

ANALISIS UMUR MESIN DAN TOTAL BIAYA PADA MESIN PRESS MENGGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE COST* DI PT. XYZ

Eka Nur Inayah¹⁾, Endang Pudji Widjajati²⁾

^{1, 2)} Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294

e-mail : ekanurinayah3@gmail.com¹⁾, Endangp.ti@upnjatim.ac.id²⁾

ABSTRAK

Perawatan mesin sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kelancaran proses produksi. PT XZY merupakan salah satu perusahaan bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi tungku kompor. Dalam proses produksinya banyak melibatkan mesin-mesin. Salah satu mesin yang memiliki kerusakan relative tinggi dibandingkan mesin lainnya adalah mesin press yang merupakan salah satu mesin vital perusahaan yang mendukung secara keseluruhan proses produksi. Umur dari mesin press sendiri saat ini telah mencapai 15 tahun. Permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan adalah pihak perusahaan mengestimasi umur mesin press akan mampu digunakan hingga 20 tahun. Namun pada bulan agustus 2018 sampai agustus 2019 mesin press telah mengalami sebanyak 21 kali kerusakan. Jumlah kerusakan ini menjadi bahan perhatian untuk menganalisa waktu penggantian mesin press. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan umur mesin beserta total biayanya apakah masih sesuai dengan estimasi perusahaan, maka digunakan metode Life Cycle Cost (LCC). Life Cycle Cost (LCC) adalah perhitungan berupa penjumlahan perkiraan biaya dari awal hingga akhir waktu suatu peralatan atau proyek sebagaimana ditentukan oleh studi analisis dan perkiraan total biaya yang dialami selama hidup. Hasil perhitungan didapatkan total biaya life cycle cost yang paling rendah atau paling minimal sebesar Rp.251.469.844,30 dengan umur optimal mesin sebesar 9 tahun dan jumlah mekanik sebanyak satu orang. Dibandingkan dengan rata-rata total biaya penggunaan mesin press pada perusahaan sebesar Rp. 367.051.000,- per tahun.

Kata Kunci : Waktu Antar Kerusakan, Perawatan, Life Cycle Cost

ABSTRACT

Machine maintenance is very important to improve the production process. PT XZY is one of the companies engaged in manufacturing that produces stove furnaces. In the production process, many machines are involved. One machine that has relatively high damage compared to other machines is a press machine which is one of the company's vital machines that supports the entire production process. The age of the press itself has now reached 15 years. The problem being faced by the company is the company estimates that the age of the press will be able to be used up to 20 years. But in August 2018 until August 2019 the press had suffered 21 times of damage. This amount of damage is a matter of concern for analyzing the time of the press machine replacement. The purpose of this research is to determine the age of the machine along with the total cost of whether it is still in accordance with company estimates, then the Life Cycle Cost (LCC) method is used. Life Cycle Cost (LCC) is a calculation in the form of the sum of estimated costs from the beginning to the end of the time of an equipment or project as determined by an analysis study and an estimate of the total cost experienced during life. The calculation results obtained the lowest total or minimum life cycle cost of Rp.251.469.844,30 with an optimal engine life of 9 years and a mechanical number of one person. Compared to the average total cost of using a press machine in the company of Rp. 367,051,000 per year.

Keywords: Mean Time To Failure, Maintenance, Life Cycle Cost

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri manufaktur saat ini berlangsung sangat pesat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini membuat persaingan semakin ketat dan kompetitif antar perusahaan yang satu dengan perusahaan lainnya. Oleh karena itu perusahaan harus melakukan perbaikan fasilitas produksi secara berkala untuk meningkatkan kelancaran proses produksi. Salah satu bagian yang perlu diperhatikan adalah sistem perawatan mesin didalam suatu perusahaan. Perawatan merupakan konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga kualitas fasilitas atau mesin agar berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya. (Ansori dan Mustajib, 2013).

PT. XZY merupakan salah satu perusahaan bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi tungku kompor. Dalam proses produksinya banyak melibatkan mesin-mesin. Salah satu mesin yang memiliki kerusakan relative tinggi dibandingkan mesin lainnya adalah mesin press yang merupakan salah satu mesin vital perusahaan yang mendukung secara keseluruhan proses produksi. Perawatan mesin yang biasanya dilakukan oleh perusahaan berupa *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Umur dari mesin press sendiri saat ini telah mencapai 15 tahun.

Permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan adalah pihak perusahaan mengestimasi umur mesin press akan mampu digunakan hingga 20 tahun. Namun pada bulan agustus 2018 sampai agustus 2019 mesin press telah mengalami sebanyak 21 kali kerusakan. Dengan adanya masalah tersebut, maka perusahaan perlu menganalisa waktu penggantian mesin press. Untuk menentukan umur mesin beserta total biayanya apakah masih sesuai dengan estimasi perusahaan, maka digunakan metode *Life Cycle Cost (LCC)*. *Life Cycle Cost (LCC)* adalah perhitungan berupa penjumlahan perkiraan biaya dari awal hingga akhir waktu suatu peralatan atau proyek sebagaimana ditentukan oleh studi analisis dan perkiraan total biaya yang dialami selama hidup. (Al-Chalabi, 2017)

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perawatan

Perawatan adalah aktivitas agar komponen atau sistem yang rusak akan dikembalikan atau diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu (Alhilman, 2014). Dalam menjaga kesinambungan proses produksi dalam fasilitas dan peralatan seringkali dibutuhkan kegiatan pemeliharaan seperti pembersihan (*cleaning*), inspeksi (*inspection*), pelumasan (*oiling*), serta pengadaan suku cadang (*stock spare part*) dari komponen yang terdapat dalam fasilitas industri. Dalam jurnalnya (Atmaji, 2015) mengatakan bahwa mesin-mesin produksi akan berjalan lancar apabila didukung oleh sistem perawatan yang terorganisasi dengan baik.

B. Tujuan Perawatan

Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan menurut (Sofjan Assauri, 1993), secara detail disebutkan sebagai berikut:

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*) dengan melaksanakan *maintenance* secara efektif dan efisien.
5. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.

6. Mengadakan kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dengan total biaya yang rendah.

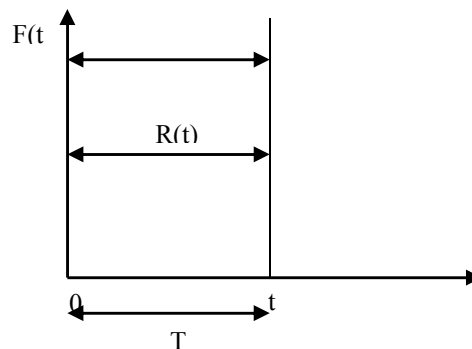
C. Fungsi Perawatan

Menurut Ahyari (2002), fungsi perawatan adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi.

D. Keandalan (Reliability)

Menurut Kurniawan (2013), *reliability* atau keandalan menunjukkan keberadaan atau kondisi suatu fasilitas. Kondisi tersebut dapat dikatakan positif ataupun negative. Konsep *reliability* melibatkan metode statistik. *Reliability* juga dapat dikuantifikasikan dengan menggunakan rata-rata banyaknya kegagalan dalam rangka waktu tertentu (*failure rate*). Dapat pula dinyatakan sebagai lamanya waktu rata-rata antar kegagalan (*mean time to failure*).

Fungsi distribusi kumulatif pada perawatan adalah probabilitas kerusakan yang merupakan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu tertentu (Kennet dkk, 2014). Menurut Ansori dan Mustajib (2013) Suatu peralatan dinyatakan memiliki dua *state* yaitu "baik" dan "rusak" yang merupakan proses probabilistik sehingga jika keandalan berharga 1, maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan baik dan jika berharga 0, maka dipastikan bahwa sistem dalam keadaan rusak. Jika keandalan adalah $R(t)$ maka keandalan berkisar $0 \leq R(t) \leq 1$ sehingga dapat digambarkan sebagai berikut:



GAMBAR 1 FUNGSI KEANDALAN SEBAGAI FUNGSI WAKTU

Dimana: $R(t)$ = Fungsi keandalan
 $F(t)$ = Probabilitas kerusakan
 T = Lamanya suatu peralatan beroperasi sampai dengan rusak
 $R(t)$ = $P \{ \text{alat dapat berfungsi} \}$ pada saat t
 $= P \{ T \}$ (mesin dapat berfungsi)
 $= 1 - P \{ T > t \}$
 $= 1 - F \{ t \}$

E. MTTF (Mean Time to Failure) dan MTTR (Mean Time to Repair)

Menurut Mital dkk (2008), MTTF (*Mean Time to Failure*) merupakan nilai rata-rata waktu kegagalan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen), untuk sistem yang dapat direparasi maka MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak kembali atau perlu diperiksa kembali. MTTR (*Mean Time to Repair*) adalah waktu rata-rata untuk waktu pengecekan atau perbaikan saat komponen tersebut diperiksa sampai komponen tersebut digunakan dan dihidupkan kembali. Karena perhitungan MTTR dan MTTF sama maka didefinisikan sebagai berikut:

$$MTTF/MTTR = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: MTTF : rata-rata waktu antar kerusakan
 MTTR : rata-rata waktu antar perbaikan
 t : waktu proses kerusakan
 f(t) dt : fungsi kepadatan di waktu t
 R(t) : tingkat keandalan atau *reliability*

F. *Biaya Perawatan*

Menurut Handoko dalam Yanti (2015), biaya *preventive maintenance* terdiri atas biaya-biaya yang timbul dari kegiatan pemeriksaan dan penyesuaian peralatan, penggantian atau perbaikan komponen-komponen, dan kehilangan waktu produksi yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan tersebut. Sedangkan biaya *corrective maintenance* adalah biaya-biaya yang timbul bila peralatan rusak atau tidak dapat beroperasi, yang meliputi kehilangan waktu produksi, biaya pelaksanaan pemeliharaan ataupun biaya penggantian peralatan

G. *Life Cycle Cost*

Life cycle cost (LCC) merupakan estimasi total biaya dari kepemilikan asset, termasuk biaya pembelian, operasi, perawatan, renovasi dan lain-lain selama umur proyek sesuai dengan *time value of money* (Barringer 2003). Menurut Suharyo dkk (2017) metode *life cycle cost* dipergunakan untuk mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan pada masing-masing alternatif selama masa daur hidupnya. *life cycle cost* banyak digunakan karena perhitungan biaya dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* lebih sederhana dengan komposisi biaya yang sama dibandingkan perhitungan biaya dengan metode yang lain. (Sari dkk, (2015)

Menurut Janitra dkk (2018), konsep *life cycle cost* adalah sebuah proses untuk menentukan biaya paling efektif diantara banyak alternatif yang tersedia. Didalam *life cycle cost* memiliki banyak variabel yang tak terduga dan karena ini berkaitan dengan masa mendatang maka variabel ini akan sulit diperkirakan dengan berdasarkan pengetahuan dan kecenderungan saat ini. Sebagai contoh untuk saat ini atap datar dapat memiliki banyak masalah dan tidak disarankan sebagai solusi yang tahan lama dan bebas masalah, sehingga menyebabkan *life cycle cost* yang lebih rendah. (Rudy dkk, 2019)

H. *Model Life Cycle Cost*

Life cycle cost modelling adalah biaya pemilikan seluruhnya sepanjang umur dan suatu proyek termasuk biaya awal, biaya operasi, dan pemeliharaan, penggantian dan sistem/komponen yang penting, biaya penggunaan dasar faktor-faktor lain seperti pajak, asuransi dan lain-lain (Sombah dkk, 2016). Sedangkan menurut Firsani dan Utomo (2012) *Life cycle cost modelling* dibuat untuk memperlihatkan persentase dari tiap kategori biaya di dalam *life cycle cost*.

Berikut merupakan perhitungan untuk mencari nilai total *life cycle cost*:

1. Menghitung Biaya *Sustaining Cost*

Sustaining cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan atas kepemilikan suatu perangkat selama periode tertentu. *Sustaining Cost* merupakan jumlah dari *annual operation cost*, *annual maintenance cost*, dan *annual shortage cost*.

a. Menghitung *Annual Operating Cost*

$$OC = EC + (LC \cdot TK) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : OC : *Operating cost*
 EC : *Energy cost*
 LC : *Labor operating cost*
 TK : *Tenaga kerja*

b. Menghitung *Annual Maintenance cost*

$$MC = (Cr + Cl + Cc) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana: MC : *Maintenance cost*
 Cr : *Repair cost*
 CL : *Labor cost*
 Cc : *Consumable cost*

c. Menghitung *Annual Shortage Cost*
 $SC = Cs [E(S)]$(4)

Dimana: SC = *Shortage Cost*
 E(S) = Jumlah mekanik yang kurang
 Cs = *Shortage Cost/unit*

2. Menghitung *Acquisition Cost*

Acquisition cost merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal pembelian mesin. *Acquisition cost* merupakan penjumlahan antara *annual purchasing cost* dan *annual population cost*.

a. Menghitung *Annual Purchasing Cost*

$Purchasing Cost = Cost \text{ per unit} * (A/P, i, n)$(5)

Faktor (A/P, i, n) dapat dicari dengan menggunakan formula berikut:

$(A/P, I, n) = \frac{i(i+1)^n}{(1+i)^n - 1}$ (6)

Dimana: i = *discount rate*

n = jumlah tahun

b. Menghitung *Annual Population Cost*

$PC = Ci \times N$(7)

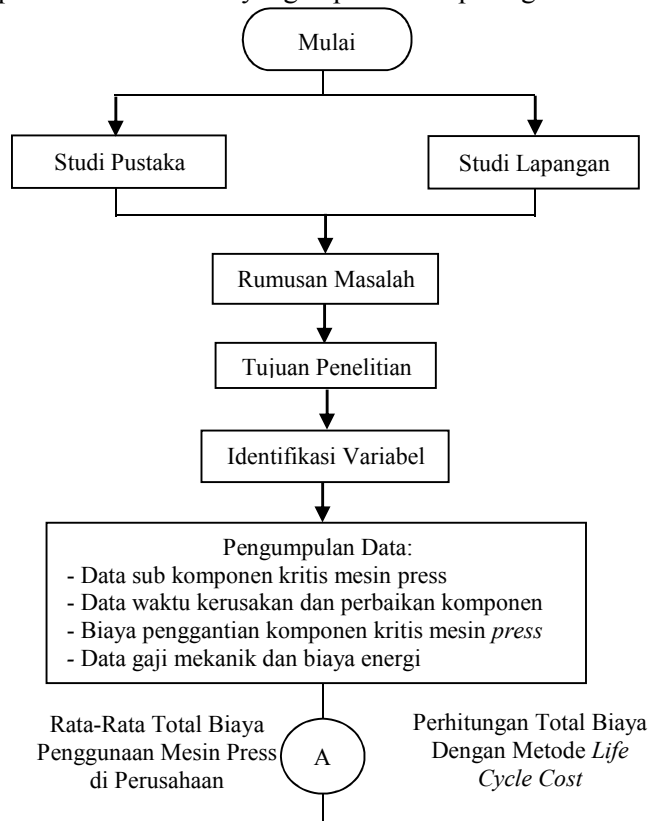
Dimana PC : *Population Cost*

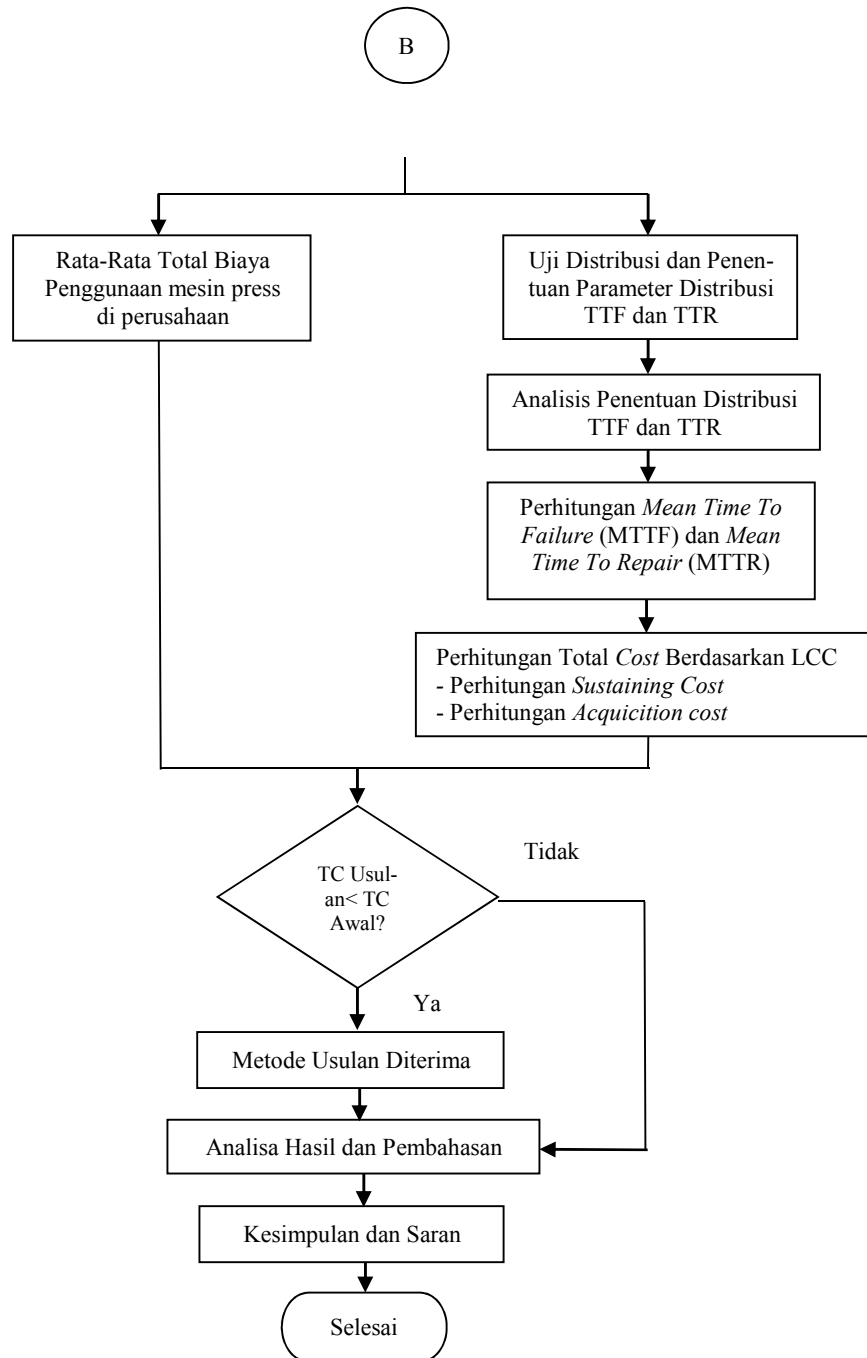
Ci : *Annual Equivalent Cost*

N : Jumlah Unit

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Life Cycle Cost* Adapun langkah-langkah pemecahan masalah yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:





GAMBAR 2 LANGKAH-LANGKAH DAN PEMECAHAN MASALAH

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang akan digunakan penelitian ini adalah data satu tahun terakhir berupa data waktu kerusakan dan waktu perbaikan. Berikut data satu tahun terakhir mulai bulan Agustus 2018-Agustus 2019.

TABEL 1
DATA WAKTU KERUSAKAN MESIN PRESS PADA BULAN AGUSTUS 2018-AGUSTUS 2019

No	Tanggal Kerusakan	Nama Komponen
1	03-09-2018	Ball Bearing
2	10-09-2018	Planetary Gear
3	22-09-2018	Ball Screw
4	27-09-2018	Ball Bearing
5	07-10-2018	Ball Bearing
6	15-10-2018	Clutch Spring
7	06-11-2018	Slide Adjuster

8	17-11-2018	Slip ring
9	23-11-2018	Clutch Spring
10	05-12-2018	Ball Bearing
11	10-12-2018	Ball Screw
12	21-12-2018	Clutch Spring
13	11-01-2019	Slip ring
14	29-01-2019	Planetary Gear
15	04-03-2019	Crankshaft
16	25-03-2019	Slide Adjuster
17	10-04-2019	Planetary Gear
18	02-05-2019	Ball Screw
19	10-06-2019	Crankshaft
20	11-07-2019	Clutch Spring
21	15-07-2019	Clutch Spring

Sumber: Data Sekunder/Data Perusahaan

TABEL 2
DATA WAKTU PERBAIKAN MESIN PRESS PADA BULAN AGUSTUS 2018-AGUSTUS 2019

No	Nama Komponen	Tanggal Perbaikan	Waktu Perbaikan (Time To Repair) (Menit)	Waktu Perbaikan (Time To Repair) (Jam)
1	Ball Bearing	03-09-2018	53	0,8833
2	Planetary Gear	10-09-2018	49	0,8167
3	Ball Screw	22-09-2018	62	1,0333
4	Ball Bearing	27-09-2018	39	0,6500
5	Ball Bearing	07-10-2018	40	0,6667
6	Clutch Spring	15-10-2018	46	0,7667
7	Slide Adjuster	06-11-2018	30	0,5000
8	Slip ring	17-11-2018	56	0,9333
9	Clutch Spring	23-11-2018	32	0,5333
10	Ball Bearing	05-12-2018	46	0,7667
11	Ball Screw	10-12-2018	29	0,4833
12	Clutch Spring	21-12-2018	39	0,6500
13	Clutch Spring	11-01-2019	40	0,6667
14	Planetary Gear	29-01-2019	47	0,7833
15	Crankshaft	04-03-2019	32	0,5333
16	Slide Adjuster	25-03-2019	37	0,6167
17	Planetary Gear	10-04-2019	69	1,1500
18	Ball Screw	02-05-2019	27	0,4500
19	Crankshaft	10-06-2019	34	0,5667
20	Slip ring	11-07-2019	50	0,8333
21	Clutch Spring	15-07-2019	35	0,5833

Sumber: Data Sekunder/Data Perusahaan

Perawatan yang dilakukan oleh perusahaan berupa *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Berdasarkan data informasi dari perusahaan, untuk biaya perawatan komponen dapat dilihat pada tabel berikut.

TABEL 3
RATA-RATA TOTAL BIAYA PENGGUNAAN MESIN PRESS PADA PERUSAHAAN

No	Jenis Biaya	Jumlah
1	Biaya Tenaga Kerja	Rp.120.000.000
2	Biaya Energi	Rp. 60.000.000
3	Biaya Perawatan	Rp.155.000.000
4	Biaya Penggantian Komponen	Rp. 32.051.000
	Total	Rp. 367.051.000

Sumber: Data Sekunder/Data Perusahaan

A. Pengolahan Data

1. Penentuan Distribusi dan Parameter Keandalan *Time To Failure*

Menentukan rata-rata data antar kerusakan (TTF) perlu untuk mengetahui distribusi yang digunakan untuk data tersebut. Didapatkan distribusi lognormal untuk data TTF dengan menggunakan *software* Minitab 16 dan perhitungan manual didapatkan nilai rata-rata antar kerusakan mesin press yaitu 317,457 jam.

2. Penentuan Distribusi dan Parameter Keandalan *Time To Repair*

Menentukan rata-rata waktu perbaikan (TTR) perlu untuk mengetahui distribusi yang digunakan untuk data tersebut. Didapatkan distribusi lognormal untuk data TTR dengan menggunakan *software* Minitab 16 dan perhitungan manual didapatkan nilai rata-rata waktu perbaikan mesin press yaitu 0,6867 jam.

3. Perhitungan *Metode Life Cycle cost*

A. Perhitungan *Sustaining Cost*

Sustaining cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan atas kepemilikan suatu perangkat selama periode tertentu. *Sustaining cost* merupakan jumlah dari *annual operation cost*, *annual maintenance cost*, dan *annual shortage cost*. Berikut merupakan langkah-langkah untuk menentukan *sustaining cost*.

1. Perhitungan *Operating Cost*

Biaya Tenaga Kerja

= Rp. 3.000.000 x 12 bulan x 2 orang = Rp. 72.000.000

Data Biaya Energi Tahun

= Biaya Listrik/hari x 312 hari

= Rp. 140.858,88 x 312 hari = Rp. 43.947.970,56

Contoh Perhitungan Biaya Operasional Tahun ke-1

Biaya Operasional = Biaya Tenaga Kerja + Biaya Energi

= Rp. 72.000.000 + Rp. 43.947.970,56

= Rp. 123.413.491,20

Perhitungan diatas merupakan nilai perhitungan *operating cost* tahun ke-1, maka untuk dapat menghitung *operating cost* dalam 20 tahun kedepan (sesuai estimasi perusahaan) maka menggunakan data inflasi tahun 2018 sebesar 3,13% (BI) untuk biaya energi dan kenaikan gaji sebesar 5% setiap tahunnya sesuai kebijakan perusahaan.

TABEL 4
ANNUAL OPERATING COST

Tahun	Biaya Tenaga Kerja	Biaya Energi	Biaya Operasional
1	Rp. 72.000.000,00	Rp 43.947.970,56	Rp 115.947.970,56
2	Rp. 75.600.000,00	Rp 45.323.542,04	Rp 120.923.542,04
3	Rp. 79.380.000,00	Rp 46.742.168,90	Rp 126.122.168,90
4	Rp. 83.349.000,00	Rp 48.205.198,79	Rp 131.554.198,79
5	Rp. 87.516.450,00	Rp 49.714.021,51	Rp 137.230.471,51
6	Rp. 91.892.272,50	Rp 51.270.070,39	Rp 143.162.342,89
7	Rp. 96.486.886,10	Rp 52.874.823,59	Rp 149.361.709,71
8	Rp. 101.311.230,4	Rp 54.529.805,57	Rp 155.841.036,00
9	Rp. 106.376.792,0	Rp 56.236.588,48	Rp 162.613.380,44
10	Rp. 111.695.631,6	Rp 57.996.793,70	Rp 169.692.425,25
11	Rp. 117.280.413,1	Rp 59.812.093,34	Rp 177.092.506,47
12	Rp. 123.144.433,8	Rp 61.684.211,87	Rp 184.828.645,65
13	Rp. 129.301.655,5	Rp 63.614.927,70	Rp 192.916.583,17
14	Rp. 135.766.738,2	Rp 65.606.074,93	Rp 201.372.813,18
15	Rp. 142.555.075,2	Rp 67.659.545,08	Rp 210.214.620,24
16	Rp. 149.682.828,9	Rp 69.777.288,84	Rp 219.460.117,76
17	Rp. 157.166.970,4	Rp 71.961.317,98	Rp 229.128.288,35
18	Rp. 165.025.318,9	Rp 74.213.707,23	Rp 239.239.026,12
19	Rp. 173.276.584,8	Rp 76.536.596,27	Rp 249.813.181,10
20	Rp. 181.940.414,1	Rp 78.932.191,73	Rp 260.872.605,80

Sumber Data: Pengolahan Data

2. Perhitungan *Maintenance Cost*

Maintenance cost dihitung untuk mengetahui besarnya biaya pemeliharaan mesin tahunan. Inputan data yang dibutuhkan adalah biaya tenaga kerja, biaya penggantian komponen dan biaya bahan habis pakai. Untuk biaya tenaga kerja berbeda untuk masing-masing M atau jumlah mekanik. Untuk M=1 dikondisikan jumlah mekanik sebanyak 1 orang, M=2 sebanyak 2 orang dan M=3 dikondisikan sebanyak 3 orang mekanik. Dalam menentukan jumlah mekanik maka diperlukan data tingkat kenaikan gaji setiap tahunnya sebesar 5% sesuai kebijakan perusahaan. Berikut adalah contoh perhitungan *Maintenance cost* dengan jumlah M=1 Tahun ke-1

Maintenance cost = Biaya Tenaga Kerja + Biaya Penggantian Komponen + Biaya Bahan Habis Pakai

$$= \text{Rp. } 36.000.000 + \text{Rp. } 32.051.000 + \text{Rp. } 2.920.000$$

$$= \text{Rp. } 70.971.000$$

TABEL 5
ANNUAL MAINTENANCE COST

Umur (n)	Jumlah Mekanik (m)		
	1	2	3
1	Rp 70.971.000,00	Rp 106.971.000,00	Rp 142.971.000,00
2	Rp 72.771.000,00	Rp 110.571.000,00	Rp 148.371.000,00
3	Rp 74.661.000,00	Rp 114.351.000,00	Rp 154.041.000,00
4	Rp 76.645.500,00	Rp 118.320.000,00	Rp 159.994.500,00
5	Rp 78.729.225,00	Rp 122.487.450,00	Rp 166.245.675,00
6	Rp 80.917.136,25	Rp 126.863.272,50	Rp 172.809.408,75
7	Rp 83.214.443,06	Rp 131.457.886,13	Rp 179.701.329,19
8	Rp 85.626.615,22	Rp 136.282.230,43	Rp 186.937.845,65
9	Rp 88.159.395,98	Rp 141.347.791,95	Rp 194.536.187,93
10	Rp 90.818.815,78	Rp 146.666.631,55	Rp 202.514.447,33
11	Rp 93.611.206,56	Rp 152.251.413,13	Rp 210.891.619,69
12	Rp 96.543.216,89	Rp 158.115.433,78	Rp 219.687.650,68
13	Rp 99.621.827,74	Rp 164.272.655,47	Rp 228.923.483,21
14	Rp 102.854.369,12	Rp 170.737.738,25	Rp 238.621.107,37
15	Rp 106.248.537,58	Rp 177.526.075,16	Rp 248.803.612,74
16	Rp 109.812.414,46	Rp 184.653.828,92	Rp 259.495.243,38
17	Rp 113.554.485,18	Rp 192.137.970,36	Rp 270.721.455,55
18	Rp 117.483.659,44	Rp 199.996.318,88	Rp 282.508.978,32
19	Rp 121.609.292,41	Rp 208.247.584,83	Rp 294.885.877,24
20	Rp 125.941.207,03	Rp 216.911.414,07	Rp 307.881.621,10

Sumber : Pengolahan Data

3. Perhitungan *Shortage Cost*

Shortage cost adalah biaya yang dikeluarkan karena adanya unit mesin yang tidak dapat diperbaiki dikarenakan kurangnya jumlah teknisi pemeliharaan. Jumlah *Shortage cost* dipengaruhi oleh biaya kekurangan per unit dan jumlah yang diharapkan unit tidak dilayani. *Shortage cost* didapatkan dari hasil perkalian antara estimasi mesin tidak diperbaiki dengan jumlah *potential loss*/jam dan *delay time* dikarenakan mesin mengalami kerusakan. Data *potential loss*/jam sebesar Rp.1.500.000 Berikut adalah contoh perhitungan *shortage cost* pada tahun pertama dengan M=1.

$$C_s = \text{Potential loss/ jam} \times \text{delay time}$$

$$C_s = \text{Rp. } 1.500.000 \times 0,8833$$

$$E(S) = 0,0375$$

$$SC = C_s[E(S)]$$

$$= \text{Rp. } 1.500.000 \times 0,8833 \times 0,0375 = \text{Rp. } 3.037.871,8087$$

TABEL 6
ANNUAL SHORTAGE COST

Umur (n)	Jumlah Mekanik (m)		
	1	2	3
1	Rp 49.686	Rp 48.096	Rp 24.644
2	Rp 56.352	Rp 54.147	Rp 27.931
3	Rp 87.262	Rp 83.232	Rp 43.244
4	Rp 67.373	Rp 63.570	Rp 33.345
5	Rp 84.804	Rp 79.104	Rp 41.902
6	Rp 119.720	Rp 110.175	Rp 59.113
7	Rp 96.000	Rp 86.850	Rp 47.250
8	Rp 220.352	Rp 195.433	Rp 108.216
9	Rp 154.950	Rp 134.312	Rp 75.915
10	Rp 274.402	Rp 231.505	Rp 133.981
11	Rp 212.990	Rp 174.350	Rp 103.885
12	Rp 352.560	Rp 279.143	Rp 171.893
13	Rp 444.422	Rp 339.317	Rp 217.011
14	Rp 639.995	Rp 470.215	Rp 314.064
15	Rp 531.487	Rp 375.657	Rp 263.264
16	Rp 744.480	Rp 506.927	Rp 374.460

17	Rp 1.665.315	Rp 1.097.100	Rp 856.980
18	Rp 771.998	Rp 495.180	Rp 410.063
19	Rp 1.134.477	Rp 715.147	Rp 627.762
20	Rp 1.913.923	Rp 1.198.452	Rp 1.112.580

Sumber : Pegolahan Data

B. Perhitungan *Acquicition Cost*

Acquisition cost merupakan penjumlahan antara *annual purchasing cost* dan *annual population cost*. Berikut merupakan perhitungan *annual purchasing cost* dan *annual population cost*.

1. Perhitungan *annual purchasing cost*

Annual purchasing cost adalah semua biaya yang dikeluarkan untuk pembelian seluruh perangkat mesin press. *Annual purchasing cost* akan berbeda pada setiap umur mesin yang dipengaruhi oleh suku bunga yang berlaku. Asumsi suku bunga pinjaman adalah 10% berdasarkan set harga bunga oleh Bank Indonesia pada tahun 2018. Harga satu unit mesin press adalah sebesar Rp 150.000.000 untuk nilai (A|P,i,n) didapatkan dari tabel appendix. Berikut merupakan contoh dari perhitungan *Annual purchasing cost* pada tahun tahun 1.

$$\begin{aligned} \text{Annual purchasing cost} &= \text{Rp. } 150.000.000 \times (A|P,i,n) \\ &= \text{Rp. } 150.000.000 \times 1.1000 \\ &= \text{Rp. } 165.000.000 \end{aligned}$$

TABEL 7
ANNUAL PURCHASING COST

N	Harga Unit	A/P 10%, n	<i>Annual purchasing cost</i>
1	Rp. 150.000.000	1,1000	Rp. 165.000000
2	Rp. 150.000.000	0,5762	Rp. 86.430.000
3	Rp. 150.000.000	0,4021	Rp. 60.315.000
4	Rp. 150.000.000	0,3155	Rp. 47.325.000
5	Rp. 150.000.000	0,2638	Rp. 39.570.000
6	Rp. 150.000.000	0,2296	Rp. 34.440.000
7	Rp. 150.000.000	0,2054	Rp. 30.810.000
8	Rp. 150.000.000	0,1874	Rp. 28.110.000
9	Rp. 150.000.000	0,1736	Rp. 26.040.000
10	Rp. 150.000.000	0,1627	Rp. 24.405.000
11	Rp. 150.000.000	0,1540	Rp. 23.100.000
12	Rp. 150.000.000	0,1468	Rp. 22.020.000
13	Rp. 150.000.000	0,1408	Rp. 21.120.000
14	Rp. 150.000.000	0,1357	Rp. 20.355.000
15	Rp. 150.000.000	0,1315	Rp. 19.725.000
16	Rp. 150.000.000	0,1278	Rp. 19.170.000
17	Rp. 150.000.000	0,1247	Rp. 18.705.000
18	Rp. 150.000.000	0,1219	Rp. 18.285.000
19	Rp. 150.000.000	0,1195	Rp. 17.925.000
20	Rp. 150.000.000	0,1175	Rp. 17.625.000

Sumber : Pengolahan Data

2. Perhitungan *annual population cost*

Population cost adalah biaya yang harus dikeluarkan pada setiap periode atas kepemilikan suatu alat. *Population cost* diperoleh dari *annual equivalent cost* perunit dikali jumlah unit perangkat. Sedangkan untuk mendapatkan *Equivalent cost* diperoleh dengan menghitung selisih *purchasing cost* dengan *book value*.

Berikut adalah contoh perhitungan *annual population cost* pada tahun ke 1

$$\text{Annual purchasing cost} = \text{Rp. } 165.000000$$

$$\text{Annual equivalent cost} = \text{Rp. } 15.375.000$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Population Cost} &= \text{Annual purchasing cost} + \text{Annual equivalent cost} \\ &= \text{Rp. } 165.000000 + \text{Rp. } 15.375.000 = \text{Rp. } 180.375.000,00 \end{aligned}$$

TABEL 8
ANNUAL POPULATION COST

N	Annual Purchasing Cost	Annual Equivalent Cost	Annual Population Cost
1	Rp. 165.000000	Rp.15.375.000	Rp.180.375.000
2	Rp. 86.430.000	Rp.13.973.408	Rp.100.403.408
3	Rp. 60.315.000	Rp.13.752.915	Rp.74.067.915
4	Rp. 47.325.000	Rp.13.816.037	Rp.61.141.037
5	Rp. 39.570.000	Rp.13.955.462	Rp.53.525.462
6	Rp. 34.440.000	Rp.14.142.367	Rp.48.582.367
7	Rp. 30.810.000	Rp.14.334.819	Rp.45.144.819
8	Rp. 28.110.000	Rp.14.519.393	Rp.42.629.393
9	Rp. 26.040.000	Rp.14.698.706	Rp.40.738.706
10	Rp. 24.405.000	Rp.14.872.531	Rp.39.277.531
11	Rp. 23.100.000	Rp.15.044.409	Rp.38.144.409
12	Rp. 22.020.000	Rp.15.197.885	Rp.37.217.885
13	Rp. 21.120.000	Rp.15.325.877	Rp.36.445.877
14	Rp. 20.355.000	Rp.15.448.500	Rp.35.803.500
15	Rp. 19.725.000	Rp.15.575.582	Rp.35.300.582
16	Rp. 19.170.000	Rp.15.666.917	Rp.34.836.917
17	Rp. 18.705.000	Rp.15.771.140	Rp.34.476.140
18	Rp. 18.285.000	Rp.15.848.850	Rp.34.133.850
19	Rp. 17.925.000	Rp.15.921.377	Rp.33.846.377
20	Rp. 17.625.000	Rp.16.001.059	Rp.33.626.059

Sumber : Pengolahan Data

4 Penentuan Umur Mesin, jumlah Mekanik dan Total Biaya Berdasarkan Metode *Life Cycle Cost*

Total *Life Cycle Cost* adalah perhitungan total cost dari awal biaya pembelian sampai akhir dari umur mesin. LCC diperoleh dari menjumlahkan total *sustaining cost* yang terdiri dari *operating cost, maintenance cost, shortage cost, dan aqicition cost* yang terdiri dari *purchasing cost* dan *population cost*.

Untuk menghitung Total *Life Cycle Cost* diperlukan nilai *sustaining cost* dan *aquicition*. Contoh perhitungan total *Life Cycle Cost* Tahun ke-1 dengan jumlah mekanik (M) = 1 sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Total LCC} &= \text{sustaining cost} + \text{aquicition cost} \\ &= \text{Rp. 143.020.685,6} + \text{Rp}345.375.000,00 \\ &= \text{Rp.488.395.685,63} \end{aligned}$$

TABEL 9
PENENTUAN UMUR MESIN, JUMLAH MEKANIK DAN TOTAL BIAYA BERDASARKAN METODE *LIFE CYCLE COST*

Umur (thn)	Jumlah Mekanik (m)		
	1	2	3
1	Rp.488.395.685,63	Rp.496.342.066,25	Rp.604.342.066,25
2	Rp.335.260.760,30	Rp.342.782.097,25	Rp.456.182.097,25
3	Rp.288.511.177,19	Rp.295.559.316,22	Rp.414.629.316,22
4	Rp.268.527.909,50	Rp.275.054.805,79	Rp.400.078.305,79
5	Rp.259.425.941,24	Rp.265.376.037,47	Rp.396.650.712,47
6	Rp.255.951.495,96	Rp.261.265.884,68	Rp.399.104.293,43
7	Rp.255.752.148,16	Rp.260.374.378,72	Rp.405.104.707,90
8	Rp.257.897.590,75	Rp.261.746.862,02	Rp.413.713.707,67
9	Rp.251.469.844,30	Rp.264.497.398,04	Rp.424.062.585,98
10	Rp.266.471.380,31	Rp.268.577.461,32	Rp.436.120.908,65
11	Rp.272.349.018,97	Rp.273.482.265,95	Rp.449.402.885,64
12	Rp.279.278.095,69	Rp.279.316.673,15	Rp.464.033.323,83
13	Rp.286.933.782,46	Rp.285.792.777,14	Rp.479.745.260,35
14	Rp.295.419.602,59	Rp.292.972.528,17	Rp.496.622.635,54
15	Rp.304.360.681,56	Rp.300.586.858,76	Rp.514.419.471,50
16	Rp.314.246.640,60	Rp.308.944.962,16	Rp.533.469.205,54
17	Rp.325.567.910,58	Rp.318.377.528,34	Rp.554.127.983,90
18	Rp.335.699.825,84	Rp.327.124.056,11	Rp.574.662.034,44
19	Rp.347.791.730,94	Rp.337.270.705,17	Rp.597.185.582,41
20	Rp.361.046.603,57	Rp.348.293.116,86	Rp.621.203.737,96

Sumber : Pengolahan Data

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa total *life cycle cost* dengan nilai tekecil terdapat pada jumlah mekanik (M) = 1, tahun (n)= 9 tahun dengan total *cost* sebesar Rp. Rp.251.469.844,30

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan total biaya penggunaan pada mesin press di PT. Elang Jagad Sidoarjo dilakukan dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC), didapatkan total biaya *life cycle cost* yang paling rendah atau paling minimal sebesar Rp.251.469.844,30 dengan umur optimal mesin sebesar 9 tahun dan jumlah mekanik sebanyak satu orang. Maka selanjutnya dapat dilakukan perbandingan antara total biaya penggunaan mesin press pada metode usulan yang terpilih/*life cycle cost* dengan dengan total biaya penggunaan mesin press pada perusahaan sebesar Rp. 367.051.000,- per tahun.

PUSTAKA

- Ahyari, Agus. 2002. *Manajemen Produksi dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: BPFE.
- Aisya, P., Budiasih E., dan Alhilman, J. (2018). Penentuan Optimasi Sistem Perawatan Pada Mesin Casting Line 37 Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (LCC) Di Pt Xyz. Vol. 4, NO. 01, pp. 32-37.
- Al-Chalabi, H. S. (2017) 'Life cycle cost analysis of the ventilation system in Stockholm's road tunnels', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol 24(3), pp. 358–375.
- Anggriawan, A., Saedudin, R., dan Kurniawati, A. (2015). Optimalisasi Umur Bts, Jumlah Maintenance Site Crew Dan Penentuan Biaya Maintenance Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: Pt Telkom Indonesia). *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*. Vol 02 (03) pp 33-38
- Ansori, N. dan Mustajib, M.I. (2013), *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*., Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Assauri, Sofjan. 1993. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Atmaji, F. T. D. (2015). Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di Pt Ksm. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*. Vol 2 (02) pp. 7–11.
- Barringer, HP (2003). *A Life Cycle Cost summary*. In: *International conference of maintenance societies (ICOMS®-2003, Presented by Maintenance Engineering Society of Australia)*.
- Blanchard, B. S., W.J.Fabricky. (1990) . *System Engineering and Analysis*, 2nd ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- Eliyus, A. R. and Alhilman, J.(2014). Estimasi Biaya Maintenance yang Optimal dengan Metode Markov Chain dan Penentuan Umur Mesin serta Jumlah Maintenance Crew yang Optimal dengan metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PT TOA GALVA). *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*. Vol.1(2), pp. 48–54.
- Firsani, T dan Utomo, C. (2014). Analisa Life Cycle Cost pada Green Building Diamond Building Malaysia. Vol. 1, No. 1, pp.34-39.
- Janitra K., Widyanugrah K., dan Alifen R.S. (2018). Perhitungan Life Cycle Cost Sistem Pendingin Ruangan Pada Gedung Hotel Goldvitel Surabaya. Pp 203-210
- Kara., S., dan Sadjiva, N. (2017). *Life Cycle cost Analysis Of Electrical Vehicles in Australia*. Australia: Elsevier Science
- Kennet, R., Shelemyahu, Z., dan Amberti, D. (2014). *Modern Industrial Statistics with Applications in R, Minitab, and JMP 2nd Edition*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Kianian, B., Kurdve, M., dan Andersson C. (2019). Comparing Life Cycle Costing and Performance Part Costing in Assessing Acquisition and Operational Cost of New Manufacturing Technologies. Gothenburg, Sweden: Elsevier Science.
- Kurniawan, Fajar. (2013). *Manajemen Perawatan Industri, Teknik, dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Listiyani R., Linawati L., dan Sasongko L.R. (2018). Analisis Proses Produksi Menggunakan Teori Antrian Secara Analitik dan Simulasi. Vol 8, No.6, pp 9-12.
- Mital, A., Desai, A., Subramanian, A., dan Mital, A. 2008. *Product Development: A Structured Approach to Consumer Product Development, Design, and Manufacture*. Netherlands: Elsevier Science.
- Pembayun, O.T., Alhilman, J. dan Atmaji, F.T.D. (2018). Analisis Umur Optimal Dan Jumlah Optimal Maintenance Set Crew Pompa Produksi Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (LCC) Pt. Xyz. Vol. 4, NO. 1, pp. 21-25.
- Rudy A.H.F.B., Pingkan A.K.P., dan Grace Y.M. (2019). Life Cycle Cost (LCC) Pada Proyek Pembangunan Gedung Akuntansi Universitas Negeri Manado (Unima) Di Tondano. Vol 07, No.11, pp. 1527-1536.

- Rully T., dan Putri C.F. (2015). Analisis Kebijakan Pemeliharaan Mesin dalam Rangka Meminimumkan Biaya Pemeliharaan pada PT. Paramount Bed Indonesia. Vol 01, No. 2, pp. 86-93
- Sari M.M., Hartini S., dan Sudarno. (2015). Pemilihan Desain Instalasi Pengelolaan Air Limbah Batik Yang Efektif Dan Efisien Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus Di Kampung Batik Semarang). Vol 10, No. 1, pp. 27-32.
- Sombah C.M., Dundu A.K.T., dan Sibi M. (2016). Studi Analisis Pelaksanaan Pekerjaan Pemancangan Dengan Metode Value Engineering Pada Proyek Interchange Maumbi – Manado. Vol. 06, No. 1, pp. 448-462.
- Yanti, Vivi Tri. 2015. Penerapan Preventive Maintenance dengan Menggunakan Metode Modularity Design pada Mesin Goss di PT. ABC. Surabaya. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Weygandt, J. J., Kimmel, P. D. and Kieso, D. E. (2012), Accounting Principles. 10th edn. Edited by E. Brislin. Hoboken: John Wiley & Sons.