - 6,25\%)$$

$$IRR = 6,25\% + 0,125\% = 6,375\%, \quad \text{Jadi } IRR < MARR$$

4.10.5. Menghitung IRR pada investasi perbaikan isolasi pipa distribusi

Dengan menggunakan tingkat internal pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi perbaikan isolasi pipa distribusi *feasible*.

Data :

$$\text{Investasi (I)} = \text{Rp. } 6.000.000,-$$

$$\text{Usia pakai (n)} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 13.597.920,- / \text{tahun}$$

$$\text{Biaya Perawatan (Ac)} = \text{Rp. } 10.000.000,- / \text{tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$6.000.000 = 13.597.920 (P/A, i, 10) - 10.000.000 (P/A, i, 10)$$

$$6.000.000 = (13.597.920 - 10.000.000) (P/A, i, 10)$$

$$(P/A, i, 10) = \frac{6.000.000}{3.597.920} = 1,667$$

$$(P/A, i, n) = \left\{ \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n} \right\}$$

jika kita asumsikan $i = 60\%$ maka ;

$$(P/A, i, n) = \left\{ \frac{(1+0,6)^{10} - 1}{0,6 (1+0,6)^{10}} \right\} = 1,6515$$

Jika kita asumsikan $i = 55\%$ maka ;

$$(P/A, i, n) = \left\{ \frac{(1+0,55)^{10} - 1}{0,55 (1+0,55)^{10}} \right\} = 1,7955$$

Dengan metode interpolasi

$$IRR = 55\% + \frac{1,667}{1,6515 + 1,7955} \cdot (60\% - 55\%)$$

$$IRR = 55\% + 2,418\% = 57,418\%, \quad \text{Jadi } IRR > MARR$$

4.10.6. Menghitung IRR pada investasi preheater

Dengan menggunakan tingkat internal pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi preheater *feasible*. Data :

Investasi (I) = Rp. 300.000.000,-

Usia pakai (n) = 10 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 27.052.704,- / tahun

Biaya Pemeliharaan (Ac) = Rp. 2.500.000,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

Nilai Sisa (s) = Rp. 50.000.000,-

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$300.000.000 = 27.052.704 (P/A, i, 10) - 2.500.000 (P/A, i, 10) + 50.000.000 (P/F, i, 10)$$

$$300.000.000 = (27.052.704 - 2.500.000) (P/A, i, 10) + 50.000.000 (P/A, i, 10)$$

$$300.000.000 = 24.552.704 (P/A, i, 10) + 50.000.000 (P/A, i, 10)$$

jika kita asumsikan $i = 0,25\%$ maka ;

$$I = 24.552.704 (P/A, 0,25\%, 10) + 50.000.000 (P/A, 0,25\%, 10)$$

$$I = 24.552.704 (9,863) + 50.000.000 (1,156)$$

$$I = 300.000.000$$

$$IRR = 0,25\% , \text{ Jadi } IRR < MARR$$

4.10.7. Menghitung IRR pada investasi flowmeter

Dengan menggunakan tingkat internal pengembalian ini ingin diketahui apakah investasi flowmeter *feasible*. Data :

$$\text{Investasi (I)} = \text{Rp. } 250.000.000,-$$

$$\text{Usia pakai (n)} = 3 \text{ tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 127,748,880,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Biaya Operasional (Ac)} = \text{Rp. } 30.000.000,- / \text{ tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{ tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = \text{Rp. } 20.000.000$$

Dari Persamaan 2.8 didapat

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$250.000.000 = 127,748,880 (P/A, i, 3) - 30.000.000 (P/A, i, 3) + S (P/F, i, 3)$$

$$250.000.000 = (127.748.880 - 30.000.0000) (P/A, i, 3) + 20.000.000 (P/F, i, 3)$$

$$250.000.000 = 97.748.880 (P/A, i, 3) + 20.000.000 (P/F, i, 3)$$

jika kita asumsikan $i = 12\%$ maka ;

$$I = 97.748.880 (P/A, 12\%, 3) + 20.000.000 (P/F, 12\%, 3)$$

$$I = 97.748.880 (2,4018) + 20.000.000 (0,7118)$$

$$I = \mathbf{249.009.260,-}$$

Jika kita asumsikan $i = 11,75\%$ maka ;

$$I = 97.748.880 (P/A, 11,75\%, 3) + 20.000.000 (P/F, 11,75\%, 3)$$

$$I = 97.748.880 (2,4122) + 20.000.000 (0,7166)$$

$$I = \mathbf{250.121.848,-}$$

Dengan metode interpolasi

$$i = 11,75\% + \frac{250.000.000}{249.009.260 + 250.121.848} \cdot (12\% - 11,75\%)$$

$$IRR = 11,75\% + 0,12\% = \mathbf{10,87\%}, \text{ Jadi } IRR > MARR$$

4.11. Perhitungan dengan Metode Analisis Sensitivitas (AS)

4.11.1. Menghitung AS pada investasi trafo

Dengan menggunakan analisis sensitivitas ini ingin diketahui

apakah investasi pembelian trafo *feasible*. Data :

$$\text{Total Investasi (I)} = \text{Rp. } 1.371.535.000,-$$

$$\text{Rata-rata umur trafo (n)} = 20 \text{ Tahun}$$

$$\text{Biaya Operasional (Ac)} = \text{Rp. } 900.000.000,- / \text{ Tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. } 1.068.120.000,- / \text{ Tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = \text{Rp. } 100.000.000,-$$

a) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = -I + 1.068.120.000 (P/A, 7,5\%, 20) - 60.000.000$$

$$(P/A, 7,5\%, 20) + 100.000.000 (P/F, 7,5\%, 20)$$

$$0 = -I + 1.068.120.000 (10,1945) - 60.000.000 (10,1945) +$$

$$100.000.000 (0,2354)$$

$$\mathbf{I = \text{Rp. } 10.912.488.730}$$

b) Analisis sensitivitas benefit pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = -I + Ab (P/A, 7,5\%, 20) - 60.000.000 (P/A, 7,5\%, 20) +$$

$$100.000.000 (P/F, 7,5\%, 20)$$

$$0 = 10,1945 Ab - 60.000.000 (10,1945) - 1.371.535.000 +$$

$$100.000.000 (0,2354)$$

$$\mathbf{Ab = \text{Rp. } 199.222.767,-}$$

c) Analisis sensitivitas biaya pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = -I + 1.068.120.000 (P/A, 7,5\%, 20) - Ac (P/A, 7,5\%, 20) +$$

$$100.000.000 (P/F, 7,5\%, 20)$$

$$0 = 10,1945 Ac - 1.068.120.000 (10,1945) - 1.371.535.000 +$$

$$100.000.000 (0,2354)$$

$$\mathbf{Ac = \text{Rp. } 1.200.347.672,-}$$

4.11.2. Menghitung AS pada investasi inverter

Dengan menggunakan analisis sensitivitas ini ingin diketahui apakah investasi inverter *feasible*. Data :

Total Investasi (I) = Rp. 1.554.068.000,-

Rata-rata umur inverter (n) = 10 Tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 1.075,710,690,- / tahun

Biaya Pemeliharaan (Ac) = Rp. 800.000.000,- / tahun

Nilai Sisa = Rp. 80.000.000

Suku Bunga (i) = 7,5 % / tahun

a) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = -I + 1.075,710,690 (P/A, 7,5, 10) - 800.000.000$$

$$(P/A, 7,5, 10) + 80.000.000 (P/F, 7,5\%, 10)$$

$$0 = -I + 1.075,710,690 (6,864) - 800.000.000 (6,864) +$$

$$80.000.000 (0,4852)$$

$$I = \text{Rp. 1.931.294.176,-}$$

b) Analisis sensitivitas benefit pada saat NPV = 0

$$NPV = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = -1.554.068.000 + Ab (P/A, 7,5\%, 10) - 800.000.000$$

$$(P/A, 7,5, 10) + 80.000.000 (P/F, 7,5\%, 10)$$

$$0 = -1.554.068.000 + Ab (6,864) - 800.000.000 (6,864) +$$

$$80.000.000 (0,4852)$$

$$Ab = \text{Rp. 1.020.753.497,-}$$

4.11.3. Menghitung AS pada Investasi Ballast Elektronik

Dengan menggunakan analisis sensitivitas ingin diketahui apakah investasi *ballast electronic* ini *feasible*. Data :

Total Investasi (I) = Rp. 157.500.000,-

Usia pakai (n) = 8000 jam = ± 1 tahun

Biaya Pemasangan (b) = Rp. 15.000.000

Penghematan (Ab) = Rp. 214.617.600,- / tahun

Suku Bunga (i) = 7,5 % per tahun

a) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= -I + \text{Ab} (P/A, i, n) - b \\ 0 &= -I + 214.617.600 (P/A, 7,5, 1, 27) - 15.000.000 \\ 0 &= -I + 214.617.600 (0,9302) - 15.000.000 \\ I &= \mathbf{Rp. 184.637.291,-} \end{aligned}$$

b) Analisis sensitivitas penghematan pada saat NPV = 0

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= -I + \text{Ab} (P/A, i, n) - b \\ \text{NPV} &= -157.500.000 + \text{Ab} (P/A, 7,5, 1, 27) - 15.000.000 \\ 0 &= -157.500.000 + \text{Ab} (0,9302) - 15.000.000 \\ \text{Ab} &= \mathbf{Rp. 185.443.990,-} \end{aligned}$$

4.11.4. Menghitung NPV pada Investasi Pemanfaatan Kondensat

Dengan menggunakan analisis sensitivitas ingin diketahui apakah investasi kondensat ini *feasible*. Data :

Investasi Kondensat (I) = Rp. 1.176.263.322,-

Usia pakai kondensat (n) = 20 tahun

Penghematan (Ab) = Rp. 135.370.872,- / tahun

Biaya Operasional (Ac) = Rp. 30.000.000,- / tahun

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

a) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$0 = -I + 135.370.872 (P/A, 7,5\%, 20) - 30.000.000 (P/A, 7,5\%, 20)$$

$$0 = -I + 135.370.872(10,1945) - 30.000.000(10,1945)$$

$$I = \text{Rp. 1.074.203.355,-}$$

b) Analisis sensitivitas penghematan pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$0 = -1.176.263.322 + Ab (P/A, 7,5\%, 20) - 30.000.000 (P/A, 7,5\%, 20)$$

$$0 = -1.176.263.322 + Ab (10,1945) - 30.000.000(10,1945)$$

$$Ab = \text{Rp. 145.382.149,-}$$

4.11.5. Menghitung AS pada Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Dengan menggunakan analisis sensitivitas ingin diketahui apakah investasi perbaikan isolasi pipa distribusi ini *feasible*. Data :

$$\text{Investasi (I)} = \text{Rp. 6.000.000,-}$$

$$\text{Usia pakai (n)} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. 13.597.920,-} / \text{tahun}$$

$$\text{Biaya Perawatan (Ac)} = \text{Rp. 10.000.000,-} / \text{tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

a) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$0 = -I + 13.597.920 (P/A, 7,5\%, 10) - 10.000.000$$

$$(P/A, 7,5\%,10)$$

$$0 = - I + 13.597.920 (6,6841) - 10.000.000 (6,6841)$$

$$I = \text{Rp. 24.048.857,-}$$

b) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = - I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n)$$

$$0 = - 6.000.000 + Ab (P/A, 7,5\%,10) - 10.000.000$$

$$(P/A, 7,5\%,10)$$

$$0 = - 6.000.000 + Ab (6,6841) - 10.000.000 (6,6841)$$

$$Ab = \text{Rp. 10.897.652,-}$$

4.11.6. Menghitung AS pada Investasi *Preheater*

Dengan menggunakan analisis sensitivitas ingin diketahui apakah investasi *preheater* ini *feasible*. Data :

$$\text{Investasi (I)} = \text{Rp. 300.000.000,-}$$

$$\text{Usia pakai (n)} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. 27.052.704,- / tahun}$$

$$\text{Biaya Pemeliharaan (Ac)} = \text{Rp. 2.500.000,- / tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa (s)} = \text{Rp. 50.000.000,-}$$

a) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = - I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = - I + 27.052.704 (P/A, 7,5\%,7) - 2.500.000$$

$$(P/A, 7,5\%,10) + 50.000.000 (P/F, 7,5\%,10)$$

$$0 = - I + 27.052.704 (6,8641) - 2.500.000$$

$$(6,8641) + 50.000.000 (0,4852)$$

$$I = \text{Rp. 192.792.215,-}$$

b) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = -300.000.000 + Ab (P/A, 7,5\%, 10) - 2.500.000 (P/A, 7,5\%, 10) + 50.000.000 (P/F, 7,5\%, 10)$$

$$0 = -300.000.000 + Ab (5,2966) - 2.500.000 (6,8641) + 50.000.000 (0,4852)$$

$$Ab = \text{Rp. 292.900.250,-}$$

4.11.7. Menghitung AS pada Investasi *Flowmeter*

Dengan menggunakan analisis sensitivitas ingin diketahui apakah investasi *preheater* ini *feasible*. Data :

$$\text{Investasi (I)} = \text{Rp. 50.000.000,-}$$

$$\text{Rata-rata umur trafo (n)} = 20 \text{ Tahun}$$

$$\text{Biaya Operasional (Ac)} = \text{Rp. 900.000.000,- / Tahun}$$

$$\text{Penghematan (Ab)} = \text{Rp. 1.068.120.000,- / Tahun}$$

$$\text{Suku Bunga (i)} = 7,5 \% / \text{tahun}$$

$$\text{Nilai Sisa} = \text{Rp. 100.000.000,-}$$

a) Analisis sensitivitas investasi pada saat NPV = 0

$$\text{NPV} = -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n)$$

$$0 = -I + 1.068.120.000 (P/A, 7,5\%, 20) - 900.000.000 (P/A, 7,5\%, 20) + 100.000.000 (P/F, 7,5\%, 20)$$

$$0 = -I + 1.068.120.000 (10,1945) - 900.000.000 (10,1945) + 100.000.000 (0,2354)$$

$$I = \text{Rp. 1.737.439.340,-}$$

b) Analisis sensitivitas investasi pada saat $NPV = 0$

$$\begin{aligned} NPV &= -I + Ab (P/A, i, n) - Ac (P/A, i, n) + S (P/F, i, n) \\ 0 &= -1.371.535.000 + Ab (P/A, 7,5\%, 5) - 900.000.000 \\ &\quad (P/A, 7,5\%, 20) + 100.000.000 (P/F, 7,5\%, 20) \\ 0 &= -1.371.535.000 + Ab (10,1945) - 900.000.000 \\ &\quad (10,1945) + 100.000.000 (0,2354) \\ Ab &= \mathbf{Rp. 1.032.227.672,-} \end{aligned}$$



BAB V

ANALISIS DATA

5.1. Analisis Metode *Net Present Value* (NPV)

5.1.1. Analisis NPV Investasi Trafo

Dari hasil pengolahan data 4.7.1 didapat bahwa hasil NPV sama dengan Rp. 365.904.340,-. Jika hasil NPV bernilai positif maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $NPV \text{ trafo} = \text{Rp. } 365.904.340 > 0$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.1.2. Analisis NPV Investasi Inverter

Dari hasil pengolahan data 4.7.2 didapat bahwa hasil NPV sama dengan Rp. 377.226.176,-. Jika hasil NPV bernilai positif maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $NPV = \text{Rp. } 377.226.176 > 0$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.1.3. Analisis NPV Investasi Ballast Elektronik

Dari hasil pengolahan data 4.7.3 didapat bahwa hasil NPV sama dengan Rp. 27.137.291,-. Jika hasil NPV bernilai positif maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $NPV = \text{Rp. } 27.137.291 > 0$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.1.4. Analisis NPV Investasi Pemanfaatan Kondensat

Dari hasil pengolahan data 4.7.4 didapat bahwa hasil NPV sama dengan Rp. - 102.059.967,-. Jika hasil NPV bernilai negatif maka investasi tersebut tidak direkomendasikan.

Karena $NPV = \text{Rp. } - 102.059.967 < 0$, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.1.5. Analisis NPV Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Dari hasil pengolahan data 4.7.5 didapat bahwa hasil NPV sama dengan Rp. 18.048.857. Jika hasil NPV bernilai positif maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $NPV = \text{Rp. } 18.048.857 > 0$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.1.6. Analisis NPV Investasi Preheater

Dari hasil pengolahan data 4.7.6 didapat bahwa hasil NPV sama dengan Rp. - 7.207.784,-. Jika hasil NPV bernilai negatif maka investasi tersebut tidak direkomendasikan.

Karena $NPV = \text{Rp. } - 7.207.784 < 0$, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.1.7. Analisis NPV Investasi Flowmeter

Dari hasil pengolahan data 4.7.7 didapat bahwa hasil NPV sama dengan Rp. 20.034.088. Jika hasil NPV bernilai positif maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $NPV = \text{Rp. } 20.034.088 > 0$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

Tabel 5.1. Analisis Metode Net Present Value

No.	Investasi	NPV	Feasible/ Unfeasible	Skala
1	Trafo	$\text{Rp. } 365.904.340 > 0$	Feasible	High
2	Inverter	$\text{Rp. } 377.226.176 > 0$	Feasible	High
3	Ballast	$\text{Rp. } 27.137.291 > 0$	Feasible	Low
4	Kondensat	$\text{Rp. } - 102.059.967 < 0$	Unfeasible	High
5	Isolasi Pipa	$\text{Rp. } 18.048.857 > 0$	Feasible	Low
6	Preheater	$\text{Rp. } - 7.207.784 < 0$	Unfeasible	Medium
7	Flowmeter	$\text{Rp. } 20.034.088 > 0$	Feasible	Medium

5.2. Analisis Metode *Payback Period* (PBP)

5.2.1. Analisis PBP Investasi Trafo

Dari hasil pengolahan data 4.8.1 didapat bahwa hasil PBP sama dengan 1,36 Tahun. Jika hasil PBP bernilai lebih kecil dari usia pakai (n) maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $PBP = 8,15 \text{ Tahun} < 20 \text{ Tahun}$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.2.2. Analisis PBP Investasi Inverter

Dari hasil pengolahan data 4.8.2 didapat bahwa hasil PBP sama dengan 1,44 Tahun. Jika hasil PBP bernilai lebih kecil dari usia pakai (n) maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $PBP = 5,63 \text{ Tahun} < 15 \text{ Tahun}$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.2.3. Analisis PBP Investasi Ballast Elektronik

Dari hasil pengolahan data 4.8.3 didapat bahwa hasil PBP sama dengan 0,733 Tahun. Jika hasil PBP bernilai lebih kecil dari usia pakai (n) maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $PBP = 0,78 \text{ Tahun} < 1 \text{ Tahun}$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.2.4. Analisis PBP Investasi Pemanfaatan Kondensat

Dari hasil pengolahan data 4.8.4 didapat bahwa hasil PBP sama dengan 8,689 Tahun. Jika hasil PBP bernilai lebih besar dari usia pakai (n) maka investasi tersebut tidak direkomendasikan.

Karena $PBP = 11,163 \text{ Tahun} > 1 \text{ Tahun}$, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.2.5. Analisis PBP Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Dari hasil pengolahan data 4.8.5 didapat bahwa hasil PBP sama dengan 0,44 Tahun. Jika hasil PBP bernilai lebih kecil dari usia pakai (n) maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $PBP = 1,66 \text{ Tahun} < 10 \text{ Tahun}$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.2.6. Analisis PBP Investasi Preheater

Dari hasil pengolahan data 4.8.6 didapat bahwa hasil PBP sama dengan 11,089 Tahun. Jika hasil PBP bernilai lebih besar dari usia pakai (n) maka investasi tersebut tidak direkomendasikan.

Karena $PBP = 8,145 \text{ Tahun} > 7 \text{ Tahun}$, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.2.7. Analisis PBP Investasi Flowmeter

Dari hasil pengolahan data 4.8.6 didapat bahwa hasil PBP sama dengan 0,3913 Tahun. Jika hasil PBP bernilai lebih kecil dari usia pakai (n) maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $PBP = 2,55 \text{ Tahun} < 5 \text{ Tahun}$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

Tabel 5.2. Analisis Metode Payback Period

No.	Investasi	PBP	Feasible/ Unfeasible	Skala
1	Trafo	8,15 Tahun < 20 Tahun	Feasible	High
2	Inverter	5,63 Tahun < 15 Tahun	Feasible	High
3	Ballast	0,78 Tahun < 1 Tahun	Feasible	Low
4	Kondensat	11,163 Tahun > 1 Tahun	Unfeasible	High
5	Isolasi Pipa	1,66 Tahun < 10 Tahun	Feasible	Low
6	Preheater	8,145 Tahun > 7 Tahun	Unfeasible	Medium
7	Flowmeter	2,55 Tahun < 5 Tahun	Feasible	Medium

5.3. Analisis Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR)

5.3.1. Analisis BCR Investasi Trafo

Dari hasil pengolahan data 4.9.1 didapat bahwa hasil BCR sama dengan 1,034. Jika hasil BCR bernilai lebih besar atau sama dengan satu maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $BCR = 1,034 > 1$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.3.2. Analisis BCR Investasi Inverter

Dari hasil pengolahan data 4.9.2 didapat bahwa hasil BCR sama dengan 1,353. Jika hasil BCR bernilai lebih besar atau sama dengan satu maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $BCR = 1,353 > 1$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.3.3. Analisis BCR Investasi Ballast Elektronik

Dari hasil pengolahan data 4.9.3 didapat bahwa hasil BCR sama dengan 1,43. Jika hasil BCR bernilai lebih besar atau sama dengan satu maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $BCR = 1,43 > 1$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.3.4. Analisis BCR Investasi Pemanfaatan Kondensat

Dari hasil pengolahan data 4.9.4 didapat bahwa hasil BCR sama dengan 0,93. Jika hasil BCR bernilai lebih kecil dari satu maka investasi tersebut tidak direkomendasikan.

Karena $BCR = 0,93 < 1$, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.3.5. Analisis BCR Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Dari hasil pengolahan data 4.9.5 didapat bahwa hasil BCR sama dengan 1,247. Jika hasil BCR bernilai lebih besar atau sama dengan satu maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $BCR = 1,247 > 1$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.3.6. Analisis BCR Investasi Preheater

Dari hasil pengolahan data 4.9.6 didapat bahwa hasil BCR sama dengan 0,528. Jika hasil BCR bernilai lebih kecil dari satu maka investasi tersebut tidak direkomendasikan.

Karena $BCR = 0,528 < 1$, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.3.7. Analisis BCR Investasi Flowmeter

Dari hasil pengolahan data 4.9.7 didapat bahwa hasil BCR sama dengan 2,718. Jika hasil BCR bernilai lebih besar atau sama dengan satu maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena $BCR = 2,718 > 1$, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

Tabel 5.2. Analisis Metode Benefit Cost Ratio

No.	Investasi	BCR	Feasible/ Unfeasible	Skala
1	Trafo	1,034 > 1	Feasible	High
2	Inverter	1,353 > 1	Feasible	High
3	Ballast	1,43 > 1	Feasible	Low
4	Kondensat	0,93 < 1	Unfeasible	High
5	Isolasi Pipa	1,247 > 1	Feasible	Low
6	Preheater	0,528 < 1	Unfeasible	Medium
7	Flowmeter	2,718 > 1	Feasible	Medium

5.4. Analisis Metode *Internal Rate of Return* (IRR)

5.4.1. Analisis IRR Investasi Trafo

Dari hasil pengolahan data 4.10.1 didapat bahwa hasil IRR sama dengan 10,875%. Jika hasil IRR bernilai lebih besar atau sama dengan MARR maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena **IRR = 10,875% > MARR = 7,5%**, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.4.2. Analisis IRR Investasi Inverter

Dari hasil pengolahan data 4.10.2 didapat bahwa hasil IRR sama dengan 10,876%. Jika hasil IRR bernilai lebih besar atau sama dengan MARR maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena **IRR = 10,876% > MARR = 7,5%**, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.4.3. Analisis IRR Investasi Ballast Elektronik

Dari hasil pengolahan data 4.10.3 didapat bahwa hasil IRR sama dengan 50 %. Jika hasil IRR bernilai lebih besar atau sama dengan MARR maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena **IRR = 50 % > MARR = 7,5%**, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.4.4. Analisis IRR Investasi Pemanfaatan Kondensat

Dari hasil pengolahan data 4.10.4 didapat bahwa hasil IRR sama dengan 6,375%. Jika hasil IRR bernilai lebih besar atau sama dengan MARR maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena **IRR = 6,375% < MARR = 7,5%**, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.4.5. Analisis IRR Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Dari hasil pengolahan data 4.10.5 didapat bahwa hasil IRR sama dengan 57,418%. Jika hasil IRR bernilai lebih besar atau sama dengan MARR maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena **IRR = 57,418% > MARR = 7,5%**, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

5.4.6. Analisis IRR Investasi Preheater

Dari hasil pengolahan data 4.10.6 didapat bahwa hasil IRR sama dengan 0,25%. Jika hasil IRR bernilai lebih besar atau sama dengan MARR maka investasi tersebut direkomendasikan. Karena

IRR = 0,25% < MARR = 7,5%, maka investasi ini adalah tidak layak ekonomis atau *unfeasible*.

5.4.7. Analisis IRR Investasi Flowmeter

Dari hasil pengolahan data 4.10.7 didapat bahwa hasil IRR sama dengan 255,499%. Jika hasil IRR bernilai lebih besar atau sama dengan MARR maka investasi tersebut direkomendasikan.

Karena **IRR = 10,87% > MARR = 7,5%**, maka investasi ini adalah layak ekonomis atau *feasible*.

Tabel 5.4. Analisis Metode Internal Rate of Return

No.	Investasi	IRR	Feasible/ Unfeasible	Skala
1	Trafo	IRR > MARR	Feasible	High
2	Inverter	IRR > MARR	Feasible	High
3	Ballast	IRR > MARR	Feasible	Low
4	Kondensat	IRR < MARR	Unfeasible	High
5	Isolasi Pipa	IRR > MARR	Feasible	Low
6	Preheater	IRR < MARR	Unfeasible	Medium
7	Flowmeter	IRR > MARR	Feasible	Medium

5.5. Analisis Metode *Sensitivity Analysis* (SA)

5.5.1. Analisis SA Investasi Trafo

Parameter investasi trafo yang memerlukan analisis sensitivitas :

- a) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.1 analisis sensitivitas investasi trafo adalah **Rp. 10.912.488.730**. Artinya adalah investasi sensitive pada nilai Rp. 10.912.488.730, dimana jika biaya investasi meningkat dari Rp. 1.371.535.000 sampai dengan Rp. 10.912.488.730, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika kenaikan investasi yang dimaksud melampaui angka Rp. 10.912.488.730, maka investasi tersebut tidak layak lagi.
- b) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.1 analisis sensitivitas benefit trafo adalah **Rp. 199.222.767**. Artinya adalah nilai penghematan sensitif pada angka Rp. 199.222.767, dimana jika nilai penghematan menurun dari Rp. 1.068.120.000 sampai dengan Rp. 199.222.767, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika penurunan benefit yang dimaksud melampaui angka yang lebih rendah dari Rp. 199.222.767, maka investasi tersebut tidak layak lagi.
- c) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.1 analisis sensitivitas perawatan trafo adalah **Rp. 1.200.347.672**. Artinya adalah nilai perawatan sensitif pada angka Rp. 1.200.347.672, dimana jika nilai *maintenance* dari Rp. 60.000.000 sampai dengan Rp. 1.200.347.672, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika

peningkatan biaya perawatan yang dimaksud melampaui angka Rp. 1.200.347.672, maka investasi tersebut tidak layak lagi

5.5.2. Analisis SA Investasi Inverter

Parameter investasi inverter yang memerlukan analisis sensitivitas :

- a) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.2 analisis sensitivitas investasi inverter adalah **Rp. 1.931.294.176**. Artinya adalah investasi sensitif pada nilai Rp. 1.931.294.176, dimana jika biaya investasi meningkat dari Rp. 1.554.068.000 sampai dengan Rp. 1.931.294.176, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika kenaikan investasi yang dimaksud melampaui angka Rp. 1.931.294.176, maka investasi tersebut tidak layak lagi.
- b) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.2 analisis sensitivitas benefit inverter adalah **Rp. 1.020.753.497**. Artinya adalah nilai penghematan sensitif pada angka Rp. 1.020.753.497, dimana jika nilai penghematan menurun dari Rp. 1.075,710,690 sampai dengan Rp. 1.020.753.497, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika penurunan benefit yang dimaksud melampaui angka yang lebih rendah dari Rp. 1.020.753.497, maka investasi tersebut tidak layak lagi.

5.5.3. Analisis SA Investasi Ballast Elektronik

Parameter investasi ballast elektronik yang memerlukan analisis sensitivitas :

a) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.3 analisis sensitivitas investasi ballast elektronik adalah **Rp. 184.637.291**. Artinya adalah investasi sensitif pada nilai Rp. 184.637.291, dimana jika biaya investasi meningkat dari Rp. 157.500.000 sampai dengan Rp. 184.637.291, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika kenaikan investasi yang dimaksud melampaui angka Rp. 184.637.291, maka investasi tersebut tidak layak lagi.

b) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.2 analisis sensitivitas benefit ballast elektronik adalah **Rp. 185.443.990**. Artinya adalah nilai penghematan sensitif pada angka Rp. 185.443.990, dimana jika nilai penghematan menurun dari Rp. 214.617.600 sampai dengan Rp. 185.443.990, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika penurunan benefit yang dimaksud melampaui angka yang lebih rendah dari Rp. 185.443.990, maka investasi tersebut tidak layak lagi.

5.5.4. Analisis SA Investasi Pemanfaatan Kondensat

Parameter investasi ballast elektronik yang memerlukan analisis sensitivitas :

a) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.4 analisis sensitivitas investasi kondensat adalah **Rp. 1.074.203.355**. Artinya adalah investasi sensitif pada nilai Rp. 1.074.203.355, dimana jika biaya investasi meningkat lebih dari Rp. 1.074.203.355 maka investasi tersebut tidak layak lagi. Sedangkan biaya investasi

kondensat sebesar **Rp. 1.176.263.322**, maka dinyatakan **tidak layak ekonomis atau *unfeasible***.

- b) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.4 analisis sensitivitas benefit kondensat adalah **Rp. 145.382.149**. Artinya adalah nilai penghematan sensitif pada angka Rp. 145.382.149, dimana jika nilai penghematan lebih rendah dari Rp. 145.382.149, maka investasi tersebut tidak layak lagi. Sedangkan biaya penghematan kondensat sebesar **Rp. 135.370.872**, maka dinyatakan **tidak layak ekonomis atau *unfeasible***.

5.5.5. Analisis SA Investasi Perbaikan Isolasi Pipa Distribusi

Parameter investasi perbaikan isolasi pipa distribusi yang memerlukan analisis sensitivitas :

- a) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.5 analisis sensitivitas investasi perbaikan isolasi pipa distribusi adalah **Rp. 24.048.857**. Artinya adalah investasi sensitif pada nilai Rp. 24.048.857, dimana jika biaya investasi meningkat dari Rp. 6.000.000 sampai dengan Rp. 24.048.857, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika kenaikan investasi yang dimaksud melampaui angka Rp. 24.048.857, maka investasi tersebut tidak layak lagi.
- b) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.5 analisis sensitivitas perbaikan isolasi pipa distribusi adalah **Rp. 10.897.652**. Artinya adalah nilai penghematan sensitif pada angka Rp. 10.897.652,

dimana jika nilai penghematan menurun dari Rp. 13.597.920 sampai dengan Rp. 10.897.652, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika penurunan benefit yang dimaksud melampaui angka yang lebih rendah dari Rp. 10.897.652, maka investasi tersebut tidak layak lagi.

5.5.6. Analisis SA Investasi Preheater

Parameter investasi preheater yang memerlukan analisis sensitivitas:

a) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.6 analisis sensitivitas investasi preheater adalah **Rp. 192.792.215**. Artinya adalah investasi sensitif pada nilai Rp. 192.792.215, dimana jika biaya investasi meningkat lebih dari Rp. 192.792.215 maka investasi tersebut tidak layak lagi. Sedangkan biaya investasi kondensat sebesar **Rp. 300.000.000**, maka dinyatakan **tidak layak ekonomis atau *unfeasible***.

b) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.4 analisis sensitivitas benefit preheater adalah **Rp. 292.900.250**. Artinya adalah nilai penghematan sensitif pada angka Rp. 292.900.250, dimana jika nilai penghematan lebih rendah dari Rp. 292.900.250, maka investasi tersebut tidak layak lagi. Sedangkan biaya penghematan kondensat sebesar **Rp. 27.052.704**, maka dinyatakan **tidak layak ekonomis atau *unfeasible***.

5.5.7. Analisis PBP Investasi Flowmeter

Parameter investasi perbaikan flowmeter yang memerlukan analisis sensitivitas :

- a) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.5 analisis sensitivitas investasi flowmeter adalah **Rp. 1.737.439.340**. Artinya adalah investasi sensitif pada nilai Rp. 1.737.439.340, dimana jika biaya investasi meningkat dari Rp. 1.737.439.340 sampai dengan Rp. 1.371.535.000, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika kenaikan investasi yang dimaksud melampaui angka Rp. 1.371.535.000, maka investasi tersebut tidak layak lagi.
- b) Dari hasil pengolahan data diperoleh 4.11.5 analisis sensitivitas flowmeter adalah **Rp. 1.032.227.672**. Artinya adalah nilai penghematan sensitif pada angka Rp. 1.032.227.672, dimana jika nilai penghematan menurun dari Rp. 1.068.120.000, sampai dengan Rp. 1.032.227.672, investasi **tetap layak (*feasible*)**, namun jika penurunan benefit yang dimaksud melampaui angka yang lebih rendah dari Rp. 1.032.227.672, maka investasi tersebut tidak layak lagi.

Tabel 5.5. Analisis Metode Sensitivity Analysis

No.	Investasi	Parameter Sensitivity Analysis			Feasible/ Unfeasible	Skala
		Investasi	Penghematan	Perawatan		
1	Trafo	Layak	Layak	Layak	Feasible	High
2	Inverter	Layak	Layak	-	Feasible	High
3	Ballast	Layak	Layak	-	Feasible	Low
4	Kondensat	Tidak	Tidak	-	Unfeasible	High
5	Isolasi Pipa	Layak	Layak	-	Feasible	Low
6	Preheater	Tidak	Tidak	-	Unfeasible	Medium
7	Flowmeter	Layak	Layak	-	Feasible	Medium

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari ketujuh penghematan tersebut setelah dianalisis menggunakan metode *Benefit Cost Ratio (BCR)*, *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Sensitivity Analysis*, serta *Payback Period* dihasilkan bahwa yang feasible terdapat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1. Hasil Analisis dengan 5 Metode Ekonomi Teknik

No.	Investasi	NPV	PBP	BCR	IRR	SA	Skala
1	Trafo	Layak	Layak	Layak	Layak	Layak	High
2	Inverter	Layak	Layak	Layak	Layak	Layak	High
3	Ballast	Layak	Layak	Layak	Layak	Layak	Low
4	Kondensat	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	High
5	Isolasi Pipa	Layak	Layak	Layak	Layak	Layak	Low

6	Preheater	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Medium
7	Flowmeter	Layak	Layak	Layak	Layak	Layak	Medium

6.2. Saran

1. Perlu ditambahkan beberapa variable seperti data tax, depresiasi, biaya operasi, dan biaya *maintenance* agar hasilnya lebih diterima dan akurat.
2. Beberapa aspek dalam studi kelayakan dapat ditambahkan dan dilakukan penelitian lanjutan seperti aspek pasar, aspek teknis dan teknologis, aspek manajemen, aspek hukum dan legalitas.
3. Pada saat menentukan MARR diperlukan data pendukung selain suku bunga saat ini seperti faktor resiko investasi dan biaya lain untuk mendapatkan investasi tersebut agar pertimbangan subjektif yang ditentukan lebih jelas.
4. Aspek keuangan dalam komponen studi kelayakan perlu dianalisis untuk menghindari kerugian dalam berinvestasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkadir Ariono. 2000. *Pedoman Hitungan Dampak Kenaikan Harga BBM&TDL*. Jakarta: KADIN Indonesia.
- Abdurrachim, Halim., Pasek Darmawan Ari, dan Sulaiman. T.A. 2002. *Audit Energi Modul 2 Energy Conservation Efficiency and Cost Saving Course*. Bandung : PT. Fiqry Jaya Mandiri.
- Ahmadi. 2004. *Tugas Akhir Ekonomis Proyek Penggantian Energi Listrik dari PLN dengan Pemasangan Generator Power Plant di PT. ASC Cilegon*. Jakarta : Universitas Mercu Buana.
- Giatman M. 2006. *Ekonomi Teknik*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.
- Harga Trafo BAPPENAS, (<http://www.swgr.com/store/oil-filled-transformer/product>)
- Harga Inverter (<http://www.dynton.com>)
- Kodoatie, Robert J. 2008. *Analisis Ekonomi Teknik Edisi 2*. Yogyakarta : Andi Penerbit.
- Raharjo, Feriyanto. 2007. *Ekonomi Teknik, Analisis Pengambilan Keputusan*. Yogyakarta :Andi Penerbit.
- Suku Bunga tahun 2010 (<http://www.bi.go.id>)