

# Penentuan Kebijakan Perawatan dan Optimasi Persediaan Suku Cadang pada *Coal Handling System* PLTU Paiton

Fadeli M. F. dan Yudha Prasetyawan

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail: yudhaprase@ie.its.ac.id

**Abstrak**— Fasilitas yang terdapat pada sebuah pembangkit listrik membutuhkan perawatan agar dapat berfungsi sesuai dengan kapasitasnya. Salah satu fasilitas yang membutuhkan perawatan pada PLTU Paiton adalah fasilitas *coal handling system*. Perusahaan perlu menerapkan strategi perawatan yang tepat agar biaya perawatan yang dikeluarkan dapat optimal. Permasalahan yang ada pada PLTU Paiton adalah strategi perawatan yang ada masih belum bisa mengatasi kemungkinan kegagalan yang terjadi dan aktivitas perawatan yang dilakukan tidak didukung oleh ketersediaan suku cadang yang dibutuhkan. Hal tersebut menyebabkan biaya perawatan yang dikeluarkan menjadi tidak optimal. Penelitian ini menggunakan metode *reliability centered maintenance* (RCM) II yang dikombinasikan dengan metode evaluasi dari *electrical power research institute* (EPRI) untuk menentukan strategi perawatan yang tepat terhadap *coal handling system*. Permasalahan persediaan untuk mendukung implementasi penerapan strategi perawatan akan diselesaikan dengan metode *probabilistic economic order quantity* (EOQ) model. Penggunaan metode RCM II yang dikombinasikan dengan metode evaluasi dari EPRI dan penggunaan metode *probabilistic EOQ model* bertujuan untuk mengoptimalkan biaya perawatan yang dikeluarkan.

**Kata Kunci:** *Coal Handling System*, Perawatan, Persediaan Suku Cadang, *Probabilistic EOQ*, RCM II,

## I. PENDAHULUAN

Pada era teknologi saat ini, energi listrik merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, dibutuhkan pembangkit listrik untuk menyediakan kebutuhan energi listrik tersebut. Salah satu pembangkit listrik yang terdapat di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton. Terdapat beberapa pembangkit dan perusahaan pengelola yang berada di PLTU Paiton. Pembangkit 7 dan 8 pada PLTU Paiton merupakan pembangkit *turbo generator* yang berbahan bakar batubara (*coal*) yang dikelola oleh PT.IP.MOMI. Kapasitas kedua pembangkit tersebut adalah 2x615 MW *net* (2x670 MW *gross*). Kedua pembangkit tersebut beroperasi dengan rata-rata 92% *capacity* faktor setiap tahun dan jumlah listrik yang dihasilkan adalah rata-rata 8.943,084 MW. Untuk menjaga pembangkit agar dapat menghasilkan listrik sesuai dengan kapasitasnya maka perlu dilakukan aktivitas perawatan. Aktivitas perawatan dapat didefinisikan sebagai suatu

tindakan yang perlu dilakukan untuk mengembalikan (memperbaiki atau mengganti) suatu peralatan agar berada pada kondisi normal atau yang selalu dapat berfungsi [1]. Aktivitas perawatan di pembangkit listrik memegang peranan yang sangat penting untuk menjaga agar peralatan-peralatan yang tersedia agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga listrik dapat diproduksi secara kontinyu dan sesuai dengan target produksi yang telah direncanakan.

*Coal handling system* merupakan salah satu fasilitas yang membutuhkan perawatan. Strategi perawatan yang digunakan pada PLTU Paiton untuk *coal handling system* adalah dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. RCM merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap aset fisik dapat terus berfungsi sesuai dengan harapan operator dalam konteks operasionalnya [2]. Penggunaan RCM II murni pada PLTU Paiton masih belum dapat mentasi kemungkinan kegagalan yang terjadi pada *coal handling system*. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode RCM II yang dikombinasikan dengan metode evaluasi dari *Electrical Power Research Institute* (EPRI). Hal tersebut dilakukan untuk menentukan kebijakan perawatan yang tepat terhadap *coal handling system*.

Biaya perawatan *coal handling system* dari sebuah pembangkit listrik dapat mencapai angka sebesar 1 juta euro per tahun [3]. Biaya perawatan berkaitan dengan ketersediaan suku cadang dan biaya denda tambahan akibat tidak tersedianya suku cadang yang menyebabkan waktu *downtime* menjadi bertambah lama. Persediaan suku cadang digunakan oleh perusahaan untuk memenuhi kebutuhan perawatan terhadap *coal handling system*. Perusahaan harus menggunakan strategi yang efektif dalam melakukan perawatan dan penentuan persediaan agar biaya perawatan yang dikeluarkan menjadi optimal.

Metode yang akan digunakan untuk mengoptimalkan persediaan suku cadang dan aktivitas perawatan dalam penelitian ini yaitu metode *Probabilistic Economic Order Quantity Model* (PEOQM). Metode tersebut akan digunakan dalam menentukan jumlah persediaan dan pemesanan suku cadang yang optimal. Penggunaan metode *Probabilistic Economic Order Quantity Model* pada penelitian ini akan mempertimbangkan faktor ketidakpastian jumlah permintaan suku cadang (*demand*) dan ketidakpastian waktu pemesanan (*lead time*). Penentuan persediaan suku cadang yang

mendukung implementasi aktivitas perawatan diharapkan dapat mengoptimalkan biaya perawatan yang dikeluarkan.

**II. METODE PENELITIAN**

**A. Reliability Centered Maintenance (RCM) II**

*Reliability centered maintenance* (RCM) II didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap *item* fisik atau suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunanya [2]. RCM pada dasarnya menjawab 7 pertanyaan utama akan fasilitas yang diteliti. Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari peralatan dalam konteks operasional pada saat ini (*system function*)?
2. Bagaimana peralatan tersebut gagal dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
4. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kegagalan (*failure effect*)?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut berpengaruh (*failure consequence*)?
6. Apakah yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kegagalan tersebut (*proactive task and task interval*)?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan (*default action*)?

Penggunaan RCM II secara benar akan dapat mengurangi jumlah rutinitas perawatan sebesar 40-70% yang akan berdampak pada penghematan biaya [4].

**B. Electrical Power Research Institute (EPRI) Evaluation**

*EPRI evaluation* merupakan metode yang dimasukkan ke dalam decision worksheet RCM II. Evaluasi yang digunakan oleh EPRI ini adalah mengenai tingkat kritis dari komponen, beban kerja komponen, dan kondisi kerja komponen. Penggunaan metode RCM II murni dirasakan PLTU Paiton masih belum cukup mampu untuk mengatasi berbagai macam peluang kegagalan yang terjadi. Sehingga, PLTU Paiton berusaha untuk menutupi celah tersebut dengan menjadikan hasil analisis dari *failure consequences* hanya sebagai salah satu pertimbangan untuk menentukan strategi perawatan yang sesuai. Pertimbangan lain yang digunakan oleh PLTU Paiton dalam menentukan strategi perawatan yang sesuai adalah dengan melihat kembali dan menyesuaikan dengan hasil analisis dari *failure mode* dan *failure effect* serta menambahkan kolom evaluasi dari *Electric Power Research Institute* (EPRI) pada *decision worksheet* RCM II.

**C. Probabilistic Economic Order Quantity (EOQ) Model**

Model persediaan yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan suku cadang dari *coal handling system* PLTU

Paiton adalah *probabilistic economic order quantity model*. Model persediaan probabilistik merupakan model persediaan yang mengakomodasi variabel yang memiliki nilai ketidakpastian. Pada persediaan, variabel yang mengandung nilai probabilistik adalah jumlah permintaan suku cadang (*demand quantity*) dan waktu penerimaan (*lead time*). Kesalahan dalam mengantisipasi variabel yang memiliki nilai probabilistik tersebut dapat menyebabkan kekurangan persediaan (*stock out*). Oleh karena itu, terdapat *safety stock* pada model persediaan probabilistik. *Safety stock* merupakan persediaan pengaman untuk mengantisipasi permintaan yang memiliki unsur ketidakpastian.

Sistem pengelolaan model persediaan probabilistik suku cadang dapat dilakukan dengan metode *continuous review* atau *periodic review*. Pada penelitian ini digunakan metode *periodic review* dengan mempertimbangkan beberapa hal yaitu, kondisi permintaan suku cadang yang tidak stabil pada PLTU Paiton, meminimalkan *shortage* dan data yang digunakan adalah data *review* perbulan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun model persediaan probabilistik adalah sebagai berikut:

1. Mengklasifikasi data sesuai dengan data penggunaan dan interval perawatan.
2. Menentukan karakteristik data penggunaan suku cadang.
3. Perhitungan jumlah persediaan suku cadang.

Proses klasifikasi data dilakukan sesuai dengan kebutuhan yang dapat memudahkan proses perhitungan. Penentuan karakteristik suku cadang dilakukan berdasarkan data penggunaan terhadap tingkat harga dan nilai *variability coefficient*. Perhitungan jumlah persediaan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Membangkit bilangan random untuk permintaan
- Menetapkan parameter input
- Melakukan perhitungan dengan persamaan dibawah ini:

1. Jumlah Pemesanan ( $Q^*$ )

$$Q^* = \sqrt{\frac{2xC_oxD}{h}}$$

- $C_o$  = Biaya pemesanan suku cadang
- $D$  = Jumlah permintaan suku cadang
- $h$  = Biaya penyimpanan suku cadang per unit per periode

2. *Safety Stock* ( $SS$ )

$$SS = Z \times S_{dl}$$

$$S_{dl} = \sqrt{(d^2 \times S_l^2 + l \times S_d^2)}$$

- $d$  = Jumlah permintaan suku cadang selama *lead time*
- $S_d$  = Standar deviasi permintaan selama *lead time*
- $l$  = *lead time* pemesanan suku cadang
- $S_l$  = Standar deviasi *lead time*

3. *Reorder Point* (ROP)

$$ROP = d \times l + SS$$

4. Maksimum Stok (S)

$$S = ROP + Q^*$$

III. HASIL DAN DISKUSI

A. RCM II

Hasil analisis mengenai *system function, functional failure, failure mode, failure effect, intial interval, maintenance task, dan can be done by* terdapat pada *decision worksheet* RCM II. Akan tetapi hasil analisis secara umum coal handling adalah coal handling system memiliki total 94 fungsi dengan rincian 1 fungsi primer dan 93 fungsi sekunder. Fungsi yang dimiliki oleh coal handling system tidak hanya fungsi untuk melakukan operasional proses saja namun terdapat juga fungsi untuk menjaga keamanan operasi dan juga fungsi untuk perawatan mesin.

Penyebab dari terjadinya *failure mode* adalah karena kondisi kerja komponen, usia pakai dan beban kerja komponen, kegagalan instrumentasi, kegagalan akibat masalah mekanis, dan kegagalan karena kesalahan operator. Terdapat dua jenis tindak lanjut dari hasil analisis failure effect yaitu perbaikan komponen dan penggantian komponen. Terdapat 352 jenis aktivitas penggantian komponen dan 250 aktivitas perbaikan komponen.

Interval waktu perawatan yang digunakan oleh PLTU Paiton terhadap coal handling system didasarkan atas (*original equipment manufacturer*) OEM dan hasil evaluasi EPRI. Hal tersebut dilakukan karena tidak terdapat histori data kerusakan yang dapat digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan intial interval perawatan. Terdapat beberapa klasifikasi interval perawatan yang digunakan dalam aktivitas perawatan terhadap coal handling system. Klasifikasi tersebut adalah interval harian, mingguan, bulanan, 2 bulanan, 3 bulanan, 4 bulanan, 5 bulanan, 6 bulanan, 7 bulanan, 8 bulanan, dan *no scheduled maintenance* (NSM).

Terdapat 8 jenis *maintenance task* yang dapat dilakukan untuk perawatan coal handling system yaitu, pelumasan, kalibrasi, inspeksi visual, analisis, membersihkan, *electrical test*, operator cek, dan *infrared thermography measure*. Elemen yang paling banyak melakukan *maintenance task* adalah I&C yaitu sebesar 42%. I&C akan banyak melakukan aktivitas pada interval perawatan mingguan dan bulanan. Mekanik akan banyak melakukan aktivitas perawatan pada interval perawatan harian, bulanan, 3 bulanan, 6 bulanan, dan 7 bulanan. Elektrik akan banyak melakukan aktivitas perawatan pada interval 5 bulanan dan NSM.

B. Probabilistic EOQ Model

Terdapat 321 suku cadang yang dibutuhkan dalam aktivitas perawatan coal handling system dari hasil analisis terhadap *failure effect* yang terdapat pada *decision worksheet* RCM II. Suku cadang yang dibutuhkan untuk aktivitas perawatan yang sama dinamakan dengan *common spare part*. *Common spare part* tidak hanya digunakan pada periode perawatan yang sama akan tetapi juga memungkinkan untuk digunakan pada periode perawatan yang berbeda. Terdapat 52 *common spare part* dalam kebutuhan suku cadang dari coal

handling system dan terdapat 151 jenis suku cadang yang dibutuhkan.

Karakteristik data suku cadang berdasarkan tingkat penggunaan terhadap harga adalah lebih 16 suku cadang termasuk kedalam jenis (1) harga rendah-penggunaan tinggi, 9 suku cadang termasuk kedalam jenis (2) harga rendah-penggunaan rendah, dan 10 suku cadang termasuk kedalam jenis (3) harga tinggi-penggunaan rendah. Karakteristik data berdasarkan nilai *variability coefficient* (VC) adalah 34 dihitung dengan menggunakan metode heuristik dan 1 data dihitung dengan menggunakan metode *simple EOQ*. Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan dari masing-masing suku cadang.

Tabel 1  
Rekapitulasi Perhitungan Persediaan Suku Cadang

No	Tag Suku Cadang	Unit Cost (\$)	SS (99%) (Unit)	ROP (Unit)	S (Unit)
1	B-1	150	10	14	14
2	B-2	883	10	14	14
4	B-3	350	7	10	12
6	B-4	417	15	35	37
7	B-5	400	37	41	45
9	B-6	0.58	1340	1420	2232
12	6B-1	8613	7	10	10
13	B-8	207	10	18	20
14	B-9	210	10	14	15
15	B-10	105	10	14	16
16	B-11	178	10	14	14
17	B-12	302	10	14	14
18	B-13	403	10	14	15
19	B-14	45	10	14	16
20	B-15	4150	3	4	4
21	2B-1	40	7	10	13
23	5B-1	200	10	14	14
26	H-2	205	1	5	6
27	B-17	1055	1	5	5
28	B-18	3490	1	5	5
31	B-20	65000	1	4	4
32	3B-1	23490	1	2	3
33	5B-2	2011	1	5	5
34	6B-2	48	1	7	13
35	6B-3	11964	1	2	3
36	6B-4	12	1	5	7
37	6B-5	380	5	38	41
38	6B-6	337	3	23	31
39	6B-7	249	4	28	33
40	6B-8	211	7	46	55
41	6B-9	15	192	1292	1421

Pada perhitungan dengan menggunakan metode *simple EOQ* dan *heuristic* digunakan parameter *input* berupa biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan *service level*. Biaya pemesanan ditetapkan sebesar \$38.642 dan biaya penyimpanan adalah sebesar 26% dari harga suku cadang per periode. *Service level* yang ditetapkan dalam persediaan suku cadang *coal handling system* adalah 99%. *Service level* untuk kondisi eksisting dari masing-masing persediaan suku cadang sangat bervariasi. Sebagian besar *service level* dari kondisi eksisting adalah sebesar 50 %. Nilai *total cost per cycle* untuk kondisi eksisting adalah \$4151.918. Sedangkan nilai *total cost per cycle* untuk kondisi *service level* 99% adalah sebesar \$303129.074. Diperlukan tambahan biaya sebesar \$298977.156 dari kondisi *service level* eksisting untuk mencapai kondisi *service level* 99%. Biaya yang dikeluarkan untuk nilai *service level* 99% memang jauh lebih tinggi namun dengan kondisi tersebut maka kemungkinan terjadinya *stock out* suku cadang akan menjadi sangat kecil atau bahkan tidak akan terjadi *stock out* suku cadang apabila pola permintaan tidak mengalami perubahan yang ekstrem.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Fungsi utama dari fasilitas *coal handling system* adalah memindahkan batubara dari *coal barge* (tongkang) ke *stock pile* (tumpukan) dan memindahkan batubara dari *stock pile* ke *silo* batubara. Untuk menentukan kebijakan perawatan yang efektif pada sebuah pembangkit listrik tidak selalu dilakukan dengan menggunakan satu metode perawatan. Penggabungan metode perawatan satu dengan lainnya diperlukan untuk menutupi kekurangan yang terdapat pada metode yang salah satu jenis metode yang digunakan. Penggabungan metode perawatan RCM II dengan metode evaluasi dari EPRI dilakukan untuk menentukan kegiatan perawatan dan menentukan interval waktu perawatan yang efektif.

Perumusan kebijakan persediaan suku cadang yang mendukung hasil implementasi RCM II dilakukan dengan menggunakan metode *probabilistic economic order quantity model*. Akan tetapi, metode tersebut hanya bisa digunakan untuk suku cadang yang mempunyai data penggunaan. Suku cadang yang mempunyai kode normal disediakan masing-masing 1 unit suku cadang.

Hasil perhitungan suku cadang yang dilakukan adalah dengan menetapkan nilai *service level* yang tinggi yaitu 99%. Hal tersebut membuat biaya yang dikeluarkan berbeda jauh dengan kondisi eksisting. Akan tetapi, penetapan nilai tersebut dilakukan untuk meminimalisir terjadinya *stock out*. Sehingga untuk pengembangan penelitian berikutnya dapat dilakukan analisis sensitivitas terhadap penetapan dari beberapa nilai *service level*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wang, W., "A Stochastic Model for Joint Spare Parts Inventory and Planned Maintenance Optimisation", 216 (2012) 127-139.
- [2] Moubrey, J., "Reliability Centered Maintenance (RCM) II", 2nd Ed. New York: Industrial Press (1997).
- [3] Alkali, B.M., et al., "Failure And Maintenance Data Extraction From Power Plant Maintenance Management Databases", 139 (2009) 1766-1776.

- [4] Niu, G., Yang, B.S., dan Pecht, M., "Development Of An Optimized Condition Based Maintenance System By Data Fusion And Reliability Centered Maintenance", 95 (2010) 786-796.