

## **Penilaian Risiko Bahaya dan Penjadwalan *Preventive Maintenance* Menggunakan Metode FMECA dan RCM II di PG. Kebon Agung**

**Alifia Putri Nidi Ridha Rahmawati\*, Rina Sandora, dan Mades Darul Khairansyah**

Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*Email: [alifianidi@gmail.com](mailto:alifianidi@gmail.com)

### *Abstrak*

PG. Kebon Agung adalah sebuah perusahaan yang bergerak dibidang pangan dengan hasil produksi berupa gula. Beberapa kecelakaan pernah terjadi di PG. Kebon Agung, salah satunya adalah pada tanggal 4 September 2016, terjadi kecelakaan yang diakibatkan adanya kegagalan komponen (*component failure*) berupa *DSM screen* yang berfungsi sebagai penyaring agar ampas kasar tidak masuk kedalam *juice heater*, tidak bekerja. Akibatnya, terjadi kebocoran nira panas karena deksel penahan atas terlepas dan menyebabkan seorang pekerja mengalami luka bakar. Kegagalan komponen tersebut diakibatkan karena kurangnya monitoring kondisi peralatan dan perawatan yang kurang memadai (*insufficient maintenance*). Untuk itu dibutuhkan penilaian risiko dengan menggunakan *Failure Mode Effect and Critically Analysis* untuk dapat mengetahui bahaya dan efek yang mungkin ditimbulkan serta penjadwalan perawatan optimal dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance II*. Stasiun Ketel memiliki risiko bahaya tertinggi dengan nilai IMRI 1C (tinggi) dan nilai FMRI 1D (serius). Kegagalan yang berdampak pada factor keselamatan salah satunya adalah kebocoran/ kerusakan pipa *boiler proper*. Sedangkan kegagalan yang dapat berdampak pada operasi salah satunya adalah *furnace* kekurangan bahan bakar. Salah satu kegagalan yang dapat berdampak pada lingkungan adalah *electrostatic* pada *dust collector* tidak beroperasi. Dari perhitungan dan setelah perankingan didapatkan bahwa nilai *critically number* tertinggi adalah *Superheater* dengan nilai 0.00558101 dan terendah *Dust Collector* dengan nilai 0.00047386. *Bearing Induced Draft Fan* memiliki interval waktu perawatan terlama yakni setiap 3938.504 jam dan terendah adalah *bagasse feeder* setiap 48.867 jam sekali.

Kata kunci: FMECA, Penilaian risiko, Penjadwalan *preventive maintenance*, PHA, RCM II

### **1. PENDAHULUAN**

PG. Kebon Agung adalah sebuah perusahaan yang bergerak dibidang pangan yang mana hasil produksinya berupa gula. Setiap harinya 12.000 ton tebu menjadi bahan baku pokok pembuatan gula. Sebanyak 800 orang bekerja pada masa giling sedangkan ketika diluar masa giling, karyawan yang bekerja di PG. Kebon Agung adalah sebanyak 359 pekerja.

Seiring dengan banyak digunakannya peralatan untuk memproduksi gula dalam skala besar, maka kemungkinan risiko yang ditimbulkannyapun semakin besar. Beberapa kecelakaan pernah terjadi di PG. Kebon Agung, salah satunya adalah pada tanggal 4 September 2016, beberapa karyawan mencoba mengaktifkan *Juice heater* no. 5 karena sebelumnya telah dinonaktifkan akibat *Juice heater* no. 2 buntu tersumbat oleh ampas kasar. Saat membuka *valve double set Juice heater* no. 5 terjadi kebocoran pada deksel atas yang menyebabkan nira menyembur ke daerah sekitarnya. Akibat pompa yang tinggi, sebuah baut penahan deksel atas *Juice heater* no. 5 patah dan mengakibatkan kebocoran semakin besar. Akibat dari peristiwa ini seorang pekerja mengalami luka bakar di bagian dahi, kedua pelipis hingga pipi, leher bagian belakang serta lengan kanan. Berdasarkan investigasi kecelakaan kejadian tersebut diakibatkan karena adanya kegagalan komponen (*component failure*), yaitu *DSM screen* yang seharusnya dapat menyaring ampas kasar sehingga tidak masuk kedalam *juice heater* tidak bekerja sesuai dengan fungsinya. Kegagalan komponen tersebut diakibatkan karena kurangnya *monitoring* kondisi peralatan dan perawatan yang kurang memadai (*insufficient maintenance*).

Penelitian ini melakukan *preventive maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) II. RCM II adalah sebuah metode yang merujuk pada program perawatan terjadwal yang berkaitan dengan keandalan sebuah peralatan (Nowlan & Heap, 1978). Salah satu yang mendasari asumsi dari teori *maintenance* adalah berdasarkan pada fundamental *Cause and Effect* terdapat sebuah kaitan antara perawatan terjadwal dan keandalan operasi. Asumsi ini terlahir berdasarkan kepercayaan intuisi bahwa karena jika terdapat bagian mesin yang aus maka keandalan dari sebuah alat tersebut berkurang dan berdampak pada waktu pakainya. Selain itu ditemukan bahwa seluruh permasalahan keandalan selalu terkait dengan keselamatan. Selama ini ditemukan bahwa beberapa tipe kegagalan tidak bisa dieliminasi bagaimanapun kegiatan perawatannya. Namun, meskipun terjadinya kegagalan tersebut tidak bisa dicegah, hal tersebut dapat dicegah untuk tidak berdampak pada faktor keselamatannya dengan melakukan identifikasi dan penilaian risiko bahayanya. Jadi, untuk meminimalisir kegagalan suatu komponen yang diakibatkan oleh kurangnya *maintenance* digunakan *Reliability Centered Maintenance*, sedang untuk meminimalisir dampak yang dapat terjadi pada suatu kecelakaan digunakan identifikasi potensi bahaya dan penilaian risiko.

Menurut Ramli (2010) identifikasi potensi bahaya digunakan untuk mengetahui bahaya apa saja yang mungkin timbul dan mengetahui karakteristiknya dari kegiatan operasional perusahaan yang dapat berdampak pada tenaga kerja, aset perusahaan dan lingkungan. Sedangkan penilaian risiko perlu dilakukan untuk mengukur tingkat risiko yang terdapat pada area perusahaan. Penilaian risiko adalah penilaian suatu risiko dengan membandingkan terhadap tingkat/kriteria risiko yang telah ditetapkan. Identifikasi dan penilaian risiko bahaya dipersyaratkan dalam OHSAS 18001:2007 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada klausul 4.3.1 tentang Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Penetapan Pengendalian.

*Failure Mode Effect and Critically Analysis* adalah sebuah metode identifikasi bahaya yang berhubungan dengan keandalan suatu peralatan. Metode ini digunakan untuk mencegah adanya kecelakaan yang diakibatkan oleh kegagalan suatu peralatan dalam menjalankan fungsinya serta perankingan berdasarkan kegagalan yang sering dialami oleh suatu alat. Perankingan ini digunakan untuk memudahkan perusahaan dalam memilih komponen yang butuh perawatan lebih.

Pada penelitian ini digunakan metode *Preliminary Hazard Analysis* untuk menentukan stasiun mana yang akan diidentifikasi bahayanya dengan menggunakan FMECA sesuai dengan tingkat kategori *Hazard* paling tinggi diantara stasiun-stasiun yang lainnya

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di PG. Kebon Agung, dengan objek penelitian berupa stasiun dengan tingkat final mishap risk index (FMRI) tertinggi pada preliminary hazard analysis. Metode pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan observasi langsung dan wawancara kepada kasubsi teknik, kasubsi proses dan coordinator lapangan (expert) dan data yang dikumpulkan berupa data kegagalan alat tiap stasiun pada tahun 2014, 2015 dan 2016, data kecelakaan kerja akibat kerusakan alat, proses flow diagram dan spesifikasi alat berikut cara kerjanya.

Pada penelitian ini digunakan metode Preliminary Hazard Analysis untuk menentukan stasiun mana yang akan diidentifikasi bahayanya dengan menggunakan FMECA sesuai dengan tingkat kategori Hazard paling tinggi diantara stasiun-stasiun yang lainnya. Sedangkan identifikasi dengan metode FMECA dilakukan pada komponen alat yang memiliki dampak keselamatan ketika terjadi kegagalan alat. Diharapkan dengan melakukan penilaian risiko dan penjadwalan preventive maintenance dengan metode FMECA dan RCM II, kecelakaan dan jam berhenti giling yang disebabkan karena adanya kegagalan alat dapat berkurang.

*Preliminary Hazard Analysis* merupakan suatu alat analisis untuk mengidentifikasi bahaya dari suatu system, factor penyebab, risiko kecelakaan dan rekomendasi keselamatan untuk mengurangi risiko (Ericson, 2005)

*Failure Mode Effect and Critically Analysis* adalah sebuah prosedur yang mana tiap Mode kegagalan potensial pada sistem dianalisis untuk menentukan akibat/efek pada sistem dan mengklasifikasi tiap Mode kegagalan potensial sesuai dengan tingkat keparahannya (MIL-STD-1629A:1980).

RCM sebagai proses yang digunakan untuk menentukan sesuatu yang harus dilakukan untuk memastikan suatu asset dapat melakukan tugasnya sesuai dengan fungsinya pada proses produksi. (Moubray, 1997)

Penentuan distribusi dilakukan untuk perhitungan *Mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR). Distribusi terdiri dari distribusi weibull, lognormal normal dan eksponensial. Distribusi Weibull merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hamper muncul pada semua karakteristik kegagalan produk karena mencakup ketiga frase kerusakan yang mungkin terjadi. Distribusi ini umumnya digunakan pada peralatan permesinan.

Waktu rata-rata kegagalan komponen (MTTF) adalah

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \quad (1)$$

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yakni parameter bentuk dan parameter lokasi yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan.

Waktu rata-rata kegagalan komponen (MTTF) adalah

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2)$$

Distribusi Normal cocok digunakan dalam memodelkan fenomena keausan. Parameter yang digunakan adalah nilai tengah dan standar deviasi.

Waktu rata-rata kegagalan komponen (MTTF) adalah

$$MTTF = \mu \quad (3)$$

Distribusi eksponensial digunakan untuk menghitung keandalan dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Parameter yang digunakan adalah  $\lambda$ , yang menunjukkan rata-rata kerusakan yang terjadi. Fungsi keandalan distribusi eksponensial:

Waktu rata-rata kegagalan komponen (MTTF) adalah

$$MTTF = 1/\lambda \quad (4)$$

Dimana :

$\eta$  = eta = *scale parameter*

$\beta$  = beta = *shape parameter*

MTTF = waktu rata-rata antar kerusakan

$\Gamma$  = fungsi gamma

$\lambda$  = *failure rate*

$\mu$  = *mean*

$\sigma$  = standar deviasi

Interval perawatan merupakan jarak waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat mulai dari awal perbaikan hingga alat tersebut diperbaiki lagi.

$$TM = \gamma + \eta \left[ \frac{1}{\beta - 1} \times \frac{CM}{CR - CM} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (5)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

**Preliminary Hazard Analysis** menunjukkan bahwa stasiun ketel memiliki kategori *hazard* tertinggi dari stasiun yang terdapat pada PG. Kebon Agung dengan index *hazard* yakni 1D yang mana termasuk kategori bahaya serius.

**Failure Mode Effect Critically Analysis** menunjukkan bahwa superheater merupakan komponen dengan tingkat kekritisitas paling tinggi diantara komponen lainnya dengan nilai *item critically number* sebesar 0.005581.

#### Perhitungan MTTF dan MTTR

Pada perhitungan MTTF dan MTTR, terlihat bahwa komponen dengan rentang kerusakan tercepat adalah komponen dumping great dengan selang waktu selama 932.69 jam, dan komponen dengan rentang perbaikan tercepat adalah furnace kekurangan bahan bakar yakni 0.2 jam. Komponen dengan rentang kerusakan terlama adalah bearing IDF dengan selang waktu 9321.286 jam, sedangkan komponen dengan rentang perbaikan terlama adalah bearing IDF dengan selang waktu perbaikan 3.55 jam

Tabel 17 MTTF dan MTTR

No.	Equipment	Problem	MTTF (jam)	MTTR (jam)
YS1-BP	<i>Boiler Proper</i>	Kebocoran/ kerusakan pada pipa	5519.841	1.467
		<i>furnace</i> kekurangan bahan bakar	2265.954	0.211
YS1-SH	<i>Superheater</i>	kerusakan pada pipa	4638.309	1.29
		<i>furnace</i> kekurangan bahan bakar	2265.954	0.211
YS1-SB	<i>Soot Blower</i>	jelaga masih menempel pada <i>furnace</i>	5015.009	1.414
YS1-IDF	<i>Induced Draft Fan</i>	lubang IDF tersumbat debu	8363.602	4.649
		<i>bearing</i> IDF aus/ rusak	9321.286	3.555
YS1-FDF	<i>Forced Draft Fan</i>	lubang FDF tersumbat debu	8966.572	2.056
		<i>bearing</i> FDF aus/ rusak	8152.902	3.282
YS1-DG1	<i>Dumping Great</i>	abu pembakaran tidak terbuang	932.690	3.158
YS1-BF1	<i>Bagasse Feeder</i>	rantai <i>bagasse feeder</i> putus	4774.746	1.389
YS1-BFWP	<i>Boiler Feed water pump</i>	<i>impeller cracking</i>	6483.355	1.24
YS1-DR	<i>Deaerator</i>	masih terdapat gas-gas pada air	4406.926	1.35
YS1-MN	<i>Manometer</i>	manometer tidak terbaca	4652.517	0.752
YS1-DC	<i>Dust Collector</i>	<i>Electrostatic precipitators</i> tidak beroperasi	8975.713	1.525

**Interval Waktu Perawatan (TM)**

Komponen dengan waktu interval perawatan tercepat adalah IDF dengan jenis kerusakan lubang IDF tersumbat debu dengan selang waktu perawatan setiap 16.21 jam sekali. Sedangkan komponen dengan waktu interval perawatan terpanjang adalah IDF dengan jenis kerusakan bearing IDF aus/ rusak dengan interval setiap 3738.713 jam sekali.

Tabel 18 Perhitungan Interval Perawatan

Jenis Kerusakan	CF (Rp)	CW (Rp)	CO (Rp)	CR (Rp)	TM (jam)
Kebocoran/ kerusakan pada pipa boiler	0	74.036	203.280.000	298.259.364	459.337
Kerusakan pada pipa <i>superheater</i>	15.000.000	161.534	203.280.000	277.439.578	302.986
Jelaga masih menempel pada <i>furnace sootblower</i>	0	26.922	203.280.000	287.518.682	265.191
Lubang IDF tersumbat debu	0	26.922	203.280.000	945.161.072	16.21
Bearing IDF aus/ rusak	20.000.000	74.036	203.280.000	742.908.854	3738.713
Lubang FDF tersumbat debu	0	26.922	203.280.000	418.010.986	34.987

Bearing FDF aus/ rusak	18.000.000	74.036	203.280.000	685.468.952	3536.698
Abu pembakaran tidak terbuang	0	26.922	203.280.000	642.087.987	165.199
Rantai bagasse feeder putus	250.000	74.036	203.280.000	282.688.318	30.891
Impeller boiler feed water cracking	0	26.922	203.280.000	252.802.297	151.201
Manometer tidak terbaca	0	26.922	203.280.000	152.822.967	53.0516

**RCM worksheet**

Untuk mengetahui jenis perawatan yang cocok untuk setiap kerusakan digunakan RCM worksheet.

Tabel 19 RCM worksheet

Information Reference				Consequence Evaluation				Default Action			Proposed Task/ Deskripsi	Initial Interval	Can be done by			
								H1	H2	H3				H4	H5	S4
Equip	F	FF	FM	H	S	E	O	E1	E2	E3	O1	O2	O3	CC		
Boiler Proper	Menghasilkan uap panas jenuh (saturated steam)	kuantitas uap yang dihasilkan sedikit	kebocoran/ kerusakan pada pipa	Y	Y			N	Y	N						<b>Schedule restoration task:</b> menambal pipa boiler
		tidak menghasilkan uap panas jenuh	furnace kekurangan bahan bakar	Y	N	N	Y	Y							<b>Schedule on-condition task:</b> memeriksa bahan bakar	2 hari
Superheater	Menghasilkan uap kering	kuantitas uap kering yang dihasilkan sedikit	kerusakan pada pipa	Y	N	N	Y	Y	N	N				<b>Schedule discharge task:</b> mengganti pipa superheater	384.207 jam	Masinis jaga dan petugas stasiun ketel
		tidak dapat menghasilkan uap kering	furnace kekurangan bahan bakar	Y	N	N	Y	Y							<b>Schedule on-condition task:</b> memeriksa bahan bakar	2 hari

#### 4. KESIMPULAN

1. Penilaian risiko pada lini produksi PG. Kebon Agung dengan metode FMECA dilakukan dengan melakukan analisis FMEA dan CA. Dari analisis FMEA didapatkan terdapat 15 bentuk kegagalan (*failure modes*) yang mempunyai potensi menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi pada stasiun Ketel. Failure modes tersebut dapat berdampak pada keselamatan, terhambatnya operasi dan tercemarnya lingkungan. Pada analisa CA didapatkan nilai kekeritisan alat sebagai berikut: *Superheater* 0.00558101, *Induced Draft Fan* 0.00131628, *Manometer* 0.00131628, *Deaerator* 0.00131628, *Bagasse Feeder* 0.00131628, *Forced Draft Fan* 0.00094772, *Boiler Feed Water Pump* 0.00084242, *Soot Blower* 0.0008424, *Boiler Proper* 0.00061602, *Dumping Great* 0.00047386, *Dust Collector* 0.00047386.
2. Prioritas kegagalan suatu alat ditentukan dari nilai item critically number yang telah dihitung dengan metode FMECA. Dari perhitungan didapatkan bahwa superheater merupakan peralatan dengan prioritas kegagalan tertinggi dengan nilai *item critically number* 0.00558101 dan *dust collector* merupakan peralatan dengan prioritas kegagalan terendah dengan nilai *item critically number* sebesar 0.00047386. Dengan urutan prioritas kekritisan alat meliputi *superheater*, *induced draft fan*, *bagasse feeder*, *deaerator*, *manometer*, *forced draft fan*, *soot blower*, *boiler feed water pump*, *boiler proper*, *dumping great* dan yang terakhir *dust collector*. Hal ini menandakan komponen superheater ini sering mengalami kegagalan dan butuh penanganan lebih serius dari komponen-komponen lainnya.
3. Penentuan jadwal perawatan *preventive maintenance* dilakukan dengan menggunakan metode RCM II dengan perhitungan TM (interval perawatan optimal). Perawatan boiler proper guna mencegah terjadinya kebocoran/kerusakan pada pipa dilakukan setiap 459.3367 jam sekali sedangkan untuk memastikan bahwa furnace tidak kekurangan bahan bakar dilakukan setiap 2 hari sekali, perawatan *superheater* untuk mencegah kerusakan pada pipa dilakukan setiap 384.2071 jam sekali. Untuk perawatan *soot blower* agar jelaga tidak menempel pada furnace dilakukan setiap 330.1855 jam sekali. Sedangkan untuk komponen IDF dengan kegagalan lubang IDF tersumbat debu perawatan dilakukan setiap 52.547 jam sekali dan pergantian bearing IDF dilakukan tiap 33938.504 jam sekali. Untuk perawatan komponen FDF yang dilakukan agar lubang FDF tidak tersumbat debu dilakukan setiap 59.296 jam dan pergantian *bearing* selama 3708.673 jam sekali. Perawatan *dumping great* agar abu pembakaran dapat terbuang dilakukan setiap 183.9609 jam sekali. Sedangkan *bagasse feeder* pergantian rantai dilakukan setiap 48.867 jam. Perawatan *impeller Boiler feed water pump* dilakukan setiap 204.668 jam sekali sedang kalibrasi manometer setiap 459.337 jam. pemeriksaan *deaerator* dan *dust collector* dilakukan setiap 1 bulan sekali.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ericson, Clifton A. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. New Jersey: John Wiley & Son, Inc.
- Moubray, John. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. Industrial Press Inc. 2<sup>nd</sup> Edition. New York.
- Soehatman, Ramli. (2010). Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001. Jakarta: Dian Rakyat.
- Standard Australia dan Standard New Zealand. (2004). *Risk Management Guideline. AS/NZS 4360*. Sydney NSW.
- William C. Arthur Jr, Michael L, Smith, Peter C Young. (1995). *Risk Management and Insurance, 7<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw Hill International