

# **ANALISIS RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA ALAT BONGKAR MUAT RUBBER TYRE GANTRY CRANE (RTGC) DI PT XXX**

**Rahmatulloh<sup>1</sup>, Suharto<sup>1</sup>, Riana Septiani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Prodi Teknik Industri, Universitas Tulang Bawang  
Jalan Gajah Mada 34 Kota Baru, Bandar Lampung*  
\*Penulis Korespondensi: [rahmatth12@gmail.com](mailto:rahmatth12@gmail.com)

## ***Abstract***

*The loading and Unloading operational activities in port often run into obstacle, because happened malfunction occurrence of the equipment used. Failure to operate the equipment has resulted in downtime decreased of company productivity. Therefore, a system is needed maintenance of planning in order to produce the equipment that can be operated optimally. This research was choosen the company PT. XXX which is a company that engaged in the field maintenance of equipments port operational (quayside container crane, rubber tyre gantry crane, gantry luffing crane, and others) the place where the equipment maintenance system, especially the rubber tyre gantry crane (RTGC) which has been done are still a breakdown maintenance and corrective maintenance. The aim of this research is to analyze by method of reliability centered maintenance (RCM) to able to determined the optimal maintenance and it can be predict steps to overcome the damage that might will happen in the next period based on existing data. From data processing and analysis was obtained that the components most frequently damaged on the equipment of RTGC, cause of failure, selection decision and recommendations for maintenance systems are based on Reliability Centered Maintenance (RCM).*

**Keywords:** *Failure, Maintenance, Rubber Tyre Gantry Crane (RTGC), Reliability Centered Maintenance (RCM), Planning.*

## **Pendahuluan**

Dunia industri tak lepas dari adanya sebuah mesin atau alat dalam memproduksi barang. Mesin merupakan aset fisik agar perusahaan dapat terus produktif maka mesin memerlukan perawatan. Dalam mendukung beroperasinya suatu sistem berjalan secara lancar dan sesuai yang dikehendaki maka kegiatan perawatan mempunyai peranan penting. Kegiatan perawatan juga dapat meminimalkan biaya atau kerugian yang timbul akibat kerusakan mesin (Utomo, 2018).

PT. XXX adalah anak perusahaan dari PELINDO II atau nama lainnya *Indonesia Port Corporation* (IPC) yang merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dibidang kepelabuhanan. PT. XXX adalah perusahaan yang telah

dipercaya untuk mengelola alat-alat bongkar muat pelabuhan yang berada di 9 lokasi di Indonesia yang salah satunya berada di pelabuhan panjang, Bandar Lampung.

Dengan semakin meningkatnya produksi dari bongkar muat dipelabuhan (ekspor dan impor barang), maka IPC harus dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam proses bongkar muatnya. Salah satunya menuntut PT. Jasa Peralatan Pelabuhan Indonesia sebagai pengelola dan pemeliharaan alat bongkar muat pelabuhan untuk meningkatkan keandalan alat bongkar muat seoptimal mungkin dalam mendukung proses operasional berlangsung.

*Rubber Tyre Gantry Crane* (RTGC) merupakan salah satu alat bantu bongkar muat yang beroda karet (ban),

dalam dunia kepelabuhan RTGC digunakan untuk memindahkan kontainer yang berada truk ketempat penampungan atau sebaliknya.

Alat bongkar muat RTGC di pelabuhan panjang ada 5 unit yaitu : 3 unit RTGC Bukaka dengan kapasitas angkut 28 ton dan 2 unit RTGC Noell dengan kapasitas angkut 30 ton. Pada tabel 1.1 akan menampilkan tentang data dari alat bongkar muat RTGC yang beroperasi di pelabuhan panjang.

Berikut ini adalah data unit alat-alat bongkar muat RTGC yang ada di pelabuhan panjang yang dikelola oleh PT. XXX tahun 2019 yang beroperasi di area terminal peti kemas panjang dapat dilihat dalam tabel 1.1.

No	Nama Alat	Product	Kode Unit
1	RTGC	Bukaka	RTGC 01
2	RTGC	Bukaka	RTGC 02
3	RTGC	Bukaka	RTGC 03
4	RTGC	Noell	RTGC 04
5	RTGC	Noell	RTGC 05

Alat bongkar muat RTGC yang dikelola PT. XXX tergolong mesin yang setiap hari melakukan aktivitas operasional. Dalam proses operasi dari alat bongkar muat RTGC pasti mengalami kerusakan yang harus dilakukan perbaikan.

Sistem perawatan yang dilakukan oleh PT. XXX saat ini menggunakan sistem *breakdown maintenance* dan *preventive maintenance*. Menurut Ansori dan Mustajib (2013), *breakdown maintenance* merupakan kegiatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan, sedangkan *preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga.

Namun dalam pelaksanaannya dilapangan terdapat berbagai kendala yang mengakibatkan perawatan tersebut belum efektif. Misalnya tidak ada penjadwalan perawatan komponen yang

teratur menyebabkan mesin akan *breakdown* dan mengganggu jadwal operasi dari alat bongkar muat RTGC.

Kemudian sistem perawatan perbaikan kerusakan yang terjadi pada alat RTGC tidak pernah dilakukan studi lebih lanjut tentang akar penyebab kerusakan, sehingga kerusakan yang sama tidak dapat diantisipasi hal ini merupakan masalah dalam penelitian ini.

*Failure mode and Effect Analysis* (FMEA) akan berguna dalam melakukan mengidentifikasi komponen yang mengalami kerusakan kemudian dapat dianalisis penyebab dan efek kegagalan dari kerusakan yang terjadi. Menurut Daydem (2003), FMEA adalah proses yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan dampak dari kegagalan sehingga dampak bisa dikurangi.

## Metode Penelitian

### Waktu dan Tempat Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti memilih di perusahaan peralatan bongkar muat pelabuhan (perusahaan alat berat). Area yang akan diteliti oleh peneliti yaitu pada area terminal peti kemas dimana terdapat alat yang di gunakan untuk melakukan proses bongkar muat kontainer. Untuk waktu penelitian penulis melakukan penelitian selama 1 (satu) bulan, dimulai pada tanggal 1 Januari 2020 sampai dengan tanggal 31 Januari 2020.

### Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari perusahaan, selanjutnya penulis melakukan pengolahan data dan perhitungan untuk menunjang penelitian tersebut. Pengolahan data yang dilakukan sebagai berikut:

1. Perhitungan *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA)
2. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF)
3. Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR)
4. Perhitungan Parameter TTF dan TTR

### Analisis Data

Setelah pengolahan data dilakukan, maka tahap selanjutnya yaitu menganalisa terhadap hasil perhitungan MTTF, MTTR, dan Interval Waktu Perawatan mesin.

**Hasil dan Pembahasan**  
**Perhitungan *Failure Mode and Effect Analyze* (FMEA)**

RTGC memiliki 6 bagian sistem yang memiliki fungsi masing-masing namun saling keterkaitan dalam suatu proses bongkar muat, adapun datanya klasifikasi *downtime* sebagai berikut:

Klasifikasi	020-RTG-05
Electrical	1
Engine	3
Gantry	10
Hoist	6
Spreader	3
Trolley	2
Grand Total	25

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa RTGC paling sering terjadi

kegagalan fungsi pada sistem *gantry* dengan total 10 kali kejadian, *Gantry* memiliki komponen penggerak yang beragam mulai dari motor listrik, ban, *pin lock/unlock*, *hydraulic cross*, dan banyak lagi. Namun setiap terjadi kegagalan dari komponen akan berpengaruh pada fungsional alat secara keseluruhan atau pada sistem *gantry*. Selanjutnya akan ditentukan nilai RPN nya.

Dalam perhitungan ini menggunakan nilai peringkat yang mana menggambarkan kerusakan-kerusakan yang terjadi pada alat saat proses operasional berlangsung. Berdasarkan analisis melalui FMEA maka didapatkan nilai *risk priority number* (RPN) masing-masing komponen yang didapat dari nilai peringkat *severity*, *occurance* dan *detection*. Dapat diketahui dari tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) bahwa nilai total RPN tertinggi terdapat pada komponen yaitu sensor *pin lock/unlock* dengan nilai RPN 204. Dari hasil perhitungan FMEA tersebut selanjutnya akan dilakukan tindakan perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*.

FMEA Worksheet			SISTEM : RUBBER TYRE GANTRY CRANE 05						
			SUB SISTEM : GANTRY						
Part/Process	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1-10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1-10)	Current Control	Det (1-10)	RPN
Motor Gantry	Penggerak Utama	Kampas Brake Gantry	Tidak bisa berhenti dengan tepat	3	Usia pemakaian kampas telah habis	1	Pengecekan kampas secara rutin	5	15
			Roda gantry tidak stabil/bergerak-gerak	3	Kampas kurang di setting	1	Pengecekan baut setting kampas secara rutin	4	12
		Koil Brake	mengakibatkan putaran motor berat	4	koil brake kotor	1	mengontrol koil brake	4	16
<b>TOTAL RPN</b>									43
Hydraulic Cross	Memutar Poros Roda Gantry	kebocoran Pada Seal	Sistem tidak bekerja dengan baik atau gerakan cross lambat	3	Kotoran pada piston hydraulic	1	Pengecekan kinerja hydraulic cross	4	12
		kebocoran Pada Hose	Tidak bisa melakukan crossing	3	fleksibilitas hose kurang	1	Pengecekan hose secara rutin	5	15
<b>TOTAL RPN</b>									27
Pin Lock/Unlock	Pengunci Roda Gantry	kebocoran Pada Seal	Pin tidak terkunci dengan maksimal	3	Kotoran pada piston hydraulic	1	Pengecekan kinerja pin lock/unlock	4	12
		Kebocoran Pada Hose	Tidak bisa melakukan crossing	3	fleksibilitas hose kurang	1	Pengecekan hose secara rutin	5	15
<b>TOTAL RPN</b>									27
Sensor Cross	Pembaca Status Cross	Sensor Rusak	Tidak dapat beroperasi	6	usia pemakaian sensor habis	1	Pengecekan usia pemakaian	7	42
		Socket Longgar	Sensor telat memberi status	3	Getaran saat gantry	2	mengontrol sensor secara rutin	8	48
		Tuas 90 derajat	Tuas tertabrak	6	komponen tuas tidak orisinil	2	Pengecekan tuas	5	60
<b>TOTAL RPN</b>									150
Sensor Pin Lock/Unlock	Pembaca Status Pin Lock/Unlock	Tuas Sensor Tidak Pas	sensor tidak menerima status	6	Baut pada tuas longgar	3	Mengontrol baut pada tuas sensor	5	90
		Sensor Rusak	Tidak dapat beroperasi	6	Usia pemakaian habis	1	Pengecekan usia pemakaian	7	42
		Socket Longgar	Sensor telat memberi status	3	Getaran saat gantry	3	Mengontrol sensor saat beroperasi	8	72
<b>TOTAL RPN</b>									204
Hydraulic Pump	Mensuplai Oli Hydraulic	Solenoid Rusak	Suplai oli hydraulic tidak berjalan dengan baik	7	Pengoperasian yang sudah lama	1	Pengecekan usia pemakaian dan kontrol rutin	6	42
		Main Valve Kotor	Suplai oli hydraulic tidak tersalurkan	7	kualitas oli hydraulic yang kotor	1	Mengontrol penyaringan oli hydraulic	6	42
<b>TOTAL RPN</b>									84

**Perhitungan Reliability Centered Maintenance (RCM)**

**Identifikasi Distribusi Untuk Selang Waktu Kerusakan (Time To Failure)**

Untuk dapat menentukan distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan TTF (*Time to Failure*), maka dilakukan perhitungan *index of fit* dari

tiap distribusi tersebut. Dan pemilihan distribusi berdasarkan pada nilai *index of fit* yang terbesar dari masing-masing komponen. Hasil dari perhitungan masing-masing distribusi pada komponen sensor pin *lock/unlock* dengan *index of fit* yaitu diperoleh sebagai berikut.

Nama Komponen	Index Of Fit			
	Distribusi Eksponensial	Distribusi Normal	Distribusi Lognormal	Distribusi Weidbull
Sensor Pin Lock/Unlock	-0,017	0,000	1,000	0,019

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap distribusi untuk komponen sensor pin *lock/unlock*, maka harus diuji dulu kesesuaiannya. Pengujian-pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut : Sensor pin *lock/unlock* nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh oleh komponen sensor pin *lock/unlock* adalah berdasarkan distribusi lognormal, maka uji kesesuaian yang digunakan adalah *Kolmogorov-Smirnov test*.

Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui  $D_1=0.241$  dan  $D_2=0.760$  nilai terbesarnya yang diambil, dilihat nilai Uji statistik  $D_1$  dan  $D_2$  nilai yang terbesarnya adalah  $D_2$  dengan nilai 0.760 yang diperoleh dari nilai table kritis untuk Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*. Sehingga:  $D_{hitung} = 0.760 > 0.688 = D_{tabel}$  (Tabel *Kolmogorov Smirnov*).

Maka dapat disimpulkan  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, dikarenakan  $H_0$  ditolak maka data akan diuji kembali dengan data yang memiliki nilai *index of*

*fit* terbesar selanjutnya yaitu distribusi *weibull* maka uji kesesuaian yang digunakan adalah *Mann's*.

Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui nilai statistik dari  $M = -0,435 < 16,69 = F(0,01;3;4) = F(\text{tabel})$ . Maka dapat disimpulkan  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, maka data waktu *Time To Failure* (TTF) pada komponen sensor pin *lock/unlock* berdistribusi *Weibull*.

**Identifikasi Distribusi Untuk Selang Waktu Perbaikan (Time To Repaire)**

Untuk dapat menentukan distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan TTR (*Time to Repaire*), maka dilakukan perhitungan *index of fit* dari tiap distribusi tersebut. Dan pemilihan distribusi berdasarkan pada nilai *index of fit* yang terbesar dari masing-masing komponen.

Hasil dari perhitungan masing-masing distribusi pada komponen sensor pin *lock/unlock* dengan *index of fit* yaitu diperoleh sebagai berikut.

Nama Komponen	Index Of Fit			
	Distribusi Eksponensial	Distribusi Normal	Distribusi Lognormal	Distribusi Weidbull
Sensor Pin Lock/Unlock	-0.552	0.000	1.000	-0.799

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap distribusi untuk komponen sensor pin *lock/unlock*, maka harus diuji

dulu kesesuaiannya. Pengujian-pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut :

Sensor pin *lock/unlock* nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh oleh komponen sensor pin *lock/unlock* adalah berdasarkan distribusi lognormal, maka uji kesesuaian yang digunakan adalah *Kolmogorov-Smirnov test*.

Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui  $D_1=0.916$  dan  $D_2=0.084$  nilai terbesar yang diambil, dilihat nilai Uji statistik  $D_1$  dan  $D_2$  nilai yang terbesarnya adalah  $D_2$  dengan nilai 0.916 yang diperoleh dari nilai table kritis untuk Uji Normalitas *Kolmogorov Smirnov*. Sehingga:  $D_{hitung} = 0.9160 > 0.627 = D_{tabel}$  (Tabel *Kolmogorov Smirnov*).

Maka dapat disimpulkan  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, dikarenakan  $H_0$  ditolak maka data akan diuji kembali dengan data yang memiliki nilai *index of*

*fit* terbesar selanjutnya yaitu distribusi *eksponensial*.

Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui  $X^2_{\alpha-1}(0,99)=0,2971 < B = 0,364 < 11,143 = X^2_{\alpha}(0,01)$ , maka disimpulkan  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Maka nilai TTR dari sensor pin *lock/unlock* berdistribusi *eksponensial*.

### Penentuan Parameter, MTTF dan MTTR Untuk Komponen Sensor Pin Lock/Unlock

Setelah dilakukan uji terhadap distribusi-distribusi tersebut, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter. Perhitungan parameter untuk komponen sensor pin *lock/unlock* yang berdistribusi *Weibull* dan distribusi *eksponensial*, dengan hasil pada tabel berikut:

Jenis Distribusi	Parameter					MTTF	MTTR
	$\beta$	A	$\Theta$	$\lambda$	<i>Index Of Fit</i>		
Weibull	2,500	-15,748	543,828		0,019	482,517	
Eksponensial				3,333	-0,552		0,300

### Perhitungan Interval Waktu Perawatan

Untuk menentukan interval waktu pemeriksaan komponen sensor pin *lock/unlock* berdasarkan waktu operasional yang ada dilakukan dengan tahap-tahap berikut ini :

1. Rata-rata kerja perbulan (i)  
 Hari kerja perbulan = 30  
 Jam kerja tiap hari = 21  
 Rata-rata jam kerja perbulan (i) =  $30 \times 21 = 630$  [ $\ln(630) = 6,446$ ]
2. Rata-rata kerusakan (k) =  $5/4 = 1.25$
3. Waktu rata-rata kerusakan ( $\mu$ ) = 6,108
4. Frekuensi perawatan optimal (n) =  $\sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} = \sqrt{\frac{1.25 \cdot 6,446}{6,108}} = 1,148$  / 1 kali perbulan
5. Interval waktu perawatan (tp)  
 $tp = \frac{1}{n} \times r = \frac{1}{1,148} \times 630 = 548,780$  jam
6. Fungsi distribusi interval waktu kerusakan  $F(tp)$   
 $F(549) = \Phi\left(\frac{6,308-6,108}{0,762}\right) = \Phi(0,262)$   
 $= 0.6026$  [ $\ln(ti) = \ln(549) = 6,308$ ]

7. Probabilitas interval waktu perawatan ( $R(tp)$ )  
 $R(549) = 1 - 0.6026 = 0.3974$
8. Waktu rata-rata terjadinya kerusakan bila perawatan dilakukan saat tp ( $M(tp)$ )  
 $M(549) = \frac{MTTF}{F(tp)} = \frac{482,517}{0.6026} = 800,715$  jam.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian mengenai Analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada alat *Rubber Tyre Gantry Crane* (RTGC) sebagai berikut:

1. Dari Hasil Pengolahan data didapatkan nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) adalah 482,517 dan nilai *Mean Time To Repaire* (MTTR) adalah 0,3
2. Dari hasil pengolahan data menggunakan metode FMEA maka didapatkan komponen kritis dari alat *Rubber Tyre Gantry Crane* 05 terdapat pada bagian *Gantry* yaitu sensor pin *lock/unlock* dengan efek kegagalan

- mengganggu kegiatan operasional (membuat terhenti operasi) dan harus dilakukan pemulihan atau penggantian komponen.
3. Dari hasil pengolahan data menggunakan metode RCM maka didapatkan interval waktu perawatan yang optimal untuk komponen sensor pin *lock/unlock* adalah 548,780 jam.
  4. Berdasarkan perhitungan nilai probabilitas keandalan komponen sensor pin *lock/unlock* apabila melakukan perawatan sesuai dengan interval waktu perawatan yang telah dihitung maka didapatkan waktu rata-rata kegagalan terjadi adalah 800.715 jam.

## Daftar Pustaka

- Abidin, M. R. (2019). Perencanaan Penjadwalan Perawatan Mesin *Wheel Loader* Dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* Di Pt. Swadaya Graha (Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- Adam, Tommy. Perencanaan Perawatan Mesin *Thicknesser* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA); Studi Kasus: Ud. Den Bagus. Diss. University Of Muhammadiyah Malang, 2019.
- Ahmadi, Noor, and Nur Yulianti Hidayah. "Analisis Pemeliharaan Mesin *Blowmould* dengan Metode RCM di PT. CCAI." *Jurnal Optimasi Sistem Industri* 16.2 (2017): 167-176.
- Alghofari, Ahmad Kholid, Much Djunaidi, and Amin Fauzan. "Perencanaan Pemeliharaan Mesin *Ballmill* Dengan Basis RCM (*Reliability Centered Maintenance*)." *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* 5.2 (2006): 45-52.
- Amalia, Sinar, Arief Subekti, and Priyo Agus Setiawan. "Perencanaan Kegiatan Perawatan dengan Metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) dan Penentuan Persediaan Suku Cadang Pada Boiler Perusahaan Rokok." *Seminar K3*. Vol. 1. No. 1. 2017.
- Ansori, N., Mustajib, M, I. 2013. Sistem Perawatan Terpadu. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Ardhi, T. H. (2019). Minimasi Downtime Pada Unit *Shore To Ship* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Di PT. Mitra Sentosa Abadi. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 6 (2), 127-133.
- Aufar, A. N., Leksananto, K., & Prassetiyo, H. (2014). Usulan Kebijakan Perawatan Area Produksi Trim Chassis Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (Studi Kasus: PT. Nissan Motor Indonesia). *Reka Integra*, 2(4).
- Bangun, Irawan Harnadi, Arif Rahman, and Zefry Darmawan. "Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Mesin Blowing Om (Studi Kasus: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)." *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* 2.5 (2014): p997-1008.
- Chandra, Muhammad Rizky Eka Permata. Analisis Keandalan Pada 542 Fm7 Finish Mill 2 Pabrik Tuban 1 PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Dengan Pendekatan Metode *Reliability Centered Maintenance*. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2016.
- Denur, D., Hakim, L., Hasan, I., & Rahmad, S. (2017). Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Mesin Ripple Mill. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 4(1), 27-34.
- Dyadem . 2003. Panduan Untuk *Failure Mode And Effect Analysis* Untuk *Otomotif, Dirgantara Dan Industri Manufaktur Umum*. Ontario: CRC Press.
- Gusti Ngr. Rai Usadha, Valeriana Lukitosari, Roficoh Nur Rohmah." Analisa Keandalan Pada Peralatan Unit

- Penggilingan Akhir Semen Untuk Menentukan Jadwal Perawatan Mesin (Studi Kasus Pt. Semen Indonesia Persero Tbk.) Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya, Surabaya, Universitas Airlangga, 21 Oktober 2017
- Hakim, Legisnal. "Penerapan RCM Pada Sistem Distribusi Air Di Pdam Pasir Putih Pematangan Barangan Kabupaten Rokan Hulu." *Jurnal Aptek* 4.2 (2014): 129-140.
- Kurniawan, Fajar. 2013 Manajemen Perawatan Industri; Teknik Dan Aplikasi; Implementasi *Total Productive Maintenance, Preventive Maintenance Dan Reliability Centered Maintenance*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Maulana, Irfan, Akhyar Ibrahim, and Darmein Darmein. "Analisa Kerusakan Komponen Undercarriage Excavator Hitachi Ex200 Pada Pt. Takabeya Perkasa Group Dengan Metode Fmea." *Jurnal Mesin Sains Terapan* 1.1 (2017): 32-37.
- Muhsin, Ahmad, and Ichsan Syarafi. "Analisis Keandalan dan Laju Kerusakan pada Mesin Continues Frying." *Opsis* 11.1 (2018): 28-34.
- Palit, Herri Christian, and Winny Sutanto. Perancangan RCM untuk mengurangi downtime mesin pada perusahaan manufaktur aluminium. Diss. Petra Christian University, 2012.
- Pranoto, Hadi. "Reliability Centered Maintenance" Mercu Buana Mitra Wacana Media, 2015
- Putra, Eko Lisysantaka Rusma. 2011. Artikel *Reliability Centered Maintenance (RCM)* <https://www.scribd.com>
- (diakses pada tanggal 30 September 2019).
- Rosih, Akhmad Raunaq, Mochamad Choiri, and Rahmi Yuniarti. "Analisis risiko operasional pada departemen logistik dengan menggunakan metode FMEA." *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* 3.3 (2015): p580-591.
- Saputra, Denny Randiana Firda, Yudi Sukmono, and Lina Dianati Fathimahhayati. "Analisis Reliability Pada Mesin Fan Mill Unit 1 di PT Cahaya Fajar Kaltim." *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 10.1 (2018): 1-8.
- Soleh, S., Bandriyana, B., Djajono, H. S. W. I., & Mm, I. (2013). Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi *Preventive Maintenance* Dengan Modularity Pada Pt. Multazam Mitra Prima (Doctoral Dissertation, Binus).(2012-2-00251-Tisi Bab2001)
- Sukopriyatno, Adi, Sri Rahayuningsih, and Ana Komari. "Perancangan Penjadwalan Perawatan Mesin Bubut Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Bengkel Pemesinan Smk Negeri 1 Kediri." *JURMATIS: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Industri* 1.1 (2019).
- Susanto, Agustinus Dwi, and Hery Hamdi Azwir. "Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif." *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* 17.1 (2018): 21-35.
- Utomo, R.W. (2018). Perencanaan Perawatan Mesin *Pump* 107 Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* Di PT. Petrokimia Gresik. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 1.