

USULAN PERBAIKAN *MAINTENANCE* UNTUK MENURUNKAN *DOWNTIME* PADA MESIN *PAY – OFF REEL* DENGAN PENDEKATAN *LEAN MAINTENANCE* DI PT XYZ

Amirachman Hendrasnoto¹, Kulsum², Ade Irman Saeful M³

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Untirta

Jl. Jend.Sudirman Km.3 Cilegon, Banten 42435

amirachmanh@gmail.com¹, kulsum.ti@gmail.com², irman@untirta.ac.id³

ABSTRAK

PT XYY merupakan perusahaan manufaktur hulu ke hilir yang bergerak dalam pembuatan baja. Mesin pay – off reel adalah mesin yang memiliki downtime terbesar pada tahun 2016 dengan 5420 menit. Tujuan penelitian ini mengetahui komponen kritis mesin pay – off reel, menghitung nilai reliability, mengetahui lamanya waktu preventive maintenance untuk menjaga kehandalan pada kondisi 85%, dan menghitung persentase efisiensi perawatan. Data diperoleh dengan pendekatan metode Lean Mintenance dengan menganalisa kegiatan perawatan dengan menggunakan maintenance value stream mapping (MVSM) lalu dicari nilai MTBF pada setiap komponen, dan disimulasikan untuk mendapatkan perawatan preventif. Hasil penelitian ini menghasilkan komponen – komponen kritis, yaitu komponen piston hydraulic, gearbox, hyraulic pump, swivel drive, bero sensors, valve, clavis cylinder, bearing, dan panel control. Nilai reliability mesin pay – off reel adalah sebesar 0,3942. Diterapkan kondisi kehandalan hingga mencapai 85% sehingga didapatkan interval perawatan untuk komponen control panel setiap 20 hari, komponen gearbox setiap 40 hari, clavis cylinder setiap 20 hari, bearing setiap 30 hari, piston hyraulic setiap 40 hari, hydraulic pump setiap 60 hari, valve setiap 30 hari, swivel drive setiap 20 hari, dan bero sensors setiap 20 hari. Dan persentase efisiensi perawatan untuk komponen bearing 60,61%, clavis cylinder 54,14%, gearbox 65,85%, hydraulic pump 50,68%, piston hydraulic 60,06%, swivel drive 55,25%, bero sensors 52,85%, valve 55,56%, dan panel control 62,89%.

Kata Kunci: Lean Minatenace, MVSM, Preventive Maintenance

ABSTRACT

PT XYS is a manufacturing company engaged in manufacturing of steel. Pay – Off Reel Machine had 5420 minutes of downtime during year 2016. The purposed of this research was to determine the critical components pay – off reel machine, calculating the reliability, determine preventive time to improve the reliability of 85%, and identification to minimize waste while doing maintenance activity to increase maintenance efficiency. The result showed that critical components pay – off reel machine is piston hydraulic, gearbox, hyraulic pump, swivel drive, bero sensors, valve, clavis cylinder, bearing, and panel control. The value of reliability pay – off reel macine is 0,3942. Proposed schedule of preventive maintenance to increase 85% reliability so that the panel control each 20 days, gearbox each 40 days, clavis cylinder each 20 days, bearing each 30 days, piston hyraulic each 40 days, hydraulic pump each 60 days, valve each 30 days, swivel drive each 20 days, and bero sensors each 20 days. The results of %Maintenance Efficiency for bearing 60,61%, clavis cylinder 54,14%, gearbox 65,85%, hydraulic pump 50,68%, piston hydraulic 60,06%, swivel drive 55,25%, bero sensors 52,85%, valve 55,56%, dan panel control 62,89%.

Keywords : Lean Maintenance, MVSM, Preventive Maintenance

1. PENDAHULUAN

Pada industri manufaktur, elemen mesin merupakan salah satu fasilitas utama dalam mendukung kegiatan produksi. Apabila mesin mengalami kerusakan (*breakdown*), maka secara langsung dapat menghambat aktivitas produksi, yang selanjutnya akan menimbulkan berbagai masalah bagi perusahaan.

Pemeliharaan atau perawatan mesin di suatu Industri terutama di bidang manufaktur memiliki peran sangat penting dalam proses produksi. Kegiatan perawatan dapat meminimalkan biaya atau kerugian-kerugian yang ditimbulkan akibat adanya kerusakan.

Menurut Sherif Mostafa (2015) tingginya *downtime* salah satunya disebabkan banyaknya *Non – Value Added Activities* (NVA) atau *wastes* pada saat pengerjaan aktivitas perawatan. Salah satu strategi untuk meng – eliminasi *wastes* adalah dengan menerapkan *lean thinking* pada semua aktivitas baik dari *suppliers* sampai *customers* atau disebut juga *Value Stream*. Dalam *maintenance*, perlu dipertimbangkan dalam penerapan *lean thinking* agar dapat meminimasi *downtime*.

PT XYZ merupakan salah satu industri manufaktur hulu ke hilir dalam pembuatan baja yang berlokasi di kota Cilegon. PT XYZ mempunyai pabrik *Hot Strip Mill* (HSM) yang memproduksi baja berupa lembaran.

PT XYZ sudah memiliki system perawatan mesin secara *corrective maintenance*. *corrective maintenance* dilakukan pada saat mesin mengalami kerusakan, hal ini akan mengganggu

proses produksi dan tentu saja mempengaruhi produktivitas mesin karena mengalami *breakdown* secara tiba – tiba. Hal ini tentu akan menambah tingginya waktu *downtime*, dikarenakan mengganggu proses produksi dan tentu saja mempengaruhi produktivitas mesin. Dengan dilakukan perawatan secara teratur, diharapkan dapat berproduksi secara efektif dan kondisi mesin akan optimal dengan adanya penjadwalan perawatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Adapun tinjauan pustaka yang digunakan dalam menunjang penelitian antara lain definsi dan konsep perawatan, RBD, simulasi monte carlo, *avaibility*, *lean maintenance*, dan *value stream mapping*.

2.1. Perawatan

Perawatan (*maintenance*) adalah probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam suatu jangka waktu tertentu, dimana perawatan dilakukan sesuai dengan prosedur yang seharusnya (Ebeling, 1997).

Tujuan utama dilakukannya perawatan adalah: (Bakri, 2016)

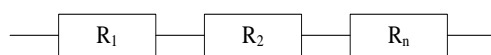
1. Mempermudah kemampuan alat atau fasilitas produksi guna memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan target serta rencana produksi.
2. Mengurangi pemakaian dan penyimpanan diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama jangka waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan.

3. Menjaga agar kualitas produk berada pada tingkat yang diharapkan guna memenuhi apa yang dibutuhkan produk itu sendiri dan menjaga agar kegiatan produksi tidak mengalami gangguan.
4. Memperhatikan dan menghindari kegiatan – kegiatan operasi mesin serta peralatan yang membahayakan keselamatan kerja.

2.2. RBD

Menurut Ebeling (1997), *reliability block diagram* merupakan sebuah metode untuk melakukan analisa kehandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks serta menggunakan diagram blok sistem. RBD dapat tersusun atau terangkai secara seri atau paralel ataupun gabungan dari keduanya. Rumusan atau rangkaian seri dan paralel:

1. Rangkaian Seri



Gambar 1 Rangkaian Seri

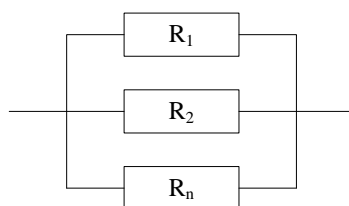
Sumber: Ebeling (1997)

$$R_s = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n \dots (1)$$

R_s = RBD seri

R_1, R_2, R_n = *reliability* komponen

2. Rangkaian Paralel



Gambar 2 Rangkaian Paralel

Sumber: Ebeling (1997)

$$R_p = 1 - [(1 - R_1)x(1 - R_2)x \dots x (1 - R_n)] \dots \dots \dots (2)$$

R_p = RBD paralel

R_1, R_2, R_n = *reliability* komponen

2.3. Simulasi Monte Carlo

Metode Simulasi Monte Carlo adalah suatu metode untuk mengevaluasi suatu model deterministik yang melibatkan bilangan acak sebagai salah satu input. Simulasi Monte Carlo merupakan bentuk simulasi probabilistik dimana solusi dari suatu masalah diberikan berdasarkan proses *random* (acak).

2.4. Availability

Menurut Ansori (2013) dalam bakri (2016), *availabilitas* merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan.

Formula yang digunakan untuk mengukur *availabilitas* adalah (Ebeling, 1997):

$$\text{Availabilitas} = \frac{\text{Loading time} - \text{downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots \dots (4)$$

2.5. Lean Maintenance

Menurut Smith dan Hawkins (2004) *Lean Maintenance* merupakan sistem perawatan yang terencana dan terjadwal melalui *Total Productive Maintenance* (TPM) menggunakan strategi perawatan yang dikembangkan melalui penerapan logika *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan diparktekan oleh pengguna (peneliti), tindakan berupa proses 5-R (Rapih, Resik, Rawat, Rajin, Ringkas), pengembangan metode Kaizen, dan kebijakan perawatan bersama – sama

dengan terampil. Perawatan oleh teknisi dilakukan dengan sistem rangka kerja dan dengan *Computer Managed Maintenances System* (CMMS) atau dengan sistem *Enterprise Assets Management* (EAM) yang didukung dengan sistem perawatan dan kehandalan yang melakukan *Root Cause Effect Analysis* (RCFA), analisa kegagalan komponen, analisa prosedur perawatan yang efektif, analisa perawatan yang dapat diperkirakan (*Predictive Maintenance*), dan analisa hasil pemantauan perawatan.

2.6. Maintenance Value Stream Mapping

Menurut novareza (2015) metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) digunakan untuk memetakan aliran proses informasi dalam aktivitas perawatan untuk sebuah peralatan. *Output* yang didapat adalah *value added time*, *non – value added time*, dan *% maintenance efficiency*. MVSM dapat menggambarkan keseluruhan proses perawatan dengan lengkap dan tersistematis. MVSM dapat diterapkan, karena dapat menggambarkan suatu sistem yang menjelaskan aliran material dan informasi sehingga dapat menghasilkan suatu gambaran umum dari sebuah proses yang mudah di pahami. MVSM juga memudahkan pengguna untuk mengambil keputusan dalam mengeleminasi kegiatan – kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah (*non – value added activities*). (Matondang, 2013).

Menurut Kannan (2007) dalam MVSM, kegiatan yang memiliki nilai tambah (*Value added activities*) diartikan sebagai MTTR (*Mean Time to Repair*). Untuk kegiatan yang tidak memiliki nilai

tambah (*Non – Value Added Activities*) diartikan sebagai MTTO (*Mean Time to Organize*), dan MTTY (*Mean Time to Yield*). Perhitungan masing – masing aktivitas dilakukan untuk mencari MMLT (*Mean Minute Lead Time*).

Menurut Kannan (2007) MTTO, MTTR, MTTY, dan MMLT dapat diartikan sebagai berikut.

MTTO = penjumlahan aktivitas sebelum memulai perawatan

MTTR = aktivitas untuk memperbaiki komponen

MTTY = pemeriksaan komponen setelah perawatan

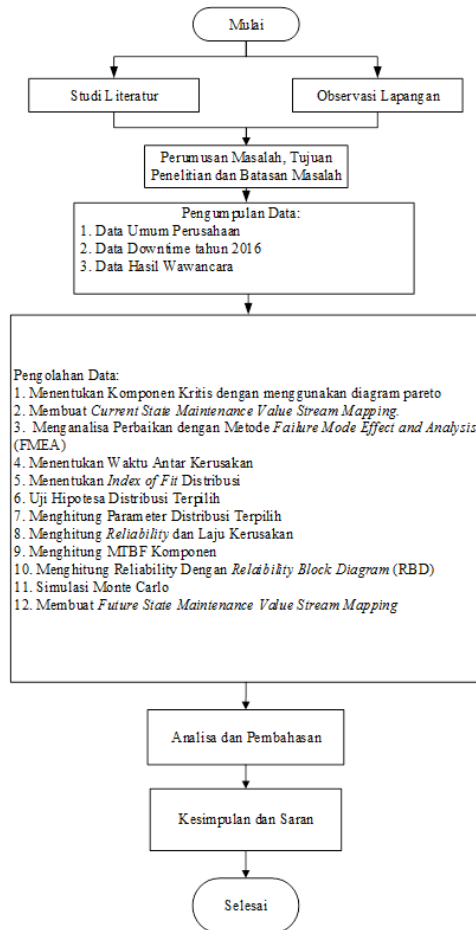
MMLT = MTTO + MTTR + MTTY. (3)

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dikumpulkan data – data seperti data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli. Yang termasuk dalam data primer dalam penelitian ini adalah data hasil wawancara dengan ITS *Mechanical & EIC* mengenai masalah yang terdapat komponen kritis. Sedangkan data sekunder merupakan sumber data

penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung. Data sekunder penelitian yang diperoleh berupa data *downtime* mesin *pay – off reel* yang didapatkan dari PT XYZ 2016. Data *downtime* mesin *pay – off reel* lalu diolah untuk mengetahui komponen – komponen kritis, menghitung *Mean Time Between Failure* (MTBF), menghitung nilai *Reliability*, dan RBD, pada penelitian ini juga dilakukan simulasi diskrit Monte Carlo guna melihat pengaruh penerapan rancangan usulan pembuatan penjadwalan perawatan yang dibuat. Data wawancara digunakan untuk menghasilkan memetakan aliran perawatan untuk sebuah peralatan atau

Maintenance Value Stream Mapping (MVSM).

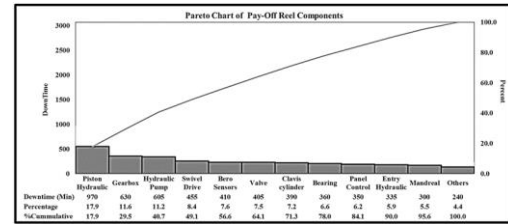


Gambar 3 Flowchart penelitian umum

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan pada penelitian ini antara lain menentukan komponen kritis, membuat *current state maintenance value stream mapping*, pola distribusi terpilih, menghitung MTBF, menghitung reliability mesin dengan RBD, simulasi monte carlo, availability, dan membuat hasil future state MVSM.

4.1. Menentukan Komponen Kritis

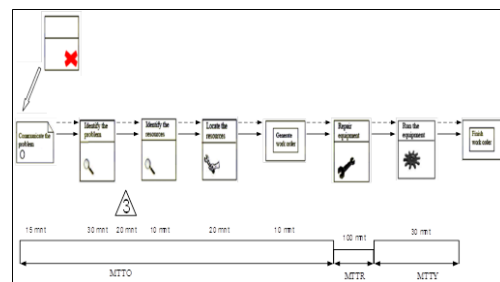


Gambar 4. Diagram Pareto Komponen Kritis Mesin Pay – Off Reel

80% dari total downtime yang terjadi pada mesin *pay – off reel* terjadi pada 9 komponen yaitu *Piston Hydraulic* dengan downtime 970 menit, *Gearbox* dengan downtime 630 menit, *Hydraulic Pump* dengan downtime 605 menit, *Swivel Drive* dengan downtime 455 menit, *Bero Sensors* dengan downtime 410 menit, *Valve* dengan downtime 405 menit, *Clavis Cylinder* dengan downtime 390 menit, *Bearing* dengan downtime 360 menit, dan *Panel Control* dengan downtime 350 menit.

4.2. Membuat *Current State Maintenance Value Stream Mapping*

Pembuatan *Current State MVSM* dengan menerapkan konsep dari MVSM.



Gambar 5. *Current State MVSM Piston Hydraulic*

Berdasarkan Gambar 5. Dapat dilihat bahwa komponen *piston hydraulic* memiliki beberapa aktivitas perawatan, yaitu adalah dilakukannya *communicate problem, identify the*

problem, identify the resources, locate the resources, generate work order, repair equipment, run the equipment, dan finish work order. Non – value added time (NVA) komponen *piston hydraulic* selama 135 menit dan *value added time* selama 100 menit. Sehingga menghasilkan efisiensi perawatan (%*Maintenance Efficiency*) sebesar 42,55%.

Setelah didapatkan gambaran current state MVSM untuk masing – masing komponen, perlu dilakukan perbaikan guna menurunkan NVA sehingga efisiensi perawatan menjadi meningkat. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan metode FMEA dan hasil brainstorming dengan ITS *Mechanical* didapatkan nilai RPN tertinggi pada kegiatan *run the equipment* dengan nilai 336, sehingga usulan perbaikan yang diberikan ialah pembuatan penjadwalan *preventive* dan *corretive maintenance* secara simulasi untuk petugas operator dan ITS *Mechanical*.

4.3. Pola Distribusi Terpilih

Setelah melakukan perhitungan *Index of Fit* pada masing – masing komponen maka didapatkan hasil pengujian pola distribusi untuk masing – masing komponen dapat dilihat di tabel 1. Pola distirbusi terpilih adalah yang memiliki nilai *Index of Fit* terbesar.

Tabel 1. Pola Distribusi Terpilih

Komponen	Distribusi
<i>Bearing</i>	<i>Weibull</i>
<i>Clavis Cylinder</i>	<i>Eksponensial</i>
<i>Panel Control</i>	<i>Weibull</i>
<i>Gear Box</i>	<i>Eksponensial</i>
<i>Hydraulic Pump</i>	<i>Weibull</i>
<i>Piston Hydraulic</i>	<i>Weibull</i>
<i>Swivel Drive</i>	<i>Weibull</i>
<i>Bero Sensors</i>	<i>Weibull</i>
<i>Valve</i>	<i>Weibull</i>

4.4. Menghitung MTBF Komponen Kritis.

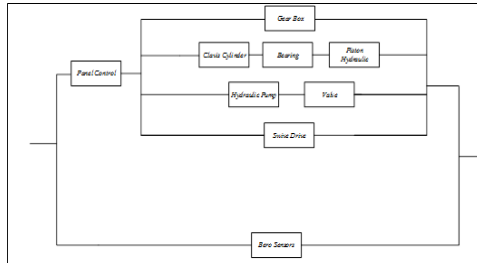
Setelah didapatkan pola distribusi terpilih untuk masing – masing komponen kritis, langkah selanjutnya adalah menghitung MTBF untuk masing – masing komponen kritis. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. MTBF Komponen Kritis Mesin Pay – Off Reel

Komponen	MTBF	%Kehandalan
<i>Bearing</i>	65	43%
<i>Clavis cylinder</i>	110	37%
<i>Panel Control</i>	67	29%
<i>Gearbox</i>	101	18%
<i>Hydraulic Pump</i>	215	17%
<i>Piston Hydraulic</i>	78	17%
<i>Swivel Drive</i>	74	28%
<i>Bero Sensors</i>	129	30%
<i>Valve</i>	130	18%

4.5. Menghitung Reliability Mesin dengan RBD

Kehandalan mesing dihitung dengan menggunakan metode RBD.



Gambar 6. Reliability Block Diagram Komponen Mesin Pay – Off Reel

RBD eksisting dihitung dengan menggunakan MTBF masing – masing komponen sebelum dilakukan penjadwalan ulang dan didapatkan nilai reliability sebesar 0,394 yang masih sangat jauh dari *Japan Institute Plan Maintenance (JIPM)* sebesar $\geq 0,85$.

Setelah dilakukan penjadwalan ulang maka MTBF usulan serta nilai reliability usulan untuk masing – masing komponen kritis yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. MTBF Komponen Kritis Mesin Pay – Off Reel

Komponen	MTBF	%Kehandalan
Control Panel	20	56%
Gearbox	40	52%
Clavis cylinder	20	83%
Bearing	30	78%
Piston Hydraulic	40	25%
Hydraulic Pump	60	33%
Valve	30	37%
Swivel Drive	20	56%
Bero Sensors	20	72%

Dengan menggunakan nilai reliability hasil MTBF usulan maka didapatkan hasil RBD usulan.

Dengan meningkatkan nilai kehandalan komponen maka sistem kehandalan akan meningkat, didapatkan rata – rata sistem kehandalan dengan menerapkan rata – rata waktu antar perbaikan yang diusulan dapat meningkatkan hingga 85% kehandalan.

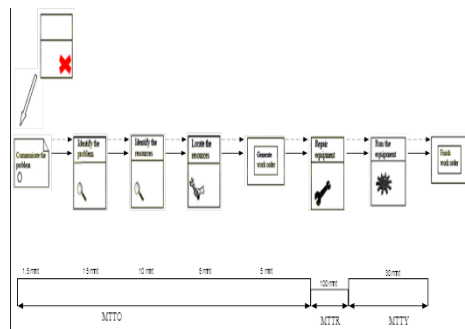
Untuk memastikan bahwa jadwal perawatan yang diusulkan tidak mengurangi *avaibility* dari sistem nyata maka perlu dilakukan simulasi kerusakan komponen. Dengan kejadian kerusakan yang dibangkitkan dengan menggunakan bilangan random (Simulasi Monte Carlo) sebagai kehandalan komponen yang kemudian ditransformasi kedalam satuan waktu menggunakan fungsi invers dari persamaan kehandalan sesuai dengan distribusi masing – masing komponen. Lalu dibuatlah simulasi kejadian kerusakan selama tahun 2017 dengan melakukan perawatan secara *corrective* dan *preventive*.

Simulasi model eksisting memiliki total *downtime* sebesar 10185 menit selama setahun dengan *avaibility* sebesar 98,1%. Sedangkan simulasi model usulan memiliki total *downtime* selama 7750 menit dengan *avaibility* mencapai 98,5%.

Nilai ini membuktikan bahwa dengan menerapkan perjadwalan usulan dapat meningkatkan nilai *avaibility* mesin dari 98,1% hingga 98,5%, atau dengan kata lain jadwal perawatan usulan dapat meningkatkan nilai *reliability system* tanpa mengurangi *avaibility* mesin *pay – off reel*, sehingga sistem jadwal perawatan usulan layak untuk diterapkan.

4.6. Membuat *Future State Maintenance Value Stream Mapping*

Setelah dilakukan implementasi penjadwalan perawatan secara *preventive* dan *corrective* pada mesin *pay – off reel* maka didapatkan hasil berupa *future state* MVSM.



Gambar 7. *Future State* MVSM Piston Hydraulic

Tabel 4. Perhitungan *Future State* MVSM pada komponen Piston Hydraulic

No	Rincian Kegiatan Perbaikan	Durasi (Menit)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	Equipment Breakdown	-	-	-
2	Communicate the Problem	1.5	MTTO	NVA
3	Identify the Problem	15	MTTO	NVA
4	Identify the Resources	10	MTTO	NVA
5	Locate the Resources	5	MTTO	NVA
6	Generate Work Order	5	MTTO	NVA
7	Repair Equipment	100	MTTR	VA
8	Run the Equipment	30	MTTY	NVA
9	Finish Work Order	-	-	-
Jumlah (MMLT)		166.5	VA Time	100
MTTO		36.5	NVA Time	66.5
MTTR		100	Efisiensi Perawatan	60.06%
MTTY		30		

Berdasarkan gambar 7 dan tabel 4 dapat dilihat bahwa non – value added time (NVA) komponen piston hydraulic menurun menjadi 66,5 menit dan efisiensi perawatan (%*maintenance efficiency*) meningkat menjadi 60,06%. Peningkatan ini menandakan *future state* MVSM yang dibentuk menjadi lebih baik dibandingkan dengan hasil *current state* MVSM. Hal yang sama juga ditunjukkan pada komponen mesin yang lain, dan hasilnya mengalami peningkatan pada

efisiensi perawatan (%*maintenance efficiency*). Berikut hasil perbandingan antara *current state* dengan *future state* pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Curret State dengan Future State

Kategori	Piston Hyd.	
	Current	Future
MTTO	105	36,5
MTTR	100	100
MTTY	30	30
MMLT	235	166,5
Non - Value Added (Menit)	135	66,5
Value Added (Menit)	100	100
Efisiensi Perawatan	42,55%	60,06%

5. KESIMPULAN

Mesin *Pay – Off Reel* sepanjang tahun 2016 memiliki downtime selama 5420 menit dengan 8 komponen kritis yaitu *piston hydraulic, gearbox, hydraulic pump, swivel drive, bero sensors, valve, clavis cylinder, bearing, dan panel control*. Hasil uji distribusi menunjukkan bahwa komponen *piston hydraulic, hydraulic pump, swivel drive, bero sensors, valve, bearing, dan panel control* berdistribusi weibull, sedangkan komponen *clavis cylinder* dan *gearbox* berdistribusi eksponensial. Mesin *pay – off reel* memiliki kehandalan sebesar 0,394 akan tetapi setelah dilakukan penjadwalan ulang maka didapatkan kehandalan meningkat menjadi 0,854. Penentuan interval perawatan yang mengacu pada perhitungan MTBF didapatkan bahwa interval pergantian komponen *control panel* setiap 20 hari, *komponen gearbox* setiap 40 hari, *clavis cylinder* setiap 20 hari, *bearing* setiap 30 hari, *piston hydraulic* setiap 40 hari, *hydraulic pump* setiap 60 hari, *valve* setiap 30 hari, *swivel drive* setiap 20 hari, dan *bero sensors* setiap 20 hari. Dan persentase efisiensi perawatan untuk komponen *bearing* 60,61%, *clavis cylinder* 54,14%, *gearbox* 65,85%, *hydraulic pump* 50,68%, *piston hydraulic* 60,06%, *swivel drive* 55,25%, *bero sensors* 52,85%, *valve* 55,56%, dan *panel control* 62,89%.

6. DAFTAR PUSTAKA

Auli, A. R. 2016. Usulan perawatan pada komponen kritis mesin spm 1800 dengan pendekatan *lean maintenance* di PT KHI PIPE INDUSTRIES. (Skripsi). Cilegon: Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Huda, A. T. N., Novareza, O., Andriani, D. P. 2015. Analisis aktivitas perawatan mesin HDS di stasiun gilingan menggunakan *maintenance valu stream mapping (MVSM)* (Studi Kasus PG. Kebon Agung Malang). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. Vol. 3 No. 2 Teknik Industri Universitas Brawijaya.

Birolini, A. 2006. *Reliability Engineering Theory and Practice*. Springer. Zurich

Ebeling, C. 1987. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.

Jiwantoro, A.Y. 2014. *Usulan Strategi Perawatan Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Mesin Crane Ship Unloader Di PT.KBS*. Cilegon: Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri FT. Untirta.

Maulana, E. 2015. Usulan Perencanaan Perawatan mesin *coldsaw* dengan metode *reliability centered maintenance* dan *reliability block diagram* (study kasus : PT Krakatau Wajatama). (Skripsi). Cilegon: Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Bakri, K. 2016. Usulan Waktu *Preventive Maintenance* Untuk Menurunkan *Downtime* Dan Biaya Perawatan Mesin *Three Roll Bending* Dengan *Reliability Block Diagram* Di Pt.Asyatek Indonesia. (*Skripsi*). Cilegon: Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tiryasa.

Smith, R., Hawkins, B. 2004. *Lean Maintenance : Reduced Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Edisi Pertama. United Kingdom. Elsevier Butterworth – Heinemann

Mostafa, S. Dumrak, J., Soltan, H. 2015. Lean Mintenance Roadmap. *Prosedia Manufacturing (2015)*. 434 – 444.