

KAJIAN KEMUNGKINAN APLIKASI KONSEP MESIN FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS): KAJIAN KES DI SEKSYEN MILLS DI KILANG KELULI

MUHAMMAD SHUHAIMI SHAMSUDDIN & JAFRI MOHD. ROHANI*

Abstract. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) is a systematic engineering approach to analyze and evaluate the potential failure modes and effect of a product or process. This study focus on the integration of FMEA and Machine and is called Machine FMEA (M-FMEA). For the case study, one dedicated machine in section Mill is selected then are being assigned Severity, Occurrence and Detection ranking. The product of the three rankings produces an index called risky priority number (RPN). For each failure mode of the part or section of machine, the RPN number is calculated. By paretoizing the RPN failure mode, critical machine problems are identified and corrective action plan through M-FMEA tabular format is proposed to improve the productivity and quality of the machine performance.

Abstrak. Metodologi FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) merupakan satu pendekatan kejuruteraan sistematik terkini untuk menganalisis dan menilai *potensi mod kegagalan dan sebab* pada produk atau proses dan mencegah ia berlaku. Kajian kemungkinan ini hanya memfokuskan integrasi FMEA dan Mesin atau lebih dikenali M-FMEA. Kajian telah dilakukan disalah satu mesin di seksyen Mill. Kombinasi *mod kegagalan, kesan dan kawalan* pada mesin dibuat penilaian untuk kadar *ketegasan (Severity), kekerapan berlaku (Occurrence) dan pengesanan (Detection)*. Hasil daripada ketiga-tiga kadar ini akan menghasilkan *Risky Priority Number (RPN)* untuk setiap kombinasi *mod kegagalan, kesan dan kawalan*. RPN untuk mod kegagalan telah dianalisis menggunakan rajah pareto dan komponen-komponen yang kritikal telah dikenal pasti. Format plan tindakan M-FMEA untuk meningkatkan kualiti dan produktiviti mesin telah dicadangkan.

1.0 PENGENALAN

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) merupakan satu teknik kejuruteraan pada mulanya dibangunkan oleh *Ford Motor Company* pada tahun 1970-an sebagai kaedah untuk membantu jurutera dalam menilai *Potensi Mod Kegagalan* dan sebagai kaedah pencegahan dalam industri automotif [1–2]. Bagaimanapun pendekatan ini boleh digunakan dalam pelbagai bidang industri yang lain bagi tujuan pembaikan untuk meningkatkan kualiti dan produktiviti.

Kajian ini memfokuskan hubungan integrasi antara FMEA dan Mesin dan lebih dikenali M-FMEA sebagai langkah pembaikan untuk meningkatkan kualiti dan produktiviti di kilang keluli. Menerusi kajian ini, keberkesanan penyelenggaraan di

* Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor Darul Takzim, Malaysia. Email:jafri@fkm.utm.my.

tempat kajian boleh ditingkatkan melalui penggunaan pendekatan yang dicadangkan (M-FMEA). Ini adalah kerana jika penyelenggaraan dijalankan dengan cekap dan berkesan, ia akan dapat menghindarkan kegagalan daripada berlaku pada mesin atau peralatan serta memastikan operasi pengeluaran berjalan dengan lancar untuk mencapai tahap kualiti dan produktiviti yang disasarkan oleh pihak syarikat.

Dalam kajian ini mesin atau peralatan yang telah dikenal pasti bagi tujuan peningkatan kualiti dan produktiviti ialah *Walking Beam # 1* (subsistem) di lokasi relau (sistem) di bahagian *Section Mills*.

2.0 KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

M-FMEA merupakan satu teknik kejuruteraan yang digunakan untuk mengenal pasti, mentakrif dan menghapuskan potensi masalah yang terdapat dalam sistem [3]. Secara amnya, setiap komponen dalam sistem akan dianalisis bagi mengenal pasti kemungkinan mod kegagalan. Setiap peralatan secara teorinya tidak mempunyai had kepada potensi mod kegagalan. M-FMEA yang lengkap mestilah merangkumi keseluruhan ciri-ciri utama peralatan seperti, nama, fungsi, potensi sebab dan kesan mod kegagalan serta kawalan semasa mesin yang digunakan [1].

Dalam M-FMEA potensi sebab dan kesan mod kegagalan serta kawalan semasa mesin yang digunakan akan dikenal pasti dan dinilai untuk setiap mod kegagalan pada peralatan di dalam sistem. Ketegasan (*severity*) untuk potensi kegagalan dikenali dengan pemboleh ubah *S* dan mempunyai nilai di antara 1 – 10 dengan nilai 10 untuk ketegasan yang paling berat. Kekekapan berlaku kegagalan (*occurrence*) diwakili oleh pemboleh ubah *O* dan mempunyai nilai di antara 1 – 10 dengan nilai 10 untuk kekekapan berlaku yang paling kerap. Manakala untuk pengesanan kegagalan (*detection*) diwakili oleh pemboleh ubah *D* dan mempunyai nilai di antara 1 – 10 dengan nilai 10 untuk pengesanan yang paling sukar. Mod kegagalan relatif RPN dikira berdasarkan $RPN = S \times O \times D$ [1–3].

2.2 Tatacara Penyediaan M-FMEA

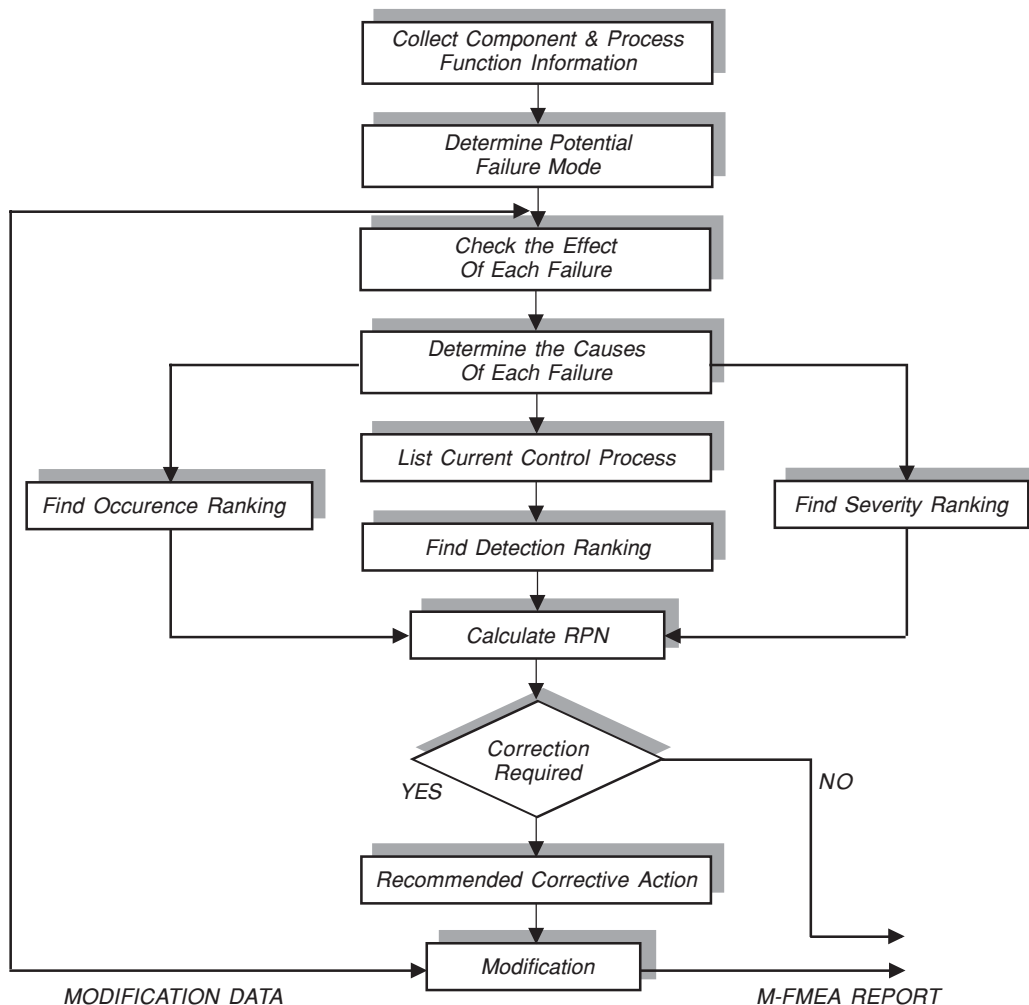
Terdapat dua fasa dalam penyediaan M-FMEA [1, 4]. Fasa pertama ialah mengenal pasti potensi mod kegagalan dan kesan. Fasa kedua ialah analisis secara kritikal bagi mendapatkan ketegasan mod kegagalan. Pada fasa pertama, perincian ke atas reka bentuk produk akan dilakukan. Ia termasuk mengenal pasti kemungkinan kegagalan pada komponen produk, subpemasangan, pemasangan akhir dan proses pembuatan. Pada akhir fasa pertama, perincian reka bentuk telah lengkap dan lukisan reka bentuk akan disediakan.

Pada fasa kedua M-FMEA, jurutera dalam kumpulan M-FMEA akan menilai dan meletakkan kadar kritikal untuk setiap kegagalan dan menyemak dan melakukan

pengubahsuaian yang diperlukan untuk setiap reka bentuk. Kebanyakan kegagalan yang serius mempunyai kadar tertinggi dan harus diberikan pertimbangan utama semasa menyemak kembali reka bentuk. Reka bentuk disemak bagi tujuan memastikan kebarangkalian kekerapan berlaku untuk kadar kegagalan tertinggi dapat dikurangkan.

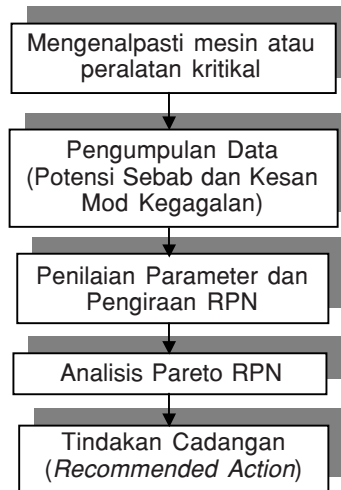
Rajah 1 [4] menunjukkan tatacara umum penyediaan M-FMEA. Fasa pertama adalah daripada pengumpulan maklumat hingga ke pengiraan RPN. Fasa kedua mengandungi kadar yang diperolehi daripada pengiraan RPN, cadangan pembetulan dan pengubahsuaian pada reka bentuk. Pada akhir prosedur, laporan M-FMEA akan diperolehi dan pengubahsuaian perlu dilakukan berdasarkan nilai tertinggi RPN untuk mengurangkan potensi mod kegagalan pada tahap minimum.

3.0 METODOLOGI



Rajah 1 Tatacara penyediaan M-FMEA [4]

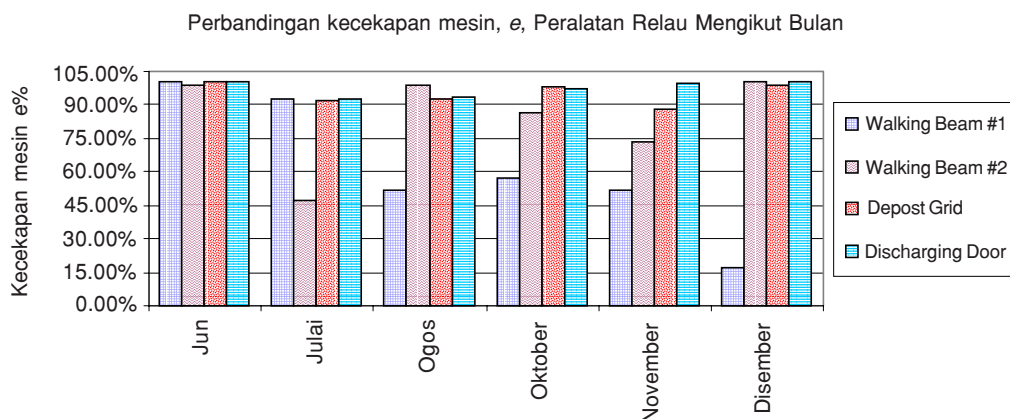
Pendekatan FMEA akan digunakan dalam kajian ini sebagai kaedah pembaikan pada selenggaraan mesin yang dijalankan di tempat kajian [1, 4]. Langkah-langkah metodologi dalam kajian ditunjukkan seperti dalam Rajah 2.



Rajah 2 Langkah-langkah metodologi kajian projek

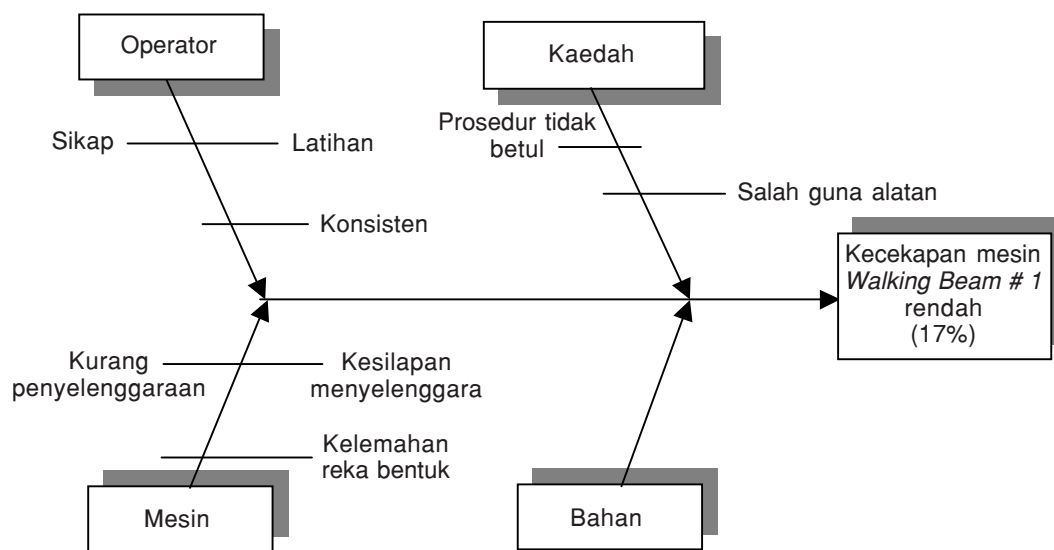
3.1 Mengenal Pasti Sistem atau Subsistem atau Komponen Kritikal

Untuk mengenal pasti sistem atau subsistem atau komponen kritikal yang dikaji, skop kajian telah memilih sistem relau berdasarkan peratus kerosakan yang paling tinggi dibandingkan dengan sistem-sistem lain di *Section Mills*. Sistem relau terdiri daripada beberapa subsistem seperti *walking beam # 1*, *walking beam # 2*, *depost grid* dan *discharging door*. Nilai kecekapan subsistem tersebut adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3 berikut:



Rajah 3 Kecekapan mesin, e peralatan relau mengikut bulan

Dari Rajah 3 didapati nilai kecekapan mesin, e , peralatan relau terendah diperolehi pada bulan Disember iaitu 17% pada susbsistem *Walking Beam # 1*. Gambar rajah sebab dan akibat telah dibina untuk mengenal pasti sebab-sebab kecekapan mesin, e , *Walking Beam # 1* rendah seperti dalam Rajah 4. Subsistem *Walking Beam # 1* terdiri daripada beberapa komponen utama seperti *manature valve*, *pilot valve*, *pilot pump*, dan *desired control valve*.



Rajah 4 Gambar rajah sebab dan akibat kecekapan mesin, e susbsistem *Walking Beam # 1* rendah

3.2 Mengenal Pasti Potensi Sebab dan Kesan Mod Kegagalan

Pengumpulan data telah dilakukan setelah analisis sistem, susbsistem dan komponen dikenal pasti. Dalam pengumpulan data ini maklumat yang diambil adalah ciri-ciri utama mesin seperti, fungsi, potensi sebab dan kesan mod kegagalan serta kawalan semasa mesin yang digunakan [1]. Sebagai contoh pengumpulan data bagi susbsistem *Walking Beam # 1* pada komponen *Directional Control Valve* ditunjukkan dalam jadual 1.

3.3 Penilaian Parameter dan Pengiraan RPN

Selepas potensi sebab dan kesan mod kegagalan serta kawalan semasa mesin yang dikaji dikenal pasti, penilaian untuk kadar *ketegasan*, *kekerapan berlaku* dan *pengesanan* dilakukan [1,3–4]. Penentuan kadar ketegasan adalah dibuat secara subjektif berdasarkan kepada kesan atau akibat yang diterima oleh mesin dari kegagalan peralatan. Nilai ketegasan tinggi diletakkan 10 jika kegagalan itu memberi kesan atau akibat yang besar kepada mesin, manakala jika terlalu sedikit atau kurang ia diletakkan

Jadual 1 Pengumpulan Data untuk komponen (*part*) *Directional Control Valve* [5]

Komponen (<i>part</i>): <i>Directional Control Valve</i>		
No	Perkara	Keterangan
1.	Fungsi item	Membekalkan aliran minyak hidraulik bertekanan dari pam tekanan ke silinder <i>up/down Walking Beam # 1</i> .
2.	Potensi Mod Kegagalan item	Rayapan aliran minyak hidraulik pada arah pandu.
3.	Potensi Sebab Kegagalan item	Kehausan pada <i>O-ring seal Directional Control Valve</i> .
4.	Potensi Kesan Mod Kegagalan item	<p>Tekanan hantaran untuk pandu arah tidak Mencukupi</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Silinder <i>up/down Walking Beam # 1</i></p> <p style="text-align: center;">gagal naik atau turun</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Sistem Hidraulik gagal beroperasi</p>
5.	Kawalan Semasa item	Pemeriksaan dan PM untuk mingguan.

(Sumber: Suhaimi Shamsuddin, 2000)

dengan nilai 1. Penentuan kadar kekerapan berlaku adalah dibuat menerusi analisis data dari maklumat lepas, iaitu seperti masa tertangguh mengikut peralatan. Manakala untuk kadar pengesanan pula adalah subjektif menurut kepada keadaan kawalan semasa (contohnya, tiada pelan tindakan penyelenggaraan mingguan) yang digunakan untuk mengesan kegagalan pada peralatan, jika tidak efektif nilai diletakkan adalah 10 dan jika efektif nilainya 1.

Hasil daripada tiga kadar ini menghasilkan *Risky Priority Number* (RPN) untuk setiap kombinasi *mod kegagalan*, *kesan* dan *kawalan*. Sebagai contoh pengiraan RPN untuk *Directional Control Valve* ditunjukkan oleh persamaan seperti berikut:

$$RPN = O \times S \times D = 10 \times 9 \times 9 = 810.$$

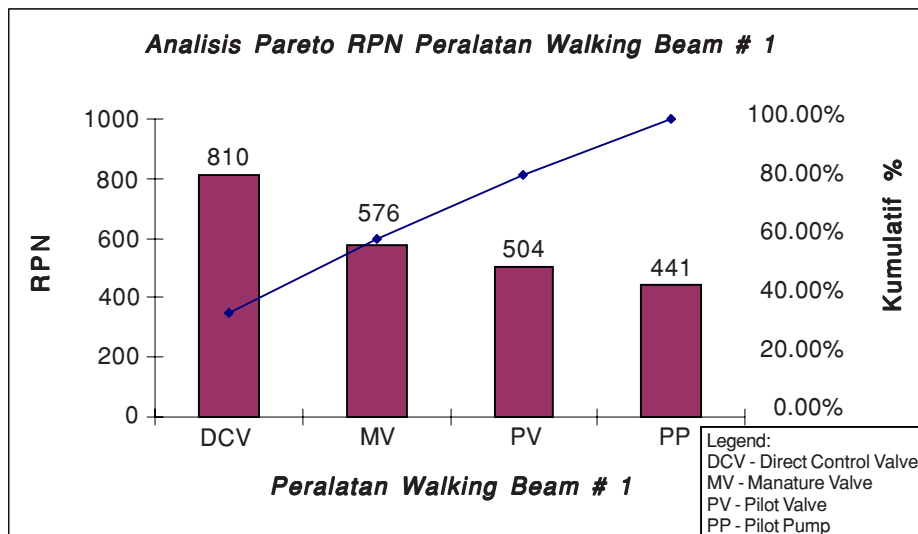
Jadual 2 menunjukkan nilai parameter kadar dan hasil RPN yang diperolehi untuk subsistem *Walking Beam # 1* semasa kajian dijalankan.

Jadual 2 Nilai kadar parameter dan hasil RPN subsistem *Walking Beam # 1*

No.	Komponen (part)	Masa kerosakan (minit)	Masa Kerja (minit)	Peratus Kegagalan (%)	Kadar kekerapan berlaku		Kadar ketegasan S	Kadar pengesanan D	RPN
					Skala	Kadar, O			
1	<i>Manature Valve</i>	210	1365	15.38 %	1/10	9	8	8	576
2	<i>Pilot Valve</i>	180	1365	13.19 %	1/10	9	7	8	504
3	<i>Pilot Pump</i>	180	1365	13.19 %	1/10	9	7	7	441
4	<i>Directional Control Valve</i>	810	1365	61.54 %	1/2	10	9	9	810

3.4 ANALISIS PARETO RPN

Analisis Pareto RPN dilakukan bagi tujuan menentukan keutamaan untuk melakukan *tindakan cadangan* ke atas subsistem *Walking Beam # 1* yang dikaji. Analisis Pareto RPN adalah hampir sama seperti analisis carta Pareto biasa. Ini bermakna *cadangan pembaikan* yang diutamakan adalah dipilih berdasarkan nilai RPN yang tertinggi. Analisis Pareto RPN untuk subsistem *Walking Beam # 1* ditunjukkan dalam Rajah 5.

**Rajah 5** Analisis Pareto RPN subsistem *Walking Beam # 1*

Dari Rajah 5, didapati nilai RPN yang tertinggi yang diperolehi pada subsistem *Walking Beam # 1* adalah pada *Directional Control Valve* iaitu 810 atau 34.75% dari jumlah RPN yang diperolehi, yang kedua diikuti oleh *manature valve*, iaitu 576 (24.71%).

Seterusnya nilai RPN yang diperolehi ialah pada *pilot valve*, iaitu 504 atau 21.62% dan *pilot pump*, iaitu 441 atau 18.92%.

Dengan itu keutamaan untuk melakukan *tindakan cadangan* diberikan kepada komponen *directional control valve*. Bagaimanapun dalam kajian ini pembaikan hanya dicadangkan untuk parameter *kekerapan berlaku* sahaja.

Dalam *tindakan cadangan*, *tindakan pembetulan* seperti menservis injap dan menukar kedap *O-ring* dicadangkan sebagai langkah untuk mengurangkan atau menghapuskan *kekerapan berlaku* pada *mod kegagalan* yang berlaku pada komponen *directional control valve*.

3.5 TINDAKAN CADANGAN

Tindakan cadangan ini merupakan *tindakan pembetulan* yang dicadangkan sebagai langkah untuk mengatasi *mod kegagalan* yang berlaku pada subsistem *Walking Beam # 1* yang dikaji. Ia dibuat berdasarkan kajian terperinci pada peralatan yang dikaji serta melalui perbincangan dengan pihak yang menjalankan penyelenggaraan di tempat kajian.

Sebagai contoh *tindakan cadangan* untuk subsistem *Walking Beam # 1*, iaitu komponen *Directional Control Valve* adalah ditunjukkan seperti berikut:

Komponen

- *Directional Control Valve*

Tindakan Cadangan

1. Tukar kedap *O-ring* baru.
2. Servis injap *Directional Control Valve*.

4.0 KEPUTUSAN

Selepas *tindakan cadangan* diperolehi, semua maklumat yang diperolehi sebelum ini telah didokumenkan dalam satu format bagi menunjukkan butiran dengan ringkas, jelas dan tepat. Format M-FMEA [5] bagi subsistem *Walking Beam # 1* ditunjukkan dalam Jadual 3.

5.0 KESIMPULAN

Pendekatan M-FMEA merupakan satu teknik kejuruteraan sistematik yang digunakan untuk menilai, mengenal pasti dan menghapuskan *mod kegagalan* yang berlaku pada proses atau reka bentuk sebelum ia tiba pada pihak pelanggan. Dalam kajian kemungkinan ini, pendekatan M-FMEA telah dapat mengenal pasti senarai keutamaan subsistem yang kritikal pada *Walking Beam # 1* menerusi nilai RPN yang diperolehi.

Melalui pendekatan M-FMEA, langkah pelan *tindakan pembetulan* (*Corrective Action*) dan juga sebagai langkah untuk mengurangkan atau menghapuskan *mod kegagalan* yang berlaku pada subsistem *Walking Beam # 1*.

Jadual 3 Format M-FMEA

Potential Failure Mode and Effect Analysis for Design and Development (Machine FMEA)

Machine: *Walking Beam # 1*
 Primary Machine Responsibility: *Mechanical Maintenance Dept.*
 Outside Supplies Affected:

Model Affected: Approved By:
 Scheduled Prod. Start Date: FMEA Date: 25.09.2000

Review item's Name and part#	Review Item's functions	Potential Failure Mode	Potential Causes of Failure	Potential Effect of Failures	Existing Condition				Recommended Actions	Action Taken	Responsible Activities and Status	
					Current Control	Occurrence	Severity	Detection				R
Manature Valve (Solenoid Control Valve)	Membenarkan Aliran Minyak hidrolik bertekanan dari Pilot Pump untuk membuka Pilot Valve (Relief Valve) bagi menggerakkan silinder <i>up/down Walking Beam # 1</i>	Injap Manature Valve gagal buka/tutup	Dedahan kepada Panas lampau → Coil Manature Valve untuk buka / tutup gagal berfungsi	Aliran minyak Hidraulik tersekat → Silinder No. 2 Tidak boleh turun bila digunakan automasi → Sistem hidrolik tidak beroperasi	PM	9	8	8	576	1. Adakan Thermal Resistance untuk Manature Valve. 2. Servis serta ubah kedudukan Coil Manature Valve. 3. Tukar baru Coil Manature Valve.	Masukkan Dalam Schedule PM	Mech. Maintenance Dept.
Pilot Valve (Relief Valve)	Membenarkan Aliran Minyak hidrolik bertekanan dari pam tekanan ke silinder <i>up/down Walking Beam # 1</i>	Injap Pilot Valve gagal buka / tutup	Dedahan Kepada Panas lampau → Coil Manature Valve untuk buka / tutup gagal berfungsi	Hidrolik tersekat → Silinder No.1 Tidak boleh turun → Sistem hidrolik tidak beroperasi	PM	9	7	8	504	1. Adakan Thermal Resistance untuk Pilot Valve. 2. Servis Coil Pilot Valve. 3. Tukarkan baru Coil Pilot Valve.	Masukkan Dalam Schedule PM	Mech. Maintenance Dept.

(Sambungan) Potential Failure Mode and Effect Analysis for Design and Development (Machine FMEA)

Jadual 3 (sambungan)

Machine: *Walking Beam # 1*

Model Affected:

Primary Machine Responsibility: *Mechanical Maintenance Dept.*

Scheduled Prod. Start Date:

Outside Supplies Affected:

Review item's Name and part#	Review Item's functions	Potential Failure Mode	Potential Causes of Failure	Potential Effect of Failures	Existing Condition			Recommended Actions	Action Taken	Responsible Activities and Status
					Current Control	Occurrence	Severity			
					R	P	N			
<i>Pilot Pump</i>	Membekalkan minyak Hidraulik bertekanan untuk membuka <i>Pilot Valve</i>	<i>Pam Pilot</i> bising	Kehausan pada komponen pam	Tekanan bekalan untuk buka injap <i>Pilot Valve</i> tidak mencukupi ↳ Injap <i>Pilot Valve</i> gagal buka ↳ Silinder hidraulik <i>Walking Beam # 1</i> gagal turun ↳ Sistem Hidraulik gagal berfungsi.	9	7	7	1. Bersihkan <i>Suction Filter Pilot Pump</i> . 2. Periksa <i>Inlet Port Pilot Pump</i> . 3. Tukar pam baru.	Masukkan Dalam <i>Schedule PM</i>	<i>Mech. Maintenance Dept.</i>
<i>Direct. Control Valve</i>	Membenarkan Aliran Minyak hidraulik bertekanan dari pam tekanan ke silinder <i>up/down Walking Beam #</i>	Rayapan Aliran Minyak pada arah pandu	Kehausan pada kedap <i>O-ring</i>	Tekanan bekalan pada pandu arah tidak mencukupi ↳ Silinder hidraulik <i>Walking Beam # 1</i> gagal naik / turun ↳ Sistem Hidraulik gagal berfungsi	10	9	9	1. Tukar kedap <i>O-ring</i> baru untuk <i>Directional Control Valve</i> . 2. Servis injap <i>Directional Control Valve</i> .	Masukkan Dalam <i>Schedule PM</i>	<i>Mech. Maintenance Dept.</i>



Cadangan penyelesaian masalah yang telah dibuat berdasarkan pendekatan Format M-FMEA diharap dapat meningkatkan lagi keberkesanan penyelenggaraan yang dijalankan di tempat kajian. Format M-FMEA ini diharap dapat diintegrasikan dan memberi sumbangan secara efektif kepada program penyelenggaraan menyeluruh syarikat.

RUJUKAN

- [1] Whitcomb R. and M. Rioux. 1994. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) System Deployment in a Semiconductor Manufacturing Environment. *IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference*.
- [2] Chiang-Liang Chang, Chiu-Chi Wei and Yeong-Hoang Lee. 1999. Failure Mode and Effect Analysis using Fuzzy Method and Grey Theory. *Kybernetes*. 28(9): 1072 – 1080.
- [3] Bass Associates Inc. 1998. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). <http://www.reliability.com>.
- [4] Shen-Hsien (Gary) Teng, Shin-Yann (Michael). 1996. Failure Mode and Effect Analysis, An Integrated Approach for Product Design and Process Control. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 13(5): 8 – 26.
- [5] FMEA.COM. 1998. *FMEA Methodolgy*.