

USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN PADA POMPA PENDINGIN SEKUNDER DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY AND RISK CENTERED MAINTENANCE* (RRCM) DI PUSAT REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY – BATAN

Harwinvania Fauzia¹, Endang Budiasih², Fransiskus Tatas Dwi Atmaji³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

harwinvaniaa@student.telkomuniversity.ac.id¹, endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id²,
franstatas@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Sistem pendingin sekunder memiliki peranan untuk menghisap panas peluruhan yang dibawa dari sistem primer melalui *heat exchanger* (HE) dan panas peluruhan kemudian dibuang ke lingkungan menggunakan *cooling tower*. Sistem pendingin sekunder memiliki 3 buah pompa dimana normalnya 2 pompa utama beroperasi secara bersamaan (2x50%) dan 1 pompa sebagai cadangan. Pompa tersebut bekerja secara terus menerus selama 24 jam. Seiring berjalannya waktu, keandalan mesin ini akan berkurang dan dapat menyebabkan kerusakan pada mesin. Agar mesin ini dapat beroperasi dengan baik maka perlu dilakukannya kegiatan pemeliharaan (*maintenance*). Tujuan penelitian ini yaitu untuk memberikan usulan pemeliharaan mesin pompa pendingin sekunder dan total biaya pemeliharaan yang optimal dengan menggunakan metode *Reliability and Risk Centered Maintenance* (RRCM). Untuk menentukan komponen kritis dari pompa pendingin sekunder menggunakan *risk matrix* dan komponen yang terpilih yaitu seal mekanik dan motor. Berdasarkan hasil penelitian, dengan menggunakan metode RRCM didapatkan 3 *proposed maintenance task* diantaranya 2 *scheduled on-condition task* dan 1 *scheduled discard task*. Berdasarkan *proposed maintenance task* dan interval waktunya, didapatkan biaya pemeliharaan usulan sebesar Rp3.319.627 sedangkan biaya pemeliharaan eksisting yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp5.019.583. Maka biaya *maintenance* usulan lebih rendah Rp1.699.955 dibandingkan dengan biaya *maintenance* eksisting perusahaan sehingga perusahaan dapat menghemat biaya *maintenance* sebesar 33.9%.

Kata Kunci : *Maintenance, Risk Matrix, Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM), Uncertainty Assessment.*

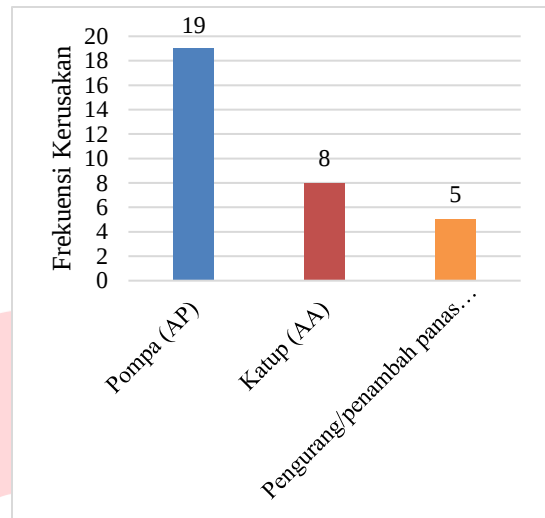
Abstract

The secondary cooling system has a role to absorb the decay heat brought from the primary system through a *heat exchanger* (HE) and the decay heat is then discharged into the environment using a *cooling tower*. The secondary cooling system has 3 pumps where normally 2 main pumps operate simultaneously (2x50%) and 1 pump as a backup. The pump works continuously for 24 hours. Over time, engine damage will decrease and it can cause engine damage. For this machine to operate properly, it is necessary to carry out maintenance. The purpose of this study is to provide suggestions for pump engine maintenance and the optimal total cost of maintenance using the *Reliability and Risk Centered Maintenance* (RRCM) method. To determine the critical components of the secondary cooling pump using a *risk matrix* and the selected components are mechanical seals and motors. Based on the results of the study, using the RRCM method, 3 *proposed maintenance tasks* were obtained, including 2 *scheduled on-condition tasks* and 1 *scheduled discard task*. Based on the *proposed maintenance task* and its time interval, the *proposed maintenance cost* is Rp3.319.627 while the existing maintenance costs to be incurred by the company are Rp5.019.583. So the *proposed maintenance cost* is Rp1.699.955 lower than the company's existing maintenance costs so that the company can save maintenance costs by 33.9%.

Keywords: Maintenance, Risk Matrix, Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM), Uncertainty Assessment.

1. Pendahuluan

Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) – BATAN merupakan salah satu unit organisasi yang mengoperasikan reaktor serba guna GA. Siwabessy. Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) merupakan reaktor nuklir yang berada di Kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTK) Serpong yang telah beroperasi selama 34 tahun. Reaktor nuklir memiliki beberapa komponen diantaranya pompa, katup, pemipaan, tangki, instrumentasi dan kontrol. Terdapat 2 sistem pendingin di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy yaitu sistem pendingin primer dan sistem sekunder. Sistem primer memiliki fungsi untuk menghisap panas dari teras reaktor sedangkan sistem pendingin sekunder memiliki fungsi untuk menghisap panas dari sistem pendingin primer melalui penukar panas (*heat exchanger*). Sistem pendingin sekunder memiliki 3 pompa dimana 2 pompa utama yang memiliki kapasitas 2x50% dan 1 pompa cadangan. Kedua pompa pendingin sekunder bekerja secara terus menerus selama 24 jam dan pompa pendingin sekunder cadangan bekerja jika salah satu pompa pendingin sekunder mengalami kerusakan dan pompa cadangan akan bekerja secara otomatis. Dengan melihat kinerja pompa pendingin sekunder yang bekerja secara terus menerus akan mengurangi tingkat kehandalan suatu mesin dan dapat menimbulkan risiko saat mengoperasikan reaktor nuklir. Berikut merupakan grafik kerusakan yang terjadi pada pompa pendingin sekunder dalam jangka waktu 5 tahun (tahun 2016 sampai tahun 2020):



Gambar 1 Grafik Kerusakan Mesin di Sistem Pendingin Sekunder

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa selama 5 tahun terakhir mesin Pompa mengalami kerusakan mesin sebanyak 19 kali, Katup mengalami kerusakan sebanyak 8 kali, Pengurang atau penambah panas mengalami kerusakan sebanyak 5 kali. Berdasarkan jumlah kerusakan mesin selama 5 tahun terakhir, pompa pendingin sekunder sering mengalami kerusakan mesin dibandingkan mesin yang lainnya, sehingga frekuensi kerusakan yang tinggi dapat menyebabkan mesin tidak bekerja secara optimal. Jika pompa pendingin sekunder tidak berfungsi dengan baik, maka akan mempengaruhi kinerja sistem dari reaktor.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pompa pendingin sekunder, agar pompa dapat mendorong air pendingin ke alat penukar panas (*heat exchanger*) dengan optimal. Sehingga, instansi harus menjaga mesin agar tetap bekerja sesuai fungsinya dengan cara membuat jadwal pemeliharaan mesin dengan mempertimbangkan risiko sebagai referensi analisis yang ada dan biaya pemeliharaan agar komponen mesin tidak mengalami kerusakan dan mesin masih berfungsi dengan baik. Sehingga, perlu adanya kebijakan pemeliharaan pada mesin pompa pendingin sekunder. Pemeliharaan merupakan kegiatan untuk memperbaiki fungsi sistem atau mesin agar

kembali ke fungsi normal [1]. Dalam kegiatan pemeliharaan dibagi menjadi dua kegiatan yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. *Preventive maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sebelum mesin atau sistem mengalami kerusakan. Kegiatan ini biasanya dilakukan pada harian, mingguan, hingga pada interval waktu satu bulan, tiga bulan, enam bulan, dua belas bulan, dan 24 bulan untuk memeriksa kondisi suatu mesin [2].

Dengan menggunakan metode *Reliability and Risk Centered Maintenance* (RRCM) dapat mengatasi permasalahan yang ada di Pusat Reaktor Serba Guna mengenai interval waktu penjadwalan pemeliharaan mesin dengan total biaya pemeliharaan yang optimal, sehingga dapat mengurangi kegiatan pemeliharaan secara *corrective maintenance*, performa reaktor nuklir meningkat, dan menurunkan peluang kerugian finansial pada instansi.

2. Studi Terkait

Menjelaskan teori dan penelitian terkait yang relevan dengan penelitian yang dilakukan

2.1 Pemeliharaan Reaktor

Pemeliharaan reaktor merupakan kegiatan dalam meningkatkan keandalan operasi dan menjamin keselamatan secara berkelanjutan [3]. Dalam pemeliharaan reaktor meliputi penyusunan rencana, melaksanakan dan mengevaluasi efektivitas kegiatan dalam mewujudkan visi BATAN secara keseluruhan. Dalam melakukan pemeliharaan sistem reaktor, maka dapat menyusun prosedur pemeliharaan sistem reaktor untuk masing-masing sistem, jadwal inspeksi dan penanganan, organisasi pelaksana serta pengawasan kegiatan.

2.2 Klasifikasi Pemeliharaan

2.2.1 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance merupakan sebuah tindakan yang dilakukan dengan jadwal yang terencana, berkala, dan khusus untuk menjaga barang/peralatan dalam kondisi bekerja yang ditentukan melalui proses pengecekan dan rekondisi [4]. Tindakan ini merupakan

langkah pencegahan yang dilakukan untuk mencegah atau menurunkan kemungkinan kegagalan atau tingkat degradasi yang tidak dapat diterima di layanan selanjutnya, daripada memperbaiki setelah terjadi kerusakan.

2.2.2 Corrective Maintenance

Corrective maintenance merupakan pemeliharaan atau perbaikan tidak terjadwal untuk mengembalikan barang/peralatan ke keadaan yang ditentukan dan dilakukan karena pengguna merasakan kekurangan atau kegagalan [4].

2.3 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure (MTTF) adalah waktu rata-rata antara kegagalan sistem yang diamati. Setiap komponen memiliki masa pakai rata-rata dan hal ini tercermin dalam metrik keandalan [5].

2.4 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair (MTTR) adalah waktu rata-rata untuk mengganti komponen yang rusak. Setelah kegagalan terjadi, maka membutuhkan waktu untuk memperbaiki kesalahan suatu komponen [5].

2.5 Proposed Maintenance Task

Terdapat 3 kategori *preventive task* yang dapat digunakan untuk melakukan penjadwalan pemeliharaan komponen/sistem [6], yaitu:

1. Scheduled On-Condition Task

Scheduled On-Condition Task memerlukan pengecekan potensi kegagalan, sehingga tindakan diambil untuk mencegah fungsional atau untuk menghindari konsekuensi dari kegagalan fungsional. *Scheduled On-Condition Task* adalah pemeriksaan item terjadwal secara berkala untuk menemukan potensi kegagalan.

2. Scheduled Restoration Task

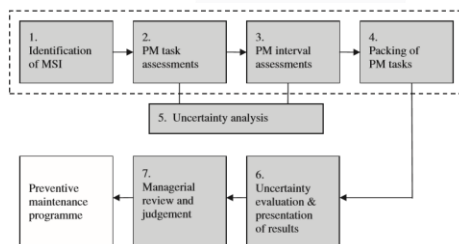
Scheduled Restoration Task memerlukan tindakan berkala untuk memperbaiki item atau komponen yang ada ke kondisi aslinya sebelum batas usia yang ditentukan, terlepas dari kondisinya pada saat itu.

3. *Scheduled Discard Task*

Scheduled Discard Task dilakukan dengan mengganti item atau komponen dari suatu sistem pada atau sebelum batas usia yang ditentukan, terlepas dari kondisinya pada saat itu.

2.6 *Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM)*

RCM merupakan metode analisis sistematis yang digunakan untuk perencanaan *preventive maintenance*. Namun, ketidakpastian dan risiko sampai batas tertentu dapat ditentukan dengan metode RCM dan *Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM)* dengan tujuan untuk mencapai keandalan yang optimal dengan mempertimbangkan risiko sebagai referensi untuk analisis selain keandalan [7].



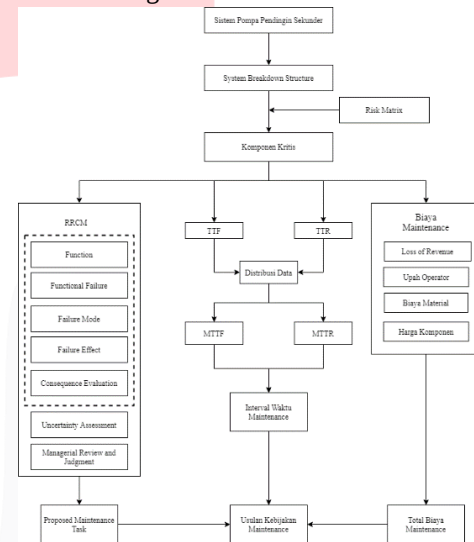
Gambar 2 RRCM Framework

Berdasarkan RRCM *framework* di atas, empat kotak pertama merupakan proses RCM tradisional. Sedangkan kotak kelima merupakan integrasi antara *PM task assessment* dengan *PM interval assessment* untuk mengintegrasikan penilaian ketidakpastian khusus ke dalam kerangka kerja. Kotak kelima fokus untuk membahas ketidakpastian (*uncertainty analysis*) karena faktor ketidakpastian tidak dapat diungkap dan dinilai sebelum analisis berbasis probabilitas tradisional dilakukan. Kerangka RRCM juga mencakup tinjauan dan penilaian manajerial yang sejalan dengan kerangka keputusan. Asesmen ditempatkan ke dalam

konteks yang lebih luas, dimana batasan dari berbagai asesmen diperhitungkan dan juga aspek dan input tambahan dipertimbangkan.

3. Metode Penelitian

Model konseptual penelitian ini untuk menggambarkan kerangka kegiatan dari metode eksisting yaitu *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dan ditambah dengan variabel baru yaitu *Risk*. Dengan menambahkan *uncertainty assessment* dapat mengatasi ketidakpastian yang tersembunyi di dalam analisis RCM. Model konseptual dari metode RRCM pada mesin Pompa Pendingin Sekunder digambarkan pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3 Model Konseptual Penelitian

Berdasarkan Gambar 3 objek yang akan diteliti yaitu sistem pompa pendingin sekunder. Selanjutnya dilakukan *system breakdown structure* pada pompa pendingin sekunder untuk mengetahui komponen mesinnya. Setelah mengetahui komponen mesin pada pompa pendingin sekunder, selanjutnya menentukan komponen kritis dengan menggunakan *risk matrix*.

Pada metode RRCM terdapat 5 kotak garis putus-putus yang merupakan standar dari metode RCM. Standar metode RCM dilakukan untuk menganalisis komponen kritis untuk menentukan *function*, *functional failure*, *failure mode*, *failure effect*, dan *consequence evaluation*, kemudian ditambahkan *uncertainty assessment* dan

managerial review and judgment dari komponen kritis untuk menghasilkan *proposed maintenance task* terpilih yang nantinya dijadikan sebagai referensi oleh instansi.

Perhitungan kualitatif seperti TTF dan TTR dilakukan untuk menentukan distribusi terpilih. Distribusi yang terpilih digunakan untuk menghitung nilai MTTF dan MTTR yang bertujuan untuk menentukan waktu rata-rata untuk kerusakan dan waktu rata-rata untuk perbaikan dari komponen kritis.

Untuk menentukan total biaya *maintenance* membutuhkan data seperti data *loss of revenue*, data upah operator, data biaya material, dan data harga komponen. Kemudian, didapatkan total biaya *maintenance* yang optimal.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Penentuan Komponen Kritis Mesin Pompa Pendingin Sekunder

Untuk menentukan komponen kritis pada mesin pompa pendingin sekunder, perlu mempertimbangkan dua hal yaitu tingkat nilai *likelihood* dan tingkat *severity* dari setiap komponen. Setelah menentukan *risk matrix*, maka komponen kritis yang berada di zona merah atau *high* yaitu seal mekanik dan motor.

4.2 Perhitungan Data MTTF dan MTTR

Perhitungan data MTTF dan MTTR dilakukan berdasarkan distribusi terpilih untuk masing-masing komponen kritis. Perhitungan MTTF dan MTTR dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1 Perhitungan MTTF

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTF (Jam)
Seal Mekanik	Weibull	η 8825.91	8264.727
		β 7.14291	
Motor	Weibull	η 8081.86	7395.232
		β 4.71415	

Tabel 2 Perhitungan MTTR

Komponen	Distribusi	Parameter	MTTR (Jam)
Seal Mekanik	Normal	μ 7.0277	7.0277
		σ 0.5685	

Motor	Weibull	η 188.722	182.860
		β 16.7816	

4.3 Perhitungan Metode RRCM

Penerapan metode RRCM membutuhkan data *uncertainty assessment by expert judgment* dan RCM *Decision Diagram*. Hasil dari *uncertainty assessment* dapat diintegrasikan ke dalam keputusan *proposed maintenance task*, sehingga RCM *Worksheet* dapat diperluas dengan memasukan semua hasil dari penilaian yang sudah dilakukan. Berikut merupakan Interval waktu *scheduled on-condition task* dan *discard task*:

Tabel 3 Interval Waktu Scheduled On-Condition Task

Komponen	Information Reference			Proposed Maintenance	Interval (Jam)
	F	FF	FM		
Seal Mekanik	1	1	2	Do the Scheduled on-condition task	4132.36
				Melakukan pengecekan pada kondisi pompa	
Motor	1	1	1	Do the Scheduled on-condition task	3697.61
				Melakukan pengecekan pada motor	

Tabel 4 Interval Waktu Scheduled Discard Task

Komponen	Information reference			Proposed Maintenance	Interval (Jam)
	F	FF	FM		
Seal Mekanik	1	1	1	Do the scheduled discard task	6262.82
				Melakukan penggantian seal mekanik	

4.4 Perhitungan Total Biaya Maintenance

Berikut merupakan perbandingan antara total biaya *maintenance* eksisting perusahaan dengan biaya *maintenance* usulan:

Tabel 5 Perbandingan Total Biaya Maintenance

Komponen	Biaya Maintenance Eksisting	Biaya Maintenance Usulan
Seal Mekanik	Rp3.011.750	Rp1.983.870
Motor	Rp2.007.833	Rp1.335.758
Total	Rp5.019.583	Rp3.319.627

4.5 Perancangan Sistem Terintegrasi

Perancangan sistem terintegrasi yang akan diimplementasikan di perusahaan yaitu dari aspek *people*, *equipment*, dan *information*. Berdasarkan hasil pengolahan data yang sudah dilakukan sebelumnya, didapatkan *output* berupa interval waktu pemeliharaan untuk komponen seal mekanik dan motor dari mesin pompa pendingin sekunder dan usulan biaya *maintenance* yang optimal.

Tabel 6 Komponen Sistem Terintegrasi

Komponen Sistem Terintegrasi	Fungsi
<i>People</i>	<i>Man/operator</i> memiliki peranan yang sangat penting dalam melakukan pemeliharaan mesin agar tidak terjadi kerusakan pada mesin dan mengurangi kerugian yang akan dikeluarkan oleh perusahaan.
<i>Equipment</i>	Pada penelitian Tugas Akhir ini objek yang dijadikan untuk penelitian yaitu mesin pompa pendingin sekunder yang memiliki frekuensi kerusakan lebih tinggi. Oleh sebab itu, maka perlu

adanya pemeliharaan yang optimal agar kinerja mesin dapat terus berjalan sesuai fungsinya.

Information Informasi berupa data kerusakan mesin, data *time to failure*, dan data *time to repair* dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan, serta data historis dari kerusakan tersebut akan membentuk pola yang dapat dijadikan pertimbangan dalam mengambil keputusan.

5. Kesimpulan

Pompa pendingin sekunder memiliki 2 komponen kritis yaitu seal mekanik dan motor. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode RRCM didapatkan 3 *proposed maintenance task* yaitu 2 *scheduled on-condition task* dan 1 *scheduled discard task*. Interval waktu *proposed maintenance task* untuk melakukan pergantian seal mekanik setiap 9 bulan sekali dan pengecekan secara berkala pada kondisi pompa setiap 5.74 bulan sekali, sedangkan untuk komponen motor dilakukan pengecekan berkala setiap 5.14 bulan sekali. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode RRCM, didapatkan total biaya *maintenance* usulan sebesar Rp3.319.627 sedangkan total biaya *maintenance* eksisting perusahaan sebesar Rp5.019.583. Maka dapat disimpulkan bahwa biaya *maintenance* usulan lebih rendah Rp1.699.955 dibandingkan dengan biaya *maintenance* eksisting perusahaan sehingga perusahaan dapat menghemat biaya *maintenance* sebesar 33.9%.

Referensi

- [1] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di PT

- Abc,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 02, p. 31, 2016, doi: 10.25124/jrsi.v3i02.29.
- [2] U. T. Kirana, J. Alhilman, and S. Sutrisno, “Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza Ff100 Pada Line 3 PT Xyz Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 01, p. 47, 2016, doi: 10.25124/jrsi.v3i01.41.
- [3] Edison, Sujarwono, A. Satriyo, and Purwadi, “IMPLEMENTASI MISI PRSG DALAM MANAJEMEN KEGIATAN BIDANG PEMELIHARAAN REAKTOR,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. dan Apl. Reakt. Nukl.*, pp. 141–152, 2016.
- [4] B. S. Dhillon, *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. United States of America: CRC Press, 2002.
- [5] B. B. Agarwal, S. P. Tayal, and M. Gupta, *Software Engineering & Testing*. Jones and Bartlett, 2008.
- [6] J. Moubray, *Reliability Centred-Maintenance II*, 2nd ed. 1997.
- [7] J. T. Selvik and T. Aven, “A Framework For Reliability And Risk Centered Maintenance,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 96, no. 2, pp. 324–331, 2011, doi: 10.1016/j.res.2010.08.001.