



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI
MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI**

PROSIDING SEMINAR NASIONAL MANAJEMEN TEKNOLOGI XV

**PERAN MANAJEMEN TEKNOLOGI & INOVASI
UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING POTENSI DAERAH**

Surabaya, 4 Februari 2012



ISBN : 978-602-97491-4-4



**SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL
MANAJEMEN TEKNOLOGI XV
PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA ITS**

Pelindung	: Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
Penanggung Jawab	: Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc
Panitia Pelaksana Ketua	: Deny Alamsyah, ST, MSc
Sekretariat	: Titien Eriyanawati M. Kamil Hari Mulya Nur Sofi Farida, A.Md
Bendahara	: Sri Wahyuni Indriyani Puspitasari
Acara	: Sidarta Gautama, SE Nur Sofi Farida, A.Md
Persidangan	: Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, MEngSc Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Sc., PhD. Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali, MSc Dr. Sonny Sunaryo, MSi
Informasi dan Dokumentasi	: Nur Sofi Farida, A.Md Mukhammad Zanis Bagus Nugroho Ahmad Enggal Maossyara
Makalah dan Prosiding	: Erwina Adhyarini, SPi Waluyo Prasetyo, ST M. Kamil Hari Mulya Dymas Yanuarsa
Konsumsi	: Sri Wahyuni Indriani Puspita Sari M. Nor Suparno Sukar
Logistik	: Widya Kusumawardhani, ST Sidarta Gautama, SE Dwi Warna Agung K M. Nor Sukar Suparno Eko Mahendra



30. Kebutuhan Sistem Organisasi Yang Adaptif dan Rekonfiguratif Untuk Menghadapi Perubahan Lingkungan Eksternal Pada Perusahaan Telekomunikasi A-30-1
Siti Rosimah, Joko Siswanto – Institut Teknologi Bandung
31. Penerapan Metode Taguchi untuk Peningkatan Kualitas Produk pada Unit Drier Proses Pembuatan Sabun di PT X Indonesia A-31-1
Doni Sukarno, Bobby Oedy P. Supangkat – Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS
32. Pemilihan Supplier dengan Mengintegrasikan Cluster Analysis, ANP dan Topsis Serta Alokasi Order dengan Beberapa Fungsi Tujuan A-32-1
Ivan Angga, I Nyoman P, Suparno – Jurusan Tek. Industri ITS
33. Optimasi Biaya Reparasi Kapal dengan Metode *Quality Function Deployment* dan *Linear Programming* (Studi Kasus Galangan Surya PT PELNI Surabaya) A-33-1
Rariya Budi Harta, Budi Santosa, Heri Supomo – Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS
34. Perancangan Model Penilaian Potensi *Personal Protective Clothing* (PPC) dalam Mempengaruhi Kinerja Karyawan Pada Lingkungan Panas (Studi Kasus : Divisi Pengecoran PT. Barata Indonesia) A-34-1
Irma Nur Afiah, Sritomo Wignjosoebroto, Arief Rahman – Jurusan Teknik Industri ITS
35. *Vehicle Routing Problem With Time Windows* Pada Distributor Bahan Makanan A-35-1
Herry Christian Palit, Sherly – Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra
36. Model Kebijakan *Can Order* pada Dua Eselon Rantai Pasok dengan Sistem *Vendor Managed Inventory* A-36-1
Ihwan Hamdala, I Nyoman Pujawan, Nani Kurniati – Jurusan Teknik Industri ITS
37. Desain Sistem *Traceability* Berbasis Proses Bisnis pada Rantai Pasok di Industri Sari Apel A-37-1
Dwi Iryaning Handayani, Iwan Vanany – Jurusan Teknik Industri ITS ...
38. Perancangan RCM untuk Mengurangi *Downtime* Mesin pada Perusahaan Manufaktur Aluminium A-38-1
Herry Christian Palit, Winny Sutanto – Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra
39. Manajemen Resiko Usaha pada Tender Lokomotif di PT INKA (PERSERO) A-39-1
Sukoroto, Suparno – Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS
40. Identifikasi Kelengkapan *Standard Operational Procedures* di Pergudangan Berdasarkan Proses Bisnisnya A-40-1
Iwan Vanany, Whendy Pamungkas PP, Chandra Achmad – Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS, Jurusan Teknik Industri ITS..
41. Pengembangan Model *Quality Management System* (QMS) pada Industri Kecil dan Menengah A-41-1
Tito Mau Pelu Benjamin, Yudha Prasetyawan, Ahmad Rusdiansyah – Jurusan Teknik Industri ITS



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI

Sertifikat

diberikan kepada:

Herry Christian Palit

atas partisipasinya sebagai:

Pemakalah

dalam:

SEMINAR NASIONAL MANAJEMEN TEKNOLOGI XV
PERAN MANAJEMEN TEKNOLOGI & INOVASI
UNTUK MENINGKATKAN DAYA SAING POTENSI DAERAH

Surabaya, 4 Februari 2012



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. In Adi Soeprijanto, MT

Ketua Panitia,

Beny Alamsyah, ST, MSc

Koordinator Program Studi,

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc



PERANCANGAN RCM UNTUK MENGURANGI *DOWNTIME* MESIN PADA PERUSAHAAN MANUFAKTUR ALUMINIUM

RCM TO REDUCE DOWNTIME MACHINE AT ALUMINIUM MANUFACTURING

Herry Christian Palit^{1, *)}, Winny Sutanto²⁾

*1) Industrial Engineering Department, Petra Christian University
Siwalankerto 121-131, Surabaya, 60236, Indonesia*

e-mail: herry@petra.ac.id

*2) Industrial Engineering Department, Petra Christian University
Siwalankerto 121-131, Surabaya, 60236, Indonesia*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada suatu perusahaan manufaktur aluminium di departemen *extrusion*. Selama ini target perusahaan belum tercapai karena seringnya terjadi *downtime* pada *line* produksi mesin 2500 Ton, sehingga diperlukan metode pemeliharaan yang tepat untuk menurunkan *downtime* mesin 2500 Ton. Metode pemeliharaan yang tepat diperoleh dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tahapan perancangan RCM meliputi *Fault Tree Analysis* (FTA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), penentuan kategori konsekuensi kegagalan, sehingga akhirnya didapatkan keputusan RCM yang tepat untuk perusahaan. Berdasarkan perancangan RCM, maka perusahaan dapat menurunkan *downtime* kira-kira sebesar 58,07%.

Kata kunci: *Reliability Centered Maintenance, Fault Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis*

ABSTRACT

The object in this research is an aluminium manufactuirng at extrusion department. During this time, the company's target is not achieved because of the downtime problem at 2500 ton production line machine, thus they need a proper maintenance to reduce the dowtime problem. The proper maintenance could be get by using *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method. The phases of RCM are *Fault Tree Analysis* (FTA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), and finding the failure consequences and finally the proper maintenance task is achieved. Based on this RCM, the company could reduce their downtime around 58.07%.

Keywords: *Reliability Centered Maintenance, Fault Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis*

PENDAHULUAN

Perusahaan yang menjadi obyek penelitian ini bergerak di bidang manufaktur aluminium dengan berbagai jenis dan ukuran. Perusahaan ingin meningkatkan efisiensi proses produksi untuk dapat bersaing dari segi harga dengan perusahaan lain. Saat ini terjadi



permasalahan yang terjadi yaitu perbedaan hasil produksi antara target perusahaan dan kenyataan yang terjadi. Sebagai contoh pada bulan Juni 2010, target perusahaan adalah memproduksi 850 ton dan ternyata yang dapat dipenuhi hanya 600 ton. Berdasarkan hasil wawancara didapatkan bahwa perbedaan antara target dan hasil yang diperoleh perusahaan disebabkan paling besar oleh *downtime* pada *line* produksi mesin 2500 Ton. Sistem *maintenance* (pemeliharaan) pada perusahaan selama ini adalah *breakdown maintenance*, dimana pemeliharaan sebuah komponen menunggu sampai komponen tersebut rusak kemudian diperbaiki atau diganti dengan komponen baru. Sistem *maintenance* tersebut menyebabkan perusahaan mengalami masalah *downtime*, dimana rata-rata prosentase *downtime* selama bulan Juli 2009 sampai bulan Juni 2010, yaitu sebesar 15,66%. *Downtime* ini terjadi karena adanya beberapa mesin pada *line* produksi mesin 2500 Ton yang mengalami kegagalan, yaitu mesin *oven billet*, mesin *loader*, mesin *press*, mesin *puller*, mesin *cutting*, dan mesin *oven ageing*. Atas dasar alasan tersebut, maka diperlukan sebuah pendekatan pemeliharaan yang lebih baik dan dapat menurunkan *downtime* mesin 2500 Ton yang besar pada rantai produksi. Penelitian ini akan menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengurangi terjadinya *downtime*. Penurunan *downtime* dilakukan dengan cara memperbaharui sistem *maintenance* dengan menggunakan perencanaan pemeliharaan RCM.

RCM adalah sebuah metode untuk menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang akan menjamin sebuah perancangan sistem keandalan. RCM berfungsi untuk mengatasi penyebab dominan dari kegagalan yang nantinya akan membawa pada keputusan *maintanance* yang berfokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi. Adapun langkah-langkah penerapan *Reliability Centered Maintenance* adalah sebagai berikut (Mourbray, 1997):

- a. Menentukan penyebab terjadinya kegagalan dengan menggunakan *fault tree analysis* (FTA). Bertujuan untuk memperoleh probabilitas kegagalan dan menentukan komponen kritis yang rawan terhadap kegagalan.
- b. Mengembangkan kegiatan analisis dengan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), seperti menentukan prioritas *equipment* yang perlu di *maintain*.
- c. Mengklasifikasikan tingkat konsekuensi kegagalan.
- d. Mengambil keputusan RCM dengan mengklasifikasikan kebutuhan tingkatan *maintenance*.
- e. Mengimplementasikan keputusan pemeliharaan berdasar RCM.
- f. Melakukan evaluasi dari hasil usulan pemeliharaan.

RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan menjadi empat kelompok, yaitu:

- a. Konsekuensi kegagalan tersembunyi
Kegagalan yang termasuk dalam konsekuensi ini mempunyai dampak kegagalan yang berlipat dan lebih serius seperti pada komponen yang tidak aman karena tersembunyi atau tidak diketahui oleh operator.
- b. Konsekuensi keselamatan
Kegagalan yang terjadi pada konsekuensi ini dapat menimbulkan bahaya terluka atau bahkan terbunuhnya seseorang.
- c. Konsekuensi operasi
Kegagalan yang terjadi mengakibatkan konsekuensi operasi yaitu produk, keluaran, biaya operasi dan biaya perbaikan serta dapat mematikan sistem atau berhentinya proses produksi.



- d. Konsekuensi non operasi
Kegagalan yang terjadi tidak berdampak pada keamanan ataupun produksi, namun berdampak pada biaya langsung dan dampaknya tergolong kecil.

Untuk menentukan *maintenance task* yang sesuai, maka didasarkan pada enam jenis *maintenance task* yang mana penjabarannya adalah sebagai berikut:

a. *Condition-Directed Task*

Jenis penugasan pemeliharaan bertujuan untuk mengetahui kegagalan potensial yang bisa dicegah (diperbaiki terlebih dahulu) sebelum terjadi kegagalan yang aktual dan mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Penugasan pemeliharaan ini mengarah kepada tes diagnosa secara berkala atau melakukan inspeksi yang mana membandingkan kondisi material yang sudah ada sebelumnya (bisa juga dengan membandingkan dengan performansi dari sebuah peralatan yang sudah standar). Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

b. *Time-Directed Life-Renewal Task*

Time-Directed Life-Renewal Task merupakan suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen. *Time-Directed Life-Renewal Task* bertugas untuk mengganti ataupun memperbaiki sebuah peralatan sebelum peralatan tersebut mencapai suatu waktu dimana probabilitas kegagalan menjadi semakin besar (misalnya saja adalah peningkatan dari probabilitas kegagalan yang dikenal dengan istilah *wear out*). Dalam penugasan pemeliharaan jenis kedua ini, ada dua macam penugasan, yaitu *replacement* dan *restoration*. Pada *replacement*, sebuah *item* yang sudah mencapai tingkat *wear out* harus diganti dengan *item* yang baru. Sedangkan pada *restoration*, sebuah *item* masih bisa diperbaiki dengan sehingga nantinya bisa digunakan kembali.

c. *Failure Finding Task*

Penugasan pemeliharaan *Failure Finding* ini bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dari operator dengan pemeriksaan berkala dan mengevaluasi keadaan dari peralatan atau komponen.

d. *Run to Failure*

Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

e. *Servicing Task*

Servicing Task merupakan tugas pemeliharaan untuk menambah barang atau bahan sebelum habis digunakan pada saat beroperasi normal. Salah satu contohnya adalah dengan menambahkan tinta pada sebuah *printer*.

f. *Lubrication Task*

Lubrication task merupakan jenis pemeliharaan dalam hal melakukan pelumasan dan pemberian minyak (lubrikasi) secara rutin.

METODE

Langkah awal untuk melakukan perancangan RCM adalah mengetahui mesin yang sering mengalami kegagalan yang didapatkan dengan wawancara pihak perusahaan. Mesin tersebut adalah mesin *oven billet*, mesin *loader*, mesin *press*, mesin *puller*, mesin *cutting*, dan mesin *oven ageing* merupakan mesin yang tercatat sebagai mesin yang sering bermasalah



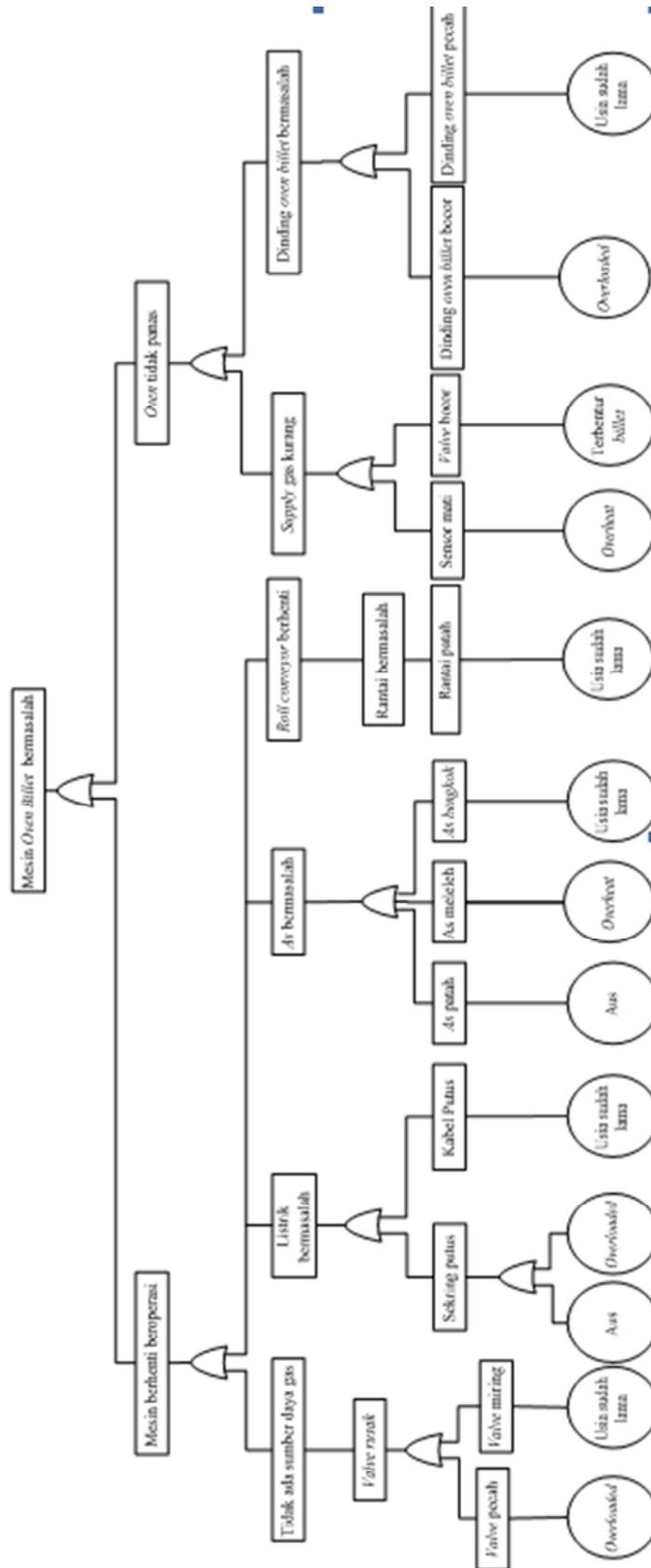
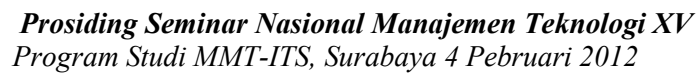
pada rantai produksi. Mesin beserta komponennya tersebut akan dilakukan perencanaan pemeliharaan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

Langkah berikutnya adalah pembuatan *Fault Tree Analysis* (FTA) yang berfungsi untuk mengidentifikasi setiap kegagalan beserta akar masalah penyebab kegagalan yang dapat ditimbulkan dari setiap komponen mesin. FTA dibuat untuk semua mesin bermasalah beserta seluruh komponennya. Adapun contoh FTA mesin *oven billet* beserta komponennya dapat dilihat pada gambar 1. Atas dasar pembuatan FTA, maka selanjutnya dibuatlah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk setiap mesin yang sering mengalami kegagalan pada rantai produksi. Melalui FMEA didapatkan hasil penilaian RPN yang digunakan untuk mengetahui komponen kritis dari sebuah mesin yang kemudian akan dibuat pengkategorian konsekuensi kegagalan yang terjadi pada setiap komponen mesin. Penilaian pada FMEA terdiri dari *severity*, *occurrence*, dan *detection*. *Occurance* ditentukan dari perhitungan frekuensi terjadinya jenis kegagalan berdasarkan data arsip perusahaan selama 1 tahun. Data tersebut kemudian dibuat *range* untuk memudahkan menentukan nilai *occurance*. Penilaian *range occurrence* ditentukan dari frekuensi kegagalan yang didapatkan dari data perusahaan. Nilai RPN didapatkan dengan mengalikan nilai *severity*, *occurance*, dan *detection*. Nilai RPN digunakan untuk mengetahui seberapa kritis komponen beserta jenis kegagalannya. Adapun contoh pembuatan FMEA komponen mesin *oven billet* ditunjukkan pada gambar 2.

Sebagai langkah akhir, maka akan dilakukan penentuan konsekuensi kegagalan yang didasarkan atas 4 kategori, yaitu konsekuensi operasi, konsekuensi non operasi, konsekuensi kegagalan tersembunyi, dan konsekuensi keselamatan. Atas dasar penentuan konsekuensi kegagalan, maka diambil keputusan pemeliharaan RCM. Keputusan pemeliharaan RCM didasarkan pada 5 jenis pemeliharaan yaitu *condition directed*, *time renewal directed restoration*, *time directed renewal replacement*, *failure finding*, *lubrication*. Pada keputusan pemeliharaan RCM disertakan pula nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) untuk setiap komponen mesin yang mengalami kegagalan. MTBF merupakan pelengkap dari keputusan RCM ketika jenis kegagalan tidak termasuk ke dalam keputusan *condition directed* yang memiliki parameter pasti Sebagai contoh penentuan konsekuensi kegagalan, keputusan pemeliharaan beserta dengan nilai MTBF dari mesin *oven billet* dapat dilihat pada gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa *downtime* antara kondisi awal dilakukan untuk melihat apakah hasil rancangan RCM usulan dapat menurunkan *downtime* mesin 2500 Ton. *Downtime* kondisi awal didapatkan dari data arsip perusahaan, sedangkan *downtime* kondisi setelah usulan perbaikan didapatkan dari hasil wawancara pada manajer *maintenance* perusahaan. Estimasi yang didapatkan dari manajer *maintenance* perusahaan didasarkan oleh data lapangan yang ada. Estimasi kondisi *downtime* setelah perancangan RCM berkurang hingga 58,07% (lihat tabel 1) dibandingkan kondisi awal, dikarenakan dengan adanya perancangan RCM yang dibuat. Selama ini waktu perbaikan dihabiskan untuk mencari penyebab dari kegagalan yang terjadi, dengan adanya perancangan RCM dapat diketahui penyebab kegagalan yang terjadi sehingga tidak perlu menghabiskan waktu untuk mencari penyebab kegagalan.





<i>Part /Process</i>	<i>Function</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Potential Cause of Failure</i>	OCC	SEV	DET	RPN	RANK
<i>Valve</i>	Katup untuk mengatur aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat sebagian dari jalannya aliran	<i>Valve pecah</i>	Mesin oven <i>billet</i> berhenti beroperasi	<i>Overloaded</i>	7	8	2	112	4
		<i>Valve miring</i>		Usia sudah lama	3	8	8	192	1
		<i>Valve bocor</i>	Mesin oven <i>billet</i> tidak panas	Terbentur <i>billet</i>	2	2	5	20	11
<i>Sekring</i>	Memastikan tidak terjadi kelebihan beban atau korsleting	<i>Sekring putus</i>	Mesin oven <i>billet</i> berhenti beroperasi	<i>Overloaded</i>	4	8	3	96	5
				<i>Aus</i>	1	8	5	40	8
Kabel	Menghubungkan satu mesin dengan mesin lainnya	Kabel putus	Mesin oven <i>billet</i> berhenti beroperasi	<i>Overheat</i>	1	8	9	72	7
<i>Rantai roll conveyor</i>	Memindahkan <i>billet</i> dari satu proses ke proses lainnya	Rantai patah	Mesin oven <i>billet</i> berhenti beroperasi	Usia sudah lama	3	8	7	168	2

Gambar 2. FMEA dari beberapa komponen mesin oven billet

<i>Part /Process</i>	<i>Potential Cause of Failure</i>	RPN	RANK	Kategori Konsekuensi Kegagalan	<i>Maintenance Task</i>	Rata-rata Downtime Kondisi Awal (menit)	Estimasi Down Time Sesudah Usulan (menit)	MTBF (hari)
<i>Valve</i>	Usia sudah lama	192	1	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi dan Konsekuensi Operasi	<i>Failure Finding</i> <i>Time-Directed Life-Renewal Restoration</i>	111,4	15	14
Rantai Roll Conveyor	Usia sudah lama	168	2	Konsekuensi Operasi dan Konsekuensi Keselamatan	<i>Time-Directed Life-Renewal Replacement</i>	55,8	25	32
<i>As</i>	<i>Overheat</i>	144	3	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi dan Konsekuensi Operasi	<i>Failure Finding</i> <i>Time-Directed Life-Renewal Restoration</i>	43,4	15	17
<i>Valve</i>	<i>Overload ed</i>	112	4	Konsekuensi Kegagalan Tersembunyi dan Konsekuensi Operasi	<i>Failure Finding</i> <i>Time-Directed Life-Renewal Replacement</i>	46,8	20	31

Gambar 3. Konsekuensi kegagalan dan keputusan pemeliharaan RCM dari beberapa mesin oven billet



Selain itu perancangan dilengkapi dengan perhitungan MTBF pada keputusan pemeliharaan RCM, sehingga dapat dilakukan pemeliharaan yang tepat untuk semua komponen beserta setiap jenis kegagalannya. Hal inilah yang menyebabkan waktu estimasi kondisi setelah perancangan RCM berkurang cukup besar dibandingkan kondisi awal.

Tabel 1. Perbandingan rata-rata *downtime* tiap mesin

Jenis mesin	<i>Downtime</i> Rata-rata Kondisi Awal (menit)	Estimasi <i>Downtime</i> Sesudah Usulan Perbaikan (menit)	Selisih (menit)	% <i>Downtime</i> berkurang
Mesin Oven Billet	1268,1	440	828,1	65,3%
Mesin Loader	377,6	195	182,6	48,35%
Mesin Press	2183,1	990	1633,1	54,65%
Mesin Puller	1491,4	585	906,4	60,77%
Mesin Cutting	537,7	205,5	332,2	61,78%
Mesin <i>Oven Ageing</i>	809,2	380	429,2	53,04%
Total	6667,1	2795,5	3817,6	58,07%

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan usulan perancangan RCM berupa keputusan RCM dari masing-masing komponen mesin dan disertai dengan MTBF. Perancangan RCM juga dilengkapi dengan membuat *software* sederhana untuk mengingatkan operator jadwal pemeliharaan komponen yang didasarkan pada nilai MTBF. Berdasarkan analisis perbandingan, didapatkan bahwa usulan perbaikan dengan perancangan RCM dapat menurunkan *downtime* sebesar 58,07%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, K.A., Much, D. & Amin, F. (2006). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Ballmill dengan Basis RCM (Reliability Centered Maintanance). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* 5 (2), 45-52.
- Ebeling, C. E. (1997). *An introduction reliability and maintainability engineering*. New York: Mc Graw-Hill.
- Lewis, E. (1994). *Introduction to reliability engineering*. United States: John Wiley & Sons Inc.
- Mohammad, T.A., Salman, S. & Teguh, P.P. (2009). *Penerapan Metode Reliability Centered Maintanance (RCM) Berbasis Web Pada Sistem Pendingin di Reaktor Serba Guna GA*. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta. 2006
- Moubray, John. (1992). *Reliability centered maintenance*. (2nd edition). New York: Industrial press inc.