

PENENTUAN UMUR EKONOMIS MESIN BOILER PADA PKS PT. LEOMAS ANUGRAH DENGAN METODE BIAYA TAHUNAN RATA-RATA

Bungaran Tambun

Dosen Institut Sains Dan Teknologi TD. Pardede Medan

bungarantambung@istp.ac.id

Abstrak

Suatu alat akan menjadi buruk sejalan dengan waktu yang ditandai oleh efisiensi dan produktivitas alat yang semakin menurun dan sering melakukan perbaikan-perbaikan, disisi lain dalam kurun waktu yang bersamaan biaya-biaya operasionalnya mengalami peningkatan, sehingga akan mempengaruhi menurunnya pendapatan perusahaan. Demikian halnya dengan pengoperasian mesin Boiler Bus di PKS PT Leomas Anugrah yang beralamat di dusun 1 Beringin Kecamatan STM Ilir Kabupaten Deliserdang, dimana mesin ini semenjak dioperasikan pada tahun 2004 hingga saat ini telah berusia 17 tahun. Dengan usia mesin tersebut, performa mesin semakin menurun dan sering mengalami perbaikan Disisi lain karena sering mengalami perbaikan biaya operasional mesin semakin meningkat dan nilai pengembalian modal yang semakin menurun. Untuk itulah perlu diketahui berapa tahunkah umur ekonomis dari mesin tersebut dari sejak pembelinya. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui umur ekonomis mesin boiler tersebut. Adapun jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Sedangkan Variabel dalam penelitian ini biaya-biaya operasional (variable bebas) dan Umur ekonomis sebagai variable terikat. Metode pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung dan studi dokumentasi, sedangkan metode pengolahan dan analisis data digunakan metode total biaya tahunan rata-rata (Equivalent Uniform Annual Cost). Setelah data dikumpulkan dan di analisis, maka hasilnya adalah sebagai berikut: (a) perhitungan umur ekonomis pada Mesin Boiler PKS PT. Leomas Anugrah terdapat pada tahun ke-6 tepatnya pada tahun 2009 sejak pembelian tahun 2004. (b) Total biaya tahunan rata-rata minimum pada saat umur ekonomis mesin boiler tersebut adalah Rp Rp. 498.314.024

Kata kunci Replecament

Abstract

A tool will go bad over time which is marked by decreasing efficiency and productivity of the tool and often making repairs, on the other hand at the same time its operational costs increase, so that it will affect the company's revenue decline. Likewise with the operation Boiler Bus engine at PKS PT Leomas Anugrah which is located at 1 Beringin hamlet, STM Ilir District, Deliserdang Regency, where this machine has been operated since 2004 until now has been 17 years old. With the age of the machine, the performance of the machine decreases and is often repaired. On the other hand, because of frequent repairs, the operating costs of the machine are increasing and the return on capital is decreasing. For this reason, it is necessary to know how many years the economic life of the machine from the time of purchase. This research is intended to determine the economic life of the boiler engine. The type of this research is descriptive research. While the variables in this study are operational costs (independent variable) and economic age as the dependent variable. The method of collecting data is by direct observation and study of documentation, while the method of processing and analyzing data is the method of total annual average cost (Equivalent Uniform Annual Cost). After the data is collected and analyzed, the results are as follows: (a) age calculation economical on PKS Boiler Machine PT. Leomas Anugrah is in the 6th year to be precise in 2009 since the purchase in 2004. (b) The minimum average annual cost at the time of the boiler engine's economic life is Rp. 498,314,024.

Keywords: Replecament

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PT. Leomas Anugrah yang beralamat di Dusun I Beringin Kecamatan STM Hilir, Kabupaten Deli Serdang, adalah perusahaan milik swasta yang bergerak

dibidang perkebunan sawit dan pengolahan TBS (Tandan Buah Segar) menjadi CPO (Crude Palm Oil). Mesin Boiler adalah salah satu mesin utama yang peranannya sangat penting dalam pabrik kelapa sawit, dimana mesin ini berfungsi untuk menggerakkan seluruh peralatan pengolahan kelapa

sawit, penerangan PKS, dan untuk penerangan domestik. Karena mesin Boiler adalah mesin yang sangat penting dalam proses pengolahan kelapa sawit ini, maka PKS PT. Leomas Anugrah perlu mempertimbangkan kapan penggantian mesin Boiler dilakukan agar dapat meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan. Untuk itu, dibutuhkan suatu studi untuk mendapatkan umur ekonomis mesin atau peralatan, sehingga diperoleh alternatif untuk mempertahankan mesin yang sudah ada ataupun menggantinya dengan mesin baru. Mesin yang dipilih dalam studi ini adalah mesin Boiler merek Fujita.

Pada saat ini mesin boiler merek Fujita yang dimiliki PT. Leomas anugrah sudah berumur 17 tahun, dari pembelian tahun 2004, dan diperkirakan umur teknis yang masih layak dioperasikan adalah 20 tahun. Sedangkan taksiran untuk umur ekonomisnya berdasarkan buku panduan untuk pemakaian optimal adalah selama 10 tahun (Fujita 2004). Dalam pengoperasian boiler saat ini mesin

1. Jenis Boiler yang dioperasikan adalah Fujita RGL 70 / 2 – A Modulating Operation.
2. Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei s/d awal Juli 2021.
3. Masalah yang dibahas dalam penelitian ini hanyalah penentuan umur ekonomis berdasarkan total biaya tahunan rata-rata
4. Metode yang digunakan dalam penentuan umur ekonomis ini adalah berdasarkan metode Total Biaya Tahunan Rata-rata (Equivalent Uniform Annual Cost).
5. Perhitungan depresiasi dalam penentuan umur ekonomis ini digunakan metoda Straight Line

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka masalahnya dapat di identifikasikan sebagai berikut:

1. Pengoperasian mesin boiler yang ada saat ini pada PKS PT. Leomas Anugrah telah melebihi perkiraan umur teknisnya optimalnya, dimana perkiraan umur teknisnya optimalnya adalah 10 tahun, sedangkan mesin semenjak dibeli dan dioperasikan tahun 2004 hingga saat ini sudah berumur 18 tahun.
2. Adanya peningkatan biaya operasional performa mesin boiler yang semakin berkurang yang mengakibatkan total biaya tahunan rata-rata semakin tinggi sedangkan nilai pengembalian modal semakin berkurang.

1.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka dirumuskanlah permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah total biaya tahunan rata-rata mesin boiler pada PKS PT. Leomas Anugrah dari

Boiler tersebut sering mengalami kerusakan sehingga perusahaan sering kehilangan waktu produksi, sedangkan untuk biaya operasional setiap tahunnya mengalami peningkatan seperti; biaya perawatan, biaya pemakaian bahan bakar, biaya pemakaian pelumas. Terjadinya peningkatan biaya operasional ini cenderung disebabkan performa mesin sudah menurun.

Pada umumnya penurunan performa mesin, akan ditandai dengan biaya pengoperasian yang meningkat, sedangkan waktu operasional setiap tahunnya menjadi lebih lama hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan waktu produksi mesin. Oleh karena itu diharapkan bahwa manajemen perusahaan selalu memantau atau menganalisa mengenai proses bekerjanya mesin apakah mesin tersebut masih dalam keadaan ekonomis dari sisi benefit cost analysisnya. Tujuan dilakukannya penetapan umur ekonomis mesin Boiler ini adalah untuk membuat jadwal penggantian mesin Boiler yang paling menguntungkan bagi perusahaan.

- mulai pengoperasiannya tahun 2004 sampai dengan tahun 2020 (selama 17 tahun).
2. Berapa tahunkah umur ekonomis mesin boiler tersebut berdasarkan total biaya tahunan rata-ratanya ?
3. Berapakah total biaya tahunan rata-rata minimum pada saat umur ekonomisnya. ?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan total biaya tahunan rata-rata mesin boiler pada PKS PT. Leomas Anugrah dari mulai pengoperasiannya tahun 2004 sampai dengan tahun 2020 (selama 17 tahun).
2. Untuk menentukan umur ekonomis mesin boiler tersebut berdasarkan total biaya tahunan rata-ratanya.
3. Untuk menentukan total biaya tahunan rata-rata minimum pada saat umur ekonomisnya.

1.5. Batasan Dan Asumsi

Dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini, maka dibuat batasan dan asumsi sebagai berikut:

6. Penelitian ini dilakukan pada mesin boiler di PT. Leomas Anugrah yang beralamat di Dusun I Beringin Kecamatan STM Hilir Kabupaten Deli Serdang.
7. Depreciation (SLD)
8. Metode peramalan yang digunakan untuk meramalkan total biaya operasi sampai umur teknisnya (dari tahun 2004 s/d 2023) adalah tren linier. Alasannya adalah karena peningkatan biaya operasional setiap tahunnya polanya linier.

9. Tingkat suku bunga investasi pada saat pembelian tahun 2004 adalah $i = 5\%$, dengan factor inflasi sebesar 1% , besarnya MARR (Minimum Attractive Rate Of Return) sebesar 6% . Tingkat inflasi 1% dibuat berdasarkan tingkat inflasi maximum yang terjadi dari tahun 2004 s/d 2020 adalah $0,78\%$. (dibulatkan 1%).

II. LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Ekonomi Teknik

Ekonomi Teknik adalah alat untuk menganalisa dan membantu pemecahan suatu permasalahan ekonomis yang dihadapi oleh ahli teknik, dalam rangka untuk pengambilan keputusan. Ekonomi teknik diperlukan karena sumber daya manusia, uang, mesin, material) terbatas sedangkan kesempatan sangat beragam.

2.2. Prinsip-Prinsip Ekonomi Teknik

attractive rate of return), Membandingkan alternatif-alternatif dan Memilih alternatif yang terbaik

2.4. Umur Dari Suatu Aset

Suatau aset atau harta umumnya memiliki umur layanan yang bervariasi dimana jika didefinisikan, menggambarkan fungsinya, sebagai berikut:(waldiyono,2008) Umur pelayanan adalah periode produksi untuk mana aset dikehendaki, Umur fisik termasuk keseluruhan umur dari aset dari awal dibuat sampai tidak dapat dipakai dan menjadi barang bekas, Umur ekonomis dari suatu aset adalah periode pelayanan dari pemasangan sampai penggantian dimana biaya-biaya produksi, untuk tingkat layanan tertentu, minimum asset masih memberikan keuntungan.

2.5. Keputusan Penggantian Suatu Alat

Prinsip dalam penentuan umur ekonomis dari suatu aset adalah bahwa penggantian didasarkan pada ekonomi dari keuntungan dari organisasi secara keseluruhan. Semua alat (aset) yang dimiliki dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari tentunya memiliki keterbatasan umur. Umur aset dalam ekonomi teknik dibedakan atas umur pakai dan umur ekonomis. Ada beberapa alasan yang mendasari dilakukannya penggantian terhadap suatu aset, yaitu sebagai berikut, (waldiyono, 2008) yaitu: Penambahan kapasitas, Peningkatan Ongkos Produksi, Penurunan Produktivitas dan Keusangan Alat

2.5.1. Alasan Penggantian

Adapun alasan-alasan suatu mesin/peralatan perlu diganti antara lain:

1. Adanya keuntungan potensial dari penggunaan mesin baru.

Ada sejumlah prinsip-prinsip dalam penerapan ekonomi teknik, beberapa diantara prinsip tersebut adalah: mendekati nilai uang jauh lebih berharga dari pada menjauhinya, fokus pada perbedaan-perbedaan diantara berbagai alternative kegiatan, penerimaan marginal harus melebihi biaya marginal dan tambahan resiko tidak akan diambil tanpa adanya tambahan return.

2.3. Pengambilan Keputusan Dalam Ekonomi Teknik

Dalam hal pengambilan keputusan yang digunakan dalam ekonomi teknik, hal-hal atau aspek yang perlu harus diperhatikan dan dilakukan adalah: Penentuan alternatif-alternatif investasi yang layak, Penentuan horison perencanaan dari suatu yang diinvestasikan tersebut, Mengevaluasi aliran kas (cash flow), Penentuan MARR (minimum 2. Oleh karena mesin yang dipergunakan sering rusak sehingga tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya.

3. Karena mesin/peralatan yang digunakan telah kuno/tua atau ketinggalan zaman.
4. Karena mesin peralatan yang lama tidak dapat lagi memproduksi sesuai dengan kapasitas yang direncanakan.

2.3. Metode Penggantian Peralatan

Agar mendapatkan pertimbangan yang tepat, diperlukan adanya metode atau pendekatan guna menilai apakah perlu dilakukan pembelian mesin atau peralatan baru atau tidak, dan jika perlu yang manakah yang dibeli. Secara umum 2 (dua) metode yang sering digunakan sebagai pedoman dalam menentukan waktu penggantian yang ekonomis, (De Garmo, 1996) yaitu :

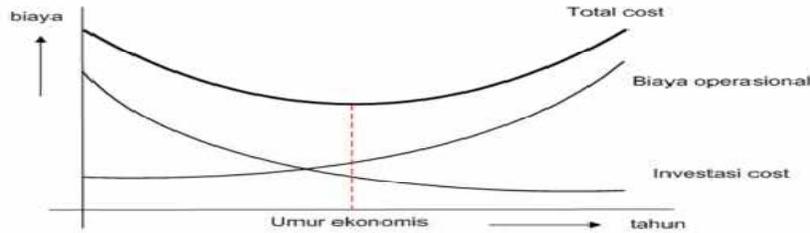
A. Metode Biaya Tahunan Rata-rata

Dengan metode ini dihitung total ekivalensi biaya tahunan. Setiap biaya dihitung ekivalensinya selama umur pemakaiannya. Dengan mempertimbangkan bunga uang, umur ekonomis maka dapat dicapai pada saat total ekivalensi biaya tahunan rata-ratanya minimum. Untuk menghitung total tahunan digunakan persamaan sebagai berikut : $EUAC = \text{Capital Recovery} + \text{Equivalent Annual Operating Cost}$. $EUAC = (P-L)(A/P, i, n) + Li + FW$ (Operating Cost for N Year) $(A/F, i, N)$ Atau $EUAC = (P-L)(A/P, i, n) + Li + PW$ (Operating Cost for N Year) $(A/P, i, N)$. Dimana ; $EUAC$ = Equivalensi Uniform Annual Cost, CR = Capital Recovery, $EAOC$ = Equivalent Annual Operating Cost, FW = Future Worth dan PW =Present Worth. Dengan demikian maka pemecahan masalah *Replacement* ini didasarkan pada evaluasi umur ekonomis mesin/peralatan dengan metode biaya tahunan rata-rata.

2.6. Replacement Cycle Evaluation

Dengan demikian umur ekonomis dapat diartikan sebagai jangkawaktu penggunaan ekonomis, dimana jangka waktu yang dicapai pada biaya rata-rata per satuan waktu mempunyai harga

rendah. Apabila pembahasannya dilakukan dengan menggunakan metode biaya tahunan rata-rata maka saat peremajaan yang tepat secara matematis dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Hubungan antara biaya tahunan dengan umur (Sumber: Giatman, 2006)

Penentuan waktu umur ekonomis dengan menggunakan metode biaya tahunan rata-rata diperoleh dengan rumus : $EUAC=CR+EAOC$, Dimana EUAC adalah Ekuivalen Iniform Annual Cost, CR adalah Capital Recovery dan EAOC adalah Ekuivalen Annual Operating Cost digunakan untuk keperluan pajak, dimana depresiasi merupakan sejumlah penerimaan yang tidak dikenakan pajak.

2.9. Peramalan Trend Linier

Model dengan peramalan trend linier adalah analisa dengan garis kecenderungan yang paling sederhana adalah dengan, menggunakan persamaan sebagai berikut: $Y=a+b(x)$, dimana Y adalah variable predictor atau variable bebas, X adalah variable independen, a dan b adalah konstanta. Adapun persamaan rumus dengan trend linier adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum Y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yaitu suatu jenis penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan dan menggunakan model-model matematis, teori-teori dan/atau hipotesis yang berkaitan dengan fenomena alam. Berdasarkan sumber data-data yang nantinya akan digunakan dalam penelitian adalah data yang diperoleh langsung melalui pengamatan dan pencatatan yang dilakukan di PKS PT. Leomas Anugrah.

3.2. Tujuan Penelitian

Untuk menentukan umur ekonomis mesin boiler berdasarkan total biaya tahunan rata-rata selama pengoperasian mesin boiler tersebut.

2.7. Current Value dan Constant Value

2.8. Depresiasi

Menurut (Pujawan, 1995) depresiasi adalah nilai modal suatu investasi yang terjadi akibat bertambahnya umur benda tersebut, kecuali tanah tempat bangunan. Depresiasi umumnya

3.3. Identifikasi Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini ada dua variable yang akan diteliti, yaitu variable terikat (dependent) dan variable bebas (independent). Yang menjadi variable terikat (variable dependen), adalah: Umur Ekonomis mesin Boiler. Sedangkan variable bebasnya adalah biaya-biaya operasional, harga awal dan harga akhir mesin boiler, depresiasi dan tingkat suku bunga, dimana variabel terikat ini memiliki hubungan sebab akibat terhadap variable-variabel bebas.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data dengan cara mengadakan peninjauan secara langsung ke lapangan
 - Observasi Langsung
 - Yaitu peangan untuk mendapatkan data yang yang diperlukan untuk pengolahan data diantaranya adalah:
 - a. Data spesifikasi mesin boiler
 - b. Data tentang harga awal dan harga akhir mesin, data biaya pengoperasian mesin selama 17 tahun (tahun 2004 s/d 2020), perkiraan umur teknis yang masih layak digunakan serta tingkat suku bunga investasi.
2. Wawancara Langsung
 - Disini penulis melakukan wawancara langsung dengan pihak manajemen PT. Leomas Anugrah, terutama menyangkut data yang belum terliput dengan observasi langsung seperti: kapasitas mesin boiler, cara perawatan mesin, cara kerja dan fungsi mesin boiler di perusahaan dan bagaimana cara mendapatkan dan tingkat suku bunga investasi yang berlaku pada saat itu.

3.5. Metode Pengolahan Dan Analisis Data

Hasil pengumpulan data, selanjutnya diolah dan dianalisis, antara lain menyangkut: perhitungan depresiasi tahunan PT. Leomas Anugrah dengan metode Straight Line, menentukan MARR dengan mempertimbangkan tingkat suku bunga investasi dan tingkat inflasi, menghitung biaya operasional tahunan rata-rata dengan metode EUAC= Equivalensi Uniform Annual Cost, menghitung biaya down time tahunan rata-rata, meramalkan biaya operasional sampai dengan umur teknisnya, menghitung biaya pengembalian modal (Capital Recoveri), menghitung total biaya tahunan rata-rata dan menentukan umur ekonomis berdasarkan

penurunan kenaikan dari total biaya tahunan rata-rata tersebut.

IV. HASIL PENELITIAN

4.1.1. Rekapitulasi Biaya Operasional Mesin Boiler

Adapun rekapitulasi biaya operasional mesin boiler dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2020, yang terdiri dari ; biaya pemakaian bahan bakar, biaya perawatan, biaya pemekaan oli atau pelumas, biaya operator mesin boiler, setelah dijumlahkan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.1. Rekapitulasi Biaya Operasional Mesin Boiler

Thn	Thn Ke	By.Bahan Bakar (Rp)	Biaya Pelumas (Rp)	Biaya Spare Part/Perawatan (Rp)	Biaya Operator Maintenace Boiler (Rp)	Jumlah (Rp)
2004	1	13,680,000	764,400	696,000	20,160,000	35,300,400
2005	2	13,680,000	816,000	704,160	24,480,000	39,680,160
2006	3	13,680,000	937,320	716,880	25,920,000	41,254,200
2007	4	21,600,000	963,000	794,640	25,920,000	49,277,640
2008	5	21,600,000	994,032	903,000	28,800,000	52,297,032
2009	6	21,600,000	1,584,960	990,600	48,000,000	72,175,560
2010	7	32,400,000	1,999,200	1,144,440	60,000,000	95,543,640
2011	8	41,400,000	2,360,160	5,722,200	72,000,000	121,482,360
2012	9	68,040,000	2,782,080	7,315,200	76,800,000	154,937,280
2013	10	68,040,000	3,205,656	8,160,000	81,600,000	161,005,656
2014	11	100,800,000	4,082,400	14,616,000	86,400,000	205,898,400
2015	12	103,200,000	4,746,732	21,360,000	86,400,000	215,706,732
2016	13	116,100,000	5,271,600	26,700,000	90,400,000	238,471,600
2017	14	130,020,000	5,889,840	32,184,000	96,000,000	264,093,840
2018	15	132,300,000	6,425,280	37,884,000	96,500,000	273,109,280
2019	16	132,300,000	6,727,500	43,680,000	108,000,000	290,707,500
2020	17	132,300,000	7,068,360	49,140,000	108,000,000	296,508,360

Tabel 4.2. Data Tingkat Suku Bunga Bank Dan Resiko Investasi

No	Tingkat Suku Bunga Dan Resiko Investasi	Jumlah (Besaran)
1	Tingkat Suku Bunga Bank	5%
2	Tingkat Inflasi	1%
2	Biaya lain Untuk Mendapatkan Investasi	0

Tabel 4.3. Spesifikasi Mesin Boiler

Deskripsi	Spesifikasi
Merk Mesin Boiler	Fujita
Tipe Boiler	K 500 A
Uap Yang Dihasilkan	15-20 Ton Uap/Jam
Kapasitas Panas	5.600.000 kkal / jam. 6.5 MW
Tekanan Kerja	Maksimum 15 bar
Tekanan Uji	24 bar
Bidang Yang Dipanaskan	180-185 m ²
Nomor Seri	785.010
Tahun Pemakaian	2004

Jenis Pembakar	RGL 70 / 2 – A Modulating Operation
Bahan Bakar	1. Solar/2. Cangkang sawit
Harga Awal Mesin Boiler	Rp 5.000.000.000
Taksiran Umur Pakai	20 Tahun
Taksiran Harga Akhir	RR 1.500.000.000

V. PEMBAHASAN

5.1. Perhitungan Depresiasi

Adapun rumus untuk metode depresiasi garis lurus adalah sebagai berikut: Depresiasi Garis Lurus Tahun Ke t adalah Harga perolehan (P) dikurangi Nilai Sisa (L), dibagi dengan umur asset (n). Nilai depresias untuk tahun pertama adalah sebagai berikut: Harga perolehan (P) adalah 5.000.000.000. Nilai sisa L

adalah 1.500.000.000, umur peralatan n adalah 20 tahun, maka depresiasi tahun ke 1 adalah $(5.000.000.000 - 1.500.000.000) / 20$ adalah Rp 175.000.000. Dengan cara perhitungan yang sama seperti diatas, maka nilai depresiasi dan nilai sisa untuk tahun-tahun berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.4. dan pada tabel 4.5.

Tabel 4.4. Perhitungan Nilai Depresiasi Mesin Boiler

Thn	Thn Ke n	Harga Perolehan/Nilai Asset (P)	Nilai Akhir (L)	P - L	Umur Asset (n)	Nilai Depresiasi
2004	1	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2005	2	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2006	3	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2007	4	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2008	5	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2009	6	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2010	7	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2011	8	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2012	9	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2013	10	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2014	11	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2015	12	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2016	13	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2017	14	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2018	15	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2019	16	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2020	17	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2021	18	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2022	19	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000
2023	20	5.000.000.000	1.500.000.000	3.500.000.000	20	175.000.000

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Sisa Mesin Boiler

Thn	Thn Ke n	P - L	Nilai Depresiasi	Akumulasi Depresiasi	Nilai Sisa
2004	1	3.500.000.000	175.000.000	175,000,000	4,825,000,000
2005	2	3.500.000.000	175.000.000	350,000,000	4,650,000,000
2006	3	3.500.000.000	175.000.000	525,000,000	4,475,000,000
2007	4	3.500.000.000	175.000.000	700,000,000	4,300,000,000
2008	5	3.500.000.000	175.000.000	875,000,000	4,125,000,000
2009	6	3.500.000.000	175.000.000	1,050,000,000	3,950,000,000
2010	7	3.500.000.000	175.000.000	1,225,000,000	3,775,000,000
2011	8	3.500.000.000	175.000.000	1,400,000,000	3,600,000,000
2012	9	3.500.000.000	175.000.000	1,575,000,000	3,425,000,000
2013	10	3.500.000.000	175.000.000	1,750,000,000	3,250,000,000
2014	11	3.500.000.000	175.000.000	1,925,000,000	3,075,000,000

2015	12	3.500.000.000	175.000.000	2,100,000,000	2,900,000,000
2016	13	3.500.000.000	175.000.000	2,275,000,000	2,725,000,000
2017	14	3.500.000.000	175.000.000	2,450,000,000	2,550,000,000
2018	15	3.500.000.000	175.000.000	2,625,000,000	2,375,000,000
2019	16	3.500.000.000	175.000.000	2,800,000,000	2,200,000,000
2020	17	3.500.000.000	175.000.000	2,975,000,000	2,025,000,000
2021	18	3.500.000.000	175.000.000	3,150,000,000	1,850,000,000
2022	19	3.500.000.000	175.000.000	3,325,000,000	1,675,000,000
2023	20	3.500.000.000	175.000.000	3,500,000,000	1,500,000,000

5.2. Perhitungan MARR

Tingkat suku bunga yang dipertimbangkan adalah tingkat suku bunga minimum dengan mempertimbangkan factor resiko, diantaranya ; tingkat inflasi, biaya lain untuk mendapatkan investasi. Tingkat suku bunga MARR sudah mempertimbangkan hal diatas. Besarnya tingkat suku bunga MARR, dapat dihitung dengan: $MARR = i + Cc + \alpha$. Dimana i adalah tingkat suku bunga, yaitu sebesar 5%, Cc biaya untuk mendapatkan investasi

sama dengan 0, dan α adalah tingkat inflasi yaitu sebesar 1%. Maka bearnya tingkat suku bunga MARR, adalah: $MARR = i + Cc + \alpha$, maka: $MARR = 5\% + 0 + 1\% = 6\%$.

5.3. Perhitungan Biaya Operasional Tahunan Rata-Rata

Dengan menggunakan rumus pada bab sebelumnya, maka hasil dari biaya operasional tahunan rata-rata telah disajikan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Biaya Operasional Tahunan Rata-Rata Tahun 2004 s/d Tahun 2023

Thn	Thn Ke	Biaya Operasional	PW F P/F;6%,n	PV Biaya Operasional	\sum PV Biaya Operasional	A/P;6%,n	EAOE Operasional
2004	1	35,300,400	0.9434	33,302,397	33,302,397	1.06	35,300,541
2005	2	39,680,160	0.89	35,315,342	68,617,740	0.5454	37,424,115
2006	3	41,254,200	0.8396	34,637,026	103,254,766	0.3741	38,627,608
2007	4	49,277,640	0.7921	39,032,819	142,287,585	0.2886	41,064,197
2008	5	52,297,032	0.7473	39,081,572	181,369,157	0.2374	43,057,038
2009	6	72,175,560	0.705	50,883,770	232,252,927	0.2034	47,240,245
2010	7	95,543,640	0.6651	63,546,075	295,799,002	0.1791	52,977,601
2011	8	121,482,360	0.6274	76,218,033	372,017,034	0.161	59,894,743
2012	9	154,937,280	0.5919	91,707,376	463,724,410	0.147	68,167,488
2013	10	161,005,656	0.5584	89,905,558	553,629,969	0.1359	75,238,313
2014	11	205,898,400	0.5268	108,467,277	662,097,246	0.1268	83,953,931
2015	12	215,706,732	0.497	107,206,246	769,303,491	0.1193	91,777,907
2016	13	238,471,600	0.4688	111,795,486	881,098,978	0.113	99,564,184
2017	14	264,093,840	0.4423	116,808,705	997,907,683	0.1076	107,374,867
2018	15	273,109,280	0.4173	113,968,503	1,111,876,185	0.103	114,523,247
2019	16	290,707,500	0.3936	114,422,472	1,226,298,657	0.099	121,403,567
2020	17	296,508,360	0.3714	110,123,205	1,336,421,862	0.0954	127,494,646
2021	18	359,328,847	0.3503	125,872,895	1,462,294,757	0.0924	135,116,036
2022	19	378,318,041	0.3305	125,034,112	1,587,328,870	0.0896	142,224,667
2023	20	397,307,235	0.3118	123,880,396	1,711,209,266	0.0872	149,217,448

5.4. Perhitungan Biaya Down Time Tahunan Rata-Rata

Biaya *down time* dapat dihitung berdasarkan jam reparasi mesin pertahun dibagi dengan jam kerja mesin pertahun dikali dengan biaya operator tiap tahun. Perhitungan biaya *down time* untuk tahun pertama dihitung dengan persamaan sebagai

$$\text{beriku: } Bd = \frac{Jr}{Jk} \times Bo,$$

Dimana: Bd = Biaya Down Time, Jr =Jam reparaasi mesin per tahun Jk = Jam kerja normal mesin per tahun dan Bo = Biaya operator. Dengan menggunakan rumus tersebut maka hasil biaya Down time dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Rekapitulasi Biaya Down Time Tahunan Rata-Rata Tahun 2004 Sampai Dengan Tahun 2023

Thn	Thn Ke	Biaya Down Time	PW F P/F;6%,n	PV Biaya DownTime	∑ PV Biaya Down Time	A/P;6%,n	EAOB Biaya Down Time
2004	1	285,180	0.9434	269,039	269,039	1.06	285,181
2005	2	385,866	0.89	343,421	612,460	0.5454	334,035
2006	3	433,008	0.8396	363,554	976,013	0.3741	365,126
2007	4	485,388	0.7921	384,476	1,360,489	0.2886	392,637
2008	5	566,480	0.7473	423,331	1,783,819	0.2374	423,479
2009	6	982,933	0.705	692,968	2,476,787	0.2034	503,779
2010	7	1,285,250	0.6651	854,820	3,331,607	0.1791	596,691
2011	8	1,581,100	0.6274	991,982	4,323,589	0.161	696,098
2012	9	1,789,973	0.5919	1,059,485	5,383,075	0.147	791,312
2013	10	1,868,867	0.5584	1,043,575	6,426,650	0.1359	873,382
2014	11	1,920,600	0.5268	1,011,772	7,438,422	0.1268	943,192
2015	12	2,339,640	0.497	1,162,801	8,601,223	0.1193	1,026,126
2016	13	2,594,103	0.4688	1,216,116	9,817,338	0.113	1,109,359
2017	14	2,897,067	0.4423	1,281,373	11,098,711	0.1076	1,194,221
2018	15	3,081,165	0.4173	1,285,770	12,384,481	0.103	1,275,602
2019	16	3,477,450	0.3936	1,368,724	13,753,205	0.099	1,361,567
2020	17	3,361,050	0.3714	1,248,294	15,001,499	0.0954	1,431,143
2021	18	3,665,326	0.3503	1,283,964	16,285,463	0.0924	1,504,777
2022	19	3,880,852	0.3305	1,282,621	17,568,085	0.0896	1,574,100
2023	20	4,096,377	0.3118	1,277,250	18,845,335	0.0872	1,643,313

5.4.1. Perhitungan Pengembalian Modal (Capital Recovery=CR)

CR adalah Nilai merata tahunan yang ekuivalen dengan modal yang diinvestasikan. Untuk menghitung besarnya pengembalian modal setiap tahun digunakan metode Capital Recovery dengan perumusan : $CR = \frac{P - L}{i} + \frac{L - P}{i(A/P; i, n)}$, dimana CR adalah Capital Recovery, P adalah Harga awal mesin, L adalah Harga akhir mesin, i adalah Bunga uang dan n adalah Umur pakai mesin, (A/P;7%.1) adalah Capital Recovery Factor

\Dalam perhitungan ini untuk mencari besarnya pengembalian modal. bunga uang yang digunakan

adalah sebesar $i = 7\%$ disesuaikan dengan suku bunga bank. Contoh perhitungan dana pengembalian modal (CR) mesin boiler untuk tahun pertama adalah sebagai berikut $P = Rp\ 5.000.000.000$, $L = Rp\ 4.825.000.000$, $i = 6\%$, $(A/P;6\%.1) = 1.06$, maka $CR = (5.000.000.000 - 4.825.000.000) (1.06) + (4.825.000.000) (0.06)$, $CR = Rp\ 475.000.000$. Demikian seterusnya untuk perhitungan dana pengembalian modal tahun berikutnya. yaitu untuk umur pemakaian selama 20 tahun (2004-2023). dilakukan dengan cara yang sama. sehingga diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.8

Tabel 4.8. Rekapitulasi Biaya Pengendalian Modal (Capital Recovery)

Thn	Thn Ke- n	(A/P;6%,n)	Bunga i%	Harga Akhir (L)	Harga Awal (P)	CR
2004	1	1.0600	0.06	4,825,000,000	5,000,000,000	475,000,000
2005	2	0.5454	0.06	4,650,000,000	5,000,000,000	469,890,000
2006	3	0.3741	0.06	4,475,000,000	5,000,000,000	464,902,500
2007	4	0.2886	0.06	4,300,000,000	5,000,000,000	460,020,000
2008	5	0.2374	0.06	4,125,000,000	5,000,000,000	455,225,000
2009	6	0.2034	0.06	3,950,000,000	5,000,000,000	450,570,000
2010	7	0.1791	0.06	3,775,000,000	5,000,000,000	445,897,500
2011	8	0.1610	0.06	3,600,000,000	5,000,000,000	441,400,000
2012	9	0.1470	0.06	3,425,000,000	5,000,000,000	437,025,000
2013	10	0.1359	0.06	3,250,000,000	5,000,000,000	432,825,000
2014	11	0.1268	0.06	3,075,000,000	5,000,000,000	428,590,000
2015	12	0.1193	0.06	2,900,000,000	5,000,000,000	424,530,000
2016	13	0.1130	0.06	2,725,000,000	5,000,000,000	420,575,000

2017	14	0.1076	0.06	2,550,000,000	5,000,000,000	416,620,000
2018	15	0.1030	0.06	2,375,000,000	5,000,000,000	412,875,000
2019	16	0.0990	0.06	2,200,000,000	5,000,000,000	409,200,000
2020	17	0.0954	0.06	2,025,000,000	5,000,000,000	405,315,000
2021	18	0.0924	0.06	1,850,000,000	5,000,000,000	402,060,000
2022	19	0.0896	0.06	1,675,000,000	5,000,000,000	398,420,000
2023	20	0.0872	0.06	1,500,000,000	5,000,000,000	395,200,000

5.4.2. Penentuan Umur Ekonomis Berdasarkan Perhitungan Total Biaya Tahunan Rata-Rata (EUAC)

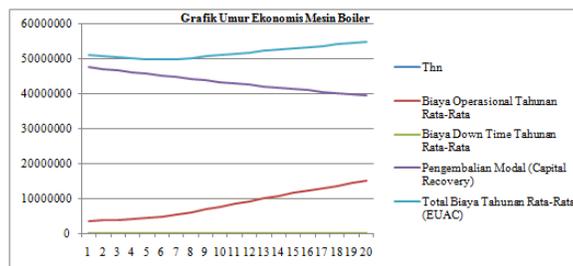
Total biaya tahunan rata-rata atau Equivalent Uniform Annual Cost dapat dihitung dengan cara menjumlahkan biaya operasional tahunan rata-rata (Equivalent Annual Operating Cost = EAOC) dan biaya dengan pengembalian modal (Capital Recovery), atau dengan rumus: $EUAC = EAOC + CR$, Dimana: $EUAC =$ Equivalent Uniform Annual Cost, $EAOC =$ Equivalent Annual Operating Cost, $CR =$

Capital Recovery. Adapun perhitungan EUAC mesin boiler untuk tahun pertama tahun 2004, adalah sebagai berikut:

$EUAC = EAOC + CR$ (Capital Recovery). EAOC Operasional adalah sebesar 35.300.541, EAOC Down Time=285.181 dan $CR = 475.000.000$, maka dengan demikian, $EUAC = 35.300.541 + 285.181 + 475.000.000 = 510.585.722$. Dengan cara yang sama perhitungan total biaya tahunan rata-rata mesin boiler dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Rekapitulasi Total Biaya Tahunan Rata-Rata Mesi Boiler

Thn	Biaya Operasional Tahunan Rata-Rata	Biaya Down Time Tahunan Rata-Rata	Pengembalian Modal (Capital Recovery)	Total Biaya Tahunan Rata-Rata (EUAC)
2004	35,300,541	285,181	475,000,000	510,585,722
2005	37,424,115	334,035	469,890,000	507,648,151
2006	38,627,608	365,126	464,902,500	503,895,234
2007	41,064,197	392,637	460,020,000	501,476,834
2008	43,057,038	423,479	455,225,000	498,705,517
2009	47,240,245	503,779	450,570,000	498,314,024
2010	52,977,601	596,691	445,897,500	499,471,792
2011	59,894,743	696,098	441,400,000	501,990,840
2012	68,167,488	791,312	437,025,000	505,983,800
2013	75,238,313	873,382	432,825,000	508,936,694
2014	83,953,931	943,192	428,590,000	513,487,123
2015	91,777,907	1,026,126	424,530,000	517,334,032
2016	99,564,184	1,109,359	420,575,000	521,248,544
2017	107,374,867	1,194,221	416,620,000	525,189,088
2018	114,523,247	1,275,602	412,875,000	528,673,849
2019	121,403,567	1,361,567	409,200,000	531,965,134
2020	127,494,646	1,431,143	405,315,000	534,240,789
2021	135,116,036	1,504,777	402,060,000	538,680,812
2022	142,224,667	1,574,100	398,420,000	542,218,767
2023	149,217,448	1,643,313	395,200,000	546,060,761



Gambar 4.2. Grafik Antar Biaya Dan Umur Ekonomis Mesin Boiler

Umur ekonomis mesin boiler diperoleh jika total biaya tahunan rata-rata mesin mencapai minimum, dan selanjutnya terjadi biaya fluktuatif naik. Jika belum diperoleh biaya tahunan rata-rata minimum maka dilakukan peramalan sampai diperoleh biaya tahunan rata-rata minimum. umur ekonomis Boiler berdasarkan total biaya tahunan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa biaya operasi setiap tahunnya meningkat. dan nilai pengembalian modal setiap tahunnya mengalami penurunan, penjumlahan kedua biaya tersebut menghasilkan total biaya tahunan rata-rata pada tahun 2004 sampai dengan tahun 2009 mengalami penurunan, kemudian dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2023 mengalami kenaikan, pada saat biaya tahunan rata-rata mencapai nilai terendah sebelum mengalami kenaikan kembali maka pada saat itulah umur ekonomisnya. Jadi umur ekonomis mesin Boiler yang dioperasikan pada tahun 2004, mempunyai umur ekonomis 6 tahun yaitu pada tahun 2009. Atau dengan kata lain, dari perhitungan total biaya tahunan rata-rata mesin boiler tersebut, diperoleh total biaya tahunan rata-rata minimum pada tahun sejak tahun pembelian (tahun 2004) sebesar Rp. 498.314.024

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah perhitungan dan analisa dilakukan terhadap permasalahan, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan terhadap mesin Boiler di PKS PT. Leomas Anugrah, maka diperoleh hasil bahwa umur ekonomis mesin tersebut adalah 6 tahun (tepatnya tahun 2009 semenjak dibeli tahun 2004 yang lalu).
2. Total biaya tahunan rata-rata minimum pada saat umur ekonomis mesin boiler tersebut adalah Rp 498.314.024
3. Semakin lama umur pengoperasian mesin, maka biaya operasional akan semakin meningkat (tinggi).

5.2. Saran

Mengingat Semakin lama umur pengoperasian mesin boiler, maka biaya operasional akan semakin

meningkat (tinggi), disisi lain, karena umur pengoperasian bus sudah melebihi umur ekonomis bahkan sudah melebihi taksiran umur pakainya mengakibatkan performa mesin boiler semakin menurun, maka disarankan kepada manajemen PT. Leomas Anugrah, untuk membuat keputusan dengan pilihan alternatif sebagai berikut: Menjual mesin lama dan membeli mesin yang baru atau mempertahankan mesin lama dengan melakukan Overhaul

DAFTAR PUSTAKA

- Dadan Harun Kurniawan, "*Prinsip-Prinsip Ekonomi Teknik*" PT. Rosida Jaya Putra. Jakarta, 1994
- De Garmo, E.P. "*Ekonomi Teknik*", Edisi Kesepuluh, PT. Prenhallindo, Jakarta, 1999
- E. L. Grant, "*Dasar-dasar Ekonomi Teknik*" Bina Aksara, Jakarta 1994
- Eugene L. Grant, W. Grant ireson, Richard s. Leavenworth, "*Dasar-dasar Ekonomi.*" PT Bina Aksar. Jakarta, 2004
- Giatman, m. "*Ekonomi Teknik.*" PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta: 2006
- Kartasapoera G, Bambang S, "*Kalkulasi Dan Pengendalian Biaya Produksi*" PT Rimeka Cipta. Jakarta 1992
- Pujawan, Nyoman. "*Ekonomi Teknik*", Guna Widya, Surabaya, 2004.
- Thuensen, G.J. "*Ekonomi teknik*", PT. Ikrar mandiri abadi, jakarta, 2001
- Taylor G.A. "*Prinsip-prinsip Ekonomi Teknik*", Bina Aksara; Jakarta , 1995
- Waldiyono, "*Ekonomi Teknik Konsep, Teori dan Aplikasi Terjemahan*", Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta, 2008.