

ESTIMASI BIAYA MAINTENANCE DENGAN METODE MARKOV CHAIN DAN PENENTUAN UMUR MESIN SERTA JUMLAH MAINTENANCE CREW YANG OPTIMAL DENGAN METODE LIFE CYCLE COST (LCC) PADA MESIN PLASTIC INJECTION DAN SPINNING MANUAL (STUDI KASUS: PT. TOA GALVA INDUSTRIES)

Ade Rizka Eliyus¹, Drs. Judi Alhilman², Msie³

¹Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

Abstrak

Kata Kunci :

Abstract

PT. Toa Galva Industries is one of companies that produces electrical goods with sound and communication specialization. In order to be able to meet the market demand, it is needed the machines which support the production process, such as plastic injection machine and manual spinning machine. Both machines have significant role in the production process, so if the machines are failed, the company will lose its revenue. Based on the historical data in 2013, corrective maintenance for plastic injection machine is 16% from total corrective maintenance of all production machine, whereas corrective maintenance for the spinning machine is 14%. It happens because the machines often get the sudden damage. Maintenance Manager can't calculate the maintenance cost requirements for assuring the machine performance because he can't predict the machines condition. On the other hand, aging machinery and the increased hazard rate will happen, the calculations of retirement age of machine and the optimal number of maintenance crew are important to do.

This research uses Markov Chain method to know the machine condition for the next years so that the maintenance cost can be calculated. In addition, it also uses Life Cycle Cost method for determining the optimal retirement age of machine and number of maintenance crew.

Based on the result of data processing using Markov Chain, this reasearh obtains the total of maintenance cost for 5 years for plastic injection machine is Rp 607,335,692.62 and total of maintenance cost for manual spinning machine is Rp 302,480,000. Based on life cycle cost calculations, the lowest total of LCC for plastic injection machine is Rp 5,287,581,342.10 which produces 1 maintenance set crew/shift and 10 years life of engine. Whereas, the lowest total of LCC for manual spinning machine is Rp 1,434,002,591.21 which produces 1 maintenance set crew/shift and 3 years life of engine.

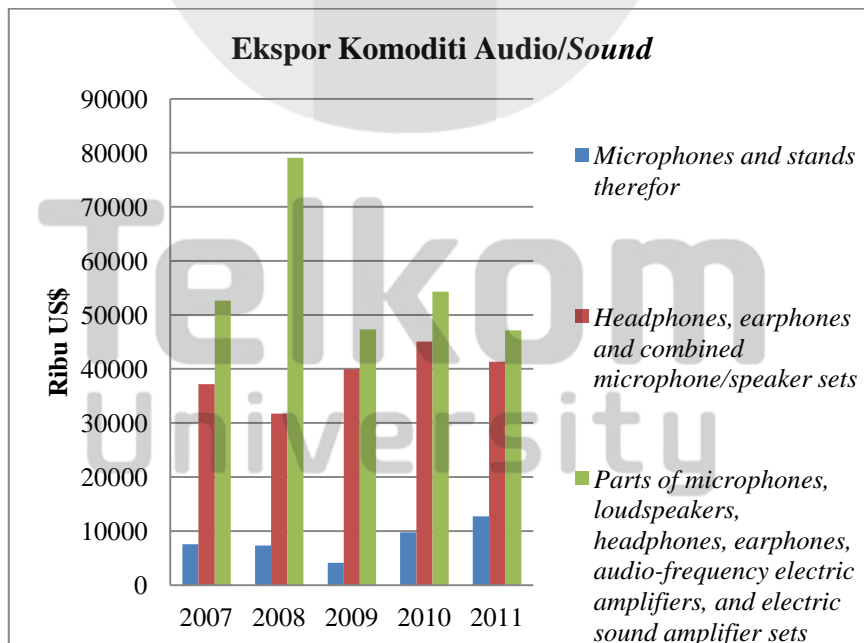
Keywords : Maintenance Management, Maintenance Cost, Markov Chain, Life Cycle Cost.

BAB I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Dewasa ini, produk elektronik merupakan kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Selain digunakan sebagai alat untuk komunikasi dan hiburan, produk elektronik juga digunakan sebagai alat untuk membantu bisnis. Meskipun produk elektronik tergolong kebutuhan tersier, namun kebutuhan terhadap produk elektronik terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Hal ini terbukti dengan terus berkembangnya berbagai jenis produk elektronik.

Produk elektronik sangat beraneka ragam, salah satunya peralatan audio/sound seperti *speaker*, *earphone*, *microphone*, *amplifier*, dan lain-lain. Peralatan audio/sound ini selain diproduksi untuk lokal, juga diekspor ke beberapa negara. Nilai penjualan ekspor peralatan audio/sound mengalami kenaikan dan penurunan selama tahun 2007 hingga 2011 yang ditunjukkan pada Gambar I.1. Meskipun demikian, jumlah permintaan peralatan audio/sound masih tergolong cukup tinggi.



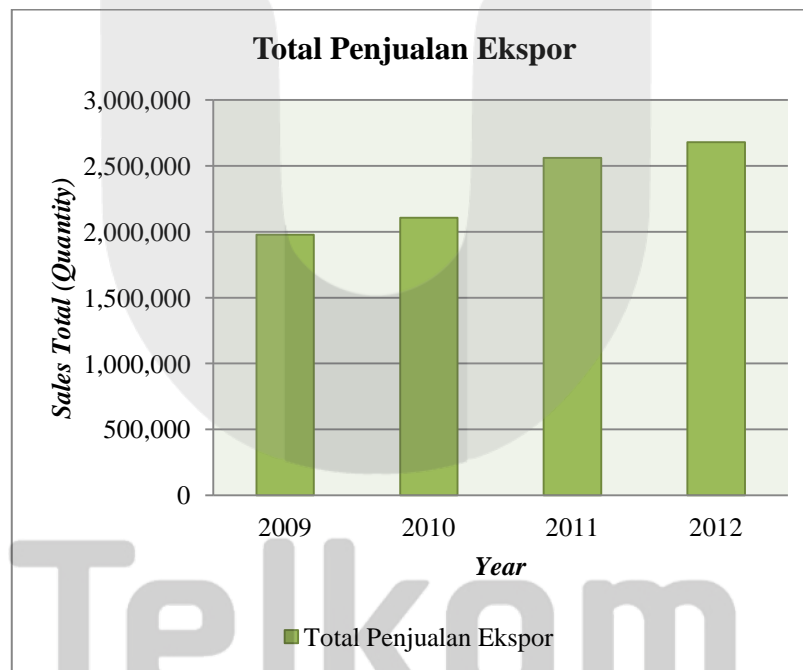
Gambar I.1 Ekspor Komoditi Audio/Sound

(Sumber: Kementerian Perindustrian)

PT. Toa Galva Industries adalah perusahaan yang bergerak dibidang elektronika dengan spesialisasi *sound and communication*. PT. Toa Galva Industries memiliki dua lokasi pabrik, yaitu:

- a. Pabrik I, memproduksi *speaker* dan *megaphon* yang terletak di Depok.
- b. Pabrik II, memproduksi *amplifier* dan *microphone* yang terletak di Cikarang.

Penelitian ini dilakukan di pabrik I PT. Toa Galva Industries. Produk-produk yang dihasilkan merupakan produk yang berkualitas dan ramah lingkungan sehingga produk Toa ini sangat diminati oleh masyarakat baik dari dalam maupun luar negeri. Sebesar 70% produk-produk yang dihasilkan oleh perusahaan ini diekspor ke berbagai negara dan 30% sisanya didistribusikan di dalam negeri. Berikut ini merupakan data total penjualan produk ekspor pabrik I PT. Toa Galva Industries.

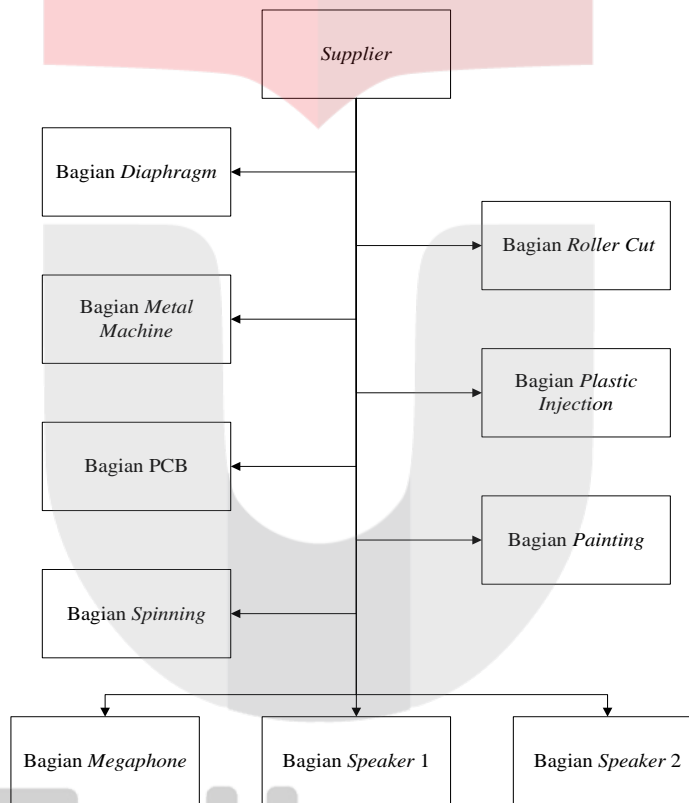


Gambar I.2 Grafik Total Penjualan Produk Ekspor 2009-2012

(Sumber: PT. Toa Galva Industries)

Berdasarkan grafik di atas, total penjualan produk ekspor *sound and communication* pabrik I PT. Toa Galva Industries pada tahun 2009 hingga 2012 terus mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa produk yang ditawarkan oleh perusahaan memperoleh respon positif dan permintaan cenderung selalu meningkat.

Agar perusahaan mampu memenuhi permintaan *customer*, perusahaan harus memperhatikan ketepatan waktu produksi. Namun, terdapat kendala yang menghambat ketepatan waktu produksi tersebut, salah satunya adalah kerusakan mesin produksi. PT Toa Galva Industries memiliki beberapa departemen, antara lain *Diaphragm*, *Metal Machine*, *PCB*, *Spinning*, *Roller Cut*, *Plastic Injection*, *Painting*, *Megaphone*, dan *Speaker*. Setiap departemen memiliki jumlah mesin dengan kegiatan *maintenance* yang ditunjukkan pada Tabel I.1.



Gambar I.3 Departemen pada PT. Toa Galva Industries

Tabel I.1 Jumlah Mesin dan Kegiatan *Maintenance* Berdasarkan *Work Order*

Departemen	Mesin	Jumlah Mesin	Jumlah Kegiatan <i>Maintenance</i>				Presentase Kegiatan <i>Corrective Maintenance</i>	
			2012		2013		2012	2013
			PM	CM	PM	CM		
Painting	Steam Boiler	1	4	5	5	2	43%	39%
	Selex Dryer	1	4	5	5	1		
	Oven 1 Dual Burner	1	4	16	5	18		

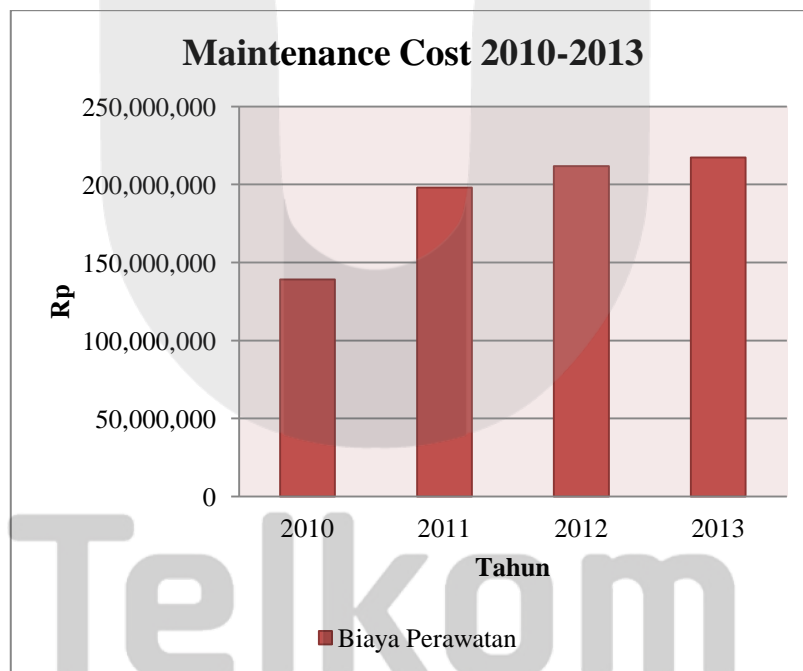
Tabel I.1 Lanjutan Jumlah Mesin dan Kegiatan *Maintenance* Berdasarkan *Work Order*

Departemen	Mesin	Jumlah Mesin	Jumlah Kegiatan <i>Maintenance</i>				Presentase Kegiatan <i>Corrective Maintenance</i>	
			2012		2013		2012	2013
			PM	CM	PM	CM		
Painting	Oven 2 Dual Burner	1	4	13	5	5	43%	39%
	Oven 3	1	4	26	5	31		
Metal Machine	Mesin Bubut Automatic	3	4	0	5	2		
	Mesin Tapping Multi Spindle	2	4	1	5	5		
	Mesin Press Excentric 5 T	1	4	1	5	2		
	Mesin Press Excentric 15 T	1	4	1	5	5		
	Mesin Press Excentric 150 T	1	4	3	5	0		
	Mesin Bubut CNC	2	4	2	5	20		
Spinning	Mesin Spinning Manual	18	4	16	5	11	14%	14%
	Mesin Spinning Automatic	3	4	5	5	9		
Plastic Injection	Mesin Plastic Injection	8	8	27	9	24	18%	16%
Packing Cell	Mesin Packing Cell	6	4	18	5	3	12%	2%
Diaphragm	Mesin Oven Diaphragm	2	4	3	5	4	7%	5%
	Mesin Hot Press Diaphragm	4	4	8	5	4		
Roll Cut	Mesin Sliter Roll Cut 2	1	4	1	5	1	1%	1%
Total			76	151	94	147	100%	100%

Pada departemen *plastic injection*, terdapat 8 mesin *plastic injection* dan bagian *spinning* terdapat 18 mesin *spinning manual* yang memiliki presentase *maintenance* yang cukup tinggi pada tahun 2012 dan tahun 2013. Mesin *plastic injection* berfungsi untuk mengubah bahan baku bijih plastik ABS dan fijero menjadi *horn* megafon dan *casing speaker*, sedangkan mesin *spinning manual*

berfungsi untuk mengubah lempengan aluminium/besi menjadi *speaker horn*. *Horn* ini berguna untuk memperluas batasan frekuensi yang rendah dari pengeras suara sehingga menghasilkan suara yang lebih baik. Karena alasan inilah, mesin *plastic injection* dan mesin *spinning manual* memiliki peran yang sangat penting sehingga PT. Toa Galva Industries melakukan kegiatan *maintenance* untuk mempertahankan fungsi mesin-mesin tersebut.

Departemen Pemeliharaan PT. Toa Galva Industries telah menerapkan kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk merawat mesin-mesin di perusahaan. Meskipun demikian, kerusakan mendadak pada mesin masih sering terjadi sehingga menimbulkan *cost* yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari grafik biaya *maintenance* tahun 2010 hingga 2013.



Gambar I.4 Grafik *Maintenance Cost* 2010-2013
(Sumber: PT. Toa Galva Industries)

Manajer bagian Pemeliharaan PT. Toa Galva Industries belum mampu menghitung kebutuhan biaya *maintenance* per tahunnya untuk menjamin mesin-mesin di perusahaan dapat berfungsi dengan baik dan tidak menghambat proses produksi. Hal ini dikarenakan Manajer Pemeliharaan tidak dapat memprediksi kondisi mesin pada tahun berikutnya sehingga mengalami kesulitan dalam

membuat rencana anggaran yang akan diberikan kepada pihak manajemen. Apabila terjadi kerusakan pada mesin, bagian pemeliharaan akan menunggu dana dari pihak manajemen terlebih dahulu sehingga mengakibatkan mesin mengalami *downtime* yang lebih lama. Semakin lama *downtime* yang dialami mesin, profit perusahaan akan semakin berkurang. Oleh sebab itu, perhitungan estimasi biaya *maintenance* perlu dilakukan untuk mesin *plastic injection* dan mesin *spinning manual*.

Mesin *plastic injection* dan mesin *spinning manual* suatu waktu akan mengalami *failure function*. Apabila mesin ini *failed*, maka kegiatan produksi akan terhenti dan menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Mesin *plastic injection* dan mesin *spinning manual* telah dioperasikan selama lebih dari 20 tahun. Semakin lama digunakan, mesin akan mengalami penuaan dan peningkatan *hazard rate* pun akan terjadi. Hal ini akan menyebabkan biaya *maintenance* mesin dan *lost revenue* semakin tinggi. Oleh sebab itu, analisis umur mesin yang optimal agar perusahaan dapat mengetahui masa pensiun mesin sehingga mesin tidak dipaksakan untuk beroperasi setelah umur optimal.

PT Toa Galva Industries telah menerapkan kegiatan pemeliharaan mesin yang dilakukan oleh *maintenance crew*. Perusahaan memiliki 6 orang *maintenance crew* yang merawat mesin *plastic injection* dan dibagi ke dalam tiga *shift*. Pembagian *shift* ini dilakukan karena perusahaan melaksanakan proses produksi selama 24 jam tiap harinya selama lima hari dalam seminggu. Untuk masing-masing *shift* diisi oleh 2 *maintenance crew*. Mesin *spinning manual* ditangani 4 orang *maintenance crew* yang dibagi ke dalam 2 *shift*. Masing-masing *shift* juga diisi oleh 2 *maintenance crew*. Jumlah *maintenance crew* merupakan hal yang penting dalam kegiatan *maintenance* karena jika terdapat mesin yang rusak secara bersamaan, mesin tersebut harus segera diperbaiki agar proses produksi tidak terhambat. Apabila jumlah *maintenance crew* tidak terpenuhi, mesin-mesin tersebut akan memiliki *downtime* yang lama sehingga dapat mengurangi *profit* perusahaan. Namun, jika perusahaan memiliki jumlah *maintenance crew* yang terlalu banyak juga akan meningkatkan *cost* berupa *overhead cost* dan biaya

investasi peralatan *maintenance*. Menurut Manajer Pemeliharaan, yaitu Bapak Hardi Susetyo, PT. Toa Galva Industries saat ini masih kekurangan *maintenance crew* untuk merawat mesin di seluruh bagian perusahaan. Oleh karena itu, analisis terhadap jumlah *maintenance crew* perlu dilakukan untuk memperoleh jumlah *maintenance crew* perusahaan yang optimal.

Dengan adanya permasalahan di PT. Toa Galva Industries ini, maka penelitian menggunakan *Markov Chain* dilakukan agar dapat mengestimasi biaya *maintenance*. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC) untuk menentukan umur mesin dan jumlah *maintenance crew* yang optimal.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, masalah yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan estimasi biaya *maintenance* untuk mesin *plastic injection* dan *spinning manual* berdasarkan metode *Markov Chain*?
2. Bagaimana menentukan umur mesin yang meminimasi *Life Cycle Cost*?
3. Bagaimana menentukan jumlah *maintenance crew* yang meminimasi *Life Cycle Cost*?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menentukan estimasi biaya *maintenance* untuk mesin *plastic injection* dan *spinning manual* berdasarkan metode *Markov Chain*.
2. Dapat menentukan umur mesin yang meminimasi *Life Cycle Cost*.
3. Dapat menentukan jumlah *maintenance crew* yang meminimasi *Life Cycle Cost*.

I.4 Batasan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Menggunakan asumsi tertentu untuk data biaya yang tidak dapat diperoleh selama melakukan penelitian.

2. Perhitungan estimasi biaya dengan *markov chain* dilakukan hingga 5 tahun.
3. Penelitian dibatasi sampai pengajuan usulan, sedangkan implementasi usulan tidak termasuk dalam pembahasan.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dapat membantu bagian Pemeliharaan PT. Toa Galva Industries dalam memperkirakan biaya *maintenance*.
2. Penelitian ini dapat membantu perusahaan untuk menentukan umur mesin dan jumlah *maintenance crew* yang optimal agar dapat meminimasi biaya.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi literatur yang relevan dengan permasalahan yang diteliti dan dibahas pula hasil-hasil penelitian terdahulu. Teori yang dibahas dalam bab ini adalah konsep manajemen perawatan, *Markov Chain*, dan *Life Cycle Cost*.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi langkah-langkah penelitian yang meliputi: tahap merumuskan masalah penelitian, mengembangkan model penelitian, mengidentifikasi dan melakukan operasionalisasi variabel penelitian, merancang pengumpulan, pengolahan data, dan merancang analisis pengolahan data.

Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini berisi data-data yang diperlukan untuk penelitian dan

hasil pengolahan data yang nantinya akan dianalisis di bab berikutnya. Data yang dikumpulkan meliputi data waktu kerusakan, data waktu perbaikan, data historis kondisi aktual, *state transition*, *maintenance cost*, jumlah mesin, *operating cost*, dan data harga mesin. Sementara untuk pengolahan data meliputi pengukuran laju kerusakan dan perbaikan, menghitung *probability vector*, *simulasi monte carlo*, *transition probability matrix*, dan perhitungan *Life Cycle Cost*.

Bab V Analisis

Bab ini berisi analisis dari hasil pengumpulan dan pengolahan data yaitu estimasi biaya *maintenance* untuk mesin *plastic injection* dan mesin *spinning* manual, umur mesin optimal, dan jumlah *maintenance crew*.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir. Bab ini juga berisi saran bagi PT. Toa Galva Industries dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi poin-poin kesimpulan dari hasil pengolahan dan analisis data yang merangkum seluruh isi pembahasan penelitian tugas akhir ini. Bab ini juga berisi saran bagi PT. Toa Galva Industries dan penelitian selanjutnya.

VI.1 Kesimpulan

1. Estimasi biaya *maintenance* dihitung dengan *markov chain* yang melibatkan komponen *probability vector*, *transition probability matrix*, dan biaya *maintenance* eksisting. Estimasi biaya *maintenance* dapat dilihat pada Tabel VI.1 dan Tabel VI.2.

Tabel VI.1 *Maintenance Cost* Mesin *Plastic Injection*

Year	Maintenance Cost		Total Maintenance Cost
	Fix Maintenance Cost	Repair Cost	
2013	Rp 18,549,538.75	Rp 75,038,691.09	Rp 93,588,229.84
2014	Rp 18,549,538.75	Rp 72,199,953.81	Rp 90,749,492.56
2015	Rp 18,549,538.75	Rp 85,699,953.81	Rp 104,249,492.56
2016	Rp 18,549,538.75	Rp 91,699,953.81	Rp 110,249,492.56
2017	Rp 18,549,538.75	Rp 85,699,953.81	Rp 104,249,492.56
2018	Rp 18,549,538.75	Rp 85,699,953.81	Rp 104,249,492.56

Tabel VI.2 *Maintenance Cost* Mesin *Spinning Manual*

Year	Maintenance Cost		Total Maintenance Cost
	Fix Maintenance Cost	Repair Cost	
2013	Rp 37,555,000.00	Rp 14,910,000.00	Rp 52,465,000.00
2014	Rp 37,555,000.00	Rp 13,605,000.00	Rp 51,160,000.00
2015	Rp 37,555,000.00	Rp 12,105,000.00	Rp 49,660,000.00
2016	Rp 37,555,000.00	Rp 12,140,000.00	Rp 49,695,000.00
2017	Rp 37,555,000.00	Rp 12,195,000.00	Rp 49,750,000.00
2018	Rp 37,555,000.00	Rp 12,195,000.00	Rp 49,750,000.00

2. Umur mesin *plastic injection* yang meminimasi *Life Cycle Cost* adalah 10 tahun dengan jumlah mesin 8 unit, sedangkan umur mesin *spinning manual* yang meminimasi *Life Cycle Cost* adalah 3 tahun dengan jumlah mesin 18 unit.
3. Jumlah *maintenance crew* untuk mesin *plastic injection* dan *spinning manual* yang meminimasi *Life Cycle Cost* masing-masing adalah 1 *maintenance crew* per *shift*, dimana 1 *maintenance crew* terdiri atas 1 orang teknisi. Berdasarkan perhitungan dengan metode *Life Cycle Cost*, maka total *life cycle cost* yang paling minimum untuk mesin *plastic injection* adalah Rp 5,287,581,342.10 sedangkan untuk mesin *spinning manual* adalah Rp 1,434,002,591.21.

V1.2 Saran

V1.2.1 Saran Bagi Perusahaan

1. Bagian Pemeliharaan PT. Toa Galva Industries sebaiknya melakukan pencatatan waktu kerusakan dan waktu perbaikan mesin secara lebih detail agar dapat membantu bagian pemeliharaan dalam mengetahui karakteristik kerusakan mesin. Contoh *form* pencatatan waktu kerusakan dan waktu perbaikan dapat dilihat pada Lampiran X.
2. Perusahaan sebaiknya melakukan pencatatan biaya-biaya yang dikeluarkan untuk memelihara mesin dengan lebih rinci, sehingga tanggal, *maintenance material* yang dibutuhkan, dan biaya yang dibutuhkan dapat diketahui dengan jelas. Contoh *form* pencatatan pengeluaran biaya *maintenance* dapat dilihat pada Lampiran Y.

V1.2.2 Saran bagi Penelitian Selanjutnya

1. Perhitungan biaya *maintenance* dengan metode *Markov Chain* dapat dilakukan dengan bantuan *software* seperti Matlab, *Reliasoft* (Reno), ataupun *Mathcad* sehingga memberikan solusi simbolik.
2. Menggunakan data biaya-biaya untuk perhitungan *Life Cycle Cost* yang lebih akurat dan mengurangi asumsi biaya agar dapat menggambarkan kondisi perusahaan yang sebenarnya.

3. Melakukan perhitungan dengan metode *replacement*, sehingga dapat memberikan usulan kebijakan atau tindakan yang dapat dilakukan perusahaan apabila mesin telah mencapai umur optimalnya berdasarkan perhitungan dengan metode *Life Cycle Cost*.



DAFTAR PUSTAKA

1. Apriliyanto, Deri. 2012. *Optimasi Jumlah Mesin Pengepak Semen, Umur Mesin Pengepak Semen, dan Jumlah Maintenance Set Crew dengan Metode Life Cycle Cost (LCC) dan Simulasi Monte Carlo (Studi kasus: PT. Holcim Indonesia Tbk)*. Bandung : IT Telkom.
2. Arifin, Syamsul. 2010. *Penerapan Metode Markovian Decision Process dan OEE (Overall Equipment Effectiveness) Untuk Menentukan Kebijakan Perawatan (Studi Kasus: PT. DEN)*. Kamal Bangkalan : Universitas Trunojoyo Madura.
3. Barringer, H. Paul and David P. Weber. 1996. *Life Cycle Cost Tutorial*. Texas: Marriott Houston Westside.
4. Blanchard, Fabrycky. 1990. *System Engineering and Analysis, 2nd ed.* Englewood Cliffs : Prentice-Hall.
5. Corder, A. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga.
6. Department Of Energy (DOE). 1995. <http://www.em.doe.gov/ffcabb/ovpstp/life.html> (diposting 12 April 1995).
7. Ebeling, Charles. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore : The McGraw-Hill Companies Inc.
8. FHWA (Federal Highway Administration). 2003. *Asphalt Pavement Warranties Technology and Practice in Europe*. Washington : Report FHWA-PL-04-002, FHWA.
9. Harris, J. W. and Stocker, H. 1998. *Handbook of Mathematics and Computational Science*. New York: Springer-Verlag.
10. Kececioglu, Dimitri. 1992. *Reliability Engineering Handbook, Volume 1*. New Jersey : Prentice Hall.
11. Landers, Richard R. 1996. *Product Assurance Dictionary*. Marlton, N.J : Marlton Press.

12. Lee, Seung Chul. 2010. *Maintenance Strategies for Manufacturing Systems Using Markov Models*. Michigan : The University of Michigan.
13. Marquez, Adolfo Crespo. 2007. *The Maintenance Management Framework*. Google Books, (online), (<http://books.google.com>, diakses 15 November 2013).
14. Pambudi, Tetukoadi Wiwid. 2012. *Estimasi Biaya Pemeliharaan Badan Jalan Tol Cipularang Dengan Metode Markov Process dan Monte Carlo Simulation*. Bandung : IT Telkom.
15. Render, B. dan Heizer, J. 2006. *Manajemen Operasi, Edisi Ketujuh*. Jakarta: Salemba Empat.
16. Susanto, Mudji. 2008. *Simulasi Monte Carlo pada Proses Acak Berdasarkan Algoritma Jaringan Saraf*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
17. Sutrisno, Ir., MSAE. 2012. *Handout Kuliah Manajemen Perawatan*. Bandung: IT Telkom.
18. Taha, H.A. 1996. *Operations Research: An Introduction Sixth Edition*. Singapore : Pearson Education, Inc.