

ANALISIS KEANDALAN DAN KETERSEDIAAN KOMPONEN LOKOMOTIF DIESEL ELEKTRIK DENGAN PENDEKATAN RCM II

Lina Nur Fauziah¹⁾, George Endri Kusuma²⁾, Aulia Nadia Rachmat³⁾

¹ Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

^{2,3}Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

Email: lina199676@gmail.com

Abstract

Locomotive workshop is a place of lightweight maintenance and repairs so that the locomotive is ready to do its function pulling the train series. The result of an interview with the Head of Maintenance Area in Sidotopo Locomotive Workshop, not known about the reliability value of locomotive components makes the technicians difficult in failure predicting and plan parts inventory. Analysis of reliability and availability of electrical diesel locomotive components is done by RCM II approach. Failure of component functions is reviewed from FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Risk assessment is obtained from the RPN (Risk Priority Number) calculation. In addition, there are calculations of MTTF, MTTR and maintenance intervals. From the results of this research, there are 18 forms of malfunction in electric diesel locomotives. In RCM II is known that there are 12 failure modes that can be prevented by using a scheduled discard task policy, 3 failure modes can be prevented by using the scheduled on-condition task policy and 3 failure modes can be prevented by using the scheduled restoration task policy. The results of the reliability analysis show that Wheels and radiators are the most critical components. So if the reliability of the system will be increased then the main priority is the two components. Meanwhile, based on the availability analysis, there are 11 components that specified its amount of spare parts inventory for a year period.

Keywords: *Availability, Electrical Diesel Locomotive, RCM II, Reliability*

Abstrak

Dipo lokomotif adalah tempat pemeliharaan dan perbaikan ringan agar lokomotif siap untuk melakukan tugasnya menarik rangkaian kereta api. Hasil wawancara dengan Kepala Ruas Area *Maintenance* Dipo Lokomotif Sidotopo, tidak diketahuinya nilai keandalan komponen lokomotif membuat para teknisi kesulitan dalam memprediksi kerusakan dan merencanakan persediaan suku cadang. Analisis keandalan dan ketersediaan komponen lokomotifdiesel elektrik dilakukan dengan pendekatan RCM II. Kegagalan fungsi komponen ditinjau dari FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Penilaian risiko didapatkan dari perhitungan RPN (*Risk Priority Number*). Selain itu terdapat perhitungan nilai MTTF, MTTR dan interval perawatan. Dari hasil dari penelitian ini diketahui terdapat 18 bentuk kegagalan fungsi pada lokomotif diesel elektrik. Dalam RCM II diketahui bahwa terdapat 12 *failure mode* yang dapat dicegah dengan menggunakan kebijakan *scheduled discard task*, 3 *failure mode* dapat dicegah dengan menggunakan kebijakan *scheduled on-condition task* dan 3 *failure mode* dapat dicegah dengan menggunakan kebijakan *scheduled restoration task*. Hasil dari analisis keandalan menunjukkan bahwa *Wheels* dan *radiator* adalah komponen yang paling kritis. Sehingga jika keandalan sistem akan ditingkatkan maka prioritas utamanya adalah kedua komponen tersebut. Sedangkan berdasarkan analisa ketersediaan terdapat 11 komponen yang ditetapkan jumlah persediaan suku cadangnya untuk periode satu tahun.

Kata kunci : *Ketersediaan, Lokomotif, RCM II, Keandalan*

PENDAHULUAN

Industri kereta api terus berinovasi dalam usaha memberikan pelayanan terbaik kepada masyarakat, salah satunya adalah dengan menjamin keandalan sarananya untuk memastikan keselamatan perjalanan kereta api. Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Ruas Area Maintenance Dipo Lokomotif Sidotopo, tidak diketahuinya nilai keandalan komponen-komponen lokomotif membuat para teknisi kesulitan dalam memprediksi kerusakan dan merencanakan persediaan suku cadang.

Sebagai wujud kepedulian terhadap keselamatan kerja di Dipo Lokomotif Sidotopo, dilakukan identifikasi kegagalan dan penilaian resiko dengan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Dengan metode FMEA ini akan diperoleh nilai RPN (Risk Priority Number) yang digunakan sebagai variabel untuk membantu mengetahui prioritas risiko kegagalan dari komponen-komponen lokomotif diesel elektrik. Selain itu dikarenakan tidak diketahuinya nilai keandalan komponen-komponen lokomotif diesel elektrik dan tidak terencananya persediaan suku cadang penunjang sistem pemeliharaan maka diperlukan analisis keandalan dan ketersediaan yang sangat berguna untuk menentukan interval waktu pemeliharaan, perencanaan dan pengorganisasian pemeliharaan. Maintenance (pemeliharaan) adalah aktifitas yang dilakukan agar komponen atau sistem yang rusak akan dikembalikan / diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu (Ebeling, 1997). Kegiatan maintenance ditujukan untuk meyakinkan bahwa asset fisik yang dimiliki dapat terus berlanjut memenuhi apa yang diinginkan oleh pengguna (user) terhadap fungsi yang dijalankan oleh aset tersebut (Moubray, 1997).

METODE PENELITIAN

Analisis keandalan dan ketersediaan komponen lokomotif diesel elektrik dilakukan dengan pendekatan RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) dimana dengan metode ini dapat ditentukan langkah-langkah yang seharusnya dilakukan untuk menjamin keandalan suatu komponen atau sistem. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil wawancara dengan Kepala Ruas Area *Maintenance*. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan adalah data pemeliharaan komponen lokomotif diesel elektrik, data biaya perawatan, *Check Sheet* pemeriksaan lokomotif dan spesifikasi lokomotif. Penentuan kegiatan perawatan yang tepat menggunakan *RCM Decision Diagram*. Pada *RCM Decision Worksheet* akan menganalisa konsekuensi dari adanya kegagalan apakah berpengaruh terhadap keselamatan (S), lingkungan (E), atau berpengaruh terhadap kerugian operasional (O). Selanjutnya menentukan interval waktu perawatan optimal ditinjau dari segi minimal biaya (*cost*)

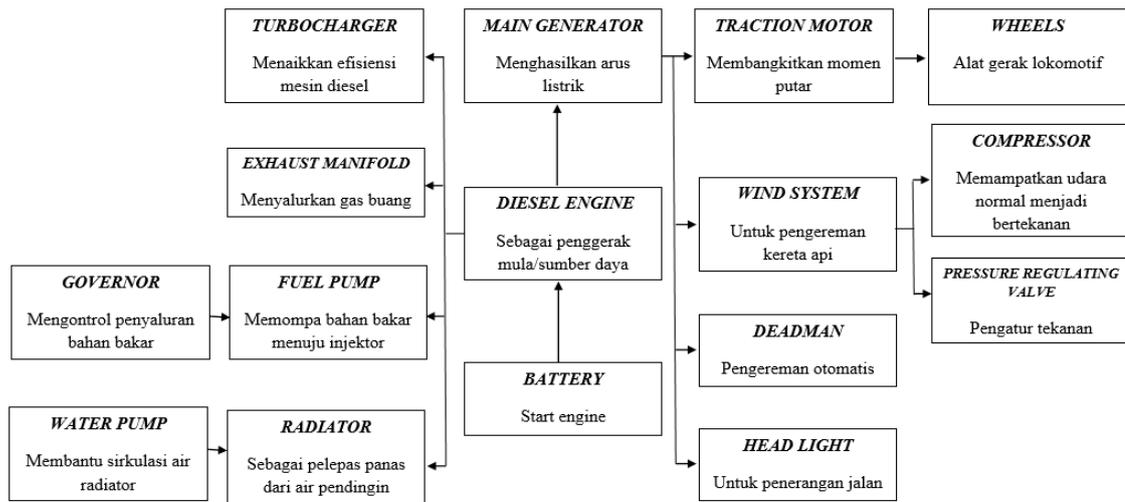
HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi Pendahuluan

Lokomotif Diesel Elektrik memiliki tiga komponen utama yaitu: Motor Diesel (MD), Main Generator (MG) dan Traksi Motor (TM). Proses kerja Lok DE berawal dari Motor Diesel (MD), sehingga MD ini disebut sebagai penggerak mula atau *Prime Mover*. Bermula dari momen putar poros output Motor Diesel (MD) yang menggerakkan Main Generator (MG) yang menghasilkan arus listrik. Tenaga listrik ini akan diatur oleh suatu sistem pengatur yang kemudian akan dialirkan ke Traksi Motor (TM), sehingga berputar. Momen putar TM ini akan diteruskan ke roda penggerak melalui roda gigi (gears) yang akhirnya menggerakkan lokomotif.

FBD (*Functional Block Diagram*)

Tahap pertama dalam mengimplementasikan RCM II adalah membuat Functional Block Diagram. Diagram ini berfungsi untuk menjelaskan hubungan dan aliran kerja antar fungsi komponen yang membentuk suatu sistem serta memperjelas ruang lingkup analisis.



Gambar 1. Functional Block Diagram Lokomotif Diesel Elektrik

Sumber: PT. KAI, Tahun 2017

FMEA (Failure Modes and Effect Analysis)

Analisa FMEA memfokuskan pada penyebab kegagalan dan mekanisme terjadinya kegagalan (Moubray, 1997). Berdasarkan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) atau pada RCM II *Information Worksheet* dapat diketahui bahwa terdapat 18 bentuk kegagalan yang mengakibatkan Lokomotif Diesel Elektrik gagal menjalankan fungsinya. Berdasarkan penilaian RPN yang telah diberikan terhadap masing-masing bentuk kegagalan dari komponen Lokomotif Diesel Elektrik dapat diketahui yang memiliki prioritas risiko tertinggi yaitu kegagalan pada *Compressor* dan *Head Light* dengan nilai RPN 80. Untuk komponen-komponen yang memiliki nilai RPN tinggi harus diprioritaskan dalam melakukan kegiatan perawatan karena jika peralatan tersebut gagal maka dapat mengancam keselamatan penumpang kereta api dan menyebabkan kerugian yang besar bagi perusahaan (Amalia, 2016).

RCM II Decision Worksheet

Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan Kepala Ruas Area Maintenance Dipo Lokomotif Sidotopo, maka *maintenance task* yang tepat untuk masing-masing komponen Lokomotif Diesel Elektrik ditentukan dengan menggunakan *RCM II Decision Worksheet*. Sebanyak 12 *failure mode* dari komponen Lokomotif Diesel Elektrik dicegah dengan kebijakan perawatan *Scheduled Discard Task*. Komponen-komponen tersebut antara lain *Compressor*, *Radiator*, *PRV*, *Turbocharger*, *Exhaust Manifold*, *Fuel Pump*, *Water Pump*, *Head Light*, *Traction Motor*, dan *Deadman*. Terdapat 3 *failure mode* yang dapat dicegah dengan kebijakan perawatan *Scheduled on-condition task*. *Failure mode* tersebut berasal dari komponen *Governor*, *Headlight*, dan *Battery*. Terdapat 3 *failure mode* yang dapat dicegah dengan kebijakan perawatan *Scheduled restoration task*. *Failure mode* tersebut berasal dari komponen *Main Generator*, dan *Wheels*.

Penentuan Distribusi dan Perhitungan MTTF-MTTR

Setelah data kuantitatif berupa interval kerusakan/kegagalan (TTF) dan selang lamanya perbaikan (TTR) diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah mengolah dan menguji data tersebut dengan *Software Weibull ++ Version 6* untuk mengetahui jenis distribusi data kerusakan tersebut. Dari pengujian ini akan diperoleh *alternative distribution* dengan urutan ranking, dimana distribusi dengan ranking terbaik yang akan dipilih. Parameter distribusi tersebut nantinya dapat digunakan untuk menentukan waktu selang antar kerusakan komponen (MTTF) dan waktu selang antar perbaikan komponen (MTTR). Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa komponen yang memiliki nilai MTTF tertinggi adalah kerusakan pada *turbocharger* dan *exhaust manifold* yaitu sebesar 12.828,02 jam dan komponen yang memiliki nilai MTTF terendah adalah *Wheels* dengan jenis keagalannya *wheels* tidak simetris yaitu sebesar 3.983,20 jam.

Perhitungan Interval Perawatan

Setelah dilakukan perhitungan interval perawatan optimal (TM), diketahui bahwa nilai TM lebih rendah dari nilai MTTF. Komponen yang memiliki nilai TM terbesar adalah kegagalan ground positif pada *switch head light* sebesar 7.958,16 jam dan komponen yang memiliki nilai TM terkecil adalah komponen dengan *scheduled on condition task* sebesar 225 jam.

Dengan demikian menunjukkan bahwa interval waktu perawatan (TM) bertujuan untuk menghindari dan mencegah terjadinya kegagalan pada komponen sebelum kegagalan itu terjadi. Dengan menentukan TM, maka penggantian/ perbaikan pada komponen menjadi lebih efektif dan efisien sehingga dapat meminimalisir biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan perawatan dan juga dapat menanggulangi kecelakaan yang diakibatkan komponen gagal menjalankan fungsinya.

Perhitungan dan Analisa Keandalan

Keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem dapat berfungsi dengan baik untuk melakukan tugas pada kondisi tertentu dan dalam selang waktu yang telah ditentukan (Govil,2004).Keandalan komponen lokomotif diesel elektrik menurun terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval waktu pengoperasian lokomotif, maka keandalannya semakin rendah. Jika diambil keandalan minimum sebesar 70% sebagai batas toleransi perusahaan, maka *Compressor* boleh dioperasikan paling lama 6138 jam, *Radiator* paling lama 2238 jam, *Pressure Regulating Valve* paling lama 5417 jam dan seterusnya. Jika komponen-komponen tersebut dioperasikan melebihi waktu tersebut, maka kemungkinan tidak akan rusaknya kurang dari 70%.

Turbocharger dan *Exhaust Manifold* adalah komponen yang kondisinya paling baik dibandingkan dengan komponen yang lainnya. Dimana untuk mencapai keandalan 90% komponen bisa dioperasikan selama 11.291 jam, untuk mencapai keandalan 70% komponen bisa dioperasikan selama 12.614 jam dan untuk mencapai keandalan 50% komponen bisa dioperasikan selama 12.960 jam.

Perbandingan Interval Perawatan dan Analisa Ketersediaan

Nilai interval perawatan optimal (TM) selain ditentukan dengan metode RCM II juga dihitung berdasarkan tingkatan keandalan(Yuhelson,2010). Apabila keandalan minimum yang ditetapkan sebagai batas toleransi perusahaan adalah sebesar 70%, maka apabila nilai TM yang diperoleh dari perhitungan RCM II lebih besar, ditetapkan interval waktu perawatan mengikuti batas keandalan minimum yang telah ditetapkan oleh perusahaan (komponen dengan jenis perawatan *scheduled discard task* dan *scheduled restoration task*) (Haryono,2004).

Dari hasil perbandingan interval perawatan, dapat ditentukan kebutuhan persediaan suku cadang tiap komponen lokomotif diesel elektrik dalam satu tahun sebagai berikut.

Tabel 1

Perencanaan Persediaan Suku Cadang

No.	Komponen	Kebutuhan dalam satu tahun (buah)	Safety Stock	Total Persediaan Suku Cadang
1.	Seal gardan <i>compressor</i>	4	2	6
2.	<i>Bearing fan radiator</i>	4	2	6
3.	<i>Flexible fan radiator</i>	4	2	6
4.	Membran PRV	6	2	8
5.	<i>Oil seal turbocharger</i>	1	1	2
6.	<i>Flexible extension</i> pada <i>exhaust manifold</i>	1	1	2
7.	<i>Fuel pump</i>	1	1	2
8.	<i>Water pump</i>	3	1	4
9.	<i>Switch head light</i>	6	2	8
10.	Lamel <i>traction motor</i>	3	1	4
11.	Pegas <i>deadman</i>	4	2	6

Sumber: Pengolahan Data, Tahun 2018

Persediaan adalah bahan mentah, barang dalam proses, barang jadi, bahan pembantu, bahan pelengkap, komponen yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan (Baroto,

2004). Perencanaan persediaan suku cadang ini berfungsi untuk mendukung proses *maintenance*, karena jika kebutuhan suku cadang terhambat maka dapat mengganggu proses *maintenance*. Hal ini dapat menimbulkan kerugian besar bagi perusahaan. Dengan dilakukannya analisa ketersediaan komponen, maka dapat ditentukan jumlah suku cadang setiap tahunnya sesuai kebutuhan *maintenance* agar tidak terjadi penumpukan suku cadang atau kekurangan stok. *Safety stock* ditentukan berdasarkan kriteria dalam penelitian Sarbini (2015). Apabila persediaan suku cadang terlalu banyak maka biaya penyimpanan akan semakin besar dan modal yang tidak bergerak juga semakin besar jumlahnya.

KESIMPULAN

Dari analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Hasil analisa pada FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) menunjukkan bahwa terdapat 18 bentuk kegagalan (*failure modes*) yang berpotensi menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi (*functional failure*) pada Lokomotif Diesel Elektrik. Hasil penilaian *risk priority number* (RPN) diketahui bahwa yang memiliki prioritas risiko tertinggi yaitu kegagalan pada *Compressor* dan *Head Light*. Sehingga kedua komponen tersebut harus diprioritaskan dalam kegiatan perawatan karena apabila komponen tersebut gagal dapat mengancam keselamatan penumpang kereta api dan menyebabkan kerugian yang besar bagi perusahaan. Keandalan komponen lokomotif diesel elektrik menurun terhadap waktu. Artinya semakin panjang interval waktu pengoperasian lokomotif, maka keandalannya semakin rendah. *Wheels* dan *radiator* adalah komponen yang paling kritis. Sehingga jika keandalan sistem akan ditingkatkan maka prioritas utamanya adalah kedua komponen tersebut. Berdasarkan analisa ketersediaan terdapat 11 komponen yang ditetapkan jumlah persediaan suku cadangnya untuk periode satu tahun. Komponen-komponen tersebut adalah yang termasuk dalam jenis perawatan *scheduled discard task*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S. 2016. Perencanaan Kegiatan Perawatan Menggunakan Metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) dan Penentuan Persediaan Suku Cadang Pada Boiler PT.X.Tugas Akhir K3,PPNS.
- Baroto, Teguh. 2004 "Perencanaan dan Pengendalian Persediaan., Penerbit Erlangga.
- Ebeling, C., 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw Hill: s.n.
- Govil, A.K. 2004. "Reliability Engineering", Mc. Graw Hill Publishing Co, New Delhi.
- Haryono, 2004. Perencanaan Suku Cadang Berdasarkan Analisis Reliabilitas. Laporan MIPA,Statistika, ITS.
- Moubray, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance Second Edition*. Industrial Press Inc. Madison Avenue- New York
- Sarbini. 2015.Rumusan Persediaan Pengaman Fleksibel, Vol 11, No.2. Universitas Wisnuwardhana Malang
- Yuhelson, dkk.2010. Analisis Reliability dan Availability Mesin Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara 3, Vol.2, No.3. Universitas Sumatera Utara.

(halaman sengaja dikosongkan)