

# Penentuan Strategi Pemeliharaan Forklift Menggunakan Metode RCM II

Dzaky Wibowo, Nani Kurniati

Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

E-mail: dzaky.wibowo25@gmail.com, nanikur@gmail.com

**Abstrak**—Dalam menjalankan proses produksi di suatu industri manufaktur, terdapat beberapa jenis mesin yang digunakan, mulai dari mesin produksi inti hingga mesin penunjang seperti mesin untuk *material handling*, salah satunya adalah *forklift*. *Forklift* digunakan sebagai alat bantu dalam proses *material handling*. Apabila *forklift* bermasalah, kegiatan *material handling* akan terganggu. *Forklift* milik memiliki availabilitas yang paling rendah dibandingkan mesin lainnya, bahkan sering tidak mencapai batas minimal availabilitas yang telah ditetapkan. Ditemukan permasalahan bahwa *forklift* mengalami kerusakan dengan frekuensi cukup tinggi serta mengalami *idle* meski telah selesai dilakukan pemeliharaan. Alasannya adalah karena *user* lebih memilih *forklift* yang disewa kepada pihak ketiga. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan konsep penentuan *optimal maintenance strategy*, salah satu metodenya adalah *Reliability Centered Asset Maintenance II (RCM II)*, yaitu dengan menentukan strategi pemeliharaan yang optimal untuk diketahui kondisi *forklift*. Hasilnya adalah rekomendasi bagi perusahaan dalam melakukan perawatan terhadap *forklift*.

**Kata Kunci**—*Forklift*, Availabilitas, *Reliability Centered Maintenance*, Strategi Pemeliharaan.

## I. PENDAHULUAN

SUATU produk dihasilkan melalui serangkaian proses yang ada di dalam industri. Serangkaian proses yang dimaksud disebut sebagai proses produksi. Proses produksi adalah interaksi antara bahan dasar, bahan pembantu, tenaga kerja, dan mesin serta alat perlengkapan yang digunakan [1]. Untuk menunjang proses produksi terdapat berbagai macam aset fasilitas produksi, salah satunya adalah *forklift* untuk membantu kegiatan *material handling* di lantai produksi.

Penilaian performansi *forklift* yang dilakukan oleh Divisi Audit Internal, ditetapkan bahwa *forklift* harus memenuhi availabilitas minimal 90%. Availabilitas didapatkan dengan melakukan perbandingan antara hari siap operasi dengan hari kerja. Namun hasil yang diperoleh dari tahun 2015 hingga tahun 2018, hanya pada tahun 2017 availabilitas memenuhi. Secara berurutan dari tahun 2015 hingga tahun 2018, availabilitas *forklift* adalah 82,90%; 88,72%, 92,79%, dan 87,04%. Rendahnya availabilitas akan mempengaruhi kegiatan *material handling* dalam menunjang proses produksi. Sehingga kegiatan pemeliharaan menjadi aktivitas penting agar menjaga performansi *forklift*. Upaya yang dilakukan oleh adalah sewa *forklift* dari pihak ketiga.

Terhadap *forklift* yang dimiliki saat ini, kegiatan pemeliharaan tetap dilakukan baik PM maupun CM. Namun, *forklift* yang telah selesai dilakukan pemeliharaan tidak dipakai oleh *user*. *User* lebih memilih menggunakan *forklift* sewa karena kondisi lebih baru dan performa lebih baik. Sementara, kegiatan pemeliharaan yang dilakukan telah memakan biaya yang tidak sedikit baik untuk tenaga kerja

maupun *sparepart*. Di lain hal, jika kegiatan pemeliharaan tidak dilakukan oleh Departemen Pemeliharaan maka hal tersebut menyalahi tugas pokok dan fungsi departemen. Kondisi tersebut terus berlanjut dan mengakibatkan membengkaknya biaya *maintenance* namun tidak memperbaiki permasalahan terhadap rendahnya availabilitas *forklift*.

Akibat yang ditimbulkan dari kondisi tersebut adalah *forklift* menjadi *idle* karena dibiarkan saja di lapangan tanpa kejelasan akan digunakan kapan dan di mana. Selain itu akan berdampak pada kerusakan mesin karena tidak rutin dilakukan pengecekan harian maupun bulanan. Sedangkan pengadaan untuk *consumable spareparts* wajib dijalankan untuk menjaga *stock* (min-max *capacity*). Sehingga diperlukan evaluasi terhadap kondisi seperti ini agar *forklift* milik tidak banyak mengalami *idle* dan memberikan kejelasan kapan dan di mana akan dioperasikan.

Untuk mencapai *cost effectiveness* dalam pemeliharaan dilakukan dengan mengontrol performansi pemeliharaan melalui *trade off* antara CM dan PM. Metode pemeliharaan yang sesuai dengan karakteristik tersebut adalah RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Dengan menghasilkan strategi pemeliharaan yang optimal akan membantu perusahaan dalam mengelola *forklift* sehingga dapat dioperasikan sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Berdasarkan kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya, masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah bagaimana cara menentukan strategi pemeliharaan yang optimal menggunakan metode RCM II dan biaya pemeliharaan. Dan penelitian ini juga dapat dijadikan perusahaan sebagai pertimbangan dalam menentukan pengelolaan aset sendiri atau melakukan sewa.

## II. METODOLOGI

### A. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sebagai input tahap selanjutnya, yaitu identifikasi kondisi aktual dan rekomendasi perbaikan. Pengumpulan data dilakukan setelah mengetahui permasalahan yang akan diselesaikan. Pengumpulan data dimulai dengan mengumpulkan data informasi kegiatan pemeliharaan aktual yang selama ini dilaksanakan oleh perusahaan. Kemudian mengumpulkan data historis kerusakan *forklift* dengan melakukan diskusi bersama staff Departemen Pemeliharaan dan ditunjang oleh data dari sistem terintegrasi (SAP). Setelah diketahui historis kerusakan, dilakukan pengumpulan data dari availabilitas *forklift*. Tingkat availabilitas dari *forklift* menggambarkan performa selama periode waktu bulan dan tahun, dengan mempertimbangkan hari siap operasi (HSO) dan hari kerja

Tabel 1.  
Kuisisioner kepada responden[3]

Kode	Pertanyaan	Keputusan yang Diambil	
		Yes	No
H	Apakah <i>failure mode</i> ini menjadi bukti jelas bagi operator?	S	H1
H1	Apakah kegiatan untuk mendeteksi terjadinya <i>failure</i> sudah sesuai?	<i>Scheduled on-condition task</i>	H2
H2	Apakah <i>scheduled restoration task</i> untuk mengurangi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Scheduled restoration task</i>	H3
H3	Apakah <i>scheduled discard task</i> untuk mengurangi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Scheduled discard task</i>	H4
H4	Apakah <i>failure-finding task</i> untuk mendeteksi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Scheduled failure-finding task</i>	H5
H5	Apakah <i>multiple failure</i> mempengaruhi lingkungan?	Melakukan <i>redesgin perawatan</i>	<i>No scheduled maintenance</i>
S	Apakah <i>failure mode</i> dapat mencelakakan seseorang?	S1	E
E	Apakah <i>failure mode</i> dapat menyalahi standar lingkungan?	S1	O
S1	Apakah kegiatan untuk mendeteksi terjadinya <i>failure</i> sudah sesuai?	<i>Scheduled on-condition task</i>	S2
S2	Apakah <i>scheduled restoration task</i> untuk mengurangi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Scheduled restoration task</i>	S3
S3	Apakah <i>scheduled discard task</i> untuk mengurangi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Scheduled discard task</i>	S4
S4	Apakah <i>failure-finding task</i> untuk mendeteksi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Combination of task</i>	Melakukan <i>redesgin perawatan</i>
O	Apakah <i>failure mode</i> berpengaruh pada kapabilitas operasional?	O1	N1
O1	Apakah kegiatan untuk mendeteksi terjadinya <i>failure</i> sudah sesuai?	<i>Scheduled on-condition task</i>	O2
O2	Apakah <i>scheduled restoration task</i> untuk mengurangi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Scheduled restoration task</i>	O3
O3	Apakah <i>scheduled discard task</i> untuk mengurangi <i>failure</i> bermanfaat?	<i>Scheduled discard task</i>	<i>No scheduled maintenance</i>

baik dalam hitungan bulan ataupun hitungan tahun. Sehingga selanjutnya akan dilakukan perekapan data di *excel* agar dapat dilakukan pengolahan data di tahap selanjutnya.

**B. Tahap Identifikasi Kondisi Aktual**

Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi kegiatan pemeliharaan yang selama ini dijalankan oleh perusahaan terhadap *forklift*, sehingga perbaikan yang diberikan nantinya sesuai apa yang dibutuhkan oleh perusahaan dalam mengoptimalkan strategi pemeliharaan *forklift*. Dimulai dengan mengidentifikasi sistem obyek amatan, yaitu *forklift* 8 dengan memaparkan komponen dan sub komponen dari *forklift*. Tujuannya adalah memudahkan dalam mendeskripsikan dan mengevaluasi obyek amatan.

Dari setiap sub komponen dapat dilakukan deskripsi kegiatan pemeliharaan aktual yang didapat dari hasil diskusi dan dilakukan validasi untuk setiap deskripsi. Setelah mendeskripsikan kegiatan pemeliharaan aktual, dilakukan rekap data histori kerusakan yang terdiri dari pergantian *spare parts*, jenis strategi pemeliharaan dari setiap sub komponen, waktu pemeliharaan, dan biaya pemeliharaan. Kemudian merekap availabilitas *forklift* untuk diketahui tingkat performansi dari tahun 2015 hingga tahun 2018. Dan dilakukan evaluasi terhadap kegiatan pemeliharaan aktual untuk masing-masing kegiatan pemeliharaan aktual dari setiap sub komponen.

**C. Tahap Rekomendasi Perbaikan**

Tahap ini dilakukan untuk memperbaiki kondisi aktual yang dinilai kurang optimal dan digunakan sebagai acuan dalam menyusun tahap akhir berupa kesimpulan dan saran. Langkah pertama dengan menentukan sub komponen kritis dari 1 unit *forklift*. Penentuan sub komponen kritis menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* karena metode ini membantu memberikan keputusan akhir dengan mempertimbangkan beberapa kriteria [2]. Penentuan sub komponen kritis dimulai dengan menentukan kriteria terlebih dahulu, kemudian dilakukan penilaian berpasangan untuk masing-masing sub komponen dan kriteria sehingga dapat dilakukan perkalian matriks untuk mendapatkan urutan sub komponen kritis. Urutan sub komponen kritis ini akan menjadi pertimbangan perusahaan juga dalam menentukan strategi pemeliharaan optimal.

Langkah kedua adalah menyusun strategi pemeliharaan menggunakan metode RCM II untuk mendapatkan *decision worksheet* yang mengacu pada *decision diagram* dengan informasi berupa *proposed task* [3]. Penyebaran kuisisioner menggunakan metode *Delphi* sesuai dengan kondisi perusahaan [4]. Kuisisioner seperti yang tercantum pada tabel 1 berikut.

Sehingga dapat ditentukan startegi pemeliharaan perbaikan, untuk ditentukan biaya pemeliharaan perbaikan. Dalam menyusun strategi pemeliharaan, kuisisioner disebar dengan dilakukan iterasi sebanyak 2 kali, yaitu yang pertama disebar untuk 8 responden kemudian ditarik kesimpulan awal dan disebar lagi untuk 3 responden sehingga didapatkan strategi pemeliharaan akhir dengan beberapa pertimbangan di tahap-tahap sebelumnya.

**D. Tahap Akhir**

Tahap akhir terdiri dari kesimpulan dan saran. Kesimpulan akan menjawab tujuan penelitian tugas akhir yang telah ditetapkan pada bab awal penulisan. Dan saran digunakan oleh perusahaan dalam mengoptimalkan proses bisnis yang dijalankan dengan berfokus penentuan strategi pemeliharaan.

**III. IDENTIFIKASI KONDISI AKTUAL**

Identifikasi kondisi aktual bertujuan untuk memberikan penjelasan mengenai kegiatan pemeliharaan yang telah dan sedang dijalankan oleh perusahaan.

**A. Mengidentifikasi Sistem Unit Forklift**

Dalam 1-unit *forklift* diklasifikasikan menjadi 6 jenis komponen yaitu *engine, hydraulic system, transmission,*

Tabel 2.  
Sub komponen dari *hydraulic system*

Komponen	Kode	Sub Komponen	Kode
Hydraulic System	S	Lifter dan Tilt	S1
		Oil Tank	S2
		Oil Pump	S3
		Hose Hydraulic	S4

Tabel 3.  
Kegiatan pemeliharaan aktual komponen *hydraulic system*

Komponen	Sub Komponen	Kegiatan Pemeliharaan	Kode
S	S1	Melakukan pengecekan <i>failure</i> periodik terhadap <i>lifter</i> dan <i>tilt (fork)</i> dengan menguji beban.	A
	S2	Tidak ada perawatan khusus.	A
	S3	Melakukan penggantian <i>oil pump</i> secara berkala agar pelumasan optimal.	A
	S4	Melakukan penggantian <i>oil pump</i> ketika korosi pada pompa sudah meluas.	B
		Melakukan pelumasan secara rutin agar mencegah terjadinya keausan.	A
		Melakukan pengecekan <i>fialure</i> secara periodik terhadap <i>hose hydraulic</i> untuk diperbaiki saat ada masalah pada sistem hidrolis.	B

*suspension, electrical, dan body* dengan total 35 sub komponen. Tabel 2 menampilkan contoh sub komponen dari komponen *hydraulic system*.

**B. Kegiatan Pemeliharaan Aktual**

Penentuan kegiatan pemeliharaan aktual dari Dept. Pemeliharaan. Tabel 3 menampilkan kegiatan pemeliharaan aktual sub komponen S1-S4.

**C. Kondisi Aktual Forklift**

Perusahaan memiliki sistem terintegrasi untuk merekap historis kerusakan *forklift* yang disebut sebagai SAP (*System Application and Processing*). Tahap awal yang dilakukan adalah mengambil data dari SAP kemudian direkap pada Microsoft Excel untuk menyajikan data yang lebih rapi. Data kerusakan diambil dari tahun 2017 hingga 2019 dengan rinciannya adalah nomor WO (*Work Order*), jenis *spare parts* yang diganti, durasi pemeliharaan, jenis strategi pemeliharaan yang diterapkan, dan biaya pemeliharaan. *Maintenance cost* untuk masing-masing strategi pemeliharaan yaitu CM dan PM telah mencakup *labor cost* dan *material cost* untuk didapatkan total biaya pemeliharaan aktual.

Kemudian dilakukan rekap availabilitas *forklift*. Dari seluruh *forklift* didapatkan dari tahun 2015 hingga tahun 2018, hanya pada tahun 2017 availabilitasnya memenuhi target minimal 90%. Secara berurutan dari tahun 2015 hingga tahun 2018, availabilitas *forklift* adalah 82,90%; 88,72%, 92,79%, dan 87,04%. Selanjutnya pada penelitian ini menggunakan *forklift* 8 sebagai *pilot prject*. Untuk *forklift* 8 memiliki historis availabilitas dari tahun 2015 hingga tahun 2018 sebesar 94,60%; 41,21%; 31%; dan 62,48%. Artinya dari tahun 2015 hingga tahun 2018, tingkata availabilitas *forklift* 8 sangat rendah karena hanya pada tahun 2015 yang memenuhi target minimal availabilitas 90%. Rendahnya tingkat availabilitas *forklift* 8 dikarenakan usia mesin yang

Tabel 4.  
Evaluasi kegiatan pemeliharaan aktual komponen *hydraulic system*

Komponen	Sub Komponen	Kegiatan Perawatan	Evaluasi
S	S1	A	Dapat berisiko pada aktivitas harian forklift, karena apabila pengecekan dilakukan kurang rutin, kegiatan <i>loading-unloading</i> akan terganggu.
	S2	A	Dapat berisiko pada kebocoran tangki apabila permukaan tidak dilapisi lapisan anti karat.
	S3	B	Akan sangat berisiko apabila tidak dilakukan pengecekan secara berkala, karena kotoran dapat menumpuk yang bisa menyebabkan karat dan pelumasan tidak optimal.
	S4	B	Kegiatan sudah sesuai agar kegiatan <i>loading-unloading</i> tidak terganggu akibat <i>hydraulic</i> macet.

sudah menginjak 30 tahun (dari tahun 1989). Sehingga *failure probability* semakin besar seiring bertambahnya usia mesin, selain itu karena factor itu membuat *user* tidak menggunakan *forklift* 8 untuk kegiatan *material handling*, sehingga berdampak pada rendahnya HSO (Hari Siap Operasi) *forklift* 8.

**D. Evaluasi Kondisi Aktual Pemeliharaan Forklift**

Evaluasi terhadap kegiatan pemeliharaan aktual yang dilakukan oleh perusahaan bertujuan untuk mengetahui kegiatan yang dianggap kurang efektif sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam memberikan rekomendasi perbaikan berupa jenis kegiatan pemeliharaan yang optimal bagi masing-masing sub komponen. Evaluasi dengan memperhatikan *manual book* dan referensi pendukung lainnya. Evaluasi digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan strategi pemeliharaan perbaikan agar penyusunan strategi pemeliharaan perbaikan menjawab kondisi yang kurang optimal dari kegiatan yang sudah ada di perusahaan. Tabel 4 menampilkan evaluasi kegiatan pemeliharaan aktual pada komponen *hydraulic system*.

**IV. REKOMENDASI PERBAIKAN**

Rekomendasi perbaikan dilakukan terhadap pengelolaan asset fasilitas produksi berupa *forklift* yang telah dijalankan oleh perusahaan. Pengerjaan dimulai dengan menentukan sub komponen kritis, menentukan kegiatan pemeliharaan perbaikan, menghitung biaya pemeliharaan perbaikan, membandingkan biaya pemeliharaan aktual dengan perbaikan.

**A. Penentuan Sub Komponen Kritis**

Penentuan sub komponen kritis menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) yang nantinya akan diketahui peringkat masing-masing kriteria dan alternatif.

Tabel 5.  
Keterangan nilai kriteria

Nilai	Keterangan
1	Kedua Kriteria Sama Pentingnya
3	Kriteria yang Satu Sedikit Lebih Penting Daripada Kriteria Lain
5	Kriteria yang Satu Lebih Penting Daripada Kriteria Lain
7	Kriteria yang Satu Sangat Penting Daripada Kriteria Lain
9	Kriteria Mutlak Lebih Penting
2,4,6,8	Nilai antara Dua Pertimbangan yang Saling Berdekatan

Tabel 6.  
Perbandingan berpasangan antar kriteria

Kriteria	MD	FP	PIR	MC	PD
MD	1	0,33	0,14	0,20	0,20
FP	3	1	0,14	0,14	0,20
PIR	7	7	1	3	3
MC	5	7	0,33	1	3
PD	5	5	0,33	0,33	1
JUMLAH	21	20,33	1,95	4,68	7,40

Tabel 7.  
Hasil perbandingan berpasangan antar kriteria

Kriteria	MD	FP	PIR	MC	PD	Eigen Vector
MD	0,048	0,016	0,073	0,043	0,027	0,041
FP	0,143	0,049	0,073	0,031	0,027	0,065
PIR	0,333	0,344	0,512	0,642	0,405	0,447
MC	0,238	0,344	0,171	0,214	0,405	0,274
PD	0,238	0,246	0,171	0,071	0,135	0,172
TOTAL	1	1	1	1	1	1

Metode AHP dipilih karena penentuan sub komponen kritis memiliki beberapa kriteria, sehingga tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan kriteria-kriteria untuk selanjutnya digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan sub komponen kritis. Terdapat dua pertimbangan dalam menentukan kriteria, yaitu berdasarkan penelitian sebelumnya [5] yaitu didapatkan 6 jenis kriteria, yaitu *repair duration*, *failure probability*, *power interruption risk*, *replacement probability*, *related failure creation risk*, dan *replacement cost*, sedangkan dari obyek mengajukan untuk mempertimbangkan *maintenance cost* dan *procurement duration*. Sehingga kriteria yang digunakan terdiri dari *maintenance duration* (MD), *failure probability* (FP), *production interruption risk* (PIR), *maintenance cost* (MC), dan *procurement duration* (PD). Sedangkan dalam menyusun peringkat setiap kriteria berpedoman pada nilai berpasangan dalam tabel 5 berikut.

Sehingga dapat dilakukan perbandingan berpasangan untuk masing-masing kriteria dengan cara melakukan diskusi dengan *expert judgment* sehingga menggambarkan kondisi aktual dari obyek amatan. Perbandingan berpasangan antar kriteria seperti yang ditampilkan dalam tabel 6.

Setelah ditentukan nilai hubungan antar kriteria, dilakukan normalisasi untuk didapatkan hasil perbandingan berpasangan sebelumnya. Hasil perbandingan berpasangan seperti yang ditampilkan pada tabel 7 berikut.

Berdasarkan tabel 7, diketahui bahwa kriteria *production interruption risk* menjadi kriteria paling penting dalam menentukan sub komponen kritis. Kriteria *production interruption risk* menjadi yang paling kritis karena ketika *forklift* tidak bisa beroperasi akibat *breakdown*, akan sangat mengganggu kegiatan *material handling* (*loading-unloading*), sehingga kegiatan produksi akan terganggu. Sebagaimana informasi terdapat 35 sub komponen dalam 1 unit *forklift*, sehingga dengan proses yang sama dengan

Tabel 8.  
Nilai prioritas sub komponen untuk kriteria PIR

Komponen	Nilai Prioritas	Urutan
Main Engine	0,0998	1
Hose Hydraulic	0,0864	2
Lifter dan Tilt	0,0702	3
Motor Starter	0,0429	4
Fan Belt	0,0412	5
Kabel Konektor	0,0411	6
Radiator	0,0411	7
Key Switch	0,0391	8
Injection Pump	0,0390	9
Brake System	0,0369	10
Dinamo	0,0353	11
Oil Pump	0,0331	12
Brake Shoe	0,0288	13
Filter Udara	0,0285	14
Filter Oli	0,0285	15
Fuel Filter	0,0285	16
Seal Oil Crank	0,0274	17
Gasket	0,0272	18
Master Coupling Atas	0,0229	19
Master Coupling Bawah	0,0229	20
Gear	0,0211	21
Bearing Roda	0,0196	22
Wheel Cylinder	0,0192	23
Ban	0,0182	24
Seal Gardan	0,0173	25
Cylinder Assy	0,0168	26
Gear Box	0,0132	27
Pipa Packing Knalpot	0,0108	28
Oil Tank	0,0078	29
Lampu Kendaraan	0,0065	30
Klakson	0,0064	31
Fuel Tank	0,0058	32
Knalpot	0,0057	33
Spion	0,0057	34
Undercarriage	0,0048	35

menentukan kriteria kritis, proses penentuan sub komponen kritis dimulai dengan melakukan perbandingan berpasangan antar sub komponen untuk masing-masing kriteria. Pada tabel 8 menampilkan tingkat prioritas sub komponen pada kriteria PIR.

Tabel 8 menunjukkan urutan nilai prioritas setiap sub komponen berdasarkan kriteria *production interruption risk*. Menggunakan tahapan yang sama seperti sebelumnya, yaitu melakukan perbandingan berpasangan antar sub komponen dengan 4 kriteria lainnya sehingga dapat diketahui hasil perbandingan berpasangan, untuk selanjutnya didapatkan nilai *eigenvector* setiap sub komponen pada masing-masing kriteria. Setelah itu dilakukan perkalian matriks antara nilai *eigenvector* masing-masing sub komponen dengan nilai *eigenvector* kriteria pada tabel 7, yaitu perkalian matriks 35x5 dengan 5x1 untuk didapatkan urutan sub komponen kritis. Pada tabel 9 menampilkan urutan sub komponen kritis.

### B. Kegiatan Pemeliharaan Perbaikan

Terdapat 2 proses yang dikerjakan dalam tahap penentuan strategi pemeliharaan perbaikan yaitu penyusunan RCM II *Information Worksheet* dan RCM II *Decision Worksheet*.

#### 1) RCM II Information Worksheet

*Information worksheet* merupakan tahap awal dalam penerapan metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance II*) yaitu dengan memberikan informasi dari satu unit *forklift*. Setiap sub komponen memiliki fungsi dan masing-masing fungsi dipastikan mempunyai risiko kegagalan dalam menjalankan kegiatan operasional. Setiap risiko kegagalan dapat diidentifikasi menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) yang memiliki 4

Tabel 11.  
Urutan sub komponen kritis

Sub Komponen	Priority	Rank
Main Engine	0,092	1
Hose Hydraulic	0,085	2
Lifter dan Tilt	0,075	3
Radiator	0,042	4
Motor Starter	0,042	5
Kabel Konektor	0,040	6
Injection Pump	0,040	7
Fan Belt	0,039	8
Key Switch	0,038	9
Brake System	0,036	10
Dinamo	0,035	11
Oil Pump	0,031	12
Brake Shoe	0,029	13
Gasket	0,026	14
Seal Oil Crank	0,024	15
Filter Udara	0,023	16
Filter Oli	0,023	17
Fuel Fillter	0,023	18
Master Coupling Atas	0,023	19
Master Coupling Bawah	0,023	20
Ban	0,022	21
Gear	0,021	22
Cylinder Assy	0,020	23
Undercarriage	0,019	24
Bearing Roda	0,018	25
Wheel Cylinder	0,017	26
Seal Gardan	0,016	27
Gear Box	0,015	28
Pipa Packing Knalpot	0,013	29
Fuel Tank	0,012	30
Oil Tank	0,010	31
Knalpot	0,007	32
Lampu Kendaraan	0,006	33
Klakson	0,006	34
Spion	0,005	35

informasi, yaitu *function* (F), *functional failure* (FF), *failure mode* (FM), dan *failure effect* (FE). *Function failure* disebut juga sebagai kehilangan fungsi yang semestinya (*loss of function*) sedangkan *failure mode* adalah suatu kejadian yang menyebabkan *function failure* (*cause of failure*). Pengisian *information worksheet* dilakukan dengan berdiskusi bersama responden, tujuannya adalah mendapatkan informasi yang sesuai dengan kondisi perusahaan. *Information worksheet* ini akan digunakan sebagai input dan juga bahan pertimbangan dalam menyusun *decision worksheet*. Beberapa informasi yang dibutuhkan adalah *failure* dan *failure modes* yang terjadi dalam sub komponen tersebut. Dalam tabel 10 menampilkan *information worksheet* dari unit *forklift* dalam bentuk FMEA.

2) RCM II Decision Worksheet

Penyusunan RCM II *decision worksheet* mengacu pada *decision diagram*. Dari diagram tersebut, terdapat 4 jenis konsekuensi dari setiap *failure mode*, yaitu *hidden failure* (H), *safety* (S), *environment* (E), dan *operation* (O). Output dari RCM II *Decision Worksheet* adalah *maintenance task* untuk masing-masing *failure mode*.

*Maintenance task* dibagi menjadi 6 kategori, yaitu *scheduled on condition task*, *scheduled restoration task*, *scheduled discard task*, *scheduled failure-finding task*, *redesign*, dan *no maintenance task*. Selain informasi konsekuensi dan *maintenance task*, RCM II *decision worksheet* juga menampilkan “*can be done by*”, artinya pihak yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan perawatan. Pengisian *decision worksheet* dilakukan dengan menyebar kuisioner ke reponden menggunakan *delphi method*. Tabel 11

Tabel 9.

*Information worksheet forklift*

Kom	Sub	F	FF	FM	FE
	S1	Menaikkan dan menurunkan beban.	Lifter dan Tilt Macet	Lifter dan Tilt Kurang Dilumasi	Beban Loading Sulit Naik dan Turun
	S2	Menampung oli yang akan didistribusikan ke bagian-bagian <i>forklift</i> .	Oil Tank Mengalami Kebocoran	Tangki telah Berumur	Oli Tidak Dampat Ditampung
S	S3	Memompa oli agar terdistribusi ke bagian-bagian mesin yang membutuhkan pelumasan.	Oil Pump tersumbat	Oli Tercampur dengan Kotoran	Pelumasan ke Mesin Tidak Optimal
	S4	Media pendistribusian oli hidrolik sesuai dengan tekanan yang diperlukan untuk menggerakkan aktuator.	Hose Pecah	Beban Loading Terlalu Berat	Beban Loading Tidak Dapat Diangkat atau Diturunkan

Tabel 10.  
Strategi pemeliharaan perbaikan

Komponen	Sub Komponen	Proposed Tak	Can Be Done By
Hydraulic System	S1	Melakukan <i>Scheduled On Condition Task</i>	Staff Maintenance dan Operator
	S2	Melakukan <i>Scheduled Failure-Finding Task</i>	Staff Maintenance
	S3	Melakukan <i>Scheduled Restoration Task</i>	Staff Maintenance
	S4	Melakukan <i>Scheduled On Condition Task</i>	Staff Maintenance dan Operator

menampilkan hasil penyusunan strategi pemeliharaan perbaikan dari komponen *hydraulic system*.

Dari hasil pengolahan *maintenance task* yang dapat dijalankan oleh perusahaan terdapat 5 kategori, yaitu *scheduled on condition task*, *scheduled restoration task*, *scheduled discard task*, *scheduled failure-finding task*, dan *no scheduled maintenance*. Kategori *scheduled on condition task* diterapkan selama kegiatan operasional *forklift* berjalan, artinya kategori ini dilakukan sebelum *forklift* beroperasi hingga *forklift* beroperasi di lantai produksi serta ketika *forklift* akan mengakhiri hari kerja. Kemudian kategori *scheduled restoration task* ini memperbaiki sub-sub komponen pada periode tertentu tanpa memperhatikan batas umur dan kondisi sub komponen, artinya sudah ditentukan penjadwalan untuk dilakukan penggantian.

Selanjutnya untuk kategori *scheduled discard task* adalah melakukan penggantian sub komponen setelah mencapai batas umur penggunaannya dan tanpa memperhatikan kondisi mesin, artinya perusahaan telah mendapat beberapa referensi umur sub komponen tertentu untuk dilakukan penggantian. Kemudian kategori *scheduled failure-finding task* adalah melakukan pemeriksaan terhadap sub-sub komponen secara

Tabel 12.

Hasil hubungan *proposed task* dengan strategi pemeliharaan

<i>Proposed Task</i>	<i>Replacement</i>		<i>Repair</i>		Inspeksi	
	CM	PM	CM	PM	CM	PM
<i>Scheduled On-Condition Task</i>						✓
<i>Scheduled Restoration Task</i>		✓		✓		
<i>Scheduled Discard Task</i>		✓				
<i>Scheduled Failure-Finding Task</i>		✓		✓		✓

periodik untuk mengetahui kesesuaian fungsi kerja, artinya perusahaan memiliki jadwal khusus untuk mencari *failure* pada sub-sub komponen tertentu karena diperlukan waktu untuk menemukan *failure* dari sub komponen tersebut. Dan kategori terakhir adalah *no maintenance task*, artinya tidak diperlukan *treatment* khusus dalam merawat sub komponen tersebut.

C. *Biaya Pemeliharaan Perbaikan*

Strategi pemeliharaan yang direkomendasikan dengan metode RCM II adalah *Preventive Maintenance (PM)*. Dalam menghitung biaya pemeliharaan, tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan kondisi setiap *proposed task* terhadap keputusan CM atau PM pada aktivitas *repair* atau *replace* ataupun inspeksi. Hasil kesesuaian *proposed task* dengan strategi pemeliharaan antara CM dan PM ditampilkan dalam tabel 12.

Biaya pemeliharaan terdiri dari 3 komponen perhitungan, yaitu frekuensi dilakukannya *proposed task* dalam satu tahun, *labor cost*, dan *material cost*. Kemudian dilakukan perhitungan total biaya pemeliharaan perbaikan berdasarkan

3 komponen biaya tersebut. Sedangkan untuk melakukan *forecast* biaya beberapa tahun ke depan dengan mempertimbangkan inflasi untuk peningkatan *labor cost* setiap tahun dan eskalasi untuk peningkatan *material cost* setiap tahun.

V. KESIMPULAN

Evaluasi kegiatan pemeliharaan aktual terhadap forklift menunjukkan bahwa *failure* masih tinggi, berdampak pada target avabilitas tidak terpenuhi dan mengakibatkan biaya pemeliharaan membengkak.

Strategi pemeliharaan optimal didapatkan menggunakan metode RCM II dengan hasilnya adalah 5 kategori dari *maintenance task*, yaitu *scheduled on-condition task*, *scheduled restoration task*, *scheduled discard task*, *scheduled failure-finding task*, dan *no maintenance task* dengan menghasilkan biaya pemeliharaan Rp 74.582.266

Biaya pemeliharaan dihitung terus mengalami peningkatan dengan mempertimbangkan inflasi sebesar 3,2% untuk *labor cost* dan mempertimbangkan eskalasi sebesar 25% untuk *material cost*.

REFERENSI

[1] H. I. Gitosudarmo, *Manajemen Operasi*. FE UGM, 2002.  
 [2] T. L. Saaty, *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting Resource Allocation*. 1990.  
 [3] J. Moubray, *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial Press Inc., 2001.  
 [4] A. B. Renzi and S. Freitas, "The Delphi method for future scenarios construction," *Procedia Manuf.*, vol. 3, pp. 5785–5791, 2015.  
 [5] H. A. Koksall and A. Ozdemir, "Determination of optimal component maintenance process for RCAM of power transmission system using TOPSIS method," in *2016 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS)*, 2016, pp. 1–6.