



**PENENTUAN UMUR EKONOMIS *COMPRESSOR PISTON DOUBLE ACTING*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE BIAYA TAHUNAN RATA - RATA
(Study Kasus Di PT. Ecogreen Oleochemicals Batam)**

**THE DETERMINATION OF COMPRESSOR PISTON DOUBLE ACTING ECONOMIC
LIFE USING ANNUAL COST AVERAGE METHOD**

Holong P. Simanjuntak¹, Hery Irwan², Dadang Redantan³.

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam
Jl. Batu Aji Baru, Batam, Kepulauan Riau, Batam, Indonesia
Email:holongjuntak@gmail.com, hery04@gmail.com,

ABSTRAK

Seiring kemajuan teknologi yang begitu pesat menimbulkan persaingan yang sangat ketat di dalam dunia bisnis. Salah satu factor utama untuk menjaga kelancaran proses produksi adalah mesin seperti yang terjadi di PT. Ecogreen Oleochemicals yang pada saat ini sedang mengalami gangguan dalam proses produksi hingga mengakibatkan pesanan konsumen tidak tercapai. Jumlah produk fatty alcohol yang dihasilkan terhitung mulai dari tahun 2015 mencapai 23.000 ton/tahun dari total *good product* yang seharusnya dicapai berkisaran 43.200 ton/tahun. Hal diakibat karena mesin *compressor* yang merupakan salah satu alat utama dalam menaikkan tekanan hydrogen untuk mereaksikan Metilester dalam reactor melalui proses hidrogenasi untuk memproduksi produk fatty alcohol sering mengalami kerusakan. Selain dari pada itu produk fatty alcohol yang sudah di order oleh konsumen sebanyak 40.000 ton setiap tahunnya tidak dapat dipenuhi oleh perusahaan PT. Ecogreen.

Dari rangkuman permasalahan di atas, penulis melakukan penelitian terhadap mesin compressor untuk menentukan umur ekonomis mesin tersebut. Hal ini bertujuan untuk meninjau kembali waktu penggunaan alat dengan mengumpulkan data-data yang actual dari lapangan dan melakukan perhitungan kembali terhadap produktifitas mesin kompresor dengan menggunakan metode biaya tahunan rata-rata.

Total biaya operasioanl tahunan mesin *Compressor* berdasarkan hasil perhitungan data actual dari lapangan khususnya pada tahun ke-18 yaitu pada tahun 2015 disimpulkan bahwa setiap tahunnya biaya operasional mesin semakin tinggi yaitu sebesar Rp 216.029.355,- dan waktu operasi juga semakin rendah yaitu 1.950 jam/ tahun dari waktu normal 3600 jam/tahun .

Kata kunci : Dasar-dasar Ekonomi Teknik, Manajemen Industri, Manajemen Perawatan Pabrik, Manajemen

ABSTRACT

Technology advances so rapidly leads intense competition in the business world. One of the main factors to maintain production process is a machine like that happened at PT. Ecogreen Oleochemicals which is currently facing problem about production process then impact to customer order is not reached. The amount of fatty alcohol products produced starting from the year 2015 to reach 23,000 tons / year of total good-ranging product that should be reached 43,200 tons / year. This is caused because the engine compressor which is one of the key tools in raising the pressure of hydrogen for reacting methylester in the reactor through a hydrogenation process for producing fatty alcohol often damaged. Apart from that fatty alcohol products already in the consumers order by 40,000 tons each year can not be met by the company PT. Ecogreen.

Based on above problems, the authors conducted a study of machine compressor to determine the economic life of the machine. It aims to re-review the time of tools by collecting actual data from the field and recalculated productivity of compressor machine using the average annual cost.

The total annual operational cost of machine compressor based on calculation of the actual data especially

in the 18th year that in 2015 concluded that each year the operating expenses is higher in the amount of USD 216 029 355, - and also the operating time is lower, that is 1,950 hours / year of normal time 3600 hours / year.

Keywords: Engineering Economics Fundamentals, Industrial Management, Maintenance Management, Production and Operations Management.
Produksi dan Operasi.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang begitu pesat menimbulkan persaingan yang sangat ketat di dalam dunia bisnis. Semua pihak berusaha mendapatkan teknologi dengan biaya yang sekecil mungkin. Salah satu cara untuk mendapatkan biaya terendah adalah dengan mengontrol dan mengatur serta menata dengan biaya-biaya yang dipergunakan dalam suatu perusahaan atau industry seperti biaya pemasukan atau pendapatan baik biaya pendapatan awal maupun biaya akhir atau pengeluaran untuk menjaga keberlangsungan proses produksi.

Dalam tugas akhir ini penulis menjadikan mesin sebagai topic utama atau study kasus yang akan penulis amati langsung ke lapangan dan akan memberikan suatu gambaran yang berupa perhitungan atau penyelesaian masalah tersebut dengan menerapkan serta menggunakan keilmuan teknik industri. Mesin yang penulis teliti pada kesempatan ini adalah mesin *Compressor Piston double Acting* buatan PT. Kompresindo Utamajaya yang merupakan salah satu pendukung utama dalam proses Hidrogenasi.

PT. Ecogreen Oleochemicals merupakan perusahaan yang menghasilkan produk – produk oleokimia. Oleokimia adalah bahan kimia yang berasal dari minyak atau lemak yang dapat diperbaharui. Produk utama yang diproduksi oleh PT. Ecogreen Oleochemicals adalah *Fatty alcohol* melalui proses hidrogenasi. Proses hidrogenasi ini adalah proses pengubahan metil ester menjadi *fatty alcohol* dengan menggunakan 3 media utama yaitu *steam*, *hydrogen* dan katalis. Jika salah satu dari ke tiga media tersebut tidak terpenuhi maka akan menghasilkan produk yang cacat atau rusak. Sperti halnya yang terjadi diPT.Ecogreen Oleochemicals, mengalami masalah dalam hal semakin tingginya jumlah produk *fatty alcohol*

yang rusak sehingga diperlukan pengendalian proses dan mutu produk yang lebih baik. Jumlah produk *fatty alcohol* yang dihasilkan terhitung mulai dari tahun 2015 mencapai 23.000 ton/tahun dari total *good product* yang seharusnya dicapai berkisaran 43.200 ton/tahun. Hal diakibat karena mesin *compressor* yang merupakan salah satu alat utama dalam menaikan tekanan *hydrogen* untuk mereaksikan Metilester dalam reactor melalui proses hidrogenasi untuk memproduksi produk *fatty alcohol* sering mengalami kerusakan. Selain dari pada itu produk *fatty alcohol* yang sudah di *order* oleh konsumen sebanyak 40.000 ton setiap tahunnya tidak dapat dipenuhi oleh perusahaan PT. Ecogreen.

Jenis *compressor* yang digunakan di PT. Ecogreen adalah *Compressor torak (piston) double acting* dengan merek *BORSIG.Compressor* tersebut dipakai di PT. Ecogreen sudah mencapai 18 tahun mulai tahun 1998 sampai sekarang. Dari data (file) PT. Ecogreen mengenai waktu pemakaian mesin ini ditaksirkan selama 20 tahun. Namun yang terjadi sekarang di lapangan bahwa mesin *compressor* tersebut sudah sering mengalami kerusakan sehingga mengganggu proses produksi serta biaya perawatan (biaya pengganti spare part mesin, biaya operator, dan biaya bahan pelumas mesin) semakin tinggi bahkan melebihi biaya yang sudah ditentukan oleh perusahaan.

Maka dari rangkuman permasalahan di atas, penulis terinspirasi untuk melakukan penelitian terhadap mesin tersebut dengan tujuan untuk menentukan umur ekonomis mesin *Compressor* tersebut. Hal ini bertujuan untuk meninjau kembali waktu penggunaan alat dengan mengumpulkan data-data yang actual dari lapangan dan melakukan perhitungan kembali terhadap produktifitas mesin kompresor tersebut.

Adapun tujuan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Untuk merencanakan replacement mesin *compressor*. (Dengan asumsi bahwa *compressor* baru sudah disediakan oleh pihak perusahaan sebelumnya), dan untuk menentukan biaya operasional tahunan rata-rata mesin *compressor*.

TINJAUAN PUSTAKA

Umur Ekonomis Peralatan

Umur ekonomis dari suatu peralatan adalah menunjukkan kemampuan dari suatu alat untuk dapat beroperasi dengan baik dalam proses produksi. Berikut ini terdapat beberapa Biaya utilitas tidak perlu dicari nilai depresiasinya dan tidak perlu umur ekonomisnya. **Metode - Metode yang Digunakan**

Dalam buku dasar - dasar ilmu ekonomi teknik, terdapat metode yang bisa dipergunakan untuk panduan atau acuan dalam mengetahui umur pakai suatu mesin. Metode-metode yang dimaksudkan adalah :

1. *Annual Worth*.

Annual Worth (AW) atau disebut juga *Annual Equivalent* yaitu metode dimana aliran kas masuk dan kas keluar didistribusikan dalam sederetan nilai uang tahunan secara merata (sama besar), setiap periodewaktu sepanjang umur investasi, pada suatu tingkat pengembalian minimum yang diinginkan.

2. *Present Worth*.

Present Worth adalah nilai ekuivalen pada saat sekarang (waktu 0). Metode PW ini seringkali dipakai terlebih dahulu daripada metode lain karena biasanya relatif lebih mudah menilai suatu proyek pada saat sekarang.

3. *Minimum Alternatif Rate Of Return* (MARR).

Metode *Minimum Alternatif Rate Of Return* (MARR) adalah tingkat pengembalian atau tingkat bunga yang diterima investor atas investasi yang tidak di amortisasikan. untuk menghitung tingkat pengembalian atas investasi.

Biaya Maintenance

Besar kecilnya biaya yang dikeluarkan atau dipakai untuk perawatan alat tersebut

adalah tergantung pada seberapa lama alat tersebut sudah digunakan dan perawatan jenis apakan yang diperlakukan untuk alat tersebut.

Metode Biaya Tahunan Rata-rata

Untuk mengetahui biaya produksi atau biaya maintenance dari suatu mesin dapat dilakukan berdasarkan perhitungan berikut ini:

1. Menghitung *Capital Recovery* (CR)

Dengan persamaan :

$$CR = (P - S)(A/P, i\%, n) + Si$$

dimana : CR = *Capital Recovery*

P = Harga Awal mesin

S = Harga Akhir mesin

i = Suku Bunga

n = Umur Pakai Mesin/Peralatan

(A/P, i %, n) = *Capital Recovery Factor*

2. Menghitung Biaya *Downtime*

Dengan persamaan :

$$R = \sum X/n$$

Dimana :

R = Rata-rata *down time* mesin setiap tahun.

$\sum X$ = Jumlah *down time* mesin sampai tahun ke - n.

n = Jumlah tahun.

Hitung biaya *down time* dengan persamaan :

$$Bd = R/W \times CR \times M$$

dimana :

Bd = Biaya *down time*.

R = Rata-rata *down time*.

W = Jam kerja per tahun.

CR = *Capital Recovery*.

M = Tingkat bunga yang dipakai.

Menghitung Total Biaya Tahunan Rata-rata.

Biaya tahunan rata-rata = Kapital recovery (K) + biaya operasi per tahun + biaya *down time*

Menghitung Umur Ekonomis Mesin

Dari hasil penjumlahan keseluruhan maka dapat diperoleh total biaya tahunan rata-rata yang paling terkecil. Dari biaya tahunan rata-rata yang terkecil tersebut dapat ditentukan replacement alat mesin yang sering mengalami kerusakan.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode biaya tahunan rata-rata yang dapat penulis pakai untuk memecahkan masalah yang terjadi dilapangan dengan lebih terarah dan mempermudah penulis menganalisa permasalahan yang terjadi di lapangan.

Objek Penelitian

Dalam hal ini yang menjadi objek penelitian penulis mesin *Compressor Piston Double Acting* yang digunakan dalam proses menaikan tekanan Hidrogen pada pada proses hidrogenasidi PT. Ecogreen Oleochemicals Jl. Pelabuhan Kav. 1 Kabil Batam 29435 pada tahun 2016.

Model Penelitian

Pada proses penyusunan tugas akhir ini, penulis melakukan penelitian yakni dengan menggunakan model penelitian dengan mengelompokkan berdasarkan kondisi sekarang, adapun yang menjadi langkah penelitian dan rancangan usulan.

Variabel Terikat

Pada penelitian yang ada, variabel terikatnya adalah Umur Ekonomis mesin *Compressor*. Variabel terikat ini memiliki hubungan sebab akibat terhadap variabel-variabel bebas.

Metode Pengumpulan Data

a. Observasi yaitu pengumpulan data dengan cara mengadakan peninjauan secara langsung ke lapangan yang berkenaan dengan :

1. Data operasi mesin
2. Bahan baku olahan mesin
3. Bahan pelumas yang dipakai
4. Operator atau tenaga kerja yang mengoperasikan mesin.

b. Wawancara

Wawancara langsung dengan karyawan yang bertugas mengoperasikan mesin tersebut dan juga karyawan *maintenance*-nya.

c. Dokumentasi

Merupakan metode pengumpulan data dengan cara mengumpulkan dokumen-

dokumen PT. Ecogreen Oleochemicals yang berhubungan dengan penelitian ini.

Penelitian Kepustakaan

Yaitu penelitian yang dilakukan dengan membaca beberapa buku literatur – literatur, mengumpulkan dokumen, arsip, maupun catatan penting yang berhubungan dengan permasalahan penulisan skripsi.

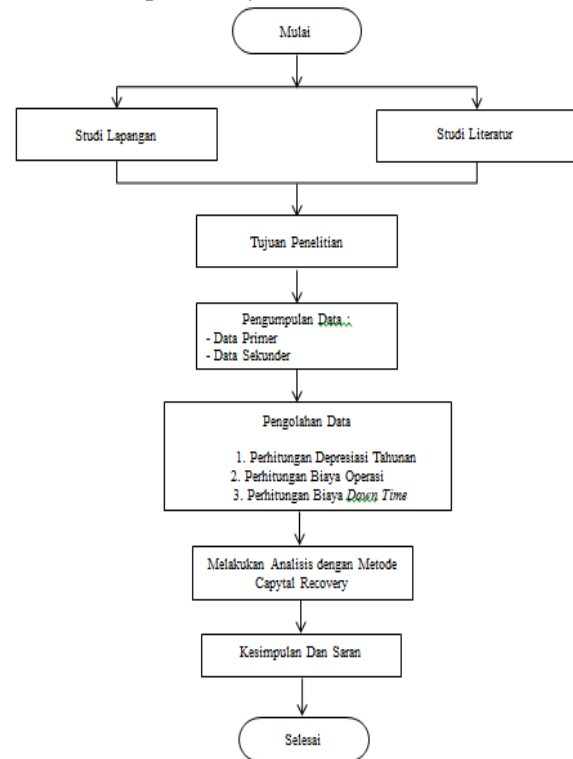
Data Penelitian

a. Data Primer

Data primer yang akan digunakan berasal dari pihak internal yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi pada PT. Ecogreen Oleochemicals. Data tersebut meliputi jam operasi mesin, jam perawatan dan jam perbaikan.

b. Data Sekunder

- a. spesifikasi mesin
- b. Pengganti Suku Cadang Mesin (spare part) setiap tahunnya.
- c. Jumlah pemakaian bahan pelumas mesin setiap tahunnya.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

1. Perhitungan Depresiasi Tahunan Mesin *Compressor*

Untuk menghitung depresiasi tahunan suatu mesin perlu dihitung terlebih dahulu *Present Value* mesin *compressor* setiap tahunnya.

2. *Down Time*

Down Time merupakan breakdown dari suatu mesin akibat kerusakan sehingga harus diperbaiki.

Pengolahan dan Analisis Data

Hasil pengumpulan data yang diperoleh mengenai mesin *Compressor* di PT. Ecogreen batam adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan Depresiasi Tahunan mesin *compressor*
2. Perhitungan Biaya *Down Time*
3. Menghitung Biaya Operasi Mesin

Diagram Penelitian

Adapun diagram penelitian sebagai acuan penulis dalam menyelesaikan penelitian adalah sebagai berikut:

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

a. Pengumpulan Data

Data data yang diperoleh dari dokumentasi PT. Ecogreen Oleochemicals mulai tahun 1998 - 2015 untuk dijadikan sebagai bahan pemecahan masalah yang berpengaruh terhadap penentuan umur ekonomis mesin kompresor adalah sabagai berikut :

b. Spesifikasi Mesin Kompresor

PT. Ecogreen Oleochemicals menggunakan 1 unit mesin kompresor. Adapun spesifikasi mesin tersebut terdapat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Spesifikasi Mesin Kompresor

Merk Kompresor	Borsig
Tekanan Dihasilkan	Maksimum 280 bar
Jumlah	2 (dua) unit
Tahun Pemakaian	1998
Bahan Pelumas	VG 220

Sumber Data: PT. Ecogreen Oleochemicals.

c. **Investasi Mesin**

Dalam hal ini harga awal merupakan harga mesin pada waktu dibeli dari PT. Kompresindo Utamajaya. Adapun spesifikasi harga awal mesin terdapat pada Tabel 2

Tabel 2 Daftar Harga Mesin

Spesifikasi	Mesin Kompresor
Harga awal Mesin/unt	Rp. 900.000.000
Taksiran Umur Pakai	20 Tahun

Dalam memproduksi Produk Fatty Alcohol setiap tahunnya sebanyak 43.200 ton dibutuhkan supply Hidrogen sebanyak 36.000 Nm³/tahun. Namun karena mesin sering break down maka supply hydrogen ke reactor terganggu akibatnya produk Fatty Alcohol yang dihasilkan juga berkurang atau tidak mencapai target. Berikut ini data supply hydrogen dari mesin ke reactor terdapat pada tabel 3:

Tabel 3 Supply Hidrogen dari mesin ke reactor

Tahun	Waktu Operasi Mesin per Tahun (jam)	Flow H ₂ ke reactor Per jam (Nm ³)	Flow H ₂ ke reactor Per tahun (Nm ³)
1998	3.472	10	34.720
1999	3.464	10	34.640
2000	3.442	10	34.420
2001	3.401	10	34.010
2002	3.391	10	33.910
2003	3.339	10	33.390
2004	3.273	10	32.730
2005	3.118	10	31.180
2006	3.080	10	30.800
2007	2.615	10	26.150
2008	2.387	10	23.870
2009	2.380	10	23.800
2010	2.121	10	21.210
2011	2.109	10	21.090
2012	2.092	10	20.920
2013	2.071	10	20.710
2014	1.959	10	19.590
2015	1.950	10	19.500

Sumber: PT Ecogreen Oleochemicals Batam

Jumlah Feed (Metilester) yang disediakan setiap tahunnya sebesar 45.000 ton dengan flow Hidrogen yang harus di supply adalah 36.000 Nm³/tahun sehingga produk Fatty Alcohol dapat tercapai sebesar 43.200 ton/ tahun. Namun dari data yang diperoleh dari lapangan bahwa produk yang dihasilkan mengalami penurunan yang sangat signifikan setiap tahunnya yang disebabkan mesin yang sering break down atau perbaikan yang mempengaruhi waktu operasi mesin. Jumlah produk Fatty Alcohol yang dihasilkan setiap tahunnya dapat dilihat dari tabel 4:

Tabel 4 Produk Fatty Alcohol yang Dihasilkan Setiap Tahunnya

Tahun	Flow H ₂ ke reactor Per tahun (Nm ³)	Waktu Operasi Mesin per tahun (Jam) (a)	Fatty Alcohol (ton)/jam (b)	Fatty Alcohol (ton) per tahun (axb)= (c)	Harga Fatty Alcohol per ton (Rp) (d)	Hasil penjualan per tahun (Rp) (cxd)
1998	34.720	3.472	12	41.664	5.000	208.320.000
1999	34.640	3.464	12	41.568	5.500	228.624.000
2000	34.420	3.442	12	41.304	5.650	233.367.600
2001	34.010	3.401	12	40.812	5.850	238.750.200
2002	33.910	3.391	12	40.692	6.400	260.428.800
2003	33.390	3.339	12	40.068	6.600	264.448.800
2004	32.730	3.273	12	39.272	6.900	270.976.800
2005	31.180	3.118	12	37.416	7.300	273.136.800
2006	30.800	3.080	12	36.960	7.800	288.288.000
2007	26.150	2.615	12	31.380	8.000	251.040.000
2008	23.870	2.387	12	28.644	8.010	229.438.440
2009	23.800	2.380	12	28.560	8.400	239.904.000
2010	21.210	2.121	12	25.452	8.400	239.904.000
2011	21.090	2.109	12	25.308	8.800	222.710.400
2012	20.920	2.092	12	25.104	9.000	225.936.000
2013	20.710	2.071	12	24.852	9.000	223.668.000
2014	19.590	1.959	12	23.508	9.100	213.922.800
2015	19.500	1.950	12	23.400	9.250	216.450.000

Sumber : PT. Ecogreen Oleochemicals Batam

PENGOLAHAN DATA

1. Menghitung Depresiasi Tahunan Mesin Kompresor:

Perhitungan harga akhir mesin kompresor pada tahun pertama, tahun 1998

(t = 1) adalah :

$$S_1 = 900.000.000 (1 - 0,1)^1 = 810.000.000$$

Harga akhir tahun ke-2, tahun 1999 (t = 2) adalah : $S_2 = 900.000.000 (1 - 0,1)^2 = 729.000.000$ dan seterusnya untuk S_3



Tabel 5 Perhitungan Harga Akhir Mesin Kompresor

Tahun	Harga akhir (Rp)
	$S_n = P (1 - k)^t$
1998	810.000.000
1999	729.000.000
2000	656.100.000
2001	590.490.000
2002	531.441.000
2003	478.296.900
2004	430.467.210
2005	387.420.489
2006	348.678.440
2007	313.810.596
2008	282.429.536
2009	254.186.582
2010	228.767.924
2011	205.891.132
2012	185.302.018
2013	166.771.816
2014	150.094.635
2015	135.085.171

Sesudah harga *Present Value* (P) dan harga akhir (S) setiap tahunnya diperoleh, maka dapat dihitung *Capital Recovery* tahunannya (CR) dengan rumus sebagai berikut:

$$CR = (P - S) (A/P, i, n) + S.i$$

Depresiasi mesin Tahun 1998:

Suku bunga yang diperoleh disesuaikan dengan suku bunga deposito Bank Indonesia (BI) tahun 2016 yaitu : $i = 6 \%$, untuk menghitung depresiasi (*Capital Recovery*) dari mesin kompresor pada tahun pertama (1998) yaitu:

$$P = \text{Rp } 900.000.000,-$$

$$S = \text{Rp } 810.000.000,-$$

$$i = 6 \%$$

$$(A/P; 6\%, i) = 1,0600$$

$$K = (P - S) (A/P; i, n) + S.i$$

$$= (900.000.000 - 810.000.000) (1,0600) + (810.000.000)(0,06) = 95.400.000 + 48.600.000$$

= Rp 144.000.000.- Depresiasi mesin tahun berikutnya sama dengan diatas.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Penyusutan Biaya Tahunan dari Mesin Kompresor

Tahun	(P-S) (A/P, 6%, n) (Rp) (a)	S.i (Rp) (b)	Capital Recovery (Rp) (a+b)
1998	95.400.000	48.600.000	144.000.000
1999	93.263.400	43.740.000	137.003.400
2000	91.242.990	39.366.000	130.608.990
2001	89.324.586	35.429.400	124.753.986
2002	87.495.906	31.886.460	119.382.366
2003	85.774.410	28.697.814	114.472.224
2004	84.093.322	25.828.032	109.921.354
2005	82.525.301	23.245.229	105.770.530
2006	81.044.269	20.920.706	101.964.975
2007	79.663.139	18.828.635	98.491.774
2008	78.307.934	16.945.772	95.253.706
2009	77.045.540	15.251.194	92.296.734
2010	75.849.224	13.726.075	89.575.299
2011	74.686.114	12.353.467	87.039.581
2012	73.613.892	11.118.121	84.732.013
2013	72.589.590	10.006.309	82.595.899
2014	71.540.971	9.005.678	80.546.649
2015	70.678.130	8.105.110	78.783.240

2. Menghitung Biaya Operasi Kompresor Per Tahun.

Biaya operasi mesin kompresor merupakan penjumlahan dari biaya bahan pelumas, suku cadang, dan upah operator mesin kompresor dapat dilihat dari tabel 7:

Tabel 7 Perhitungan Biaya Operasi Mesin Kompresor

Tahun	Biaya suku cadang per tahun (Rp) (a)	Biaya pelumasVG 220 per tahun (Rp) (b)	Upah operator per tahun (Rp) (c)	Biaya operasi per tahun (Rp) (a+b+c)
1998	10.000.000	5.250.000	780.000	16.030.000
1999	19.950.000	5.760.000	10.000.000	35.710.000
2000	30.005.000	6.480.000	10.560.000	47.045.000
2001	40.220.500	6.750.000	10.920.000	57.890.500
2002	48.933.000	8.250.000	12.340.000	69.523.000
2003	58.100.000	9.200.000	13.200.000	80.500.000
2004	68.009.000	9.720.000	14.280.000	92.009.000
2005	78.200.000	12.299.600	14.760.000	105.259.600
2006	88.650.000	19.980.000	15.540.000	124.170.000
2007	98.890.000	20.165.000	15.900.000	134.955.000
2008	108.910.000	22.454.000	16.680.000	148.044.000
2009	118.950.000	24.495.000	17.100.000	160.545.000
2010	128.983.000	25.760.000	18.300.000	173.043.000
2011	138.994.000	28.320.000	21.000.000	188.314.000
2012	148.000.000	32.875.000	22.000.000	202.875.000
2013	158.100.000	36.841.500	23.000.000	217.941.500
2014	168.745.000	42.147.000	29.304.000	240.196.000
2015	178.839.000	50.344.000	31.809.000	260.743.000

3. Menghitung Biaya Down Time

Down Time adalah kehilangan kesempatan mesin untuk beroperasi karena mesin mengalami kerusakan dan diperbaiki.

Perhitungan biaya *Down Time* mesin kompresor untuk tahun 1998 Jam kerja normal mesin per tahun (M) = 3600 Jam perbaikan per tahun (N) = 128 *Cost maintenance*(CM) = 15.250.000

$$\text{Biaya down time} = \frac{128}{3600} \times 15.250.000 =$$

542.222. Perhitungan Biaya Down Time Tahun berikutnya sama dengan Tahun 1998.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Biaya Down Time Mesin Kompresor

Tahun	Waktu Perbaikan per tahun (Jam) (N)	Jam kerja Normal per tahun (Jam) (M)	Cost maintenance per tahun (Rp) (a+b)	Biaya down time per tahun (Rp) $Bd = \frac{N}{M} \times CM$
1998	128	3.600	15.250.000	542.222
1999	136	3.600	25.710.000	971.267
2000	158	3.600	36.485.000	1.601.286
2001	199	3.600	46.970.500	2.596.425
2002	209	3.600	57.183.000	3.319.791
2003	261	3.600	67.300.000	4.879.250
2004	327	3.600	77.729.000	7.060.384
2005	482	3.600	90.499.600	12.116.891
2006	520	3.600	108.630.000	15.691.000
2007	985	3.600	119.055.000	32.574.771
2008	1213	3.600	131.364.000	44.262.370
2009	1220	3.600	143.445.000	48.611.917
2010	1479	3.600	154.743.000	63.573.583
2011	1491	3.600	167.314.000	69.295.882
2012	1508	3.600	180.875.000	75.766.528
2013	1529	3.600	194.941.500	82.795.987
2014	1641	3.600	210.892.000	96.131.603
2015	1650	3.600	229.183.000	105.042.208

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Biaya Down Time Rata-Rata

Tabel 9 Perhitungan Biaya Down Time Tahunan Rata-Rata

Tahun	Biaya Down Time per tahun (Rp)	Present Worth $(P/F, 6\%, n)$	P x Biaya down time (Rp)	$\sum P \times$ Biaya down time (kumulatif) (PB)	Capital Recovery Factor (CR) $(A/P, 6\%, n)$	Biaya Down time Tahunan rata-rata $(\sum PB \times CR)$ (Rp)
1998	542.222	0.9434	511.532	511.532	1.0600	542.224
1999	971.267	0.8900	864.427	1.375.960	0.5454	750.448
2000	1.601.286	0.8396	1.344.440	2.720.400	0.3741	1.017.701
2001	2.596.425	0.7921	2.056.628	4.777.028	0.2886	1.378.650
2002	3.319.791	0.7473	2.480.880	7.257.907	0.2374	1.723.027
2003	4.879.250	0.7050	3.439.871	10.697.779	0.2034	2.175.928
2004	7.060.384	0.6651	4.695.862	15.393.640	0.1791	2.757.001
2005	12.116.891	0.6274	7.602.137	22.995.778	0.1610	3.702.320
2006	15.691.000	0.5919	9.287.503	32.283.280	0.1470	4.745.642
2007	32.574.771	0.5584	18.189.752	50.473.032	0.1359	6.859.285
2008	44.262.370	0.5268	23.317.417	73.790.449	0.1268	9.356.629
2009	48.611.917	0.4970	24.160.123	97.950.572	0.1193	11.685.503
2010	63.573.583	0.4688	29.803.295	127.753.867	0.1130	14.436.187
2011	69.295.882	0.4423	30.649.568	158.403.435	0.1076	17.044.210
2012	75.766.528	0.4173	31.617.372	190.020.808	0.1030	19.572.143
2013	82.795.987	0.3936	32.588.501	222.609.308	0.0990	22.038.321
2014	96.131.603	0.3714	35.703.277	258.312.586	0.0954	24.643.021
2015	105.042.208	0.3503	36.796.286	295.108.871	0.0924	27.268.059
2016	122.901.541	0.3305	53.532.621	348.641.492	0.0896	31.238.278
2017	127.420.238	0.3118	52.559.847	401.201.339	0.0872	34.984.757
2018	131.938.935	0.2942	51.533.120	452.734.459	0.0850	38.482.429
2019	136.457.632	0.2775	50.437.851	503.172.310	0.0830	41.763.302

2. Perhitungan Biaya Operasi Tahunan Rata-Rata.

Berikut adalah tabel 10 perhitungan biaya operasi tahunan rata-rata:

Tabel 10 Perhitungan Biaya Operasi Tahunan Rata-Rata Mesin Kompresor

Tahun	Biaya Operasi per tahun (Rp)	Present Worth (P/F,6%,n)	Px Biaya Operasi (Rp)	$\sum P \times$ Biaya Operasi (Kumulatif) (PB)	Capital Recovery Factor (A.P,6%,n) (CR)	Biaya Operasi Tahunan rata-rata (PB x CR) (Rp)
1998	16.030.000	0.9434	15.122.702	15.122.702	1.0600	16.030.064
1999	35.710.000	0.8900	31.781.900	46.904.602	0.5454	25.581.770
2000	47.045.000	0.8396	39.498.982	86.403.584	0.3741	32.323.581
2001	57.890.500	0.7921	45.855.065	132.258.649	0.2886	38.169.846
2002	69.523.000	0.7473	51.954.538	184.213.187	0.2374	43.732.211
2003	80.500.000	0.7050	56.752.500	240.965.687	0.2034	49.012.421
2004	92.009.000	0.6651	61.195.186	302.160.873	0.1791	54.117.012
2005	105.259.600	0.6274	66.039.873	368.200.746	0.1610	59.280.320
2006	124.170.000	0.5919	73.496.223	441.696.969	0.1470	64.929.454
2007	134.955.000	0.5584	75.358.872	517.055.841	0.1359	70.267.889
2008	148.044.000	0.5268	77.989.579	595.045.420	0.1268	75.451.759
2009	160.545.000	0.497	79.790.865	674.836.285	0.1193	80.507.969
2010	173.043.000	0.4688	81.122.558	755.958.843	0.1130	85.423.349
2011	188.314.000	0.4423	83.291.282	839.250.126	0.1076	90.303.314
2012	202.875.000	0.4173	84.659.738	923.909.863	0.1030	95.162.716
2013	217.941.500	0.3936	85.781.774	1.009.691.638	0.0990	99.959.472
2014	240.196.000	0.3714	89.208.794	1.098.900.432	0.0954	104.835.101
2015	260.743.000	0.3503	91.338.273	1.190.238.705	0.0924	109.978.056
2016	392.009.757	0.3305	129.559.225	1.319.797.929	0.0896	118.253.894
2017	405.756.488	0.3118	126.514.873	1.446.312.802	0.0872	126.118.476
2018	419.503.219	0.2942	123.417.847	1.569.730.649	0.0850	133.427.105
2019	433.249.950	0.2775	120.226.861	1.689.957.510	0.0830	140.266.473

3. Perhitungan Total Biaya Operasional Tahunan Rata-Rata.

Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 11 Perhitungan Total Biaya Operasional Tahunan Rata-Rata Mesin Kompresor

Tahun	Biaya Down Time Tahunan Rata-rata (Rp) (a)	Biaya Operasi Tahunan Rata-rata (Rp) (b)	Capital Recovery (CR) (c)	Total Biaya Tahunan Rata-rata (Rp) (a + b + c)
1998	542.224	16.030.064	144.000.000	160.572.289
1999	750.448	25581770	137.003400	163.335.618
2000	1.017.701	32.323.581	130.608.990	163.950.272
2001	1.378.650	38.169.846	124.753.986	164.302.482
2002	1.723.027	43.732.211	119.382.366	164.837.604
2003	2.175928	49.012.421	114.472.224	165.660.573
2004	2.757.001	54.117.012	109.921.355	166.795.368
2005	3.702.320	59.280.320	105.770.530	168.753.170
2006	4.745.642	64.929.454	101.964.975	171.640.072
2007	6.859.285	70.267.889	98.491.775	175.618.949
2008	9.356.629	75.451.759	95.253.706	180.062.094
2009	11.685.503	80.507.969	92.296.735	184.490.207
2010	14.436.187	85.423.349	89.575.299	189.434.835
2011	17.044.210	90.303.314	87.039.582	194.387.105
2012	19.572.143	95.162.716	84.732.013	199.466.872
2013	22.038.321	99.959.472	82.595.899	204.593.693
2014	24.643.021	104.835.101	80.546.649	210.024.771
2015	27.268.059	109.978.056	78.783.240	216.029.355
2016	31.238.278	118.253.894	77.041.331	226.533.503
2017	34.984.757	126.118.476	75.503.803	236.607.036
2018	38.482.429	133.427.105	74.038.072	245.947.606
2019	41.763.302	140.266.473	72.661.524	254.691.299

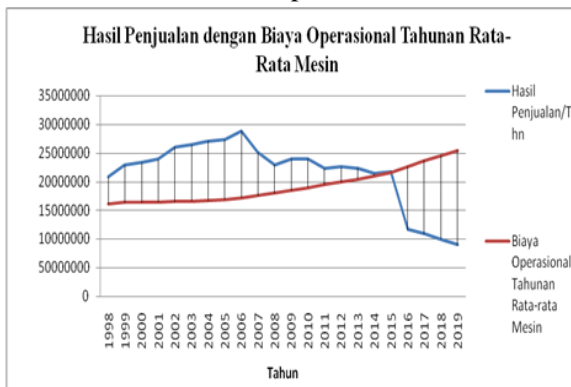
Total biaya Operasional tahunan rata-rata mesin dihitung dengan menggunakan rumus, Total biaya operasional tahunan rata-rata mesin = biaya *down time* tahunan rata-rata + biaya operasi tahunan rata-rata + *Capital Recovery* (CR). Biaya *down time* merupakan biaya lain – lain yang nilainya selalu berubah, oleh karena itu biaya tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan biaya tahunan rata-rata.

Jumlah *Feed* (*Metilester*) yang disediakan setiap tahunnya sebesar 45.000 ton dengan flow Hidrogen yang harus di supply adalah 36.000 Nm³/tahun sehingga produk Fatty Alcohol dapat tercapai sebesar 43.200 ton/ tahun. Namun dari data yang diperoleh dari lapangan bahwa produk yang dihasilkan mengalami penurunan yang sangat signifikan setiap tahunnya yang disebabkan mesin yang sering *break down* atau perbaikan yang mempengaruhi waktu operasi mesin. Jumlah produk Fatty Alcohol yang dihasilkan setiap tahunnya dapat dilihat dari tabel 12 berikut:

Tabel 12 Hasil Penjualan perTahun Fatty Alcohol

Tahun	Flow H ₂ ke reactor Per tahun (Nm ³)	Waktu Operasi Mesin per Tahun (Jam) (a)	Fatty Alcohol (ton)jam (b)	Fatty Alcohol (ton) per tahun (axb)=(c)	Harga Fatty Alcohol per ton (Rp) (d)	Hasil penjualan per tahun (Rp) (cxd)
1998	34.720	3.472	12	41664	5.000	208.320.000
1999	34.640	3.464	12	41.568	5.500	228.624.000
2000	34.420	3.442	12	41.304	5.650	233.367.600
2001	34.010	3.401	12	40.812	5.850	238.750.200
2002	33.910	3.391	12	40.692	6.400	260.428.800
2003	33.390	3.339	12	40.068	6.600	264.448.800
2004	32.730	3.273	12	39.272	6.900	270.976.800
2005	31.180	3.118	12	37.416	7.300	273.136.800
2006	30.800	3.080	12	36.960	7.800	288.288.000
2007	26.150	2.615	12	31.380	8.000	251.040.000
2008	23.870	2.387	12	28.644	8.010	229.438.440
2009	23.800	2.380	12	28.560	8.400	239.904.000
2010	21.210	2.121	12	25.452	8.400	239.904.000
2011	21.090	2.109	12	25.308	8.800	222.710.400
2012	20.920	2.092	12	25.104	9.000	225.936.000
2013	20.710	2.071	12	24.852	9.000	223.668.000
2014	19.590	1.959	12	23.508	9.100	213.922.800
2015	19.500	1.950	12	23.400	9.300	217.620.000
2016	9.780	978	12	11.736	9.939	116.645.792
2017	8.840	884	12	10.608	10.196	108.160.693
2018	7.900	790	12	94.80	10.453	99.095.803
2019	6.970	697	12	8.364	10.710	89.579.643

Berikut adalah grafik hubungan antara hasil penjualan dengan Biaya operasional Tahunan Rata-rata dari mesin Kompresor:



Gambar 2 Grafik Hasil Penjualan Dengan Biaya Operasional Tahunan Rata-Rata Mesin.

Dari Grafik dapat diketahui bahwa Setelah dilakukan analisis dari mesin *compressor* dapat diketahui perkiraan Biaya operasi dan Biaya *Down Time* sampai tahun 2019, sehingga perusahaan dapat menentukan biaya tahunan rata-rata mesin *compressor*. Perusahaan juga harus memperhatikan perawatan mesin *compressor* setiap tahunnya

untuk memperoleh produksi yang maksimal. Dari perhitungan biaya tahunan rata-rata mesin *compressor* diperoleh total biaya tahunan rata-rata minimum pada tahun ke-18 (Tahun 2015) sejak (tahun 1998) juga dapat lebih mengefektifkan serta mengefisienkan untuk hasil penjualan perTahun Fatty Alcohol.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis masalah diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk perhitungan replacement (pergantian dari mesin lama ke mesin baru) terdapat pada tahun ke-18 tepatnya pada tahun 2015 sejak tahun pembelian (1998), yang artinya berdasarkan teoritis atau perhitungan bahwa pergantian mesin dapat dilakukan sebelum tahun ke 20 yaitu waktu tafsiran pemakaian mesin.
2. Total biaya operasioanal tahunan rata-rata mesin Compressor berdasarkan hasil perhitungan data actual dari lapangan dari tahun 1998 – tahun 2015 adalah Rp 1.183.163.916. Waktu operasi juga semakin rendah yaitu 1.950 jam/ tahun dari waktu normal 3600 jam/tahun.

Saran

Adapun saran yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Dalam menentukan umur ekonomis suatu mesin, perusahaan dapat menerapkan metode Biaya Tahunan Rata-rata, dengan tujuan untuk menentukan waktu yang tepat dalam melakukan replacement alat/mesin.
2. Pihak perusahaan perlu memperhatikan dan merencanakan replacement mesin apabila waktu perbaikan mesin lebih besar ketimbang waktu operasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 1969. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Detiana, T. 2011. Manajemen Operasional Strategi dan Analisa. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Dietzel , Fritz. 1980. Turbin, Pompa dan Kompresor. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Gempur, S.2010. Manajemen Perawatan Pabrik.



- Edisi Pertama. Jakarta: Mitra Wacana Media
- Nasution,A.H.2006. Manajemen Industri. Yogyakarta: Penerbit Erlangga
- Santoso, G. 2010. Manajemen Perawatan Pabrik.Pustakaraya-Jakarta: Pendekatan Ergonomis.
- Taylor G.A. 1975. Dasar-dasar Ekonomi Teknik (Terjemahan). Edisi Ketiga, Jilid Pertama. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tjakraatmaja.1997. Teknik Tata Cara. Edisi Pertama. Bandung: Departemen Teknik Industri, ITB