

Implementation of RCM II (Reliability Centered Maintenance) and RPN (Risk Priority Number) in Risk Assessment and Scheduling Maintenance Task at HPB (High Pressure Boiler) Base On JSA (Job Safety Analysis) (Case study at PT. SMART Tbk. Surabaya)

Rachmad Tri Sulistiyono⁽²⁾, Anda Iviana Juniani^{(1)*}, dan Iva Setyana⁽¹⁾

⁽¹⁾ Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

⁽²⁾ Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Abstract

The operational of High pressure boiler (HPB) in industry has potential to result accident that is blow up. SMART Corp. Surabaya which is produce palm oil & margarine has operated HPB to support production process in Refinery & Fractionation unit. Production capacity of HPB is 1500 kkal with work pressure until 70 bar and 290⁰C temperature. One of the efforts to minimize risk consequences of HPB operation is by given maintenance. In case, to schedule maintenance task precisely is required failure and risk assessment to all possibility of functional failure of equipment. This assessment has not been done by maintenance division of SMART Corp yet. Hence, This research have study how to schedule maintenance task at HPB by apply RCM II method and RPN (Risk Priority Number) in risk assessment. Quantitative assessment is considered to decide preventive maintenance intervals by examine Maintenance cost (CM) and Repair cost (CR). JSA will observe potential hazard of maintenance task which have been scheduled at HPB.

From the research result, have been known that there are 25 failure modes which follow functional failure of HPB operation. To anticipate failure modes of HPB operation, schedule maintenance which have given by heed RCM II decision diagram are schedule on condition task, scheduled discard task, scheduled restoration task, and Combination of task. Preventive maintenance interval determinate at schedule discard & restoration task to expect that activities are technically feasible to reduce failure consequences of HPB equipment failure modes. By means of risk assessment with preventive maintenance interval consideration and also assessment at potential hazard maintenance task in JSA are expected to help increase effectiveness of maintenance task has been scheduled

Keywords : Maintenance schedule, RCM II, risk assessment, preventive maintenance interval, JSA

1. Pendahuluan

Kegiatan Perawatan merupakan salah satu aspek penting yang harus diperhatikan untuk mempertahankan suatu peralatan atau aset fisik perusahaan untuk dapat terus memenuhi fungsinya. Dengan memberikan kegiatan perawatan yang tepat pada sebuah peralatan maka secara tidak langsung juga akan membantu untuk menurunkan resiko dari potensi bahaya yang dimiliki oleh peralatan tersebut. Salah satu peralatan produksi yang ditemukan pada industri skala besar dalam membantu proses produksinya adalah *High Pressure Boiler* (HPB). HPB merupakan sebuah sistem pemanas air penghasil uap yang dapat dimanfaatkan sebagai tenaga dengan tekanan *steam* yang lebih dari 20 bar.

* Correspondence: anda.iviana@ppns.ac.id

Potensi bahaya dari pengoperasian HPB ini dapat mengarah pada terjadinya kecelakaan besar yakni ledakan. Dengan melakukan sebuah perencanaan kegiatan perawatan dengan memperhatikan analisa terhadap bentuk kegagalan serta analisa resiko diharapkan akan dapat membantu untuk menemukan kegiatan perawatan yang tepat untuk dapat mempertahankan sekaligus menurunkan resiko dari pengoperasian peralatan tersebut.

Berdasarkan pernyataan tersebut diatas, maka tujuan penelitian ini adalah melakukan identifikasi kegagalan serta menilai prioritas resiko kegagalan dari HPB yang dioperasikan oleh PT. SMART Tbk. Surabaya dalam FMEA (*Failure mode and Effect Analysis*) dan RPN (*Risk Priority Number*), menentukan kegiatan perawatan dengan memperhatikan konsekuensi yang ditimbulkan jika terjadi kegagalan dengan mengaplikasikan metode RCM II, menentukan interval perawatan optimal, dan menganalisa potensi bahaya kerja dalam menjalankan aktivitas perawatan terhadap HPB.

Agar tujuan penelitian ini dapat tercapai maka terdapat batasan yang diberikan yakni : Kerusakan peralatan atau komponen yang terjadi bukanlah disebabkan oleh *human error*, Pada penentuan distribusi perawatan dilakukan dengan menggunakan *software* weibull ++6, interval perawatan dihitung pada komponen yang mengalami *scheduled restoration* dan *scheduled discard*, serta pembuatan JSA (*Job Safety Analysis*) juga diberikan pada kegiatan *scheduled restoration* dan *scheduled discard*.

2. Metode Penelitian

2.1 Maintenance

Kegiatan *maintenance* ditujukan untuk meyakinkan bahwa *asset* fisik yang dimiliki dapat terus berlanjut memenuhi apa yang diinginkan oleh pengguna (*user*) terhadap fungsi yang dijalankan oleh *asset* tersebut. (Moubray, 1997).

Maintenance merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu sistem. (Aggarwal, 1993). Kegiatan tersebut dapat bersifat terencana (*planned*) dan tidak terencana (*unplanned*). Hanya ada satu bentuk kegiatan *maintenance* yang tidak terencana yakni *emergency maintenance*, dimana tindakan *maintenance* tersebut dibutuhkan sesegera mungkin untuk mencegah kerusakan/ konsekuensi yang lebih parah seperti *loss of production*, kerusakan *asset* yang lebih parah, atau untuk alasan (*safety*). Sedangkan *planned maintenance* terbagi atas dua bagian utama yakni *preventive (scheduled)* dan *corrective (unscheduled)*.

2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability centered maintenance didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan dalam menentukan tindakan yang tepat diberikan untuk meyakinkan bahwa *asset* fisik yang dimiliki perusahaan dapat terus menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diinginkan sesuai dengan konteks operasional yang dijalankan pada saat itu.

Proses yang dijalankan dalam RCM adalah dengan mengajukan tujuh pertanyaan terhadap tiap *asset* / sistem yang dijalankan perusahaan (dalam konteks operasional). Dimana keempat pertanyaan pertama akan diidentifikasi kedalam FMEA atau di dalam RCM disebut sebagai RCM II *Information Worksheet*. Dan sisanya akan diidentifikasi kedalam RCM II *Decision Worksheet*. Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sbb:

1. Apa fungsi serta standar performansi yang dimiliki oleh *asset* dalam menjalankan operasinya (*Function*) ?
2. Dalam kondisi seperti apakah *asset* gagal untuk memenuhi fungsinya (*Functional Failure*) ?
3. Apa penyebab dari tiap kegagalan yang terjadi (*Failure Modes*) ?
4. Apa yang akan terjadi pada saat kegagalan tersebut berlangsung (*Failure effect*) ?
5. Bagaimana masalah yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi (*Failure Consequence*) ?

6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah terjadinya kegagalan (*Pro-active task*) ?
7. Apa selanjutnya yang harus dilakukan jika *proactive task* yang sesuai tidak dapat diberikan (*Default action*) ?

RCM II Decision Worksheet

RCM II decision worksheet merupakan dokumen lembar kerja kedua dalam pengerjaan RCM. *Worksheet* ini digunakan untuk *merecord* jawaban dari pertanyaan yang muncul dari *decision diagram*, sehingga kita dapat mengetahui :

- Apa saja kegiatan rutin *maintenance* (jika ada) yang harus dilakukan, berapa sering dilakukan dan siapa yang melakukan.
- Kegagalan mana sajakah yang cukup serius sehingga perlu dilakukan *redesign*
- Keadaan/kondisi dimana keputusan yang telah diambil diberikan untuk menghadapi kegagalan yang terjadi.

2.3 Deskripsi sistem dan *Functional Block Diagram* (FBD)

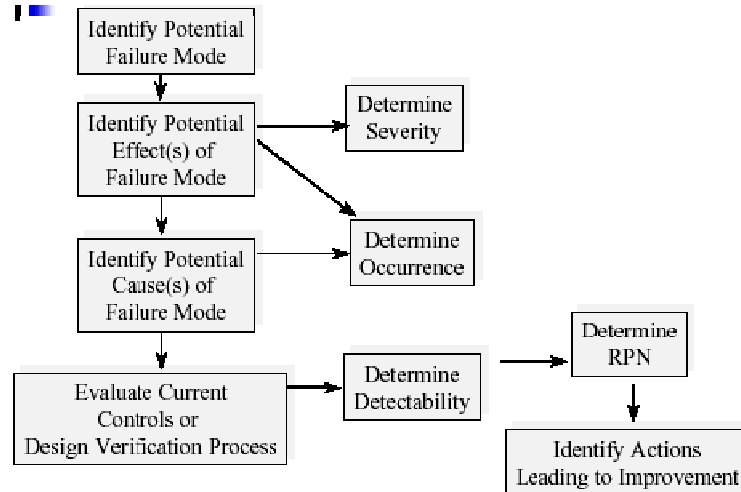
Langkah pendeskripsian sebuah sistem diperlukan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat dalam sistem dan bagaimana komponen tersebut bekerja sesuai fungsinya. Data fungsi peralatan dan cara beroperasinya, dipakai untuk membuat definisi dan dasar untuk menentukan kegiatan perawatan pencegahan. Keuntungan yang didapat dari pendeskripsian sistem adalah :

- a. Sebagai dasar informasi dari sistem tentang desain dan operasi, yang dipakai sebagai acuan untuk melakukan tindakan perawatan pencegahan dikemudian hari.
- b. Dapat diperoleh pengetahuan sistem secara menyeluruh.
- c. Diperlukan dalam mengidentifikasi parameter-parameter operasi yang menyebabkan kegagalan sistem.

2.4 FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan salah satu metode sistematis yang digunakan untuk menganalisa kegagalan. FMEA sering digunakan sebagai langkah awal untuk melakukan studi terhadap keandalan. Melibatkan banyak tinjauan terhadap komponen-komponen, rakitan, dan subsistem yang kemudian diidentifikasi kemungkinan bentuk kegagalannya, serta penyebab dan efek dari masing masing kegagalan. Untuk tiap komponennya, setiap bentuk kegagalan dan efek yang ditimbulkannya pada sebuah sistem akan dituliskan pada form FMEA yang telah dibuat.

Teknik FMEA digunakan sebagai bagian integral dari pelaksanaan analisa RCM (*reliability centered maintenance*). Ide utama RCM adalah untuk mencegah kegagalan dengan mengeliminasi atau mengurangi penyebab kegagalan. Analisa FMEA memfokuskan pada penyebab kegagalan dan mekanisme terjadinya kegagalan. Ketika penyebab dan mekanisme kegagalan telah diidentifikasi untuk setiap *failure mode*, selanjutnya akan dapat memungkinkan kita memberikan saran untuk waktu *pelaksanaan preventive maintenance*, atau perencanaan tindakan monitoring, untuk menurunkan *failure rate*.



Gambar1. FMEA Road Map

Sumber: www.fmeainfocentre.com/handbooks/umich.pdf, 2000

2.5 RPN (*Risk Priority Number*) sebagai variable dalam FMEA

Risk Priority Number (RPN) adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menganalisa resiko dengan menghubungkan potensial masalah yang diidentifikasi dalam *Failure mode and effect analysis* (FMEA).

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan dalam proses, metode RPN ini selanjutnya akan digunakan oleh analis untuk dapat menggunakan pengalaman yang dimilikinya serta kemampuan engineering yang dimilikinya untuk memberikan keputusan dalam menentukan tingkat potensi masalah sesuai dengan 3 rating skala RPN, yakni :

- *Severity* merupakan tingkat keparahan dari efek potensial bentuk dari kegagalan (*potential failure mode*) yang dialami
- *Occurrence* merupakan tingkat yang menyatakan kemungkinan suatu kegagalan akan terjadi sepanjang masa desain system.
- *Detection* merupakan tingkat yang menyatakan kemungkinan sebuah failure mode dapat dideteksi dengan mengaplikasikan suatu metode deteksi atau dengan melakukan tindakan pengendalian (current control) yang diberikan sebelum mencapai *end-user* sebelum meninggalkan fasilitas produksi.

Setelah rating ditentukan selanjutnya tiap pokok persoalan dikalkulasi dengan mengalikan *Severity x Occurrence x Detection*.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Nilai RPN yang muncul menunjukkan tingkat kepentingan terhadap perhatian yang diberikan untuk area/ komponen yang terdapat dalam sistem.

2.6 Distribusi Peluang dalam evaluasi keandalan sistem

- Distribusi Eksponensial

Model laju kerusakan konstan untuk sistem beroperasi secara kontinyu mengarah pada distribusi eksponensial. Rumus :

Fungsi kepadatan:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, 0 \leq t < \infty$$

Fungsi keandalan: $R(t) = e^{-\lambda t}$

Fungsi kumulatif: $F(t) = 1 - R(t)$

Fungsi kerusakan: $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt \\ &= 1/\lambda \end{aligned}$$

Dimana :

λ = failure rate (konstan)

MTTF = waktu rata – rata antar kerusakan (jam)

▪ Distribusi Weibull

Selain distribusi eksponensial yang sering dipakai didalam mengevaluasi keandalan sistem, distribusi weibull juga banyak dipakai karena distribusi ini memiliki *shape parameter* sehingga distribusi mampu untuk memodelkan berbagai data. Jika *Time to Failure* dari suatu komponen adalah T mengikuti distribusi weibull dengan tiga parameter β , η , dan γ maka fungsi padat distribusi dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Jika nilai $\gamma = 0$ maka akan diperoleh distribusi weibull dengan dua parameter, Beberapa karakteristik dari distribusi weibull adalah :

- Untuk $0 < \beta < 1$, laju kegagalan (*failure rate*) akan berkurang seiring bertambahnya waktu.
- Untuk $\beta = 1$, maka failure rate-nya adalah konstan
- Untuk $\beta > 1$, laju kegagalan (*failure rate*) akan bertambah seiring bertambahnya waktu.

Sedangkan fungsi reliabilitasnya adalah :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Sehingga untuk *Mean time to Failure* diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \int_0^{\infty} R(t) dt \\ &= \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} dt \\ &= \gamma + \eta \Gamma(1/\beta + 1) \end{aligned}$$

Dimana :

γ = gamma = *location parameter*

η = eta = *scale parameter*

β = beta = *shape parameter*

MTTF = waktu rata – rata antar kerusakan (jam)

$$\Gamma(\gamma) = \text{Fungsi gamma} = \int_0^{\infty} t^{\gamma-1} e^{-t} dt$$

- **Distribusi Log Normal**

Distribusi ini digunakan untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk kondisi yang bervariasi. Disini *Time to failure* (t) dari suatu komponen diasumsikan memiliki distribusi LogNormal bila $y = \ln(t)$, mengikuti distribusi normal dengan rata-rata μ dan variansinya adalah s .

Fungsi padat peluang (pdf) dari distribusi Lognormal :

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot s \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2s^2} [\ln t - \mu]^2\right\}$$

Fungsi keandalan distribusi lognormal :

$$R(t) = 1 - \phi\left[\frac{1}{s} \ln\left(\frac{t}{\mu}\right)\right]$$

Laju kegagalannya :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

MTTF distribusi LogNormal :

$$\text{MTTF} = \exp(\mu + (0.5 \times s^2))$$

2.7 Model matematis perawatan

Dengan mengasumsikan bahwa *scheduled preventive maintenance* akan memulihkan sistem seperti kondisi baru. Untuk menentukan waktu penggantian yang optimal digunakan metode (Lewis, 1996) sebagai berikut :

$$T_C = \frac{tR(t)}{\int_0^{\infty} R(t)dt} C_p + \frac{(t - R(t)^t)}{\int_0^t R(t)dt} C_f$$

Untuk menentukan interval penggantian yang dapat meminimalkan total biaya operasi tersebut dapat digunakan metoda kalkulus standard. (haryono, 2004)

Untuk distribusi weibull 3 parameter diperoleh :

$$T \approx \gamma + \eta \left[\frac{1}{\beta - 1} x \frac{CM}{CR - CM} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

Untuk distribusi weibull 2 parameter diperoleh :

$$T \approx \eta \left[\frac{1}{\beta - 1} x \frac{CM}{CR - CM} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

2.8 JSA (Job safety Analysis)

Job safety analysis (JSA) adalah sebuah metode identifikasi yang digunakan untuk menganalisa kegiatan kerja yang dilakukan terhadap potensi bahaya yang dihadapi ketika menjalankan pekerjaan tersebut. Merupakan cara yang efektif untuk membantu mengurangi atau menurunkan terjadinya insiden, kecelakaan atau bahkan cedera yang terjadi ditempat kerja. Dapat dijadikan sebagai alat bantu yang dapat digunakan ketika dilakukan program pelatihan atau orientasi kerja pada pekerja yang baru magang dan dapat juga digunakan untuk melakukan kegiatan investigasi terhadap kejadian hampir celaka (*near-miss*), dan kecelakaan yang terjadi.

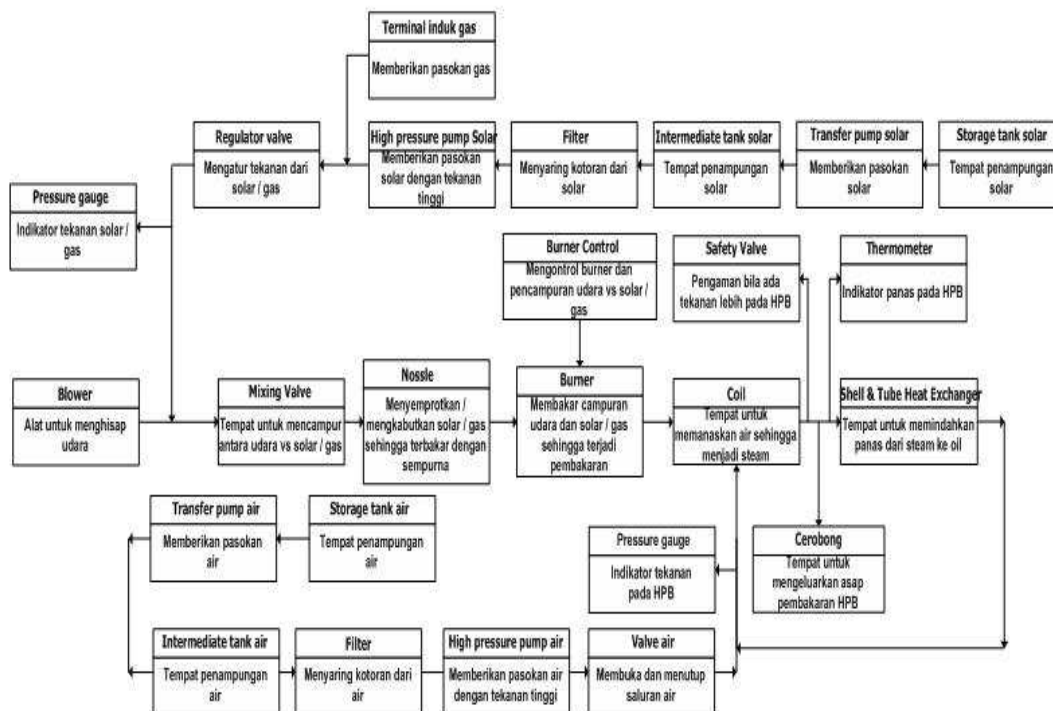
Untuk memulai sebuah JSA, pertama yang harus dilakukan adalah memilih pekerjaan atau kegiatan kerja yang ada di tempat kerja. Setiap pekerjaan yang mengandung bahaya ataupun potensi bahaya merupakan kandidat untuk dilakukan JSA, meskipun kegiatan tersebut tidak umum dilakukan setiap harinya atau jarang dilakukan. Form atau *worksheet* JSA setiap perusahaan dapat bermacam-macam namun tetap memiliki kesamaan dalam inti atau ide yang terkandung didalamnya. Selanjutnya, Lakukan Identifikasi terhadap semua langkah kerja yang dilakukan, bahaya yang ada, dan prosedur kerja aman sebelum memulai pekerjaan tersebut.

Pihak yang terkait dalam kegiatan kerja yang dilakukan harus ikut terlibat dalam pembuatan JSA. JSA harus selalu terus ditinjau ulang, disetujui dan ditandatangani oleh seorang supervisor sebelum pekerjaan tersebut dilakukan. Ketika terjadi perubahan dalam urutan langkah kerja yang dilakukan maka JSA harus ditinjau ulang dan di *updated*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Functional Block Diagram (FBD)

Functional Block Diagram merupakan langkah pertama yang dilakukan dalam implementasi RCM II. FBD digunakan untuk menunjukkan hubungan antar fungsi yang membentuk suatu sistem kerja dalam kasus ini adalah sistem kerja HPB. menggambarkan perpindahan dari material, energi serta control signals yang melewati elemen-elemen yang berbeda pada sebuah sistem. Melalui gambar diagram blok komponen HPB dapat ditunjukkan bahwa sistem kerja HPB ini terdiri dari dua bagian utama yakni aliran bahan baku, dan aliran untuk proses pembakaran. Kedua bagian ini harus bekerja bersama sama untuk dapat menghasilkan *steam* yang akan dialirkan menuju STHE (*Shell & Tube Heat Exchanger*). Peralatan pengaman yang menempel pada HPB seperti *safety valve*, *pressure gauge*, *thermometer* juga merupakan satu kesatuan fungsi dalam operasi HPB meskipun tidak terlibat dalam proses produksi steam secara langsung.



Gambar 2. *Functional Block Diagram* HPB

3.2 Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)

Apabila diperhatikan dari sistem rangkaian kerja *High Pressure Boiler* tampak bahwa kegagalan fungsi mesin dapat disebabkan oleh dua penyebab, yakni karena proses pembakarannya yang terganggu dan yang kedua karena siklus air bahan baku HPB yang mengalami gangguan. Kegagalan pada peralatan pengaman HPB seperti *pressure gauge*, *safety valve*, *thermometer* tidak mengganggu kinerja mesin secara langsung, namun kegagalan pada peralatan ini akan menimbulkan dampak tersendiri yakni konsekuensi terhadap keselamatan

Berdasarkan efek yang ditimbulkan, diketahui terdapat tiga efek yang secara keseluruhan dapat mengganggu kinerja HPB yakni yang pertama adalah kegagalan/ kerusakan yang ditimbulkan oleh komponen HPB mengakibatkan operasional HPB harus berhenti sehingga proses produksi minyak goreng terhambat. Kedua, terdapat kegagalan/ kerusakan yang tidak sampai mengakibatkan proses produksi terhenti namun dapat mengakibatkan turunnya performansi HPB. Ketiga, terdapat kegagalan equipment yang tidak mempengaruhi proses produksi minyak namun berpengaruh terhadap *safety/* keamanan operasional HPB.

Tabel 1. FMEA beserta penilaian RPN

RCM II		Sistem : Deodorization Process									
Information		Sub-sistem : High Pressure Boiler									
Worksheet		Fungsi sub sistem : Menyuplai steam ke STHE (Shell & Tube heat Exchanger)									
No	Equipment	Function	Functional Failure	Description of failure			Effect of failure	S	O	D	RPN
				Failure mode	Failure mechanism	Detection of failure					

3.3 Pengkategorian dan Penilaian RPN (Risk Priority Number)

Penilaian resiko yang diberikan dalam FMEA menggunakan kriteria RPN yang sebelumnya telah dibuat dengan mengacu pada teori yang ada dan persetujuan dengan pihak *maintenance*. Nilai RPN yang muncul menunjukkan tingkat kepentingan terhadap perhatian yang diberikan terhadap area/ komponen yang terdapat dalam sistem. Selanjutnya nilai RPN yang telah diperoleh akan direpresentasikan kedalam *pareto analysis*. *Pareto Analysis* akan membantu dalam memvisualisasikan kegagalan yang terjadi pada *equipment* HPB.

Berdasarkan penilaian RPN yang diberikan terhadap masing masing bentuk kegagalan dari peralatan HPB serta diagram pareto yang telah dibuat dapat diketahui bahwa *potential failure modes & cause* yang memiliki prioritas resiko tertinggi adalah kegagalan *High pressure water pump* disebabkan karena kegagalan fungsi dari komponennya yakni seal pompa aus.

3.4 Decision Worksheet

Decision worksheet merupakan lembar kerja kedua dalam menjalankan implementasi RCM II. Dalam *worksheet* ini peneliti akan menentukan dampak/ konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan serta tindakan *proactive maintenance* untuk menghadapi kegagalan yang terjadi. Dalam menentukan *consequence* serta *proactive task* ini akan dibantu dengan menggunakan *decision diagram*. Tindakan pencegahan/ *proactive task* yang akan diberikan terhadap masing-masing bentuk kegagalan haruslah *technicaly feasible and worthdoing*. Sehingga dalam mencapai hal tersebut terdapat beberapa persyaratan kondisi yang telah diprasyaratkan oleh RCM II.

Task-task yang telah disusun secara keseluruhan dapat dibedakan menjadi 4 bagian yaitu

1. *Scheduled discard task* (SDT)
2. *Scheduled restoration task* (SRT)
3. *Scheduled on-condition task* (SOCT)

Scheduled on condition task atau *predictive maintenance* ini kegiatannya dibagi dalam 4 kelompok yakni :

- Teknik *condition monitoring*
Teknik ini menggunakan peralatan khusus dalam membantu untuk melakukan monitor terhadap peralatan.
- Teknik *primary effect monitoring*
Teknik ini menggunakan peralatan yang mampu memonitor efek-efek primer (*flow rate, pressure, power, current*). Dimonitor oleh operator dengan mengamati *gauge*, atau *record reading* melalui sistem komputer.
- Teknik *human sense*
Penggunaan indera manusia (*look, listen/sound, feel/touch & smell*) untuk menemukan *potential failure*.
- Teknik *based on variation in product quality*
Dengan mengamati variasi kualitas produk yang dihasilkan. Salah satu teknik populer yang banyak digunakan adalah SPC (*Statistical process control*).

4. *Combination of task*

Tindakan ini merupakan langkah antisipasi dalam menghadapi kegagalan yang memiliki dampak terhadap keselamatan (*safety*) atau lingkungan (*environment*)

Tabel 2. *Decision Worksheet*

RCM II Decision Worksheet										Sistem : Deodorization Process				Date :	Sheet No :1			
										Sub sistem : High Pressure Boiler						of : 3		
										Fungsi sub sistem : Menyuplai steam ke STHE (Shell & Tube Heat Exchanger)								
Information Reference					Consequence Evaluation					H1 H2 H3			Default action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
									E1	E2	E3							

3.5 Pengolahan data kuantitatif

Perhitungan kuantitatif akan membantu proses analisa yang dilakukan dalam RCM II. RCM merupakan langkah untuk mengambil keputusan dalam memberikan perawatan terhadap bentuk kegagalan yang terjadi, dan lebih cenderung menggunakan analisa kualitatif. Sehingga perhitungan kuantitatif disini perlu dimasukkan untuk membantu dalam hal penentuan/ memprediksi waktu yang tepat untuk melakukan kegiatan perawatan. Dengan harapan agar peralatan tersebut meningkat kehandalannya dalam memenuhi fungsi yang dimilikinya.

Perhitungan kuantitatif dimulai dengan melakukan uji distribusi terhadap interval kerusakan dan selang lamanya perbaikan komponen sehingga diperoleh parameter distribusi. Parameter distribusi yang diperoleh akan digunakan dalam penentuan waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan.

Berdasarkan hasil perhitungan MTTF dapat diketahui bahwa semakin besar nilai MTTF yang dimiliki komponen menunjukkan peralatan tersebut memiliki rentang waktu kerusakan yang lama, sebaliknya jika nilai MTTF yang dimiliki komponen kecil hal ini berarti semakin rentan komponen tersebut untuk mengalami kerusakan.

Tabel 3. Rekap perhitungan MTTF & MTTR

Nama Alat	Jenis Kerusakan	MTTF (jam)	MTTR (jam)
Safety valve	Skep (rupture disk) rusak	11159.43	1.683
Pressure gauge	Pegas (spring) rusak	6849.49	0.868
Thermometer	Instrumen indikator panas rusak	11210.675	0.9822
High pressure pump solar	Mechanical seal aus	11013.68	3.813
	Impeller rusak	7080.58	3.641
Regulator valve	Membran pengatur rusak	7409.520	1.820
Filter High pressure pump solar	Filter buntu	6393.093	1.5198
	Filter robek	8716.31	1.820
High pressure pump air	Seal aus/rusak	8089.94	0.397
Transfer pump solar	Mechanical seal rusak	4897.910	1.894
Mixing valve	Seal valve bocor	8054.84	2.436
Burner control	sensor rusak	10335.030	1.820
Nozle	Nozle buntu/kotor	12766.955	0.794
Burner	Burner buntu/kotor	10609.584	2.612
Filter High pressure pump water	Filter buntu	10091.438	1.3620
	Filter robek	12410.153	1.820
Water transfer pump	Mechanical seal rusak	6813.149	3.4365

Penentuan interval perawatan optimum (TM) dilakukan dengan mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan untuk perawatan, biaya untuk perbaikannya serta nilai dari waktu antar perbaikan dari masing masing komponen. Oleh karena itu besar biaya – biaya yang dikeluarkan untuk perawatan dan perbaikan akan ditentukan terlebih dahulu sebelum menghitung nilai TM.

Untuk perhitungan biaya *maintenance* data-data yang dibutuhkan adalah biaya tenaga kerja yang melakukan tindakan *preventive maintenance* serta biaya material yang digunakan untuk perawatan. Sedangkan biaya perbaikan timbul akibat adanya komponen HPB yang

mengalami kerusakan dan membutuhkan *service* perbaikan/ penggantian komponen. Biaya perbaikan (C_R) terdiri dari biaya *man hours* (C_W), Biaya pemulihan/ penggantian komponen (C_F), dan biaya konsekuensi operasional akibat tidak beroperasinya mesin (C_O). Perhitungan untuk mendapatkan biaya perbaikan (CR) akan menggunakan rumus sbb:

$$CR = CF + ((CW + CO) \times MTTR)$$

Tabel 4. Rekap hasil perhitungan TM dengan nilai MTTF

Nama Alat	Jenis Kerusakan	TM	MTTF (jam)
Safety valve	Skep (rupture disk) rusak	7882	11159.43
Pressure gauge	Pegas (spring) rusak	972.02	6849.49
Thermometer	Instrumen indikator panas rusak	1042	11210.675
High pressure pump solar	Mechanical seal aus	153.651	11013.68
	Impeller rusak	3524	7080.58
Regulator valve	Membran pengatur rusak	1300	7409.520
Filter High pressure pump solar	Filter buntu	237.925	6393.093
High pressure pump air	Filter robek	658.8	8716.309
	Seal aus/rusak	6865	8089.94
Transfer pump solar	Mechanical seal rusak	594.855	4897.910
Mixing valve	Seal valve bocor	2308	8054.84
Burner control	sensor rusak	4185	10335.030
Nozle	Nozle buntu/kotor	9826	12766.955
Burner	Burner buntu/kotor	3197	10609.584
Filter High pressure pump water	Filter buntu	494.373	10091.438
Water transfer pump	Filter robek	6327	12410.153
	Mechanical seal rusak	1269	6813.149

Berdasarkan perhitungan interval perawatan optimal dapat diketahui bahwa besarnya nilai TM jauh berada dibawah nilai MTTF-nya. Hal ini menunjukkan bahwa interval waktu perawatan optimal akan ditujukan untuk menghindari terjadinya kegagalan sebelum waktu kerusakan terjadi. Dengan menentukan interval perawatan optimal maka penggantian/perbaikan komponen akan menjadi lebih terencana sehingga dapat meminimalkan ekspektasi biaya yang dikeluarkan dalam menjalankan kegiatan perawatan

3.6 Job safety Analysis (JSA)

Pembuatan JSA dilakukan setelah penentuan kegiatan perawatan dengan metode RCM II selesai dilakukan. Dalam studi kasus ini pembuatan JSA akan difokuskan pada kegiatan perawatan yang menghendaki dilakukannya *scheduled discard* dan *scheduled restoration task*. JSA akan membantu mengurangi atau menurunkan terjadinya insiden, kecelakaan atau bahkan cedera yang terjadi di tempat kerja. JSA bersifat kualitatif dimana analisa yang diberikan terhadap potensi bahaya kerja dalam menjalankan aktivitas maintenance nantinya akan dapat digunakan dalam membantu pekerja untuk lebih memahami kegiatan kerja sebelum kegiatan tersebut dilakukan dan sadar akan potensi bahaya yang akan dihadapi. Sehingga terjadinya kesalahpahaman maupun terjadinya *human error* lainnya akan dapat diminimalisir.

Tahap awal dalam analisa potensi bahaya kerja (JSA) adalah membagi sebuah pekerjaan kedalam urutan langkah-langkah kegiatan utama. Secara umum kegiatan yang dilakukan dalam melaksanakan kegiatan perawatan untuk *discard* dan *restoration* dibagi kedalam 5 bagian utama yakni : tahap *pre job safety meeting*, persiapan peralatan, pelaksanaan penggantian dan terakhir *cleaning/pembersihan*. Selanjutnya urutan kegiatan kerja tersebut dianalisa potensi bahayanya dan diberikan rekomendasi untuk tindakan pengendalian dalam menghadapi potensi bahaya kerja tersebut. Untuk mendukung kelancaran dalam implementasi

JSA dibutuhkan beberapa manual prosedur berupa *Standard operational procedure* (SOP) dan work permit. Dengan dibantu SOP serta work permit ini diharapkan akan semakin meningkatkan *awarness* pekerja untuk bertindak secara aman dalam bekerja.

PT SMART Tbk		JOB SAFETY ANALYSIS	
Job to be performed :		Date issued : 26 Des. 2003	
Area / Unit : High Pressure Boiler (Refinery - Deodotiser I)		Last date reviewed :	
JSA Written by : D4 Safety eng.		JSA No. :	
Supervisor :		Approved by :	
<input type="checkbox"/> Safety glasses <input type="checkbox"/> Goggles / face shield <input type="checkbox"/> Earplug / Earmuff		<input type="checkbox"/> Dust / Weldingmask <input type="checkbox"/> Cartridge - filter mask <input type="checkbox"/> SCBA / SC.ABA	
<input type="checkbox"/> Coveralls <input type="checkbox"/> Chemical clothing <input type="checkbox"/> Leather / Chemical gloves		<input type="checkbox"/> Safety harness / Lifeline <input type="checkbox"/> Life vest <input type="checkbox"/> Leather / Chemical boots	
<input type="checkbox"/> Hard hats <input type="checkbox"/> Welding helmet <input type="checkbox"/> Other			
IF YOU DON'T MEET THE REQUIREMENTS AS STATED IN THIS PROCEDURE DO NO PERFORMING THE JOB			
JOB STEP	Machine/Equipment/Tool	Hazard/Loss	NOTE
No			
IF YOU DON'T MEET THE REQUIREMENTS AS STATED IN THIS PROCEDURE DO NO PERFORMING THE JOB			
PT SMART Tbk		JOB SAFETY ANALYSIS	
Job to be performed :		Date issued : 26 Des. 2004	
Area / Unit : High Pressure Boiler (Refinery - Deodotiser I)		Last date reviewed :	
JSA Written by : D4 Safety eng.		JSA No. :	
Supervisor :		Approved by :	
<input type="checkbox"/> Safety glasses <input type="checkbox"/> Goggles / face shield <input type="checkbox"/> Earplug / Earmuff		<input type="checkbox"/> Dust / Weldingmask <input type="checkbox"/> Cartridge - filter mask <input type="checkbox"/> SCBA / SC.ABA	
<input type="checkbox"/> Coveralls <input type="checkbox"/> Chemical clothing <input type="checkbox"/> Leather / Chemical gloves		<input type="checkbox"/> Safety harness / Lifeline <input type="checkbox"/> Life vest <input type="checkbox"/> Leather / Chemical boots	
<input type="checkbox"/> Hard hats <input type="checkbox"/> Welding helmet <input type="checkbox"/> Other			
IF YOU DON'T MEET THE REQUIREMENTS AS STATED IN THIS PROCEDURE DO NO PERFORMING THE JOB			
JOB STEP	Machine/Equipment/Tool	Hazard/Loss	NOTE
No			

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Berdasarkan hasil FMEA/ RCM II *Information worksheet* teridentifikasi 25 bentuk kegagalan yang memiliki potensi untuk menyebabkan terjadinya *functional failures* pada HPB. Dan secara umum efek yang ditimbulkan oleh kegagalan *equipment* HPB terbagi dalam 3 kriteria yakni: Kegagalan yang berdampak pada terhentinya proses produksi, kegagalan yang berdampak pada kerusakan/ kecacatan produk, dan kegagalan yang berpengaruh terhadap keamanan operasi HPB.
2. Hasil penilaian resiko yang diberikan dalam FMEA menunjukkan bahwa komponen kritis yang perlu mendapatkan prioritas utama/ memiliki tingkat kepentingan tinggi untuk diperhatikan adalah kegagalan pada *mechanical seal High presure pump water* dan kegagalan pada indikator panas *thermometer*.
3. Kebijakan perawatan yang diberikan untuk menghadapi *functional failures* dari *equipment* HPB secara keseluruhan terbagi dalam beberapa kegiatan yakni, sbb :
 - a. *Scheduled discard task*
 - b. *Scheduled restoration task*.
 - c. *Scheduled on condition task*
 - d. *Combination of task*
4. Berdasarkan hasil perhitungan interval perawatan optimal (*Scheduled Discard & Scheduled Restoration*) dengan mempertimbangkan biaya resiko perawatan, biaya penggantian komponen, biaya kegagalan, biaya tenaga kerja, diketahui bahwa nilai yang diperoleh dalam menurunkan kegagalan yang dialami komponen HPB jauh berada dibawah nilai MTTFnnya. Hal ini menunjukkan bahwa interval perawatan optimal akan berusaha untuk menghindari terjadinya kegagalan sebelum waktu kerusakan terjadi.
5. JSA yang dibuat diharapkan dapat membantu meningkatkan *awarness* pekerja terhadap potensi bahaya dalam menjalankan kegiatan perawatan serta dapat menghindarkan terjadinya kesalahpahaman / *human error* antar pekerja yang melaksanakan kegiatan perawatan.

Daftar Pustaka

- Aggarwal, K.K. (1993). *Reliability Engineering*. Kluwer Academic, Netherlands
- Anda Iviana, (2003). *Identifikasi Bahaya dan Penerapan Metode Management pada sistem Bahan Bakar Solar*. Tugas Akhir Teknik Industri, ITS.
- Ardiansyah, M. (2004). *Menentukan kebijakan perawatan pencegahan yang optimal dengan pendekatan RCM*. Tugas Akhir Teknik Industri, ITS.
- Blanchard, B.J. (1995). *Maintainability : A key to effective service ability & Maintenance Management*. John Willey & Sons., New-York
- Ebeling, Charles.E. (1997). *Reliability & Maintainability Engineering*. McGrawHill International edition.
- Endah Wismawati (2004). *Study Pengembangan Formal Safety Assesment (FSA) pada Kapal Caraka Jaya Niaga*. Thesis Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan, Program Pasca Sarjana FTK, ITS.
- Hammett, Pat, (2000). **Failure mode and effect Analysis**. URL <http://www.fmeainfocentre.com/handbooks/umich.pdf>
- Haryono, (2004). *Perencanaan Suku Cadang Berdasarkan Analisis Reliabilitas*. Laporan Penelitian. MIPA, Statistika, ITS.

- Lee S, Frank P, (1996). *Loss Prevention in The Process Industries : Hazard Identification, Assesment and Control 2 Rev.ed.* Butterworth Heinemann. Great Britain.
- Moubray, Jhon. (1997). *Reliability Centered Maintenance 2nd edition* . Industrial Press Inc. Madison Avenue-New York.
- OSHA (2006) . *Oil and Gas Well Drilling and Servicing eTool: Job Safety AnalysisProcess.*
[URL:http://www.osha.gov/2005SHA/job_safety_analysis_sample_worksheet1.html](http://www.osha.gov/2005SHA/job_safety_analysis_sample_worksheet1.html)
- Priyanta, Dwi. (2001). *Modul Keandalan dan Perawatan, Modul kuliahkeandalan FTK-T. Sistem Pengendalian Kelautan*, ITS Surabaya.
- Reliasoft corp. (2006). *Examining Risk Priority Number in FMEA.*[URL:http://www.reliasoft.com/reliasoft/rpns.htm](http://www.reliasoft.com/reliasoft/rpns.htm)
- Vatn, Jorn, (2002). *Introduction to Failure mode and effect Analysis. ProMainTechnicalNote.*
[URL:http://www.sintef.no/static/tl/projects/promain/Experiences_and_references/Introduction_to_FMEA.pdf](http://www.sintef.no/static/tl/projects/promain/Experiences_and_references/Introduction_to_FMEA.pdf)