

Analisis Penambahan Kapasitas Udara Bertekanan untuk Pneumatik pada Mesin Kertas 01 di Perusahaan Kertas, Bekasi

Jazid Rizkon¹, Anastasia Lidya Maukar², Ineu Widaningsig Sosodoro³

^{1,2,3} Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, President University
Jl. Ki Hajar Dewantara

Kota Jababeka, Cikarang, Bekasi - Indonesia 17550

Email: 1jazid26@gmail.com, 2almaukar@president.ac.id, 3inesosodoro@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pada pabrik kertas, mesin-mesin seperti pengepresan kertas, pengerolan kertas, serta *valve* otomatis sangat penting untuk keberlangsungan proses produksi. Namun saat ini, sering terjadi masalah, yaitu mesin-mesin tersebut tidak dapat bekerja maksimal, karena kebutuhan udara bertekanan untuk alat-alat pneumatik tidak tercukupi. Untuk memastikan hal itu maka dilakukan perhitungan kapasitas mesin-mesin penghasil udara bertekanan serta kebutuhan udara bertekanan alat-alat pneumatik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan udara bertekanan alat-alat pneumatik lebih besar daripada yang dihasilkan oleh mesin-mesin *kompresor* dengan selisih 2.972 liter/menit. Agar mendapatkan keputusan terbaik maka dilakukan analisis *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC) untuk mengetahui umur ekonomis dari mesin-mesin *kompresor* yang digunakan saat ini. Selain itu juga dilakukan pemeriksaan *record* data kerusakan mesin *kompresor*. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggantian mesin *kompresor* belum perlu dilakukan, karena umur mesin saat ini masih di bawah umur ekonomis. Sehingga keputusan yang diambil adalah dengan melakukan pembelian mesin *kompresor* baru dengan kapasitas 28.000 liter/menit. Perhitungan menggunakan analisis *present worth* (PW) didapatkan total biaya terkecil dengan pertimbangan tambahan biaya energi adalah *Kompresor Atlas Copco GA160* senilai Rp 55.094.911.134. Hasil dari perhitungan ini berbeda dengan hasil perhitungan total *present worth cost* terkecil tanpa tambahan biaya energi dengan pilihan *Kaesar DSD250* sejumlah Rp 8.044.785.017. Kemudian setelah dilakukan analisis sensitivitas dengan pertimbangan suku bunga berubah dan biaya listrik mengalami kenaikan 5% didapatkan *Atlas Copco GA160* dengan total biaya terendah. Sehingga perubahan suku bunga dan kenaikan biaya listrik tidak cukup sensitif terhadap pemilihan mesin untuk investasi.

Kata kunci: kapasitas mesin, *pneumatic*, *kompresor*, *EUAC*, analisis sensitivitas

ABSTRACT

In paper mills, paper presses, paper rolling, and automatic valves are very important machines for the continuity of the production process. But at present, problems often occur, namely the machines cannot work optimally, because the need for compressed air for pneumatic tools is not enough fulfilled. To ensure this, the capacity calculation of the pressurized air compressor and the need for pressurized pneumatic tools are carried out. The results of the calculation show that the pressurized air requirements of pneumatic tools are greater than those produced by the *kompresor* with a difference of 2,972 litres/minute. To get the best decision, an *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC) analysis is performed to determine the economic life of the compressor machines currently in use. In addition, an inspection of compressor damage data was also carried out. The results of the analysis show that the replacement of the compressor does not need to be done because the current engine life is under the economic age. Thus, the decision taken is to purchase a new compressor with a capacity of 28,000 litres/minute. The calculation using the present worth cost (PWC) analysis obtained the smallest total cost with consideration of the additional energy costs is *Atlas Copco GA160 Compressor* worth Rp 55,094,911,134. Without considering additional energy costs, the results of the calculation of the smallest total PWC is the choice of *Kaesar DSD250* amounting to Rp. 8,044,785,017. Then after sensitivity analysis with consideration of interest rates and electricity costs, *Atlas Copco GA160* has the lowest total cost. Thus, the changes in interest rates and an increase of electricity costs are not sensitive enough to the selection of machines for investment.

Keywords: capacity, pneumatic, compressor, EUAC, sensitivity analysis

1. Pendahuluan

PT FSW ini adalah salah satu produsen kertas kemasan yang cukup dikenal di Indonesia dengan kapasitas terpasang 1.550.000 metrik ton per tahun dan berbagai produk yang dihasilkan seperti *Kraft Liner Board* dan *Corrugated Medium Paper* untuk kemasan karton dan *Coated Duplex Board* untuk kemasan *display*. Salah satu proses produksi yaitu pada *line paper machine 1*. *Line* ini beroperasi untuk kertas jenis *Coated Duplex Board* (CDB). Selama ini operator produksi di *paper machine 1* sering mengeluhkan alat-alat *pneumatic* yang tidak bekerja maksimal, seperti daya mesin *press* kertas tiba-tiba mengalami *loss* atau tidak mampu melakukan pengepresan sesuai yang diharapkan. Hal ini tentu saja menghambat proses produksi yang mengakibatkan berhentinya proses produksi.

Berdasarkan dari data frekuensi *breakdown* akibat *low pressure paper machine 1* bulan Juni 2017 sampai dengan Maret 2018 terjadi *breakdown* sebanyak 22 kali atau selama 88 jam. Itu berarti rata-rata tiap bulan adalah 2,2 kali selama 8,8 jam *breakdown* akibat *low pressure*. Hal ini sangat tidak diinginkan karena perusahaan menginginkan untuk tidak terjadi *breakdown* akibat *low pressure*. Ini dikarenakan akibat yang ditimbulkan akan berdampak pada kerusakan *equipment* lain.

Untuk mengatasi permasalahan yang sedang terjadi di PT.FSW perlu dilakukan perhitungan kapasitas udara bertekanan yang dibutuhkan peralatan pneumatik dan perhitungan kapasitas udara bertekanan yang dihasilkan mesin *kompresor*. Setelah itu dilakukan analisis untuk menentukan langkah selanjutnya apakah mesin kompresor sebaiknya ditambah atau perlu dilakukan penggantian, metode yang dipakai adalah ekonomi teknik. Menurut Giatman (2006) ekonomi teknik merupakan salah satu alat ampuh yang digunakan untuk menentukan pilihan terbaik dimana aspek teknis dan aspek ekonomis dikaji secara bersamaan. Studi ekonomi teknik dilakukan untuk menemukan dan mengevaluasi pilihan yang tersedia. Studi ini menjelaskan ada sejumlah alternatif yang lebih ekonomis dibanding alternatif yang ada.

2. Metodologi

Langkah-langkah penelitian yang tepat bertujuan supaya alur penelitian berurutan. Berikut adalah cara membuat langkah-langkah penelitian dalam diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pengumpulan data mesin dan peralatan yang berhubungan dengan sistem udara bertekanan

Pengumpulan data mesin-mesin serta peralatan yang digunakan di PT FSW untuk keberlangsungan proses produksi yang terkait dengan sistem udara bertekanan.

2. Penjelasan fungsi dari tiap-tiap mesin dan peralatan yang terkait

Mengetahui fungsi dari tiap-tiap mesin dan peralatan sehingga dapat ditelusuri bagian mana yang menjadi masalah dan harus dianalisa lebih lanjut.

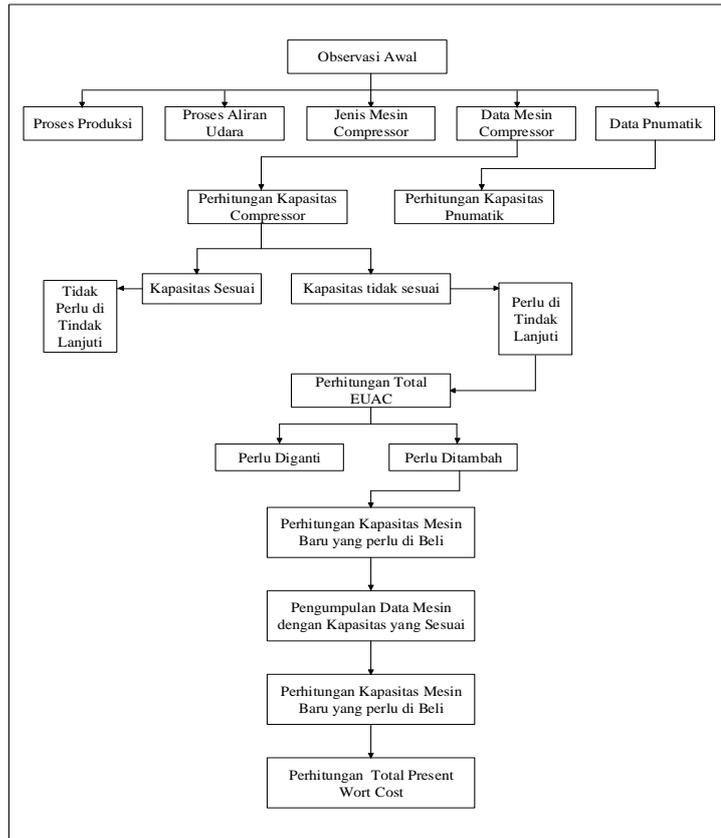
3. Perhitungan kapasitas udara bertekanan

Melakukan perhitungan kapasitas udara bertekanan yang dibutuhkan dan kapasitas udara yang dihasilkan saat ini. Sehingga masalah utama dapat diketahui dan dilakukan perbaikan. Konsumsi udara atau kebutuhan udara dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2) berikut (Pramono, 2008):

$$\text{Kebutuhan udara} = \text{perbandingan kompresi} \times \text{luas penampang piston} \times \text{panjang langkah} \quad (1)$$

$$\text{Perbandingan kompresi} = (1.031 + \text{tekanan kerja dalam Bar}) / 1.031 \quad (2)$$

Untuk mempermudah dan mempercepat dalam perhitungan kebutuhan udara, bisa juga menggunakan bantuan tabel. Tabel 1 di bawah ini menunjukkan kebutuhan udara per sentimeter langkah piston untuk berbagai macam tekanan dan diameter piston silinder.



Gambar 1. Kerangka penelitian

Tabel 1. Kebutuhan udara silinder pneumatik per sentimeter langkah dengan fungsi tekanan kerja dan diameter piston

Diameter Piston (mm)	Tekanan Kerja(bar)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Gaya Piston(kgf)									
6	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176
70	34	69	104	139	173	208	234	278	312	346
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706
140	138	277	416	555	693	832	971	1110	1248	1386
200	283	566	850	1133	1416	1700	1983	2266	2550	2832
250	433	866	1300	1733	2166	2600	3033	3466	3800	4332

(Sumber: Pramono, 2008)

Kebutuhan udara dihitung dengan satuan liter/menit sesuai dengan standar kapasitas kompresor. Dengan persamaan kebutuhan udara silinder sebagai berikut:

$$\text{Single Cylinder: } Q = s \cdot n \cdot q \quad \text{dalam liter/menit (3)}$$

$$\text{Double Cylinder: } Q = 2 (s \cdot n \cdot q) \quad \text{dalam liter/menit (4)}$$

Keterangan:

- Q = Kebutuhan udara silinder (liter/menit)
- q = Kebutuhan udara per sentimeter langkah piston
- s = (*Length*) Panjang langkah piston (cm)
- n = Jumlah siklus kerja per menit

4. Analisis biaya tahunan rata-rata

Metode ini digunakan untuk menghitung total ekuivalensi biaya tahunan. Setiap biaya dihitung ekuivalensinya selama umur pemakaiannya. Dalam metode ini bunga tahunan juga diperhitungkan. Menurut Nopirin (2000) suku bunga mempunyai arti biaya yang harus dibayar oleh peminjam atas pinjaman yang diterima dan merupakan imbalan bagi pemberi pinjaman atas investasinya. Suku bunga mempengaruhi keputusan individu terhadap pilihan menyimpan uangnya dalam bentuk tabungan atau membelanjakan uang lebih banyak. Sedangkan menurut Suhaedi (2000) suku bunga merupakan sebuah harga yang menghubungkan masa kini dengan masa depan, sebagaimana harga lainnya maka tingkat bunga ditentukan oleh interaksi permintaan dan penawaran.

Menurut Giatman (2006), sebagai tuntutan dari perkembangan ilmu dan teknologi ekonomi teknik semakin memiliki peran yang besar dalam bidang teknik. Pengambil keputusan akan menghadapi alternatif rancangan atau alternatif pemecahan suatu masalah yang semakin kompleks dan beragam yang mana pengambil keputusan harus memilih salah satunya. Menurut I Nyoman Pujawan (2009), setiap perusahaan yang menggunakan mesin atau peralatan dalam menjalankan usahanya baik itu perusahaan berskala kecil maupun perusahaan berskala besar, pasti akan dihadapkan pada masalah apakah mesin yang digunakan saat ini masih dapat terus dioperasikan atau apakah mesin baru akan lebih ekonomis untuk dipilih. Semakin umur mesin bertambah maka total biaya operasi akan semakin meningkat pula.

Umur ekonomis dilihat pada saat total ekuivalensi biaya tahunan rata-rata minimum atau terkecil. Dengan metode ini dapat diketahui biaya tahunan rata-rata dari setiap mesin sehingga dapat diketahui mesin tersebut saat ini belum melewati titik minimum atau sudah melewati titik minimum. Untuk menghitung total biaya tahunan rata-rata digunakan persamaan (5) berikut ini (Newnan, 1988):

$$EUAC = \text{Capital Recovery} + \text{Equivalent Annual Operating Cost} \tag{5}$$

$$EUAC = (P-S)(A/P, i, n\%) + Si + FW \text{ (Operating Cost for N Year) } (A/G, i, N)$$

Atau

$$EUAC = (P-S)(A/P, i, N) + Si + PW \text{ (Operating Cost for N Year) } (A/P, i, N)$$

Dimana ;

EUAC = *Equivalent Uniform Annual Cost*

CR = *Capital Recovery*

EAOC = *Equivalent Annual Operating Cost*

FW = *Future Worth*

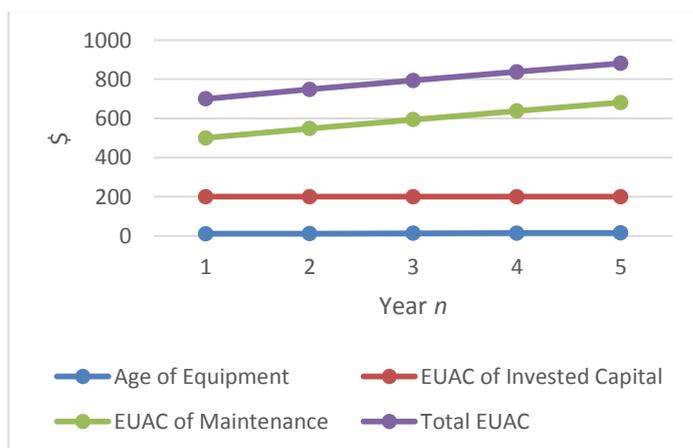
PW = *Present Worth*

P = Nilai awal mesin

S = *Estimated Salvage Value*

i = Suku bunga tahunan

Dengan demikian maka untuk memecahkan masalah penggantian aset didasarkan pada evaluasi umur ekonomis mesin/peralatan dengan metode biaya tahunan rata-rata. Gambar 2 berikut ini adalah hubungan biaya tahunan rata-rata terhadap umur mesin.



(Sumber: Newnan, 1988)

Gambar 2. Hubungan Biaya Tahunan Rata-rata (EUAC) Terhadap Umur Mesin

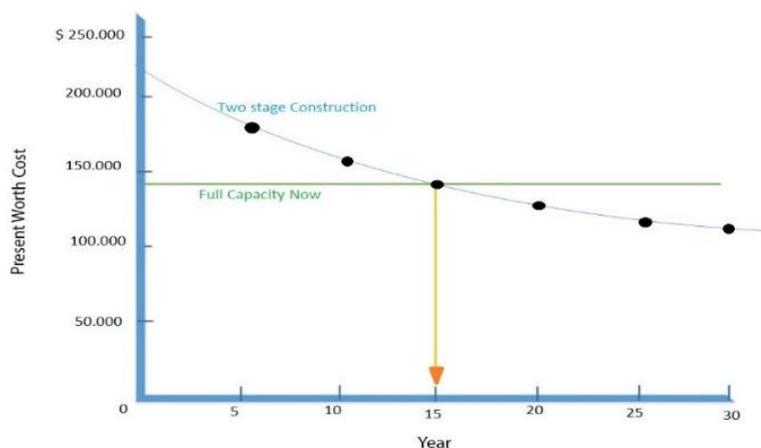
5. Analisis Sensitivitas

Menurut Made (2016), analisis sensitivitas digunakan untuk melihat dampak suatu perubahan keadaan pada hasil analisis kelayakan. Analisis ini bertujuan untuk menilai hasil analisis kelayakan investasi apabila terjadi perubahan pada perhitungan biaya atau manfaat. Dari hasil analisis tersebut akan terlihat apakah kelayakan suatu investasi sensitif terhadap perubahan atau tidak.

Menurut Newnan (1988), karena banyak data yang dikumpulkan dalam memecahkan masalah merupakan proyeksi konsekuensi masa depan, mungkin akan ada ketidakpastian yang cukup besar mengenai keakuratan data tersebut. Karena hasil yang diinginkan dari analisis adalah pengambilan keputusan dan sejauh mana variasi data memengaruhi keputusan yang kita ambil. Ketika variasi kecil dalam perkiraan tertentu akan mengubah pemilihan alternatif, keputusan tersebut dikatakan sensitif terhadap perkiraan. Untuk lebih mengevaluasi dampak dari perkiraan tertentu, perlu dihitung apakah variasi ke perkiraan tertentu akan diperlukan untuk mengubah suatu keputusan. Ini disebut analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas keputusan masalah untuk berbagai parameter menyoroti aspek penting dan signifikan dari masalah itu. Misalnya, pertama mungkin khawatir bahwa perkiraan untuk pemeliharaan tahunan dan nilai sisa masa depan dalam masalah tertentu dapat sangat bervariasi. Analisis sensitivitas dapat menunjukkan bahwa keputusan tidak sensitif terhadap perkiraan *salvage value* atas kisaran penuh nilai yang mungkin. Tetapi, pada saat yang sama, mungkin akan ditemukan bahwa keputusan tersebut sensitif terhadap perubahan dalam perkiraan pemeliharaan tahunan.

Analisis impas adalah bentuk analisis sensitivitas untuk menggambarkan kepekaan keputusan antara alternatif terhadap estimasi partikular, analisis impas sering disajikan sebagai grafik impas. Analisis sensitivitas dan analisis impas sering berguna dalam masalah rekayasa yang disebut tahap konstruksi. Haruskah sebuah fasilitas dibangun sekarang untuk memenuhi persyaratan skala penuhnya di masa mendatang, atau apakah harus dibangun secara bertahap karena kebutuhan akan peningkatan kapasitas muncul.

Gambar 3 menggambarkan PW biaya untuk dua alternatif. Variabel *x-axis* adalah waktu ketika tahap kedua dibangun. Dapat dilihat bahwa *Present Worth* (PW) biaya untuk konstruksi dua tahap secara alami menurun karena waktu untuk tahap kedua ditangguhkan. Konstruksi satu tahap (kapasitas penuh sekarang) tidak terpengaruh oleh variabel *x-axis* dan, karenanya, adalah garis horizontal pada grafik. Titik impas pada grafik adalah titik di mana kedua alternatif memiliki biaya yang setara. Kami melihat bahwa jika, dalam konstruksi dua tahap, tahap kedua ditangguhkan selama 15 tahun, maka PW biaya konstruksi dua tahap sama dengan konstruksi satu tahap, dengan tahun 15 adalah titik impas. Grafik juga menunjukkan bahwa jika tahap kedua diperlukan sebelum Tahun 15, maka konstruksi satu tahap, dengan PW biaya yang lebih kecil, akan lebih disukai. Di sisi lain, jika tahap 0 kedua tidak akan diperlukan sampai setelah lima belas tahun, dua tahap lebih disukai. Keputusan tentang bagaimana membangun proyek sensitif terhadap usia dimana tahap kedua diperlukan hanya jika rentang perkiraan mencakup 15 tahun.



Gambar 3. Bagan Breakeven

Jika seseorang memperkirakan bahwa kapasitas tahap kedua akan berada di antara lima dan sepuluh tahun maka, keputusan tidak peka terhadap perkiraan itu. Untuk nilai apa pun dalam kisaran itu, hal ekonomis yang harus dilakukan adalah membangun kapasitas penuh sekarang. Namun, jika kapasitas tahap kedua diperlukan antara, katakanlah, 12 dan 18 tahun, keputusan akan

peka terhadap perkiraan kapan kapasitas penuh akan diperlukan. Satu pertanyaan yang diajukan adalah seberapa sensitif keputusan terhadap kebutuhan tahap kedua pada 16 tahun atau lebih. Grafik menunjukkan bahwa keputusan tidak peka. Dalam semua kasus untuk konstruksi pada atau setelah 16 tahun, konstruksi dua tahap memiliki PW biaya yang lebih rendah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Observasi Awal

Pengumpulan data mesin-mesin serta peralatan yang digunakan di PT FSW untuk keberlangsungan proses produksi yang terkait dengan sistem udara bertekanan disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Data mesin kompresor di *line paper machine 1*

No.	Manufaktur	Model	Nama Mesin	Jenis/ tipe	Tahun Install	Maks. Pressure (Bar)	Kapasitas (m^3 /menit)
1	KAESER	DSD241	DSD01	Screw	2008	10	24
2	KAESER	CS121	MK03	Screw	2006	10	12
3	KAESER	CS121	MK02	Screw	2006	10	12
4	KAESER	CS91	MK01	Screw	2001	10	9

Tabel 3. Data Pneumatik di *line paper machine 1*

No.	Equipment Name	Location	Manuf.	Model	Cyl. Type	Bore \varnothing (mm)	Length (mm)	n/10 menit
1	AIR CYLINDER PRESS CT1	COAT	Parker	P1D-T Large	Dual	250	500	29
2	AIR CYLINDER PRESS CT2	COAT	Parker	P1D-T Large	Dual	250	500	29
3	CYL AIR COATING ROLL BMB	COAT	Metso	B1C13	Single	140	300	22
4	CYL AIR APPLICATOR BMB	COAT	Tomoe	846T	Dual	70	300	29
5	AIR CYL BACKING ROLL 1	COAT	Parker	P1D-T Large	Dual	200	320	34

Total ada 147 pneumatik di *paper machine 1*.

3.2 Perhitungan kapasitas udara bertekanan

Dengan perhitungan ini akan didapatkan kapasitas udara yang dihasilkan mesin *kompresor* dan juga kapasitas udara yang dibutuhkan oleh alat-alat pneumatik. Sehingga masalah utama dapat diketahui dan dilakukan perbaikan. Tabel 4 menyajikan perhitungan kapasitas kompresor saat ini yang dihitung menggunakan Persamaan (1) dan (2). Sedangkan Tabel 5 menunjukkan contoh perhitungan kebutuhan udara pada *cylinder pneumatic* dengan menggunakan Persamaan (3) dan dalam penelitian ini ada 147 pneumatik yang dihitung. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa kebutuhan udara jauh lebih besar daripada kapasitas kompresor yang tersedia, sehingga terdapat kekurangan sebesar 2.972 liter/menit (lihat Tabel 6).

Tabel 4. Perhitungan Kapasitas Kompresor

No.	Manufaktur	Model	Nama Mesin	Tahun Install	Kapasitas (m^3 /min)	Kapasitas (liter/min)
1	KAESER	DSD241	DSD01	2008	24	24000
2	KAESER	CS121	MK03	2006	12	12000
3	KAESER	CS121	MK02	2006	12	12000
4	KAESER	CS91	MK01	2001	9	9000
Total					57	57000

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan Udara *Cylinder Pneumatic*

No.	Equipment Name	Cyl. Type	Bore Ø(mm)	Length (mm)	n / 10min	n / min	Q	Capacity (l/min)
1	AIR CYLINDER PRESS CT1	Dual	250	500	19	1,9	3,342	634,98
2	AIR CYLINDER PRESS CT2	Dual	250	500	19	1,9	3,342	634,98
3	CYL AIR COATING ROLL BMB	Single	140	300	22	2,2	1,048	69,168
4	CYL AIR APPLICATOR BMB	Dual	70	300	29	2,9	0,252	43,848
5	AIR CYL BACKING ROLL 1	Dual	200	320	31	3,1	2,139	424,378

Tabel 6. Perbandingan Total Kapasitas *Compressor* dan *Cylinder Pneumatic*

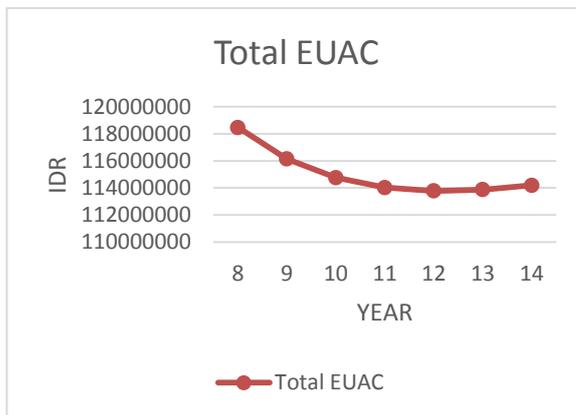
	Total Kapasitas (liter/menit)
<i>Compressor</i>	57.000
<i>Cylinder Pneumatic</i>	59.972
Kekurangan	-2.972

3.3 Analisis biaya tahunan rata-rata

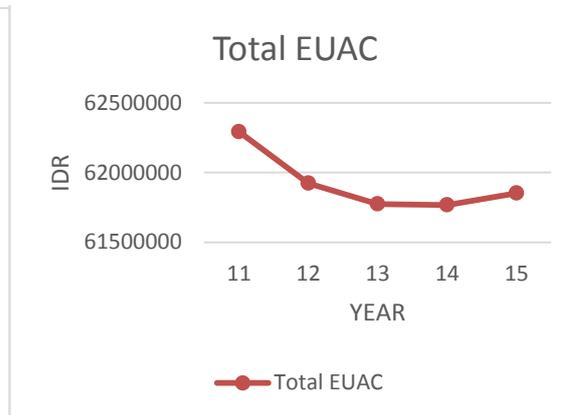
Dengan metode ini dapat diketahui biaya tahunan rata-rata dari setiap mesin sehingga dapat diketahui mesin tersebut saat ini belum melewati titik minimum atau sudah melewati titik minimum. Perhitungan EUAC dari keempat mesin kompresor saat ini dapat dilihat pada Tabel 7 dan grafik hasil perhitungan EUAC dari mesin-mesin saat ini dapat dilihat dari Gambar 4 -7.

Tabel 7. Nilai dan Biaya Perawatan Mesin *Kompresor di PM1*

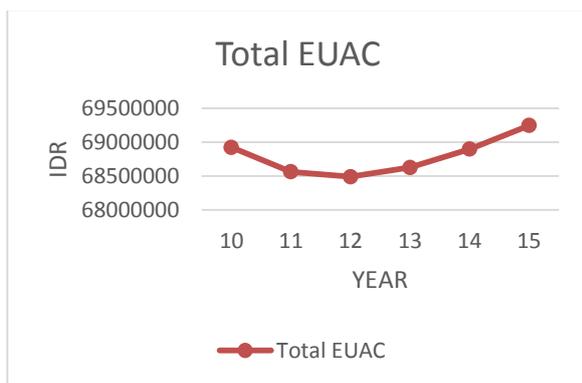
Nama Mesin	Tahun Beli	Umur Mesin (Tahun)	Harga Beli (IDR)	Harga Jual saat ini (IDR)	Maintenance Budget (IDR)		Bunga
					Tahun Lalu	Tahun Ini	
DSD01	2010	8	540.000.000	166.564.021	56000000	64000000	12%
MK01	2007	11	300.000.000	78.655.304	40000000	44000000	12%
MK02	2008	10	310.000.000	80.506.015	46800000	52000000	12%
MK03	2008	10	310.000.000	80.506.015	46800000	52000000	12%



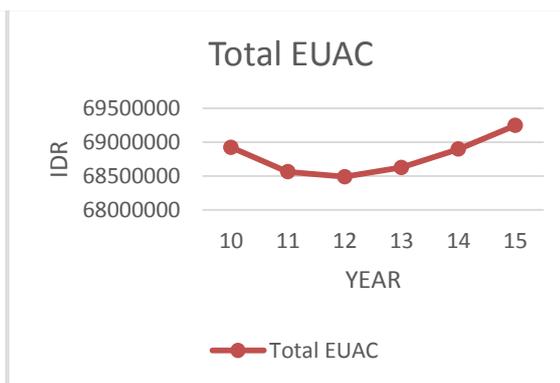
Gambar 4. EUAC DSD01



Gambar 5. EUAC MK01



Gambar 6. EUAC MK02



Gambar 7. EUAC MK03

Keempat hasil perhitungan EUAC mesin kompresor diatas belum mencapai titik minimum. Jadi mesin-mesin kompresor lama tetap dipertahankan dan belum perlu dilakukan pergantian.

3.4 Pemilihan Mesin Baru dan Analisis Sensitivitas

Untuk memenuhi kebutuhan udara agar mesin-mesin di Lini 1 dapat berjalan dengan baik, maka dilakukan pembelian mesin kompresor baru dan perlu dilakukan pemilihan mesin baru dengan menggunakan perhitungan total PWC. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui seberapa sensitif suatu keputusan terhadap perubahan nilai-nilai investasi yang mempengaruhinya, untuk itu maka setiap pengambilan keputusan pada ekonomi teknik hendaknya disertai dengan analisis sensitivitas. Tabel 8 menunjukkan beberapa tipe mesin yang disarankan.

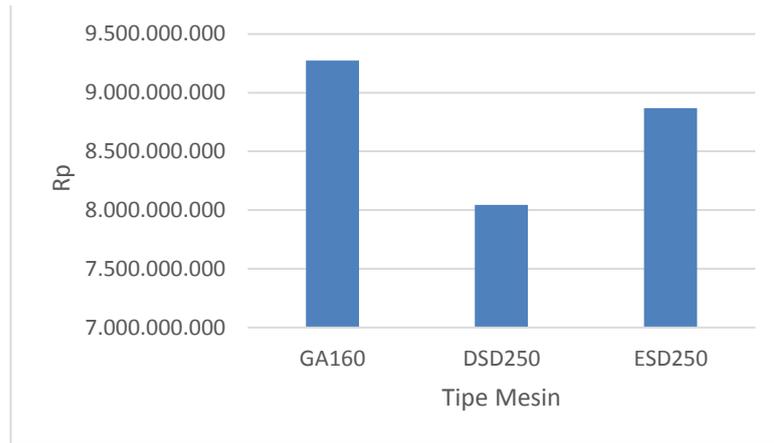
Tabel 8. Data Tipe Mesin Kompresor yang disarankan

			
	Atlas Copco GA 160	Kaeser DSD250	Kaeser ESD250
Kapasitas	30.500 liter/menit	29.789 liter/menit	36.160 liter/menit
Harga	Rp890.000.000	Rp790.000.000	Rp900.000.000
Power	160 kW	186,425 kW	186,425 kW
Biaya Mtc. Per Tahun	Rp77.100.000	Rp65.800.000	Rp70.800.000
Umur Pakai	13 Tahun	13 Tahun	13 Tahun

Dari perhitungan PWC untuk setiap mesin selama 13 tahun, didapatkan hasil sebagai berikut:

- Atlas Copco GA 160 sebesar Rp 9.274.801.368
- Kaeser DSD250 sebesar Rp 8.044.758.017
- Kaeser ESD250 sebesar Rp 8.868.381.739

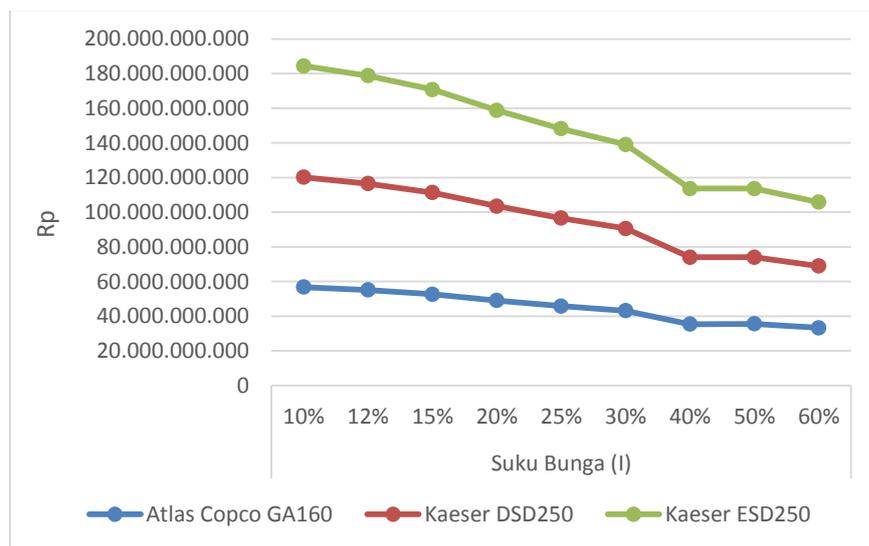
Gambar 8 adalah hasil perhitungannya total biaya untuk ketiga pilihan mesin dan yang terpilih dengan minimum PWC adalah Kompresor Atlas Copco GA 160,



Gambar 8. Total Present Worth Cost

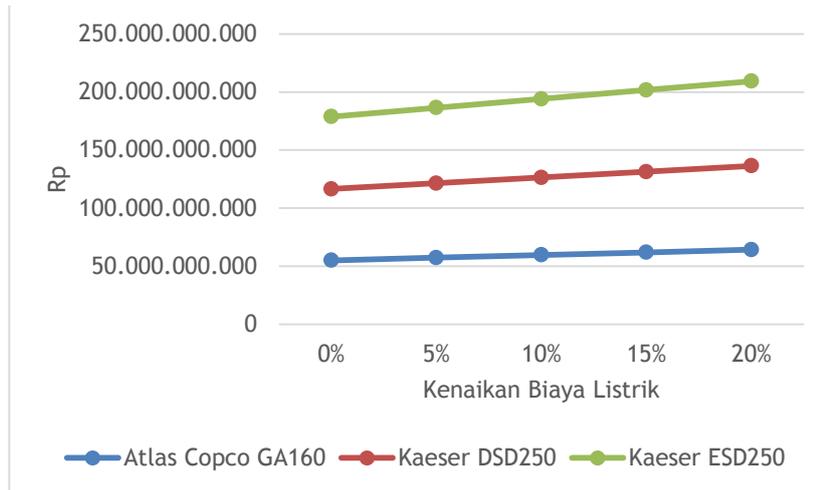
Karena banyak data yang dikumpulkan dalam memecahkan masalah merupakan proyeksi konsekuensi masa depan, mungkin akan ada ketidakpastian yang cukup besar mengenai keakuratan data tersebut. Karena hasil yang diinginkan dari analisis adalah pengambilan keputusan dan sejauh mana variasi data memengaruhi keputusan yang kita ambil. Sehingga dilakukan perhitungan selanjutnya dengan kemungkinan suku bunga (i) berubah dan biaya listrik meningkat setiap tahun. Berikut ini adalah hasil perhitungannya.

- a. Hasil perhitungan jika suku bunga (i) berubah
 Gambar 9 menunjukkan bahwa walaupun suku bunga berubah mulai dari 10% hingga 60% hasilnya tetap Atlas Copco GA160 yang memiliki nilai minimum. Ini berarti perubahan suku bunga tahunan tidak cukup sensitif terhadap pemilihan mesin untuk investasi.



Gambar 9. Grafik Breakeven untuk perubahan suku bunga berubah

- b. Hasil perhitungan jika biaya listrik mengalami kenaikan
 Gambar 10 menunjukkan bahwa walaupun biaya listrik mengalami kenaikan hingga 20% hasilnya tetap Atlas Copco GA160 yang memiliki nilai minimum. Ini berarti perubahan tarif listrik tahunan tidak cukup sensitif terhadap pemilihan mesin untuk investasi.



Gambar 10. Grafik *Breakeven* untuk perubahan biaya listrik

4. Simpulan

Berdasarkan perhitungan kapasitas mesin maka dihasilkan total udara bertekanan yang dihasilkan mesin *kompresor* sebesar 57000 liter/menit dan kebutuhan udara dari alat-alat pneumatik sebesar 59972 liter/menit. Dari hasil tersebut terlihat bahwa kebutuhan udara bertekanan untuk alat-alat pneumatik lebih besar dari kapasitas udara yang bertekanan yang dihasilkan mesin *kompresor*. Sehingga diperlukan penambahan kapasitas mesin *kompresor*. Kemudian dari perhitungan *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC) keempat mesin *kompresor* yang saat ini dipakai belum perlu dilakukan penggantian mesin. Jadi keputusan terbaik adalah dengan penambahan mesin baru. Penambahan mesin yang dilakukan adalah dengan membeli mesin *kompresor* dengan kapasitas 27000 liter/menit. Ini dikarenakan pertimbangan jika terjadi kerusakan pada salah satu mesin *kompresor* yang lain maka *kompresor* baru dapat menggantikannya tanpa mempengaruhi tekanan udara pada *paper machine*. Sehingga saat proses perbaikan *kompresor* yang rusak tidak akan mengganggu jalannya proses produksi. Kemudian hasil perhitungan total *present worth cost* dengan pertimbangan tambahan biaya energi didapatkan total *cost* terkecil adalah *Kompresor* Atlas Copco GA 160 dengan nilai Rp 13.601.792.092,-. Hasil dari perhitungan ini berbeda dengan hasil perhitungan total *present worth cost* tanpa menambahkan biaya energi dengan didapatkan nilai total *cost* terkecil adalah Kaeser DSD250 sejumlah Rp3.778.596.000,-. Setelah dimasukkannya faktor lain seperti perubahan suku bunga (i) dan kenaikan tarif listrik, hasil dari perhitungan total *cost* menunjukkan *kompresor* Atlas Copco GA160 tetap berada di posisi minimum. Maka perubahan suku bunga (i) dan kenaikan tarif listrik sebesar tidak cukup sensitif terhadap pemilihan mesin untuk investasi.

5. Daftar Pustaka

1. Giatman. (2006). *M. Ekonomi Teknik*, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
2. Nopirin. (2000). *Ekonomi Moneter*, Buku 1, Edisi ke-4, BPFE, Yogyakarta.
3. Newnan, Donald G. (1988). *Engineering Economic Analysis*, Third Edition, Engineering Press Inc., California.
4. Pujawan I. Nyoman. (2009). *Ekonomi Teknik*, Guna Widya, Surabaya.
5. Pramono. (2008). *Modul Pneumatik*, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang.
6. Suhaedi. (2000). *Suku Bunga sebagai salah satu Indikator Ekspektasi Inflasi*, Yogyakarta.
7. Wijaya. Made, A.A. Alit Triadi, Anwar. Syahrul. (2016). *Studi Kelayakan Penggunaan Mesin Diesel Dengan Metode Break Even Point (BEP) dan Analisis Sensitivitas pada PLTD*, *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 6 No. 1, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.