

**ANALISIS TOTAL BIAYA DAN UMUR MESIN
MENGUNAKAN METODE LIFE CYCLE COST, ANALISIS
SENSITIVITAS, DAN ANALISIS REGRESI PADA SELURUH
MESIN TOWER DI PT. PIKIRAN RAKYAT**

***TOTAL COST AND AGE OF MACHINE ANALYSIS USING LIFE
CYCLE COST METHOD, SENSITIVITY ANALYSIS, AND
REGRESSION ANALYSIS IN ALL TOWER MACHINES AT PT.
PIKIRAN RAKYAT***

Fajar Asyiraq Tilammura¹, Endang Budiasih², Fransiskus Tatas Dwi Atmaji³
^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, ^{1,2,3}Fakultas Rekayasa Industri, ^{1,2,3}Universitas Telkom
¹fajar.asyiraq@gmail.com ²endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id
³Franstatas@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan yang terletak di Kota Bandung, Jawa Barat yang bergerak di bidang percetakan koran. Dalam proses produksinya, dibutuhkan 13 unit mesin untuk mampu menghasilkan produk jadi berupa koran. Mesin Tower merupakan salah satu jenis mesin yang terdapat pada lini produksi PT. XYZ. Mesin Tower terdiri atas 4 unit dengan nama Tower 1, Tower 2, Tower 3, Tower 4. Pihak perusahaan mengestimasi umur mesin akan mampu digunakan hingga 240 bulan atau 20 tahun. Namun pada rentang tahun 2016-2018 seluruh mesin tower total mengalami 1219 kali kerusakan. Jumlah kerusakan ini menjadi bahan perhatian untuk menganalisa Economic Replacement Time (ERT) seluruh mesin Tower. Untuk menentukan umur mesin (ERT) beserta total biayanya apakah masih sesuai dengan estimasi perusahaan, maka digunakan metode Life Cycle Cost (LCC). Kemudian untuk mencari pengaruh dari perubahan berupa kenaikan purchase price, penurunan operation cost, dan penurunan maintenance cost terhadap economic replacement time maka digunakan analisis sensitivitas yang kemudian dilanjutkan dengan analisis regresi untuk mendapatkan fungsi linier dari hasil perubahan variabel kenaikan purchase price, penurunan operation cost, dan penurunan maintenance cost terhadap ERT. Berdasarkan hasil perhitungan metode life cycle cost (LCC) maka didapatkan total nilai LCC terkecil adalah sebesar Rp. Rp. 95.990.741.336, dengan umur mesin optimal ialah 240 bulan. Dan berdasarkan hasil analisis regresi maka fungsi linier yang didapatkan adalah $ERT = 240$.

Kata Kunci: Mesin Tower, *Maintenance*, *Life Cycle Cost*, *Analisis Sensitivitas*, *Analisis Regresi*.

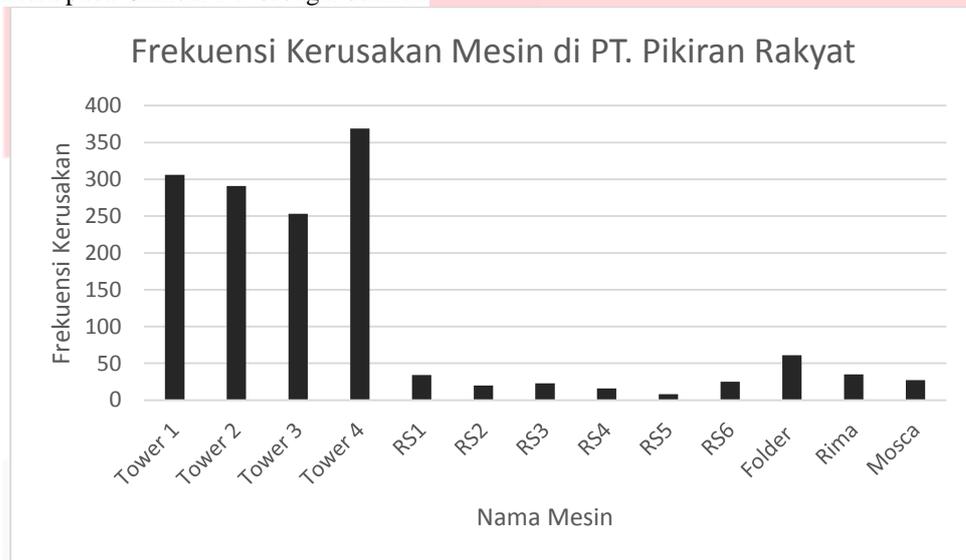
Abstract

PT. XYZ is one of the companies that located in Bandung, West Java that engaged in printing newspapers. In the production process, it takes 13 engine units to be able to produce finished products in the form of newspapers. Tower machine is one of the machines that could be founded in the production line of PT. XYZ. Tower machines consist of 4 units with the names Tower 1, Tower 2, Tower 3, and the last is Tower 4. In 2016-2018, the damaged frequency of all tower machines is 1219. The amount of damage is the concern to analyze is it still same with the company estimation about the economic replacement time of the machine. To determine the ERT (Economic Replacement Time) and the total cost, Life Cycle Cost (LCC) method is used. Then to look for the effect of changes in the increase in purchase price, decrease in operation cost, and decrease in maintenance costs against ERT, sensitivity analysis is used, followed by regression analysis to obtain a linear function of the variable change in purchase price increase, decrease operation cost, and decrease cost of ERT. Based on the results of the calculation of the life cycle cost (LCC) method, the smallest total LCC value is obtained at Rp. 95.990.741.336, with optimal engine life of 240 months. And based on the results of the regression analysis, the linear function obtained is $ERT = 240$.

Keywords: Tower Machine, *Maintenance*, *Life Cycle Cost*, *Sensitivity Analysis*, *Regression Analysis*.

1 Pendahuluan

PT. PIKIRAN RAKYAT membeli mesin percetakan offset yang mampu memproduksi maksimal 25.000 eksemplar koran setiap jamnya, namun semenjak kedatangan mesin percetakan dari Perancis yakni grup mesin Goss Universal 50 beserta berbagai sistem penunjangnya pada tahun 2006, hal ini mengakibatkan tingkat kemampuan produksi koran pada perusahaan meningkat menjadi 50.000 ribu eksemplar perjamnya. Hal ini dilakukan agar perusahaan mampu bersaing dengan perusahaan media cetak lainnya yang turut serta bersaing untuk pasar pulau Jawa khususnya Jawa Barat. Untuk itulah proses perawatan pada mesin percetakan menjadi hal yang vital dilakukan. Oleh karenanya PT. PIKIRAN RAKYAT adalah salah satu perusahaan yang menerapkan kegiatan perawatan mesin melalui perawatan preventive dan corrective pada seluruh mesin di lini produksinya. Dalam perjalanannya, dari tahun 2016 hingga tahun 2018 mesin ini telah mengalami banyak kerusakan seperti yang tertera pada Gambar 1. sebagai berikut.



Gambar 1. Frekuensi Kerusakan Seluruh Mesin Tahun 2016 - 2018

Pada Gambar 1 terlihat bahwa total kerusakan pada *group* mesin Goss Universal adalah 1468 kerusakan yang di dominasi oleh kerusakan pada seluruh mesin tower (tower 1, 2, 3, 4). Oleh karenanya peneliti menjadikan mesin tower 1 hingga tower 4 menjadi objek dalam penelitian. Dengan tingginya tingkat kerusakan pada 4 mesin sejenis yang ada pada lini produksi PT. PIKIRAN RAKYAT maka akan semakin besar pula biaya *maintenance* yang dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya perawatan seluruh mesin tower yang tinggi diakibatkan oleh sering terjadinya kerusakan pada jenis mesin tersebut. Untuk itu, dianggap perlu menganalisa waktu pergantian (*economic replacement time*) mesin tersebut berdasarkan metode LCC (*Life Cycle Cost*) sehingga dapat meminimalisir pengeluaran akibat meningkatnya biaya perawatan dan operasi mesin yang sudah melewati batas *economic replacement time* (Al-Chalabi, 2017)

Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

1.1 Dasar Teori

1.1.1 Manajemen Perawatan

Perawatan dapat diartikan sebagai kegiatan atau usaha mengembalikan komponen atau sistem yang rusak ataupun bermasalah menjadi suatu kondisi tertentu pada periode tertentu. Dalam jurnal lainnya manajemen perawatan diartikan sebagai sebuah proses untuk pengelolaan kegiatan perawatan dengan melalui tahapan kegiatan berupa perencanaan, pengorganisasian, serta pengendalian dari operasi tersebut untuk memberikan performansi mengenai fasilitas industry.

1.1.2 Corrective dan Preventive Maintenance

Corrective maintenance merupakan usaha perawatan berupa perbaikan pada saat terjadi kejadian kegagalan fungsi atas suatu benda. Menurut (Quintana and Ortiz, 2002) dalam jurnalnya menerangkan bahwa siklus dari *corrective maintenance* didalamnya termasuk identifikasi kegagalan mesin, lokalisasi, isolasi, *disassembly*, pelepasan dan pergantian komponen atau bahkan perbaikan ditempat, *reassembly*, pengecekan dan verifikasi dari kondisi setelah perawatan.

Preventive maintenance pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950, setelah adanya pengakuan akan kebutuhan untuk mencegah kegagalan (*failure*) (Murthy, Atrens and Eccleston, 2002).

1.1.3 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 (Barringer and Weber, 1996). Menurut (Jekayinfa et al., 2005) LCC pada setiap aset pada

dasarnya adalah biaya untuk pembelian, install, pengoperasian, memelihara, serta membuang aset tersebut. Life cycle cost bisa digunakan dalam 6 (enam) keperluan, diantaranya untuk perbandingan persaingan proyek, untuk mengontrol proyek yang telah berjalan, untuk melaksanakan perencanaan penganggaran jangka panjang, sebagai bahan dalam pertimbangan kandidat pemenang lelang dalam suatu proyek, sebagai perbandingan konsep logistik, dan yang terakhir sebagai alat pertimbangan dalam keputusan pergantian (*replacement*) akibat penuaan peralatan (Al-Chalabi, 2017). Dalam penelitian lain juga disebutkan bahwa tujuan dari analisis LCC adalah untuk memilih pendekatan biaya yang paling efektif dari serangkaian alternatif (Alhilman *et al.*, 2015).

1.1.4 Analisis Sensitivitas

Menurut (Saltelli, 2002) analisis sensitivitas adalah studi tentang bagaimana ketidakpastian dalam output dari model atau sistem matematika (numerik atau sebaliknya) dapat dibagikan ke berbagai sumber ketidakpastian dalam inputnya. Dengan melakukan analisis sensitivitas maka akibat yang mungkin terjadi dari perubahan – perubahan tersebut dapat diketahui dan diantisipasi sebelumnya. Alasan dilakukannya analisis sensitivitas adalah untuk mengantisipasi adanya perubahan – perubahan berikut:

1. Adanya cost over run, yaitu kenaikan berbagai biaya seperti biaya konstruksi, biaya produksi, dan lain sebagainya.
2. Penurunan produktivitas
3. Mundurnya jadwal pelaksanaan proyek.

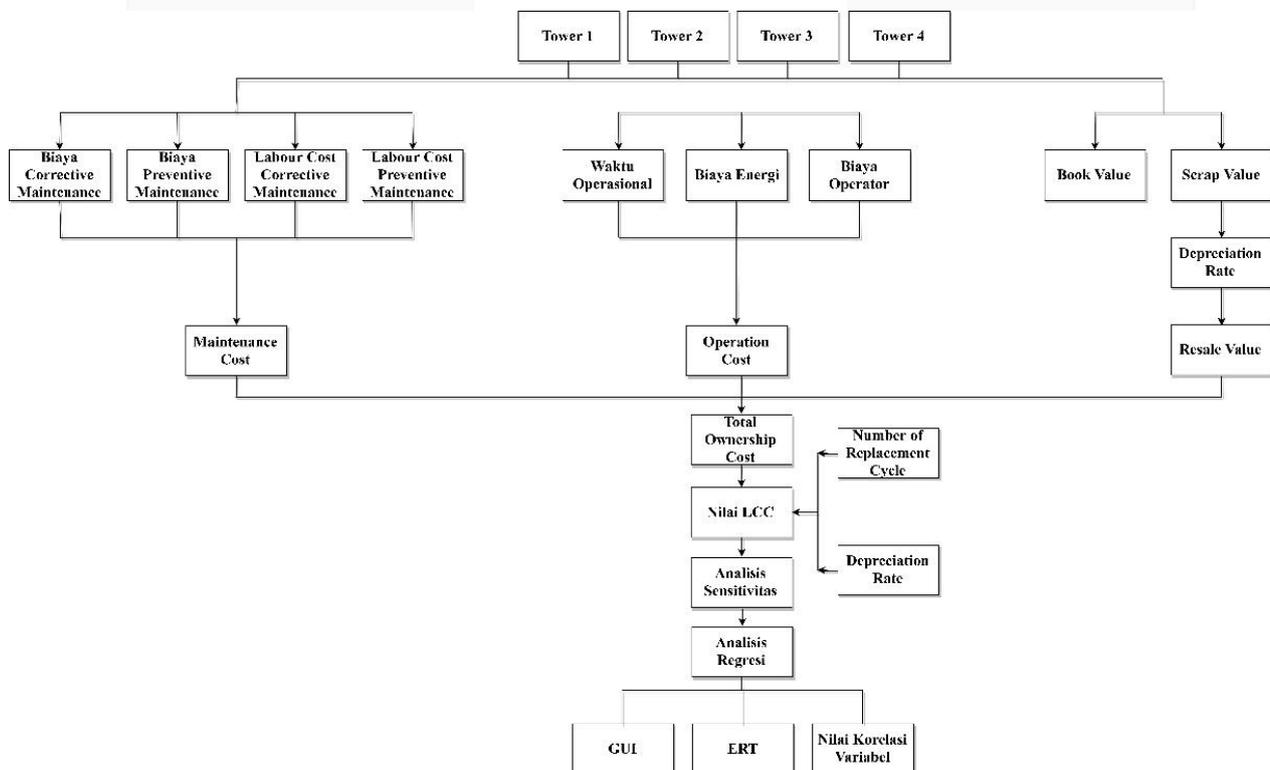
Setelah melakukan analisis kemudian bisa diketahui seberapa jauh dampak yang terjadi akibat perubahan – perubahan tersebut. Dalam penelitian ini maka analisis sensitivitas akan digunakan untuk mengidentifikasi efek dari nilai pembelian, biaya pengoperasian, serta maintenance cost terhadap umur ekonomis mesin untuk kemudian harus digantikan..

1.1.5 Analisis Regresi

Menurut (Hardle and Linton, 1994) analisis regresi adalah suatu metode analisis data yang menggambarkan hubungan fungsional antara variabel respon dengan satu atau beberapa variabel prediktor.

1.1.6 Model Konseptual

Model konseptual merupakan bentuk aliran yang menunjukkan hubungan konsep pemikiran yang dirangkaikan berdasarkan aspek hipotesis dan teoritis untuk menuntun penelitian mencapai tujuan yang diinginkan. Aliran atau langkah-langkah untuk melakukan penelitian ini dituangkan dalam model konseptual, berdasarkan penelitian yang akan dilakukan pada mesin Tower 4 maka untuk itu bisa dilihat pada gambar di bawah, Penelitian ini akan menghasilkan ukuran *performance* dari mesin Tower 4 dengan menggunakan metode *Total Productive Maintenance* (TPM) dan *overall equipment effectiveness* (OEE). Berikut ini merupakan model konseptual berdasarkan pada permasalahan yang akan diteliti.



Gambar 2. Model Konseptual

2 Pembahasan

2.1 Generalisasi Data

Generalisasi data dilakukan dalam penelitian untuk mendapatkan data – data berupa nilai yang tidak dapat langsung ditemukan dalam proses pengumpulan data di perusahaan dan untuk penyamaan satuan waktu dari setiap elemen. Dimulai dengan menghitung biaya gaji seperti tabel berikut:

Tabel 1. Biaya Gaji

UMR Kota Bandung 2016 =	Rp.	5.000.000
UMR Kota Bandung 2017 =	Rp.	5.000.000
UMR Kota Bandung 2018 =	Rp.	5.000.000
Jumlah Operator Mesin =		2
Biaya Operator Mesin (2016) =	Rp.	10.000.000
Biaya Operator Mesin (2017) =	Rp.	10.000.000
Biaya Operator Mesin (2018) =	Rp.	10.000.000

Generalisasi data dilakukan dari bulan pertama tahun 2016 hingga bulan terakhir tahun 2018. Berikut adalah tabel generalisasi data pada bulan pertama :

Tabel 2. Generalisasi Data Bulan Ke-1

Bulan

1

Identitas Tower	Konsumsi Energy (kw/h)	Jam OperasionalMesin/hari (jam)	Hari Kerja/Bulan (hari)	Biaya Energi (Rp)	OC Tower/day (Rp)	OC Tower/bulan (Rp)
Tower 1	120	6	29	Rp 1.049,85	Rp. 755.892	Rp. 21.920.868
Tower 2	120	6	29	Rp 1.049,85	Rp. 755.892	Rp. 21.920.868
Tower 3	120	6	29	Rp 1.049,85	Rp. 755.892	Rp. 21.920.868
Tower 4	120	6	29	Rp 1.049,85	Rp. 755.892	Rp. 21.920.868
TOTAL						Rp. 97.683.472

2.2 Perhitungan Operation Cost

Perhitungan biaya operasi adalah perhitungan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk setiap pengoperasian mesin. Komponen dalam perhitungan biaya operasional mesin adalah komponen yang ada pada perhitungan generalisasi data. Hasil dari generalisasi data dari tahun 2016 hingga 2018 kemudian akan digunakan sebagai biaya operasional mesin. Data dari generalisasi data kemudian digunakan untuk mencari nilai biaya operasional mesin pada bulan ke-1 hingga bulan ke-120 dan pada bulan ke-157 hingga bulan ke-240 menggunakan persamaan single payment present worth (P/F) dengan mengkaitkan nilai inflasi pada tahun 2016 dan 2018. Hasil dari perhitungan biaya operasi adalah sebagai berikut

Tabel 3. *Operation Cost*

Tahun	OC	OC/Bulan
2006	Rp 832.798.451	Rp 69.399.871
2007	Rp 862.203.177	Rp 71.850.265
2008	Rp 892.646.134	Rp 74.387.178
2009	Rp 924.163.981	Rp 77.013.665
2010	Rp 956.794.671	Rp 79.732.889
2011	Rp 990.577.496	Rp 82.548.125
2012	Rp 1.025.553.137	Rp 85.462.761
2013	Rp 1.061.763.709	Rp 88.480.309
2014	Rp 1.099.252.816	Rp 91.604.401
2015	Rp 1.138.065.600	Rp 94.838.800
2019	Rp 1.178.248.800	Rp 98.187.400
2020	Rp 1.227.605.664	Rp 102.300.472
2021	Rp 1.230.816.115	Rp 102.568.010
2022	Rp 1.270.171.460	Rp 105.847.622
2023	Rp 1.310.785.193	Rp 109.232.099
2024	Rp 1.352.697.549	Rp 112.724.796
2025	Rp 1.395.950.054	Rp 116.329.171

2.3 Perhitungan *Maintenance Cost*

Maintenance cost merupakan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam upaya perawatan terhadap asetnya. Perhitungannya dipengaruhi oleh biaya karyawan maintenance, biaya *corrective maintenance*, dan biaya *preventive maintenance*. Berdasarkan rentang data data yang diperoleh yakni tahun 2016 hingga 2018 maka dihasilkan biaya sebesar Rp. 2.547.358.180 pada tahun 2016 dengan rata – rata per bulannya adalah sebesar Rp. 212.279.848, lalu pada tahun 2017 didapatkan biaya perawatan sebesar Rp. 2.020.383.905 dengan rata – rata per bulannya adalah sebesar Rp. 168.365.325, dan pada tahun 2018 didapatkan biaya perawatan sebesar Rp. 1.462.283.844 dengan rata – rata per bulannya adalah Rp. 121.856.987. Kemudian untuk mencari nilai dibulan ke 1 hingga bulan ke 120 dan bulan ke 157 hingga bulan ke 240 maka digunakan persamaan *single-payment present worth (P|F)*. Sehingga menghasilkan data sebagai berikut.

Tabel 4. *Maintenance Cost*

Tahun	MC	Rata – rata MC per bulan
2006	Rp 1.800.499.137	Rp 150.041.595
2007	Rp 1.864.071.761	Rp 155.339.313
2008	Rp 1.929.889.028	Rp 160.824.086
2009	Rp 1.998.030.193	Rp 166.502.516
2010	Rp 2.068.577.309	Rp 172.381.442
2011	Rp 2.141.615.326	Rp 178.467.944
2012	Rp 2.217.232.194	Rp 184.769.349
2013	Rp 2.295.518.967	Rp 191.293.247
2014	Rp 2.376.569.916	Rp 198.047.493
2015	Rp 2.460.482.639	Rp 205.040.220
2016	Rp 2.547.358.180	Rp 212.279.848
2017	Rp 2.020.383.905	Rp 168.365.325
2018	Rp 1.462.283.844	Rp 121.856.987

2019	Rp 1.509.040.370	Rp 125.753.364
2020	Rp 1.557.291.936	Rp 129.774.328
2021	Rp 1.607.086.345	Rp 133.923.862
2022	Rp 1.658.472.931	Rp 138.206.078
2023	Rp 1.711.502.603	Rp 142.625.217
2024	Rp 1.766.227.899	Rp 147.185.658
2025	Rp 1.822.703.036	Rp 151.891.920

2.4 Resale Value

Menurut (Chowdhery and Bertoni, 2018), semakin tinggi nilai *resale value* yang di dapat, mampu mengurangi TOC sehingga dapat mempengaruhi keputusan dalam pembelian produk. Perhitungan dalam menentukan nilai *resale value* adalah sebagai berikut

$$Rv(t) = BV_1x(1 - Dr)^t$$

Dimana

- Rv = Resale Value
- BV1 = Book Value tahun ke-1
- Dr = Depreciation Rate
- t = waktu

2.5 Optimisasi Model LCC

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan total *life cycle cost* beserta umur optimumnya adalah sebagai berikut (Al-Chalabi, 2017) :

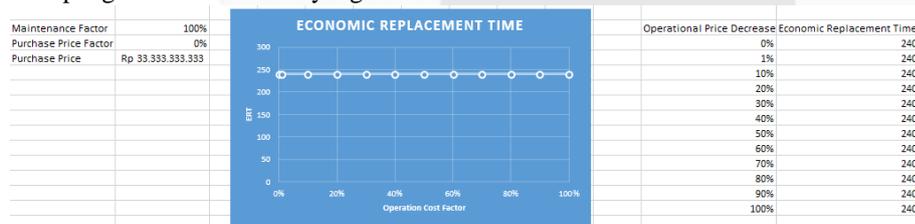
$$TOCvalue = PP + [\sum_{k=1}^{RT}(MCk + Ock)] - Rv(t) \times \frac{M}{(1+r)^{12}}$$

- PP = biaya pembelian dari suatu unit
- MC = maintenance cost
- OC = operation cost
- RV = resale value
- M = number of replacement cycles
- r = discount rate

Setelah dilakukan simulasi sehingga didapatkan usia optimum adalah pada bulan ke 240. Total biaya optimum dengan nilai sebesar Rp. 90.434.778.635

2.6 Analisis Sensitivitas

Menurut (Saltelli, 2002) analisis sensitivitas adalah studi tentang bagaimana ketidakpastian dalam output dari model atau sistem matematika (numerik atau sebaliknya) dapat dibagikan ke berbagai sumber ketidakpastian dalam inputnya. Berdasarkan hasil percobaan untuk analisis sensitivitas diatas maka diketahui bahwa variabel kenaikan purchase price, penurunan operation cost, dan penurunan maintenance cost tidak berpengaruh terhadap ERT (economic replacement time). Ketika biaya operation cost diturunkan sebesar 0% hingga 50% dari biaya asalnya dengan nilai variabel purchase price adalah tetap maintenance cost mengalami percobaan penurunan nilai dari 1% hingga 100%, maka dapat diketahui tidak terjadi perubahan nilai ERT. Hal ini dikarenakan biaya purchase price mesin yang tinggi sehingga mempengaruhi umur mesin yang semakin lama.



Gambar 3. Analisis Sensitivitas

2.7 Analisis Regresi

Analisis regresi dilakukan menggunakan salah satu fitur pada perangkat lunak Microsoft Excel. Data yang dilakukan pengujian adalah data hasil pengujian analisis sensitivitas. Hasil dari perhitungan analisis regresi tertera pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Analisis Regresi

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	1
R Square	1
Adjusted R Square	1
Standard Error	0
Observations	1728

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai multiple R memiliki nilai = 1. Sedangkan pada nilai R square dan adjusted R square memiliki nilai yang sama yakni = 1 . Dari ketiga nilai yang menyentuh angka +1 maka dapat dikatakan bahwa variabel – variabel yang diuji memiliki korelasi sebesar nilai tersebut. Yang bisa dikatakan bahwa variabel bebas dapat menjelaskan variabel terikatnya.

Tabel 6. Koefisien Hasil Analisis Regresi

<i>Coefficients</i>	
Intercept	240
%PPnaik	0
%Mcturun	0
%Octurun	0

Berdasarkan tabel diatas maka model fungsi linear hasil penelitian adalah $ERT = 240$. Variabel bebas tidak cukup kuat untuk mempengaruhi variabel terikatnya sehingga nilai koefisien dari variabel bebas adalah = 0.

3 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode life cycle cost maka didapatkan total nilai life cycle cost pada seluruh mesin Tower adalah Rp. 90.434.778.635 dengan umur optimal mesin adalah pada bulan ke-240. Yang mana dapat disimpulkan bahwa umur mesin masih sesuai dengan estimasi dari pihak perusahaan meskipun mengalami kerusakan dengan sejumlah 1468 kali kerusakan. Selanjutnya berdasarkan hasil analisis sensitivitas dan analisis regresi maka didapatkan informasi bahwa variabel kenaikan *purchase price*, penurunan *operation cost*, dan penurunan *maintenance cost* adalah penurunan *operation cost* tidak mempengaruhi umur mesin atau *economic replacement time* dari mesin yang menjadi variabel terikatnya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien dari seluruh variabel sebesar = 0. Hal ini dikarenakan harga mesin yang tinggi sehingga mempengaruhi umur mesin tersebut menjadi semakin panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Chalabi, H. S. (2017) 'Life cycle cost analysis of the ventilation system in Stockholm's road tunnels', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 24(3), pp. 358–375. doi: 10.1108/JQME-05-2017-0032.
- Alhilman, J. *et al.* (2015) 'LCC application for estimating total maintenance crew and optimal age of BTS component', *2015 3rd International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2015*, 4(2), pp. 543–547. doi: 10.1109/ICoICT.2015.7231483.
- Barringer, H. and Weber, D. (1996) 'Life Cycle Cost Tutorial', in *Fifth International Conference on Process Plant Reliability*.
- Murthy, D. N. P., Atrens, A. and Eccleston, J. A. (2002) 'Strategic maintenance management', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(4), pp. 287–305. doi: 10.1108/13552510210448504.
- Saltelli, A. (2002) 'Sensitivity analysis for importance assessment', in *Risk Analysis*. doi: 10.1111/0272-4332.00040.
- Quintana, R. and Ortiz, J. G. (2002) 'Increasing the effectiveness and cost-efficiency of corrective maintenance using relay-type assignment', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), pp. 40–61. doi: 10.1108/13552510210420586.
- Junaidi, J. (2014) 'Regresi dengan Microsoft Office Excel', pp. 1–12.
- Jekayinfa, S. O. *et al.* (2005) 'Appraisal of farm tractor maintenance practices and costs in Nigeria', *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Edited by A. Artiba, 11(2), pp. 152–168. doi: 10.1108/13552510510601357.
- Chowdhery, S. A. and Bertoni, M. (2018) 'Modeling resale value of road compaction equipment: a data mining approach', *IFAC-PapersOnLine*. Elsevier B.V., 51(11), pp. 1101–1106. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.457.