

Usulan Strategi Perawatan dengan Mempertimbangkan *Reliability Block Diagram* Pada Mesin *Crane Ship Unloader* (Studi Kasus di PT.XYZ)

Auditia Yudha Jiwantoro¹, M. Adha Ilhami², Evi Febianti³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

yudha.industri10@gmail.com¹, adha@untirta.ac.id², evifebianti@yahoo.com³

ABSTRAK

Kelancaran proses pembongkaran kapal pada pelabuhan industri menjadi salah satu kunci dari kualitas pelayanan pelabuhan, guna memperkecil kemungkinan keterlambatan proses pembongkaran kapal maka dari itu PT.XYZ perlu berupaya meningkatkan keandalan sistem pembongkaran sebagai bentuk pelayanan yang prima, Keandalan adalah probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu. Semakin handal suatu sistem maka semakin kecil peluang kerusakan yang mungkin terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen-komponen critical pada mesin crane ship unloader, mengetahui keandalan komponen, mengetahui keandalan sistem, dan mengetahui berapa lama periode waktu perbaikan yang dapat mempertahankan keandalan mesin crane ship unloader pada angka 85% handal. RBD (*Reliability Block Diagram*) merupakan metode yang tepat digunakan untuk mengetahui keandalan suatu sistem, dengan mengetahui pola distribusi kerusakan pada masing-masing komponen dan parameter-parameternya maka dapat dirancang suatu jadwal perawatan terpadu guna menjaga tingkat keandalan sistem pembongkaran kapal pada kondisi 85% handal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komponen Trolley System memiliki keandalan 23 % dengan periode perawatan usulan setiap 10 hari, Trolley Mechanical system memiliki keandalan 24 % dengan periode perawatan usulan setiap 30 hari, Hold System memiliki keandalan 31 % dengan periode perawatan usulan setiap 30 hari, Close System memiliki keandalan 17 % dengan periode perawatan usulan setiap 30 hari, Gantry memiliki keandalan 37 % dengan periode perawatan usulan setiap 20 hari, Belt Feeder memiliki keandalan 36 % dengan periode perawatan usulan setiap 50 hari, Lighting System 1 Flood Light memiliki keandalan 45 % dengan periode perawatan usulan setiap 30 hari, DC Motor SU3 memiliki keandalan 44 % dengan periode perawatan usulan setiap 30 hari, Cooling Fan AC Motor memiliki keandalan 45 % dengan periode perawatan usulan setiap 20 hari, Slip Ring AC Motor memiliki keandalan 37 % dengan periode perawatan usulan setiap 90 hari, Crane Control General Function memiliki keandalan 37 % dengan periode perawatan usulan setiap 10 hari, Hopper Construction memiliki keandalan 37 % dengan periode perawatan usulan setiap 40 hari, dan DC Converter memiliki keandalan 37 % dengan periode perawatan usulan setiap 50 hari. Dengan Reliability System nyata sebesar 61,91% dan Reliability System simulasi usulan dengan penerapan preventive maintenance mencapai 85% handal.

Kata kunci : RBD (*Reliability Block Diagram*), Preventive Maintenance, Keandalan.

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan pelabuhan industri yang terletak di provinsi Banten. Dengan umur fasilitas dermaga yang sudah berusia puluhan tahun, PT.XYZ berupaya keras untuk menjaga kinerja perusahaan dengan terus melakukan perbaikan-perbaikan dari segi kualitas kinerja supaya dapat terus melayani jasa bongkar muat kapal demi berkembangnya sektor perindustrian dan perdagangan, kelancaran proses bongkar muat menjadi salah satu faktor kritis yang perlu diberikan prioritas perhatian dengan cara menjaga agar kondisi fasilitas

mesin crane ship unloader dapat beroperasi dengan baik. Pada saat mesin atau komponen mengalami kerusakan/kegagalan secara otomatis akan mengakibatkan terganggunya proses pembongkaran dan bahkan proses terhenti sehingga sangat memungkinkan target pembongkaran yang ditetapkan tidak dapat tercapai dan pada akhirnya akan dapat merugikan perusahaan.

Selain dapat mengurangi kepercayaan konsumen, keterlambatan waktu pembongkaran dapat merugikan perusahaan karena bila pembongkaran mengalami keterlambatan pihak pelabuhan dituntut membayar

biaya *penalty* kepada *customer* sebagai ganti rugi atas ketidاكلancaran bisnis. Disebutkan pula penyebab dari terjadinya keterlambatan pembongkaran kapal pada pelabuhan disebabkan salah satunya oleh sering terjadinya gangguan pada peralatan dan komponen mesin *Crane Ship Unloader*. Adapun yang dijadikan objek penelitian ini adalah mesin *Crane Ship Unloader* No.3 yang paling sering mengalami *downtime* berdasarkan historis dari perusahaan, terlebih lagi *crane ship unloader* No.3 berada pada letak yang strategis di dermaga sehingga paling sering digunakan untuk pembongkaran muatan kapal.

Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Block Diagram* (RBD). *Reliability Block Diagram* adalah metode untuk menganalisa keandalan sistem pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem (Ebeling, 1997). Dengan tujuan penelitian menentukan komponen *critical*, mengetahui *reliability* komponen *critical*, mengetahui *reliability system*, dan menentukan periode penjadwalan perbaikan *preventive maintenance* yang dapat menjaga keandalan sistem pada kondisi 85% handal.

METODE PENELITIAN

Sumber data yang digunakan pada penelitian harus sesuai pada keadaan sebenarnya, data yang diolah terdiri dari dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari objek penelitian, dalam hal ini observasi langsung pada *crane ship unloader* No.3 dan wawancara pada departemen *maintenance*. Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari dokumen-dokumen dan laporan perusahaan, dalam hal ini adalah laporan kerja harian departemen *maintenance*.

Pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan wawancara pada departemen *maintenance* dan data kerusakan yang terdapat di laporan harian departemen *maintenance* dengan jangka waktu selama tahun 2013 sampai dengan 5 februari 2014.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan komponen *critical* dengan mengambil 80% penyebab *downtime* tertinggi, setelah itu dari laporan *maintenance* sebelumnya dilakukan perhitungan TBF (*Time between Failure*), TTF (*Time to Failure*), dan TTR (*Time to Repair*) dan penentuan distribusi pola kerusakan dengan perhitungan *least curve fitting*, yaitu membandingkan nilai *index of fit* untuk masing-masing komponen dan memilih nilai *index of fit* terbesar, berikut ini persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *index of fit* :

$$\frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (1)$$

Setelah dilakukan perhitungan *index of fit* langkah selanjutnya yaitu pengujian hipotesa guna meyakinkan bahwa distribusi yang terpilih tepat mewakili pola kerusakan nyataannya dengan menggunakan uji

kolmogrov smirnov test untuk pola distribusi normal, *man`n* test untuk distribusi *weibull* dan *barlett* test untuk distribusi eksponensial.

Setelah diketahui pola distribusi kerusakan pada masing masing komponen maka langkah selanjutnya adalah menghitung parameter-parameter yang diperlukan untuk masing masing distribusi dengan persamaan sebagai berikut :

Distribusi ekponensial

$$\lambda = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \quad (2)$$

Distribusi *Weibull*

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i \sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (3)$$

$$\theta = \exp \frac{-a}{\beta} \quad (4)$$

Distribusi Normal

$$\mu = \text{nilai rata-rata dari } t \quad \sigma = \text{standar deviasi dari } t \quad (5)$$

Setelah didapatkan parameter-parameter untuk masing masing komponen maka langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata waktu antar kersakan MTBF komponen *repairable* dan MTTF komponen *non repairable* dengan persamaan sebagai berikut :

Distribusi normal :

$$\text{MTBF} = \mu \quad (6)$$

Distribusi eksponensial:

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} \quad (7)$$

Distribusi *weibull* :

$$\text{MTBF} = \theta \Gamma(1/\beta + 1) \quad (8)$$

Setelah didapatkan nilai rata-rata waktu kerusakan maka dapat dihitung rata-rata *reliability* dengan memasukkan nilai MTBF sebagai t kedalam persamaan sebagai berikut :

Distribusi normal :

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (9)$$

Distribusi eksponensial:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (10)$$

Distribusi *weibull* :

$$R(t) = e^{-\left[\frac{t}{\theta}\right]^\beta} \quad (11)$$

Setelah mengetahui nilai *reliability* masing-masing komponen maka dapat dihitung *reliability system* sesuai dengan rangkaian komponen yang dapat dilihat pada block diagram Gambar.3 dengan persamaan sebagai berikut :

Rangkaian seri

$$R_s = R_1 \times R_2 \times \dots R_n \quad (12)$$

Rangkaian paralel

$$R_p = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_1) \times \dots (1 - R_n)] \quad (13)$$

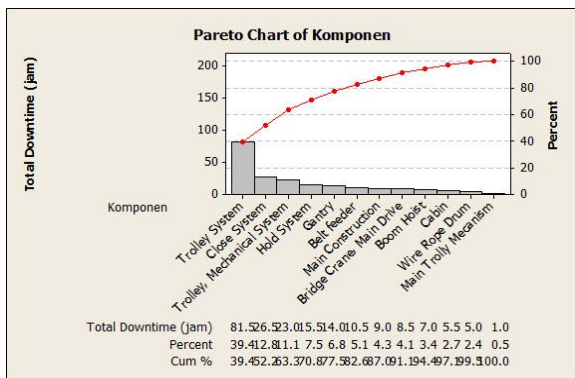
Setelah diketahui nilai *reliability system* nyata maka dapat dirancang suatu sistem perawatan usulan dengan menjaga nilai *reliability system* pada kondisi 85% handal, dengan merubah nilai t atau periode perawatan usulan menggunakan pendekatan *trial and error*. Setelah didapatkan usulan periode perawatan maka perlu dibuat simulasi kejadian kerusakan dengan waktu kerusakan yang dibangkitkan oleh bilangan random yang di transformasi kedalam satuan waktu menggunakan simulasi monte carlo. Dengan membandingkan nilai *availability* dari dua kondisi yaitu kondisi pertama *corrective maintenance* dan kondisi kedua *preventive maintenance* dengan periode perawatan yang telah diusulkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan komponen *critical* dari mesin *crane ship unloader* sebagai berikut :

Tabel 1. Penentuan Komponen Kritis Mekanik Crane Ship Unloader No.3

Komponen	Total Downtime (jam)	% Downtime	% Kumulatif
Trolley System	81.5	39.4%	39.4%
Close System	26.5	12.8%	52.2%
Trolley, Mechanical System	23.0	11.1%	63.3%
Hold System	15.5	7.5%	70.8%
Gantry	14.0	6.8%	77.5%
Belt feeder	10.5	5.1%	82.6%
Main Construction	9.0	4.3%	87.0%
Bridge Crane, Main Drive	8.5	4.1%	91.1%
Boom Hoist	7.0	3.4%	94.4%
Cabin	5.5	2.7%	97.1%
Wire Rope Drum	5.0	2.4%	99.5%
Main Trolley Mechanism	1.0	0.5%	100.0%



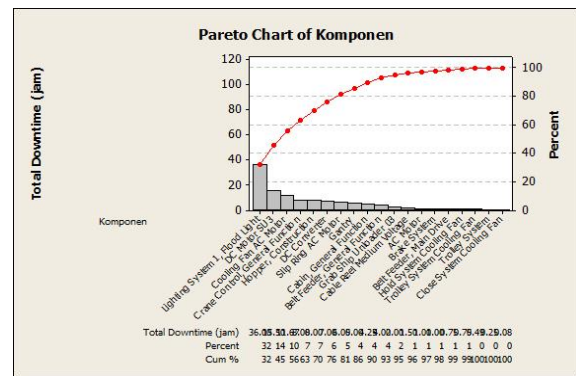
Gambar 1. Diagram Pareto Komponen Mekanik Crane Ship Unloader No.3

Sehingga diketahui bahwa komponen *critical* pada komponen mekanik ialah *trolley system*, *trolley*

mechanical system, *close system*, *hold system*, *gantry*, dan *belt feeder*.

Tabel 2. Penentuan Komponen Kritis Elektrik Crane Ship Unloader No.3

Komponen	Total Downtime (jam)	% Downtime	% Kumulative
Lighting System 1, Flood Light	36.00	31.8%	31.8%
DC Motor SU3	15.50	13.7%	45.5%
Cooling Fan AC Motor	11.67	10.3%	55.8%
Crane Control, General Function	8.00	7.1%	62.8%
Hopper	8.00	7.1%	69.9%
DC Converter	7.00	6.2%	76.1%
Slip Ring AC Motor	6.00	5.3%	81.4%
Gantry	5.00	4.4%	85.8%
Cabin, General Function	4.25	3.8%	89.6%
Belt Feeder, General Function	4.00	3.5%	93.1%
Grab Ship Unloader 03	2.00	1.8%	94.9%
Cable Reel Medium Voltage	1.50	1.3%	96.2%
AC Motor	1.00	0.9%	97.1%
Brake System	1.00	0.9%	98.0%
Hold System Cooling Fan	0.75	0.7%	98.6%
Belt Feeder, Main Drive	0.75	0.7%	99.3%
Trolley System Cooling Fan	0.49	0.4%	99.7%



Gambar 2. Diagram Pareto Komponen Elektrik Crane Ship Unloader No.3

Dengan memilih komponen yang menyebabkan 80% *downtime* didapatkan komponen *critical* elektrik yaitu *lighting system*, *DC converter*, *DC motor*, *Cooling fan AC motor*, *Slip ring AC motor*, *Crane control*, dan *Hopper construction*.

Untuk mengetahui keandalan suatu sistem, terlebih dahulu perlu diketahui keandalan komponen-komponen pembentuk sistem, keandalan suatu komponen harus disesuaikan dengan pola kerusakan yang dialami

berdasarkan kejadian kerusakan di masa lalu, dengan menggunakan *least curve fitting* dapat ditentukan pola distribusi kerusakan atas pemilihan nilai *index of fit* terbesar. hasil pemilihan *index of fit* perlu diuji hipotesa terlebih dahulu menggunakan kologorov-smirnov test untuk distribusi normal, barlett test untuk distribusi eksponensial, dan mann's test untuk pengujian pola kerusakan berdistribusi *Weibull*.

Berikut ini adalah hasil keputusan setelah pengujian distribusi:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Least Curve Fitting dan Uji Goodness of Fit Pertama

No	Komponen	Dugaan Awal	H ₀
1	Trolley System	Ekspensial	Ditolak
2	Trolley, Mechanical System	Ekspensial	Ditolak
3	Close System	Weibull	Diterima
4	Hold System	Weibull	Diterima
5	Gantry	Normal	Ditolak
6	Belt feeder	Ekspensial	Ditolak
7	Lighting System 1, Flood Light	Normal	Ditolak
8	DC Motor SU3	Ekspensial	Ditolak
9	Cooling Fan AC Motor	Ekspensial	Ditolak
10	Slip Ring AC Motor	Ekspensial	Diterima
11	Crane Control, General Function	Ekspensial	Diterima
12	Hopper, Construction	Ekspensial	Diterima
13	DC Converter	Ekspensial	Diterima

Dengan hasil uji goodness of fit diatas maka diperlukan pengujian ulang untuk komponen *trolley system, trolley mechanical system, gantry, belt feeder, lighting system, DC motor, dan cooling fan* dengan memilih distribusi yang memiliki nilai *index of fit* terbesar selanjutnya. Berikut ini hasil pengujian *goodness of fit* ke-dua :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Uji Goodness of Fit Kedua

No	Komponen	Distribusi	Hasil
1	Trolley System	Weibull	Diterima
2	Trolley, Mechanical System	Weibull	Diterima
3	Gantry	Weibull	Diterima
4	Belt feeder	Weibull	Diterima
5	Lighting System 1, Flood Light	Weibull	Diterima
6	DC Motor SU3	Weibull	Diterima
7	Cooling Fan AC Motor	Weibull	Diterima

Setelah diketahui pola distribusi kejadian kerusakan yang sesuai untuk masing-masing komponen maka selanjutnya dapat dihitung parameter-parameter

distribusi kerusakan sesuai dengan pola distribusinya masing-masing komponen. Dengan β & θ sebagai parameter untuk distribusi *Weibull*, λ sebagai parameter distribusi eksponensial, serta μ dan σ

Untuk distribusi normal. Sehingga didapatkan parameter untuk masing masing komponen sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Perhitungan Parameter distribusi

No	Komponen	λ	β	θ
1	Trolley System	-	0.991	23222.455
2	Trolley, Mechanical System	-	0.641	44958.077
3	Close System	-	1.039	81550.633
4	Hold System	-	1.185	81058.290
5	Gantry	-	0.927	38109.15
6	Belt feeder	-	1.211	120777.4
7	Lighting System 1, Flood Light	-	1.881	57090.78
8	DC Motor SU3	-	1.71	103697.0
9	Cooling Fan AC Motor	-	1.91	49934.23
10	Slip Ring AC Motor	4.E-06	-	-
11	Crane Control, General Function	4.97E-05	-	-
12	Hopper, Construction	1.03E-05	-	-
13	DC Converter	8.62E-06	-	-

Setelah diketahui parameter distribusi maka dapat diketahui rata-rata waktu kerusakan setiap komponen. Dengan ini maka dapat dihitung nilai *reliability* komponen *crane ship unloader*.

Dengan t adalah rata rata waktu kerusakan maka didapatkan hasil perhitungan *reliability* komponen sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Perhitungan Reliability Komponen

No	Komponen	Rata-rata waktu antar kerusakan (menit)	Reliability
1	Trolley System	23750.17	36%
2	Trolley, Mechanical System	78551.00	24%
3	Close System	141684.03	17%
4	Hold System	91651.59	31%
5	Gantry	37394.53	37%
6	Belt feeder	123388.24	36%
7	Lighting System 1, Flood Light	50798.53	45%
8	DC Motor SU3	92274.30	44%

Tabel 6. Hasil Perhitungan Reliability Komponen (Lanjutan)

No	Komponen	Rata-rata waktu antar kerusakan (menit)	Reliability
9	Cooling Fan AC Motor	44430.25	45%
10	Slip Ring AC Motor	249454.31	37%
11	Crane Control, General Function	20100.00	37%
12	Hopper, Construction	96352.72	37%
13	DC Converter	115950.00	37%

Hasil dari perhitungan *reliability system* nyata menggunakan persamaan 12 dan 13 dengan memper timbangkan hubungan antar komponen seri atau paralel yang dapat dilihat pada Gambar. 3 *Block Diagram* maka didapatkan bahwa keandalan sistem dari mesin *crane ship unloader* adalah sebesar 63%.

Sehingga diperlukan penjadwalan perawatan usulan yang mampu mempertahankan nilai keandalan mesin hingga 85% andal dengan cara mendesain ulang periode perawatan usulan dengan pendekatan *trial and error* pada perhitungan *reliability system* sehingga didapatkan rancang usulan waktu antar perawatan setiap komponen yang dapat menjaga rata-rata keandalan sistem pada kondisi 85% handal.

Reliability system dapat dihitung dengan mengacu kepada *block diagram* mesin *crane ship unloader* seperti pada Gambar.3 .

Dengan meningkatkan nilai keandalan komponen maka *reliabilitas system* akan meningkat, didapatkan rata-rata *reliability system* dengan menerapkan rata-rata waktu antar perbaikan yang diusulkan dapat meningkat hingga 85,4% handal.

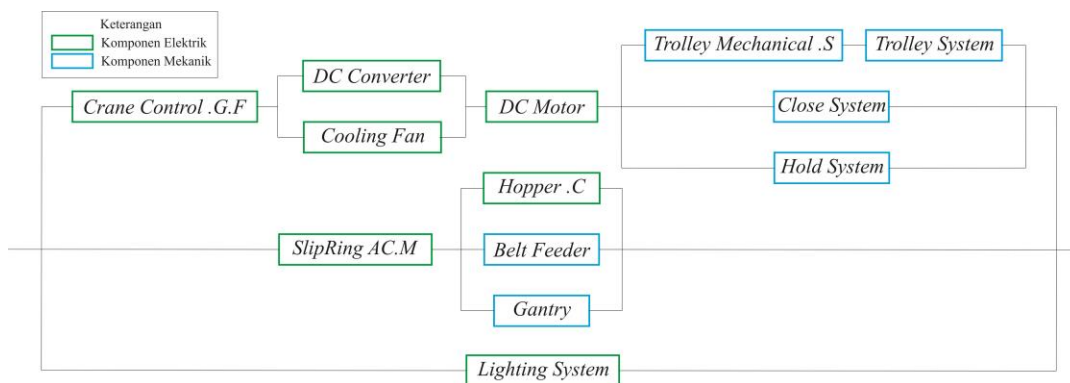
Untuk memastikan bahwa jadwal perawatan yang diusulkan tidak mengurangi *availability* dari sistem nyatanya maka perlu dilakukan simulasi kerusakan komponen. Dengan kejadian kerusakan yang dibangkitkan menggunakan bilangan random (simulasi Monte Carlo) sebagai keandalan komponen yang kemudian ditransformasi kedalam satuan waktu menggunakan fungsi invers dari persamaan keandalan

sesuai dengan distribusi masing-masing komponen. Lalu dibuatlah simulasi kejadian kerusakan selama tahun 2015.

Tabel 7. Usulan Rata-Rata Waktu Antar Perbaikan

No	Komponen	Rata-rata waktu antar perbaikan (menit)	% Keandalan
1	Trolley System	14400.00	54%
2	Trolley, Mechanical System	43200.00	38%
3	Close System	43200.00	60%
4	Hold System	43200.00	62%
5	Gantry	28800.00	46%
6	Belt feeder	72000.00	59%
7	Lighting System 1, Flood Light	43200.00	55%
8	DC Motor SU3	43200.00	80%
9	Cooling Fan AC Motor	28800.00	71%
10	Slip Ring AC Motor	129600.00	59%
11	Crane Control, General Function	14400.00	49%
12	Hopper, Construction	57600.00	55%
13	DC Converter	72000.00	54%

Model simulasi eksisting menggunakan kondisi perbaikan korektif sebagaimana keadaan nyatanya, validasi model eksisting menggunakan perbandingan *reliability system* model eksisting dengan kenyataan. *Reliability system* model eksisting didapatkan sebesar 65,8%. Ini menunjukkan bahwa keandalan sistem model eksisting tidak jauh berbeda dengan keandalan sistem nyata sebesar 63%, sehingga dapat dikatakan bahwa model simulasi eksisting dapat mewakili kondisi nyata. Simulasi model eksisting memiliki total *downtime* sebesar 20.776,8 menit dalam satu tahun dengan *availability* sebesar 96,05%. Sedangkan simulasi model usulan memiliki total *downtime* selama 12.353,4 menit dengan *availability* mencapai 97,65%.



Gambar 3. Block Diagram Crane Ship Unloader No.3

Nilai ini membuktikan bahwa dengan menerapkan penjadwalan usulan dapat meningkatkan nilai *availability* mesin dari 96,05% hingga 97,65%, atau dengan kata lain jadwal perawatan usulan dapat meningkatkan nilai *reliability system* tanpa mengurangi *availability* mesin *crane ship unloader*, sehingga dari pertimbangan diatas sistem jadwal perawatan usulan layak untuk diterapkan.

KESIMPULAN

Komponen *critical* yang perlu dijadikan fokus perbaikan ialah *Trolley system* dengan nilai *reliability* sebesar 23%, *Trolley mechanical system* dengan nilai *reliability* sebesar 24%, *Hold system* dengan nilai *reliability* sebesar 31%, *Close system* dengan nilai *reliability* sebesar 17%, *Gantry* dengan nilai *reliability* sebesar 37%, *Belt feeder* dengan nilai *reliability* sebesar 36%, *Lighting system 1 flood light* dengan nilai *reliability* sebesar 45%, *DC motor SU3* dengan nilai *reliability* sebesar 44%, *Cooling fan AC motor* dengan nilai *reliability* sebesar 45%, *Slip ring AC motor* dengan nilai *reliability* sebesar 37%, *Crane control general function* dengan nilai *reliability* sebesar 37%, *Hopper construction* dengan nilai *reliability* sebesar 37%, dan *DC converter* dengan nilai *reliability* sebesar 37%. Periode waktu *preventif maintenance* untuk menjaga kehandalan sistem pada kondisi 85% handal ialah : *Trolley system* setiap 10 hari, *Trolley mechanical system* setiap 30 hari, *Hold system* setiap 30 hari, *Close system* setiap 30 hari, *Gantry* setiap 20 hari, *Belt feeder* setiap 50 hari, *Lighting system 1 flood light* setiap 30 hari, *DC motor SU3* setiap 30 hari, *Cooling fan AC motor* setiap 20 hari, *Slip ring AC motor* setiap 90 hari, *Crane control general function* setiap 10 hari, *Hopper construction* setiap 40 hari, dan *DC converter* setiap 50 hari. Penerapan jadwal perawatan usulan ini dapat meningkatkan rata-rata keandalan sistem dari 61,91% hingga 85% handal, tanpa mengurangi *availability* mesin *crane ship unloader*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N. 2013. *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Graha Ilmu.
- Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.
- Feldman, R.M., dan Flores, C.V. 1995. *Applied Probability and Stochastic Processes*. Edisi kedua. Springer Heidelberg Dordrecht London. New York.
- Fryman, M.A. 2002. *Quality and Process Improvement*. Thomson Learning. Columbia.
- Hasan, M.I. 2002. *Pokok-pokok Materi Teori Pengambilan Keputusan*. Ghalia Indonesia. Jakarta.

Hasriyono, M. 2009. Evaluasi Efektivitas Mesin Dengan Penerapan *Total Productive Maintenance (TPM)* Di PT. Hadi Baru. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, FT USU. Medan. (Tidak Publikasi)

Kudin, A. W. 2012. Analisa Penjadwalan Maintenance Komponen Listrik Pada Unit Stand 3 PT. XYZ Dengan *Reliability Block Diagram*. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)

Kuswadi, 2004. *Delapan Langkah dan Tujuh Alat Statistik untuk Peningkatan Mutu Berbasis Komputer*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta

Pratama, R. H. J. 2011. Penentuan Nilai Reliability Sistem dengan Menggunakan *Reliability Block Diagram*. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)

Purnomo, H. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Romadhani, D. 2011. Usulan Perawatan Dengan Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin SPM 2000 Di PT KHI Pepe Industries. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)

Santoso, B., Liliana., Imelda, Y. 2008. Tools Simulasi Inventori Pada Supermarket. *Jurnal Teknik Informatika*. Fakultas Teknik, Universitas Surabaya.

Saputro, D. S. 2013. Usulan Penjadwalan Perawatan Dengan Mempertimbangkan *Reliability Block Diagram* Pada Mesin SPM 2000 PT Z. *Tugas Akhir* Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)

DAFTAR BACAAN

Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Direktorat. 2009. Pelabuhan Dan Pengerukan, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 Tentang Kepelabuhan*.