

PERENCANAAN PERAWATAN DAN PERSEDIAAN SUKU CADANG PADA MESIN POMPA MENGGUNAKAN METODE RCM II DAN RCS

Dika Rahayu Widiana¹⁾, Sahipul Ernada²⁾, Mades Darul Khairansyah²⁾ dan Am Maisarah Disrinama²⁾

¹Magister Teknik Keselamatan dan Risiko, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
E-mail: dikawidiana@ppns.ac.id

ABSTRACT

Abstract Manufacturing companies engaged in the processing of lubricating oil are companies that are active in recycling used oil into new oil (recycled oil) and producing various other types of lubricants. One of the processes that has a high risk in this industry is the hydrofinishing process. The P-101A pump machine is the machine that most frequently experiences failure in this process. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was used to identify the failure mode and risk priority number of each component. Reliability Centered Maintenance II (RCM II) was used to estimate optimal maintenance intervals, and Reliability Centered Spares (RCS) was used to determine efficient spare parts requirements. The results of the FMEA analysis showed there are 27 components with 28 failure modes. The highest RPN is pressure safety with an RPN of 162. RCM II analysis results in three maintenance tasks: a scheduled restoration task for 3 components, a scheduled discard task for 14 components, and a scheduled on-condition task for 1 component. Based on the RCS method, it is estimated that 51 units of non-repairable spare parts and 10 units of repairable spare parts are required every year.

Keywords: *Hydrofinishing, Pump Machine, Failure Mode and Effect Analysis, Reliability Centered Maintenance II, Reliability Centered Spares*

PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pengolahan minyak pelumas merupakan perusahaan yang aktif dalam mendaur ulang limbah oli menjadi oli baru (*recycled oil*) serta memproduksi berbagai jenis pelumas lainnya. Proses produksinya melibatkan beberapa tahapan utama, yakni proses *preflash*, *thermal de asphaltting*, dan *hydrofinishing*. Dari ketiga tahap tersebut, proses *hydrofinishing* tergolong memiliki risiko tinggi. Salah satu peralatan penting yang berperan dalam proses ini adalah mesin pompa tipe *screw*, yakni mesin pompa P-101A. Pompa merupakan mesin mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari potensial rendah ke potensial tinggi (Pancoko & Jami, 2012).

Berdasarkan hasil observasi data kegagalan tahun 2024 pada divisi *maintenance*, diketahui bahwa mesin pompa P-101 A mempunyai data kegagalan paling tinggi diantara mesin pada proses *hydrofinishing*. Perawatan yang dilakukan pada mesin pompa tidak seimbang dengan tingginya intensitas pengoperasian pada mesin pompa dalam 24 jam. Perawatan yang telah dilakukan untuk mengurangi kerusakan yaitu dengan melakukan *corrective maintenance*.

Corrective maintenance adalah perawatan yang hanya dilakukan setelah adanya kerusakan yang terjadi pada mesin (Mentari & Hidayat, 2021). Hal tersebut dapat menjadi penyebab utama dapat mengganggu proses produksi lebih lama.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan perencanaan kegiatan perawatan yang tepat, untuk dapat mendukung proses produksi dan mempertahankan fungsi pada mesin pompa. Salah satu metode perawatan yang bisa diterapkan yaitu *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II). *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) yang menjadi suatu proses dalam menentukan jenis perawatan yang efektif dan untuk menjamin setiap aset fisik agar tetap bekerja sesuai yang diinginkan (Moubray, 1997). RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) bertujuan untuk merencanakan pemeliharaan yang aman dan dapat diandalkan untuk sistem penentu dan menetapkan prioritas perawatan yang efektif (Padhil dkk., 2022)

Berdasarkan hasil observasi pada divisi *maintenance*, tingginya nilai kegagalan pada mesin pompa disebabkan oleh ketidak sesuaian kebutuhan suku cadang yang tersedia. Tersedianya komponen maupun suku cadang pada proses *maintenance* yang digunakan memerlukan biaya yang tinggi. Akan tetapi suku cadang harus selalu tersedia untuk mendukung kelancaran proses *maintenance* (Fitriani dkk., 2018). *Reliability Centered Spares* (RCS) merupakan suatu metode pendekatan untuk menentukan level inventori suku cadang berdasarkan *through-life costing* serta kebutuhan peralatan dan operasi perawatan dalam mendukung inventori (Sarashvati dkk., 2017). Keuntungan yang secara langsung dan paling nyata terjadi dalam mengimplementasikan RCS yaitu dapat diketahuinya komponen suku cadang kritis yang berdasarkan pada persyaratan kegiatan *maintenance* dan operasional (Fauzani dkk, 2018).

Bagaimana hasil penjadwalan *maintenance* atau perawatan dan penentuan persediaan komponen atau suku cadang mesin pompa menjadi hal yang sangat penting. Penelitian ini bertujuan membuat perencanaan penjadwalan perawatan pada mesin pompa dengan menerapkan metode RCM II dan menentukan persediaan komponen melalui metode RCS (*Reability Centered Spares*). Penggunaan dapat menjamin kebutuhan pemeliharaan suatu aset yang tepat untuk menentukan tingkat kebutuhan dan persediaan sumber daya (Dekker et al., 1998). Pada penelitian Ulfah & Ferdinant (2021), metode RCM II dan RCS telah diterapkan pada usulan perawatan mesin *press h-draw*. Pada penelitian Nugraha dkk (2021) RCM II dan RCS diterapkan pada mesin Finger Joint Fu-King Furnimate. Sedangkan pada penelitian ini RCM II dan RCS diterapkan pada mesin pompa dan pada komponen *repairable* maupun *non repairable*.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini data yang diperlukan meliputi jenis komponen penyusun mesin pompa, fungsi dari setiap komponen, proses kerja dari mesin pompa, *pipping* and *instrument diagram* (P&Id) serta data kegagalan dari setiap komponen selama 3 tahun yaitu dari 2022-2024. Data primer yang diperoleh melalui wawancara dengan pihak *maintenance*, pihak produksi dan *manual book* adalah detail fungsi komponen. Data sekunder didapatkan dari data historis yang merupakan dokumen di perusahaan seperti data deskripsi proses kerja, P&Id dan data kegagalan.

Komponen, fungsi, proses kerja dan P&Id adalah data-data yang diperlukan untuk identifikasi kegagalan sistem dengan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA). Mode kegagalan pada sistem diidentifikasi dan diberikan penilaian risiko menggunakan *risk priority number* (RPN). RPN yang merupakan perkalian antara *severity*, *occurrence* dan *detection* memberikan perankingan sebagai dasar prioritas perawatan pada metode RCM II.

Data kegagalan pada metode *Reliability Centered Maintenance* II diolah secara kuantitatif. Tahap awal dari RCM II ini adalah melakukan uji distribusi terhadap waktu antar kerusakan atau *time to failure* (TTF) dan waktu lama perbaikan atau *time to repair* (TTR) dengan bantuan software Weibull⁺⁺ version 6.0. Data tersebut kemudian diolah untuk menentukan interval perawatan optimal ditinjau dari segi minimasi biaya. Perhitungan yang dilakukan pada pengolahan data kuantitatif mencakup perhitungan *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR), perhitungan biaya perawatan dan biaya perbaikan, perhitungan interval perawatan optimal.

Tahap berikutnya adalah penerapan *Reliability Centered Spare* untuk menentukan suku cadang mesin pompa. Tahap awal dari metode ini adalah penyusunan *Reliability Centered Spares* (RCS) *worksheet*. Setelah itu menentukan suku cadang kritis dengan menghitung *criticality index*. Perhitungan jumlah kebutuhan persediaan suku cadang pada proses ini mempertimbangkan *criticality index* dari masing-masing komponen dan menerapkan model distribusi *poisson process*. Distribusi *poisson process* digunakan untuk memperkirakan jumlah persediaan suku cadang dengan *confidence level* 95% selama periode operasional satu tahun. Kebutuhan suku cadang kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis *task* dan *criticality* nya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada mesin pompa, terdapat 27 komponen yang dianalisis dan menghasilkan 28 bentuk atau mode kegagalan

(*failure mode*). Failure mode ini memiliki potensi penyebab terjadinya kegagalan fungsi (*functional failure*) pada mesin pompa. Pengerjaan FMEA dilakukan melalui diskusi yang melibatkan penilaian dari *expert judgement* (Skjong & Wentworth, 2014). Hasil penilaian *Risk Priority Number* (RPN) pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Penilaian RPN

No	Komponen	<i>Failure Mode</i>	Nilai RPN
1.	<i>Pressure Safety Valve</i>	Macet	162
2.	<i>Pressure Gauge</i>	Rusak	144
3.	<i>Control Valve</i>	Macet	126
4.	Terminal Box	Korsleting	112
5.	<i>Power Screw</i>	Patah	112
6.	<i>Idler Screw</i>	Patah	112
7.	Strator	Rusak	96
8.	<i>Coupling</i>	Rusak	96
9.	<i>Cooling Fan</i>	Macet	84
10.	Rotor	Aus	72
11.	<i>Baring</i>	Rusak	72
12.	<i>Pump Body</i>	Rusak	70
13.	<i>Strainer</i>	Kotor/ Tersumbat	60
14.	<i>Oil Ring</i>	Aus	60
15.	<i>Stuffing Box</i>	Retak	60
16.	<i>Timing Gear</i>	Aus	60
17.	<i>Drive Shaft</i>	Patah	56
18.	<i>Mechanic Seal</i>	Rusak	56
19.	<i>Panel Listrik</i>	Kabel putus	48
20.	<i>Panel Listrik</i>	MCB rusak	48
21.	<i>Suction Flange</i>	Bocor	48
22.	<i>Discharge Flange</i>	Bocor	48
23.	<i>Bearing Housing</i>	Retak	42
24.	<i>Balancing ring</i>	Aus	36
25.	<i>Packing</i>	Aus	30
26.	<i>Shaft Sleeve</i>	Aus	30
27.	<i>Ball Bearing</i>	Aus	24
28.	<i>Gasket</i>	Aus	24

RPN merupakan penilaian risiko yang diberikan setelah melakukan identifikasi kegagalan pada komponen mesin pompa menggunakan FMEA. Berdasarkan Tabel 1, didapatkan nilai RPN tertinggi pada komponen *pressure safety valve* sebesar 162. Komponen dengan RPN tinggi harus menjadi prioritas utama dalam perawatan karena kerusakannya berpotensi membahayakan keselamatan pekerja, merusak peralatan, dan menyebabkan kerugian signifikan bagi perusahaan.

Analisis selanjutnya adalah RCM II yang dilakukan pada seluruh komponen yang memiliki data kegagalan memenuhi nilai MTTF, karena MTTF membutuhkan setidaknya dua data kegagalan yang terjadi pada suatu komponen. MTTF merupakan waktu rata-rata antara dua kegagalan yang terjadi pada waktu yang berbeda pada sistem yang sama (Çekyay & Özekici, 2015). Pada tahap ini dilakukan perhitungan interval perawatan berdasarkan jenis kegiatan perawatan yang sesuai untuk mengatasi masing - masing kegagalan dari komponen mesin pompa. Hasil perhitungan interval perawatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Interval Perawatan RCM II Mesin Pompa

No	Komponen	Jenis Kerusakan	Jenis Perawatan	Interval Perawatan (Jam)
1	<i>Mechanic seal</i>	Retak	<i>Scheduled Discard Task</i>	1395.17
2	Strator	Rusak	<i>Scheduled Discard Task</i>	3093.50
3	Rotor	Aus	<i>Scheduled Discard Task</i>	2809.33
4	<i>Bearing</i>	Retak	<i>Scheduled Discard Task</i>	2970.90
5	<i>Power Screw</i>	Patah	<i>Scheduled Discard Task</i>	5225.19
6	<i>Oil Rings</i>	Aus	<i>Scheduled Discard Task</i>	4295.13
7	<i>Coupling</i>	Retak	<i>Scheduled Discard Task</i>	4456.15
8	<i>Suction Flange</i>	Bocor	<i>Scheduled Discard Task</i>	4059.88
9	<i>Discharge Flange</i>	Bocor	<i>Scheduled Discard Task</i>	4151.43
10	<i>Idler screw</i>	Patah	<i>Scheduled Discard Task</i>	1842.40
11	<i>Stuffing Box</i>	Retak	<i>Scheduled Discard Task</i>	3094.40
12	<i>Pressure Gauge</i>	Rusak	<i>Scheduled Discard Task</i>	4314.31
13	<i>Timming Gears</i>	Aus	<i>Scheduled Discard Task</i>	3865.95
14	<i>Pressure Safety Valve</i>	Macet	<i>Scheduled Discard Task</i>	3889.01
15	<i>Strainer</i>	Tersumbat	<i>Scheduled Restoration Task</i>	332.46
16	<i>Control Valve</i>	Macet	<i>Scheduled Restoration Task</i>	226.46
17	<i>Cooling Fan</i>	Kotor	<i>Scheduled Restoration Task</i>	1156.61
18	<i>Terminal Box</i>	Konslet	<i>Scheduled On-Conditioning Task</i>	279.45

Berdasarkan hasil analisis RCM II pada Tabel 2, mesin pompa memiliki 3 jenis perawatan yaitu *scheduled restoration task* pada 3 komponen dengan nilai perawatan optimal paling besar pada komponen *strainer* yaitu sebesar 332.46 jam. Jenis perawatan kedua adalah *scheduled discard task* pada 14 komponen dengan interval perawatan optimal paling besar pada komponen *power screw* yaitu sebesar 5225.19 jam. Jenis perawatan ketiga adalah *scheduled on condition task* pada komponen terminal box dengan interval perawatan optimal yaitu 279.45 jam.

Scheduled restoration task adalah jenis pemeliharaan yang dijadwalkan untuk mengembalikan komponen atau sistem ke kondisi yang lebih mendekati kondisi awal atau standar tertentu sebelum terjadi penurunan fungsi signifikan. Frekuensi pelaksanaannya

ditentukan oleh suatu umur (Kurniawati dkk., 2017). *Scheduled restoration task* bisa termasuk pembersihan, penggantian bagian, atau penyesuaian untuk mencegah kegagalan. Tujuan dari jenis perawatan ini adalah untuk mempertahankan fungsi sistem dengan mengelola degradasi komponen.

Scheduled discard task adalah jenis pemeliharaan yang dijadwalkan untuk membuang atau mengganti komponen sebelum komponen tersebut gagal atau tidak lagi berfungsi dengan baik. *Scheduled discard task* digunakan untuk komponen yang memiliki umur pakai terbatas atau pola kegagalan yang dapat diprediksi. Tujuan adalah untuk mencegah kegagalan dengan mengganti komponen pada interval waktu yang telah ditentukan, sehingga meningkatkan keandalan sistem.

Scheduled on condition task adalah jenis pemeliharaan yang dijadwalkan berdasarkan kondisi dari komponen atau sistem. Menurut Rachmayanti & Prasetyawan (2020), nilai P-F interval (interval kegagalan) dapat diestimasi berdasarkan *expert judgement* dan pengalaman pekerja. *Scheduled on condition task* melibatkan pemeriksaan atau pemantauan kondisi komponen untuk menentukan apakah perlu dilakukan pemeliharaan atau tidak. Tugas ini dilakukan berdasarkan indikator kondisi seperti getaran, suhu, kebisingan, atau parameter lain yang menunjukkan degradasi komponen. Tujuan adalah untuk mendeteksi potensi kegagalan sebelum terjadi dan melakukan tindakan yang diperlukan.

Pada penerapan RCS 18 suku cadang dilakukan analisis. Pengisian RCS *Worksheet* berdasarkan kriteria yaitu *consequence*, *anticipation*, *effect of stockout*, dan *cost* (Sari, 2020). Pengerjaan RCS *Worksheet* dilakukan melalui diskusi dengan *expert judgement*. Tabel 3 adalah pemilihan komponen dan suku cadang kritis yang dilakukan berdasarkan perhitungan *criticality index* (Fauzani dkk., 2018).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kebutuhan *Spare Part*

No	Suku Cadang	Klasifikasi <i>Spare Part</i>	Jumlah Kebutuhan Suku Cadang (Unit/Tahun)
1	<i>Mechanic seal</i>	<i>Non-Repairable</i>	6
2	Strator	<i>Non-Repairable</i>	3
3	Rotor	<i>Non-Repairable</i>	4
4	<i>Bearing</i>	<i>Non-Repairable</i>	4
5	<i>Power Screw</i>	<i>Non-Repairable</i>	2
6	<i>Oil Rings</i>	<i>Non-Repairable</i>	3
7	<i>Coupling</i>	<i>Non-Repairable</i>	3
8	<i>Suction Flange</i>	<i>Non-Repairable</i>	3
9	<i>Discharge Flange</i>	<i>Non-Repairable</i>	3
10	<i>Idler screw</i>	<i>Non-Repairable</i>	8
11	<i>Stuffing Box</i>	<i>Non-Repairable</i>	3
12	<i>Pressure Gauge</i>	<i>Non-Repairable</i>	3
13	<i>Timing Gears</i>	<i>Non-Repairable</i>	3

14	Pressure Safety Valve	Non-Repairable	3
15	Strainer	Repairable	2
16	Control Valve	Repairable	3
17	Cooling Fan	Repairable	2
18	Terminal Box	Repairable	3

Berdasarkan Tabel 3, hasil perhitungan kebutuhan *spare part* dengan *poisson process* pada metode RCS dapat diketahui jumlah kebutuhan suku cadang. Kebutuhan suku cadang terbesar pada komponen yang bersifat *non-repairable* adalah pada *idler screw* yaitu 8 unit per tahun. Sedangkan pada komponen yang bersifat *repairable* kebutuhan suku cadang terbanyak adalah *control valve* dan *terminal box* dengan kebutuhan masing-masing 3 unit per tahun.

SIMPULAN

Berdasarkan penerapan metode RCM II diperoleh hasil mengenai jenis kegiatan perawatan dan interval waktu optimal pada mesin pompa. Jenis perawatan *scheduled restoration task* diterapkan pada 3 komponen, *scheduled discard task* diterapkan pada 3 komponen dan *scheduled on condition task* diterapkan pada 3 komponen. Sedangkan hasil pendekatan metode RCS diperoleh kebutuhan jumlah suku cadang yang diperlukan selama satu tahun. Kebutuhan suku cadang atau *spare part non-repairable* sebanyak 51 unit per tahun sedangkan kebutuhan *spare part repairable* 10 unit per tahun. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengurangi tingkat kegagalan dari mesin pompa P101-A. Saran penelitian selanjutnya adalah mengimplementasikan metode ini pada sub komponen yang lebih detail lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Çekyay, B., & Özekici, S. (2015). *Reliability, MTTF, and Steady-State Availability Analysis of Systems with Exponential Lifetimes. Applied Mathematical Modelling*, 39(1), 284–296. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.05.029>
- Dekker, R., Kleijn, M. J., & Rooij, P. J. De. (1998). *Production Economics A Spare Parts Stocking Policy Based on Equipment Criticality*, 5273(97).
- Fauzani, S., Alhilman, J., & Athari, N. (2018). Optimalisasi Kebijakan Pengelolaan Suku Cadang Pada Alat Berat Excavator Sk200 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Spares (RCS) Dan Inventory (Studi Kasus : PO RAJAWALI PROJECT), 5(3), 6653–6660.
- Fitriani, W., Sidi, P., & Aulia Nadia Rachmat. (2018). Proceedings 2nd Conference on Safety Engineering and Its Application. Metode BCA Pada Heater Industri Petrokimia Tuban, (2581), 243–248.

- Kurniawati, A. A., Juniani, A. I., & Budiyanto, N. (2017). *Perencanaan Perawatan Mesin Tuber dan Bottomer Line-2 Menggunakan Metode RCM II (Studi Kasus : PT . Industri Kemasan Semen Gresik (IKSG) Tuban Jawa Timur)*. Proceedings 1st Conference on Safety Engineering and Its Application, 2581, 287–292.
- Mentari, R. A., & Hidayat, T. P. (2021). Analisis Performansi Mesin pada Corrective Maintenance dan Preventive Maintenance dengan Menggunakan Metode Modularity Design. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri (Jurnal Keilmuan Teknik Dan Manajemen Industri)*, 847–856.
- Moubray. (1997). Reliability-Centred Maintenance II. Industrial Press Inc., New York.
- Nugraha, T. T., Atmaji, F. T. D., & Salma, S. A. (2021). Reliability, Availability, Maintainability, and Safety Analysis of Finger Joint Fu-King Furnimate Machine in Wood Manufacturing Industry. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 20(2), 247–255. <https://doi.org/10.23917/jiti.v20i2.15591>
- Padhil, A., Haswika, & Mail, A. (2022). Planning of Preventive Maintenance Time Interval on Rubber Tyred Gantry Unit Using Reliability Centered Maintenance (RCM) II, (July 2023). <https://doi.org/10.11648/j.ie.20220601.11>
- Pancoko, M., & Jami, A. (2012). Fosfat Ke Mixer Settler Pada Proses Recovery Uranium Dari Asam Fosfat, 9, 11–18.
- Rachmayanti, I., & Prasetyawan, Y. (2020). *Perancangan Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode RCM II untuk Meningkatkan Nilai Overall Equipment Effectiveness Mesin Filling R-24 A (Studi Kasus PT X)*. Jurnal Teknik ITS, 9(2), 264–271. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.55469>
- Sarashvati, M. S., Alhilman, J., Prodi, S., Industri, T., Teknik, F., & Telkom, U. (2017). Optimalisasi Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode RCM (Reliability Centred Maintenance) Dan Perencanaan Pengelolaan Suku Cadang Menggunakan RCS (Reliability Centred Spares) Pada Continuous Casting Machine 3 Slab Steel Plant Di Pt Krakatau Steel (Pe, 4(2), 2916–2923.
- Sari, C. I. (2020). Pengendalian Persediaan Spare Part Dan Konsekuensi Maintenance Menggunakan Reliability Centered Spares Dan Reliability Centered Maintenance II (Studi Kasus: PT. X).
- Skjong, R., & Wentworth, B. H. (2014). Expert Judgment and Risk Perception. *International Offshore and Polar Engineering Conference, Vol. 4* (December), 537–544.
- Ulfah, M., & Ferdinand, P. F. (2021). Usulan perawatan mesin press h-draw pada divisi

stamping press dengan metode reliability centered maintenance dan reliability centered spares (Studi kasus : PT . TMMI), 7(1).