

ANALISIS PERFORMANSI MESIN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY (RAM) ANALYSIS* DAN PENENTUAN UMUR MESIN SERTA *MAINTENANCE SET CREW OPTIMAL* MENGGUNAKAN *LIFE CYCLE COST (LCC) ANALYSIS* PADA MESIN DUMPING LINE 1 DI PT XYZ

ANALYSIS OF MACHINE PERFORMANCE USING RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY (RAM) ANALYSIS AND DETERMINING THE RETIREMENT AGE OF MACHINE AND MAINTENANCE SET CREW OPTIMAL USING LIFE CYCLE COST (LCC) ANALYSIS ON DUMPING LINE 1 MACHINE IN PT XYZ

Mohammad Badar¹, Endang Budiasih², Judi Alhilman³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹im.badarr@gmail.com ²endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

³judi.alhilman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ merupakan salah satu industri manufaktur yang menghasilkan *Accu Battery* terbesar di Indonesia. Berdasarkan data dari GAIKINDO sebesar 55% dari penjualan mobil di Indonesia pada tahun 2016 hingga 2017 menggunakan *accu battery* yang diproduksi oleh PT XYZ. Dalam mengoperasikan mesin dan peralatan, PT XYZ memerlukan sistem perawatan mesin yang baik serta optimal terutama pada mesin *Dumping* di *line 1* yang memiliki frekuensi *downtime* tertinggi pada tahun 2016 hingga 2017 yakni sebesar 292 kerusakan. Oleh karena itu, perlu adanya analisis *Reliability, Availability, Maintainability (RAM)* dengan pemodelan *Reliability Block Diagram (RBD)* serta analisis *Life Cycle Cost (LCC)* untuk mengetahui performansi mesin *Dumping Line 1*. Berdasarkan hasil pengukuran performansi dengan menggunakan metode RAM, diperoleh nilai *reliability system* sebesar 61,94% pada $t = 112$ jam dan untuk mencapai nilai *maintainability* 100% membutuhkan waktu minimal selama empat jam dengan nilai *inherent availability* sebesar 99,81% dan *operational availability* sebesar 99,72%. Dari hasil evaluasi yang telah dilakukan berdasarkan kebijakan perusahaan dan *Key Performance Indicator* IVARA sebagai parameter keberhasilan, indikator *availability* telah mencapai target indikator sebesar 95%. Dari hasil perhitungan dengan metode LCC didapatkan nilai *Life Cycle Cost* terkecil sebesar Rp646.175.379,30,- dengan umur optimal mesin selama tujuh tahun dan jumlah *maintenance crew* sebanyak satu orang.

Kata kunci: *Reliability, Availability, Maintainability, Reliability Block Diagram, Life Cycle Cost, Key Performance Indicator.*

Abstract

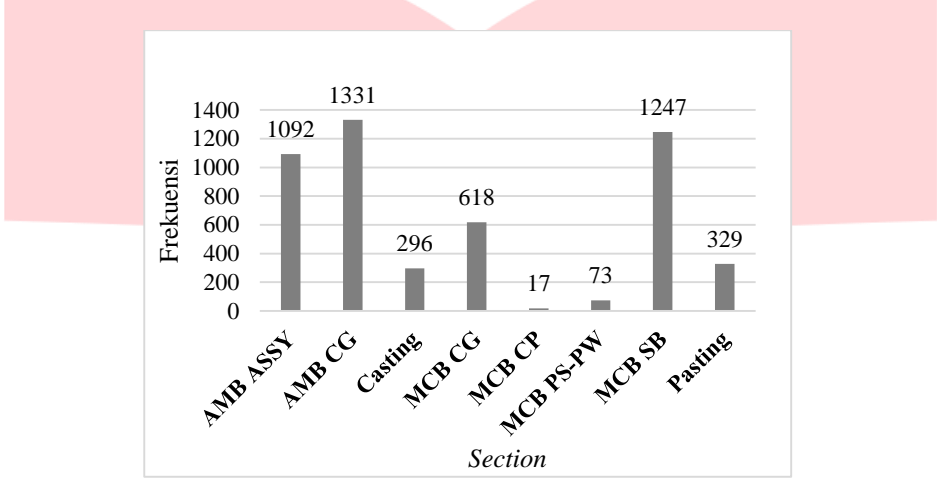
PT XYZ is one of the largest manufacturing industries that produces the largest *Accu Battery* in Indonesia. Based on data from GAIKINDO 55% of car sales in Indonesia from 2016 to 2017 using batteries manufactured by PT XYZ. In operating the machinery and equipment, PT XYZ requires a good and optimal machine maintenance system. Especially on the *Dumping* machine in *line 1* which has the highest downtime frequency in 2016 until 2017 which amounted to 292 damage. Therefore it is necessary to analyze *Reliability, Availability, Maintainability (RAM)* with *Reliability Block Diagram (RBD)* modeling and *Life Cycle Cost (LCC)* analysis to know *Dumping Line 1* machine performance. Based on performance measurement using RAM method, the value of *reliability system* is 61.94% at $t = 112$ hours and to achieve 100% *maintainability* it takes for 4 hours. Where the *inherent availability* value of 99.81% and *operational availability* of 99.72%. From the results of evaluations that have been done based on company policy and *Key Performance Indicator* IVARA as the parameters of success, indicator *availability* has reached the indicator target of 95%. From the calculation with LCC method, obtained the smallest *Life Cycle Cost* value of Rp646.175.379,30,- with the optimal age of the machine for seven years and the number of *maintenance crew* as much as one person.

Keywords: *Reliability, Availability, Maintainability, Reliability Block Diagram, Life Cycle Cost, Key Performance Indicator.*

1. Pendahuluan

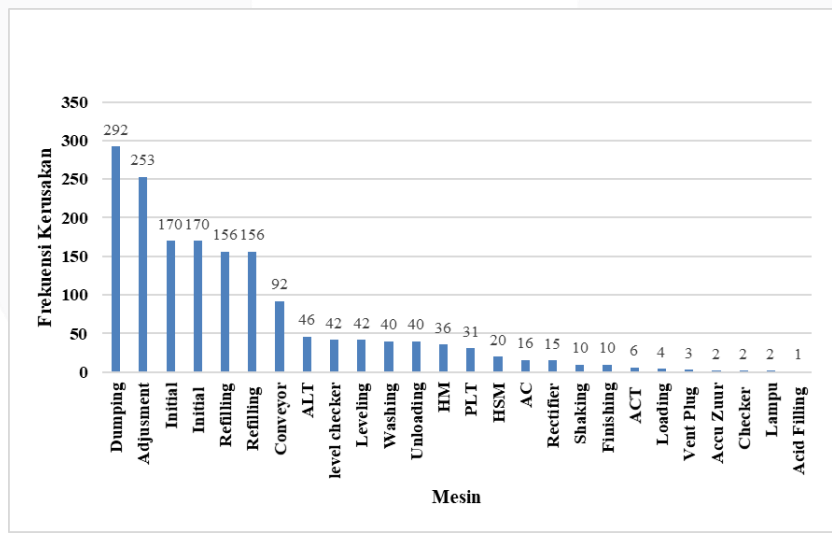
PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dan distribusi komponen otomotif yang memproduksi suku cadang kendaraan bermotor berupa aki atau baterai sekunder (*accu battery*). PT XYZ yang berlokasi di daerah Karawang ini menerapkan sistem produksi *make to order*, yakni jumlah produk yang diproduksi sesuai dengan jumlah permintaan dari konsumen.

Berikut ini merupakan data penjualan kendaraan bermotor roda empat di Indonesia pada tahun 2015 hingga 2017. Dalam melakukan produksi aki PT XYZ memiliki 9 *section* untuk mendukung kegiatan produksi, dimana setiap *section* memiliki mesin yang berbeda. Mesin yang ada di PT XYZ memiliki umur rata-rata 15 tahun, dimana dengan umur mesin tersebut sering terjadi kerusakan pada saat proses produksi. Berikut ini merupakan rekapitulasi frekuensi kerusakan mesin yang ada di setiap *section*, yakni sebagai berikut:



Gambar 1 Frekuensi Kerusakan Mesin di PT XYZ tahun 2016 – 2017

Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa tiga *section* yang mengalami kerusakan terbesar pada tahun 2016 – 2017 adalah *section* AMB ASSY, AMB CG dan MCB SB. Berdasarkan observasi secara langsung di lapangan dan wawancara kepada *maintenance crew* maka mesin yang disarankan untuk dijadikan objek penelitian adalah mesin dari *section* AMB CG karena memiliki frekuensi kerusakan tertinggi yakni sebanyak 1331 kerusakan pada tahun 2016 hingga 2017.



Gambar 2 Frekuensi kerusakan mesin pada *section* AMB CG tahun 2016-2017

Gambar 2 memperlihatkan bahwa jumlah kerusakan pada mesin *Dumping* merupakan jumlah kerusakan tertinggi dengan jumlah kerusakan sebanyak 292 kerusakan. Kerusakan tersebut terjadi karena banyaknya jumlah komponen yang rusak dikarenakan terkena cairan asam dari proses *acid dumping*. Oleh karena itu diperlukan kegiatan perawatan yang terencana agar performansi mesin baik sehingga mengurangi jumlah *downtime* mesin. Selain itu perusahaan harus mengetahui pemakaian umur mesin yang optimal agar dapat menentukan pemakaian mesin yang tepat setelah melampaui batas optimal kinerja mesin tersebut.

Dengan diketahuinya umur mesin yang optimal akan menghindari biaya *maintenance* yang lebih tinggi sehingga dapat meminimumkan biaya pengeluaran perusahaan .

Untuk itu metode yang dapat digunakan untuk penelitian ini adalah *RAM Analysis* dan *Life Cycle Cost (LCC)*. Metode *RAM Analysis* dan *LCC* akan menghasilkan kebijakan *maintenance* yang efektif sesuai dengan tujuan pemeliharaan yakni tindakan pemeliharaan yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan yang benar antara biaya input dan manfaat yang diperoleh dari kinerja tindakan pemeliharaan [1].

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Maintenance adalah memastikan setiap aset fisik terus melakukan apa yang penggunanya inginkan [2] Perawatan terbagi menjadi dua jenis, yakni *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*.

a. Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan pada interval yang telah ditentukan dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan [2].

b. Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah pemeliharaan dilakukan setelah kegagalan sistem terjadi dan dimaksudkan untuk mengembalikan keadaan sistem yang sesuai dengan fungsinya [2].

2.1.2 Reliability Availability Maintainability (RAM)

Reliability, Availability & Maintainability (RAM) Analysis adalah sebuah metode yang digunakan untuk memprediksi kinerja keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*) dan kemampuan perawatan (*maintainability*) suatu sistem atau *equipment* dan sebagai alat untuk memberikan dasar untuk optimasi dari sistem atau *equipment* tersebut. Indikator kinerja utama dari RAM adalah *availability* yang merupakan bagian dari waktu saat sistem tersebut berfungsi secara penuh [3].

2.1.3 Reliability

Reliability merupakan probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menjalankan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi [3].

2.1.4 Reliability Block Diagram (RBD)

Model *Reliability Block Diagram (RBD)* dapat digunakan untuk memodelkan sistem yang sedang diteliti, karena RBD dapat merepresentasikan sebuah sistem sebagai sebuah jaringan dari komponen-komponen atau subsistem subsistem, mengidentifikasi dalam kontinuitas operasi, dan kontribusi serta efek dari masing-masing komponen atau subsistem dalam sistem tersebut [3].

2.1.5 Maintainability

Maintainability adalah peluang suatu sistem atau komponen yang rusak dikembalikan ke fungsi awal komponen atau sistem dalam suatu periode waktu yang telah disepakati dan dilakukan dengan prosedur perawatan tertentu [1]. Perhitungan *maintainability* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$M(t) = 1 - \exp \frac{(-t)}{MTTR} \quad (1)$$

2.1.6 Availability

Availability dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem beroperasi sesuai fungsinya dalam suatu waktu tertentu dalam kondisi operasi yang telah ditetapkan [4]. *Availability* terbagi menjadi dua yakni *inherent availability* dan *operational availability*. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung *inherent availability* :

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (2)$$

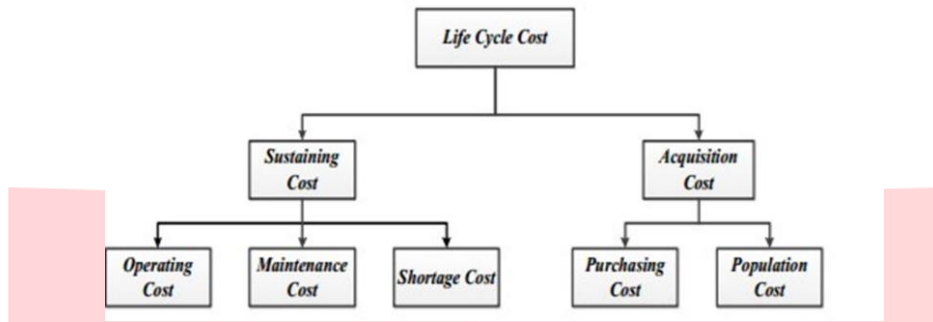
Sedangkan untuk menghitung *operational availability* dapat menggunakan persamaan di bawah ini :

$$A_o = \frac{uptime}{siklus operasi} \quad (3)$$

2.1.7 Life Cycle Cost (LCC)

Life Cycle Cost merupakan penjumlahan perkiraan biaya dari awal hingga penyelesaian, baik peralatan maupun proyek seperti yang ditentukan oleh studi analisis dan perkiraan pengeluaran total yang dialami selama hidup .

Tujuan dari analisis menggunakan *life cycle cost* adalah untuk dapat memilih pendekatan biaya yang paling efektif dari serangkaian alternatif sehingga *Cost term ownership* (kepemilikan) yang paling pendek bisa tercapai [5]. Model LCC yang dipakai adalah sebagai berikut :



Gambar 3 Model LCC

2.1.7 Sustaining Cost

Sustaining Cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan atas kepemilikan suatu perangkat selama periode tertentu. *Sustaining Cost* merupakan penjumlahan dari *annual operating Cost*, *annual maintenance Cost*, dan *annual shortage Cost* [5].

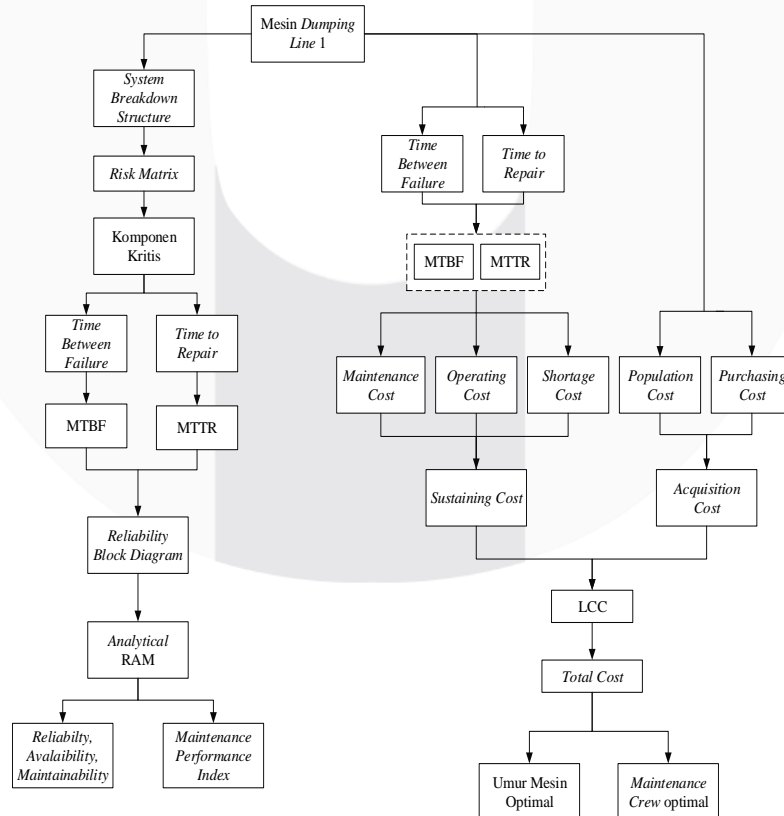
2.1.8 Acquisition Cost

Acquisition Cost merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal pembelian mesin/sistem. *Acquisition Cost* merupakan penjumlahan antara biaya yang harus dikeluarkan seluruh perangkat selama hidupnya atau selisih antara biaya pembelian dengan nilai sisa dari perangkat tersebut [5].

2.2 Model Konseptual

Berdasarkan metode konseptual dimulai dengan pemilihan subsistem kritis pada mesin *Dumping Line 1*. Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode RAM dan LCC sehingga menghasilkan analisis performansi mesin, umur mesin optimal dan jumlah *maintenance crew* optimal.

Berikut ini merupakan model konseptual penelitian pada mesin *Dumping Line 1* di PT XYZ.



Gambar 3 Model Konseptual

3. Pembahasan

3.1 Perhitungan *Reliability*

Perhitungan *reliability* yang dilakukan pada mesin *dumping* menggunakan data permodelan RBD untuk melihat hubungan antar subsistem. Pemodelan RBD pada subsistem kritis termasuk sistem seri, karena ketika salah satu subsistem mengalami kerusakan maka subsistem lainnya akan berhenti.

Waktu yang digunakan pada perhitungan *reliability* antara 8 hingga 112 jam dengan interval selama 8 jam dan didapatkan hasil *reliability system* pada $t = 112$ sebesar 61,94%. Perhitungan *reliability* dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Perhitungan *Reliability*

t (hours)	Sensor Omron E3Z-T61-D	Sensor Omron E3Z-T61-L	Rantai Conveyor	Gear Conveyor	System Reliability
8	97,69%	97,84%	99,74%	100,00%	95,33%
16	95,92%	96,14%	99,40%	100,00%	91,66%
24	94,33%	94,60%	99,03%	100,00%	88,36%
32	92,84%	93,15%	98,63%	100,00%	85,30%
40	91,44%	91,79%	98,21%	100,00%	82,43%
48	90,10%	90,48%	97,78%	100,00%	79,71%
56	88,82%	89,22%	97,33%	99,99%	77,14%
64	87,59%	88,01%	96,88%	99,99%	74,68%
72	86,40%	86,84%	96,41%	99,99%	72,33%
80	85,25%	85,70%	95,94%	99,99%	70,08%
88	84,13%	84,59%	95,46%	99,98%	67,93%
96	83,04%	83,52%	94,97%	99,98%	65,85%
104	81,98%	82,47%	94,48%	99,97%	63,86%
112	80,95%	81,44%	93,98%	99,97%	61,94%

3.2 Perhitungan *Maintainability*

Perhitungan *maintainability* dilakukan dengan menggunakan data *Time to Repair* dan didapatkan *maintainability* dari setiap subsistem pada mesin *Dumping Line 1*. Pada penelitian ini jangka waktu yang akan dilakukan perhitungan adalah jangka waktu 0,5 jam hingga 4 jam, dengan interval waktu selama 0,5 jam. Hasil perhitungan *maintainability* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan *Maintainability*

t (hours)	Sensor Omron E3Z-T61-D	Sensor Omron E3Z-T61-L	Rantai Conveyor	Gear Conveyor
0,5	76,76%	76,76%	44,54%	65,00%
1	94,60%	94,60%	69,24%	87,75%
1,5	98,74%	98,74%	82,94%	95,71%
2	99,71%	99,71%	90,54%	98,50%
2,5	99,93%	99,93%	94,75%	99,47%
3	99,98%	99,98%	97,09%	99,82%
3,5	100,00%	100,00%	98,39%	99,94%
4	100,00%	100,00%	99,11%	99,98%

3.3 Perhitungan *Availability*

Perhitungan *availability* dilakukan dengan menggunakan menggunakan data permodelan RBD agar dapat melihat hubungan antar subsistem. Perhitungan *availability* dibagi menjadi dua, yaitu *inherent availability* dan *operational availability*.

3.3.1 *Inherent Availability*

Perhitungan *inherent availability* menggunakan data *Time to Repair* dan *Time to Failure* dengan menggunakan pemodelan RBD. Perhitungan *inherent availability* dari setiap subsistem pada mesin *Dumping* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 *Inherent Availability*

SENSOR OMRON E3Z-T61-D	SENSOR OMRON E3Z-T61-L	RANTAI CONVEYOR	GEAR CONVEYOR	Availability System
99,96%	99,95%	99,92%	99,98%	99,81%

3.3.2 Perhitungan *Operational Availability*

Perhitungan *operational availability* menggunakan data *operational time* dan *downtime* dengan menggunakan permodelan RBD. Perhitungan *operational availability* dari setiap subsistem dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 *Operational Availability*

SENSOR OMRON E3Z-T61-D	SENSOR OMRON E3Z-T61-L	RANTAI CONVEYOR	GEAR CONVEYOR	<i>Availability System</i>
99,94%	99,94%	99,88%	99,96%	99,72%

Berdasarkan target perusahaan untuk *availability* adalah 85% dan target berdasarkan *Key Performance Indicator* IVARA adalah 95%, dapat dikatakan bahwa *inherent availability* sebagai *leading indicator* dan *operational availability* sebagai *lagging indicator* sudah mencapai target. Hal ini dapat ditunjukkan dengan nilai dari semua subsistem lebih dari 85% dan 95% untuk perhitungan secara analitis.

3.4 Perhitungan *Life Cycle Cost*

3.4.1 *Annual Operating Cost*

Annual operating cost adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan selama mesin beroperasi. *Operating cost* yang dilakukan selama mesin beroperasi terdiri dari *operating labor cost* dan *energy cost* per tahun.

Tabel 5 *Annual Operating Cost*

Tahun	<i>Retirement Age</i>	<i>Operating Cost</i>
2010	1	Rp 126.811.629,40
2011	2	Rp 131.642.095,72
2012	3	Rp 136.656.562,55
2013	4	Rp 141.862.038,78
2014	5	Rp 147.265.800,27
2015	6	Rp 152.875.400,05
2016	7	Rp 158.698.678,83
2017	8	Rp 164.743.776,00

3.4.2 *Annual Maintenance Cost*

Annual maintenance cost adalah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk perawatan mesin atau perangkat baik memperbaiki komponen maupun mengganti komponen.

Tabel 6 *Annual Maintenance Cost*

n	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5
Tahun 1	Rp 155.757.369,96	Rp 264.356.871,30	Rp 372.956.372,64	Rp 481.555.873,98	Rp 590.155.375,32
Tahun 2	Rp 161.690.427,78	Rp 274.426.665,13	Rp 387.162.902,47	Rp 499.899.139,82	Rp 612.635.377,16
Tahun 3	Rp 167.849.485,66	Rp 284.880.034,18	Rp 401.910.582,70	Rp 518.941.131,22	Rp 635.971.679,74
Tahun 4	Rp 174.243.152,32	Rp 295.731.589,48	Rp 417.220.026,64	Rp 538.708.463,81	Rp 660.196.900,97
Tahun 5	Rp 180.880.364,39	Rp 306.996.498,61	Rp 433.112.632,83	Rp 559.228.767,04	Rp 685.344.901,26
Tahun 6	Rp 187.770.398,94	Rp 318.690.506,90	Rp 449.610.614,86	Rp 580.530.722,83	Rp 711.450.830,79
Tahun 7	Rp 194.922.886,39	Rp 330.829.959,46	Rp 466.737.032,54	Rp 602.644.105,61	Rp 738.551.178,69
Tahun 8	Rp 202.347.824,00	Rp 343.431.824,00	Rp 484.515.824,00	Rp 625.599.824,00	Rp 766.683.824,00

3.4.3 *Annual Shortage Cost*

Annual shortage cost adalah biaya yang harus dikeluarkan karena kekurangan unit sebagai akibat kekurangan jumlah tim *maintenance* yang akan memperbaiki perangkat yang rusak. Berikut ini merupakan hasil perhitungan dari *annual shortage cost*.

Tabel 7 *Annual Shortage Cost*

n	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5
1 tahun	Rp7.217.234	Rp3.615.120	Rp2.411.529	Rp1.809.190	Rp1.447.613
2 tahun	Rp8.487.033	Rp4.252.181	Rp2.836.718	Rp2.128.263	Rp1.702.959
3 tahun	Rp9.979.604	Rp5.001.346	Rp3.336.804	Rp2.503.569	Rp2.003.319
4 tahun	Rp11.733.821	Rp5.882.289	Rp3.924.955	Rp2.945.004	Rp2.356.622
5 tahun	Rp13.795.269	Rp6.918.118	Rp4.616.648	Rp3.464.202	Rp2.772.186
6 tahun	Rp16.217.383	Rp8.135.971	Rp5.430.070	Rp4.074.840	Rp3.260.971
7 tahun	Rp19.062.770	Rp9.567.710	Rp6.386.586	Rp4.792.988	Rp3.835.855
8 tahun	Rp22.404.741	Rp11.250.731	Rp7.511.296	Rp5.637.534	Rp4.511.979

3.4.3 Sustaining Cost

Sustaining cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan atas kepemilikan suatu perangkat atau mesin selama periode operasinya per tahun. *Sustaining cost* merupakan penjumlahan dari *annual operating cost*, *annual maintenance cost*, dan *annual shortage cost*.

Tabel 8 Annual Sustaining Cost

Tahun	n	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5
2010	1	Rp289.786.233,45	Rp394.783.620,73	Rp502.179.530,64	Rp610.176.693,54	Rp718.414.617,96
2011	2	Rp301.819.556,35	Rp410.320.941,92	Rp521.641.716,29	Rp633.669.498,87	Rp745.980.431,63
2012	3	Rp314.485.652,59	Rp426.537.942,69	Rp541.903.949,09	Rp658.101.262,72	Rp774.631.561,45
2013	4	Rp327.839.012,27	Rp443.475.916,76	Rp563.007.020,36	Rp683.515.506,45	Rp804.415.561,35
2014	5	Rp341.941.433,67	Rp461.180.416,41	Rp584.995.081,28	Rp709.958.769,68	Rp835.382.887,87
2015	6	Rp356.863.182,33	Rp479.701.877,75	Rp607.916.084,70	Rp737.480.962,53	Rp867.587.201,46
2016	7	Rp372.684.335,61	Rp499.096.347,90	Rp631.822.297,60	Rp766.135.772,36	Rp901.085.712,50
2017	8	Rp389.496.340,57	Rp519.426.330,65	Rp656.770.895,80	Rp795.981.133,88	Rp935.939.579,13

3.4.4 Annual Purchasing Cost

Annual purchasing cost merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin *Dumping Line 1*. Di mana pada setiap *retirement age* akan mempunyai *annual purchasing cost* yang berbeda. Suku bunga untuk kredit adalah 11,71% berdasarkan besarnya suku bunga yang ditetapkan oleh Bank Indonesia tahun 2010.

Tabel 9 Annual Purchasing Cost

Tahun (n)	Harga Satuan	A/P ; 11,71%; N	Annual Purchasing Cost
0	Rp 830.163.292,00		Rp 830.163.292,00
1	Rp 830.163.292,00	1,117028	Rp 927.315.641,74
2	Rp 830.163.292,00	0,589388309	Rp 489.288.538,77
3	Rp 830.163.292,00	0,41422429	Rp 343.873.800,27
4	Rp 830.163.292,00	0,327175918	Rp 271.609.437,11
5	Rp 830.163.292,00	0,275370172	Rp 228.602.208,80
6	Rp 830.163.292,00	0,241181893	Rp 200.220.354,55
7	Rp 830.163.292,00	0,217056766	Rp 180.192.559,53
8	Rp 830.163.292,00	0,199217072	Rp 165.382.700,29

3.4.5 Acquisition Cost

Acquisition cost merupakan biaya yang dikeluarkan pada awal pembelian sistem. *Acquisition cost* dihitung dari penjumlahan antara *annual purchasing cost* dengan *annual population cost*. Perhitungan *annual purchasing cost* dan *annual population cost* sama dengan perhitungan LCC sebelumnya.

Tabel 10 Acquisition Cost

Tahun	Annual Purchasing Cost	Annual Equivalent Cost	Annual Acquisition Cost
1	Rp927.315.642	Rp100.395.175	Rp1.027.710.817
2	Rp489.288.539	Rp89.607.589	Rp578.896.127
3	Rp343.873.800	Rp88.131.513	Rp432.005.313
4	Rp271.609.437	Rp88.771.639	Rp360.381.076
5	Rp228.602.209	Rp90.107.211	Rp318.709.420
6	Rp200.220.355	Rp91.678.344	Rp291.898.698
7	Rp180.192.560	Rp93.298.484	Rp273.491.044
8	Rp165.382.700	Rp94.882.628	Rp260.265.329

3.4.6 Total Life Cycle Cost (LCC)

Merupakan perhitungan total biaya keseluruhan sistem, mulai dari awal pembelian sampai dengan akhir hidup sistem tersebut. Total LCC didapat dari penjumlahan *sustaining cost* dan *acquisition cost*.

Tabel 11 Perhitungan *Life Cycle Cost* mesin *Dumping Line 1*

n	Tahun	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5
1	2010	Rp 1.317.497.050,29	Rp 1.422.494.437,56	Rp 1.529.890.347,47	Rp 1.637.887.510,37	Rp 1.746.125.434,79
2	2011	Rp 880.715.683,70	Rp 989.217.069,27	Rp 1.100.537.843,65	Rp 1.212.565.626,23	Rp 1.324.876.558,98
3	2012	Rp 746.490.965,78	Rp 858.543.255,88	Rp 973.909.262,28	Rp 1.090.106.575,91	Rp 1.206.636.874,64
4	2013	Rp 688.220.088,49	Rp 803.856.992,98	Rp 923.388.096,58	Rp 1.043.896.582,67	Rp 1.164.796.637,58
5	2014	Rp 660.650.853,40	Rp 779.889.836,14	Rp 903.704.501,00	Rp 1.028.668.189,41	Rp 1.154.092.307,60
6	2015	Rp 648.761.880,56	Rp 771.600.575,98	Rp 899.814.782,93	Rp 1.029.379.660,76	Rp 1.159.485.899,69
7	2016	Rp 646.175.379,30	Rp 772.587.391,59	Rp 905.313.341,29	Rp 1.039.626.816,05	Rp 1.174.576.756,19
8	2017	Rp 649.761.669,20	Rp 779.691.659,28	Rp 917.036.224,43	Rp 1.056.246.462,51	Rp 1.196.204.907,76

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *RAM Analysis*, sistem memiliki nilai *Reliability* sebesar 61,94% pada waktu 112 jam. Nilai *maintainability* dalam mencapai 100% membutuhkan waktu 0,5 jam hingga 4 jam. Sedangkan nilai *availaibility* selama tahun 2016 hingga 2017 memiliki nilai *Inherent Availability* sebesar 99,81% dan *Operational Availability* sebesar 99,72%. Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *World Class Maintenance KPI IVARA*, indikator pada mesin *Dumping Line 1* sudah mencapai target indikator yang diberikan yakni sebesar 95%. Dan dapat disimpulkan bahwa performansi mesin masih baik dengan melebihi indikator dari KPI IVARA.

Dan berdasarkan *Total Life Cycle Cost* pada mesin *Dumping Line 1* di PT XYZ, biaya optimum sebesar Rp646.175.379,30,- dan jumlah *maintenance set crew* yang optimal adalah sebanyak satu orang dengan umur optimal mesin selama tujuh tahun.

Daftar Pustaka

- [1] R. F. Stapelberg, *Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and safety in Engineering Design*, Queensland : Springer, 2009.
- [2] M. B. Daya, S. O. Duffuaa, A. Raouf, J. Knezevic and D. Ait-Kadi, *Handbook of Maintenance Management*, London: Springer, 2009.
- [3] C. E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Boston: McGraw Hill Companies, 1997.
- [4] J. Moubray, *Reliability Centered-Maintenance*, Oxford: British Library, 1997.
- [5] J. Alhilman, F. T. Dwi Suryabata, R. R. Atmaji and A. Gautama, "LCC application for estimating total maintenance crew and optimal age of BTS component," *2015 3rd International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2015*, vol. 4, no. 2, 2015.