

ANALISIS DOWNTIME ENGINE MOTOR GRADER XCMG GR3005T PRO MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II (RCM II) DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Muhammad Arkan Adelard¹, Nyayu Aisyah² ✉, Lilik Dwi Setyana³, Andhi Akhmad Ismail⁴

¹ Department of Mechanical Engineering, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉nyayuaisyah@ugm.ac.id

Received 11 June 2025, Revised 24 June 2025, Accepted 22 January 2026

ABSTRAK

Evaluasi terhadap *downtime* sistem *engine* pada motor grader XCMG GR3005T Pro dilakukan melalui metode *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Informasi kerusakan dan histori perawatan dari periode Februari 2023 hingga November 2024 dimanfaatkan untuk mengenali jenis-jenis kegagalan, menghitung nilai *Risk Priority Number (RPN)*, serta menyusun langkah-langkah pemeliharaan. Sebanyak 63 jenis kegagalan ditemukan pada 23 bagian mesin, dengan komponen *Solenoid Fuel Supply Pump* mencatat nilai *RPN* tertinggi (126). Empat bagian utama yang masuk dalam kategori komponen kritis mencakup *Solenoid Fuel Supply Pump*, *Oil Pump*, *Fuel Supply Pump*, serta *Water Pump*. Rekomendasi perawatan yang diberikan berupa *Scheduled On Condition Task* dan *Scheduled Discard Task* berdasarkan evaluasi dari *RCM II Decision Diagram*. Pendekatan ini diarahkan untuk menekan *downtime*, meningkatkan performa keandalan sistem mesin, serta memaksimalkan ketersediaan alat.

Kata kunci: *Downtime*, *RCM II*, *FMEA*, *Risk Priority Number (RPN)*

1. PENDAHULUAN

Sektor pertambangan batubara memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional melalui penyediaan energi dan penciptaan lapangan kerja. Untuk menjamin kelancaran operasional di lapangan, industri ini sangat bergantung pada penggunaan alat berat yang andal, salah satunya adalah motor grader. Peran motor grader dalam aktivitas pertambangan sangat vital, terutama dalam menjaga kondisi jalan tambang (*hauling road*) agar tetap layak dilalui armada angkut. Jalan yang stabil dan rata dapat mempercepat waktu tempuh pengangkutan batubara, sehingga turut meningkatkan produktivitas tambang secara keseluruhan [1].

Motor grader tidak hanya digunakan untuk meratakan permukaan jalan, tetapi juga untuk membentuk kemiringan (*grade*) dan mengelola permukaan berbatu atau berlumpur dengan bantuan komponen seperti *blade* dan *ripper* [2]. Kinerja optimal alat ini sangat bergantung pada sistem hidrolik yang digerakkan oleh mesin diesel. Mesin diesel dipilih karena kemampuannya menghasilkan tenaga besar dan efisiensi bahan bakar yang tinggi, menjadikannya pilihan utama untuk pekerjaan di medan berat. Oleh karena itu, gangguan pada sistem mesin akan sangat memengaruhi operasional harian di lapangan.

Dalam praktiknya, salah satu tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan alat berat adalah tingginya frekuensi kerusakan tidak terjadwal (*unscheduled breakdown*), khususnya pada komponen *engine*. PT Servistama Pro Indonesia sebagai kontraktor perawatan alat berat merek XCMG memiliki kewajiban untuk menjaga tingkat *Physical Availability (PA)* setiap unit minimal sebesar 90% setiap bulan sesuai kontrak dengan PT Cipta Kridatama. Jika target ini tidak tercapai, perusahaan akan dikenai penalti, yang dapat menyebabkan kerugian secara finansial maupun operasional. Oleh karena itu, dapat menjadi dasar dalam penentuan strategi perawatan/pemeliharaan.

RCM II merupakan metode sistematis yang digunakan untuk menentukan kebijakan pemeliharaan berdasarkan fungsi sistem dan dampak kerusakan [3]. Sementara *FMEA* membantu dalam mengidentifikasi mode kegagalan potensial, menilai tingkat risikonya berdasarkan keparahan, frekuensi, dan kemampuan deteksi, serta menentukan prioritas tindakan perawatan [4]. Kombinasi keduanya memungkinkan manajemen pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) yang lebih tepat sasaran, efisien, dan mendukung keberlanjutan operasional alat.

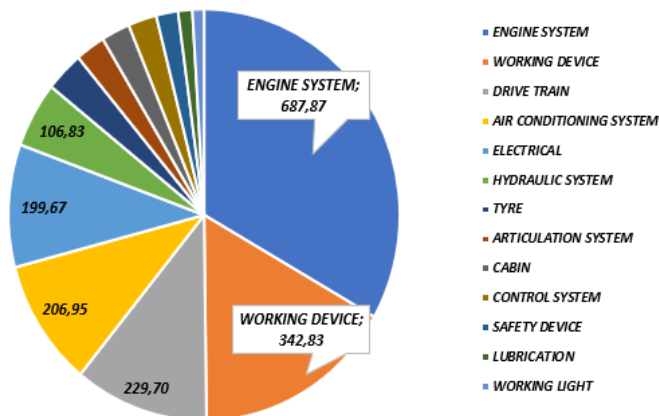
Penelitian terdahulu telah membuktikan keefektifan pendekatan ini. Misalnya, [5] berhasil mengidentifikasi

komponen kritis pada sistem *Gas Turbine Compressor* di industri migas lepas pantai, sementara [6] menyusun strategi pemeliharaan sistem pendingin berdasarkan *RCM II Decision Diagram*. [7] juga menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meminimalkan *downtime* pada mesin stamping. Berbagai studi tersebut memperkuat relevansi penggunaan metode ini untuk kasus motor grader di sektor tambang.

Berdasarkan urgensi permasalahan dan bukti empiris dari penelitian sebelumnya, studi ini dilakukan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang memicu *downtime* pada *engine* motor grader XCMG GR3005T Pro, menentukan komponen-komponen kritis dengan *FMEA*, serta menyusun strategi pemeliharaan menggunakan pendekatan *RCM II*. Hasil analisis diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam meningkatkan efektivitas perawatan, menjaga keselamatan kerja, dan memastikan kontinuitas operasional unit di lapangan.

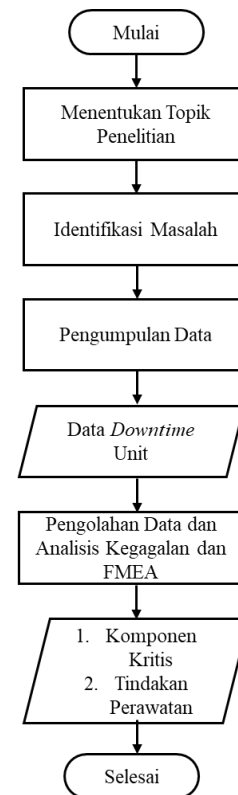
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini berfokus pada enam unit motor grader XCMG GR3005T Pro yang dikelola dalam skema *Full Maintenance Contract* oleh PT Servistama Pro Indonesia di lokasi kerja PT Cipta Kridatama, Tapin, Kalimantan Selatan. Gambar 1 menampilkan data *downtime* unit berdasarkan masing-masing sistem pada populasi motor grader XCMG GR3005T Pro selama periode Februari 2023 – November 2024. Berdasarkan Gambar 1 sistem *engine* menjadi penyumbang waktu henti tertinggi dibanding sistem lainnya. Hal ini menunjukkan perlunya tindakan preventif dan korektif yang lebih terstruktur dan berbasis analisis risiko untuk menjaga keandalan mesin. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk menjawab tantangan ini adalah *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)* yang dikombinasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.



Gambar 1. Downtime Engine Motor Grader

Metode yang digunakan bersifat kualitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis, bertujuan menggambarkan pola *downtime* pada sistem mesin serta merumuskan strategi pemeliharaan berbasis *RCM II* dan *FMEA*. Kerangka penelitian pada penelitian yang dilakukan akan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data diperoleh melalui studi pustaka, observasi lapangan, dan wawancara dengan teknisi senior, serta dokumentasi berupa catatan kerusakan (*breakdown log*) dan riwayat pemeliharaan dari Februari 2023 hingga November 2024. Analisis dilakukan dalam beberapa tahap: identifikasi fungsi dan kegagalan fungsional pada setiap subsistem mesin (*fuel system*, *lubricating system*, *air intake and exhaust system*, *starting system*, dan *charging system*), pemetaan mode kegagalan beserta dampaknya, dan penilaian risiko menggunakan pendekatan *FMEA* berdasarkan skor *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number (RPN)*.

Komponen dengan *RPN* tertinggi ditetapkan sebagai komponen kritis melalui analisis Pareto. Tahapan selanjutnya adalah penerapan *RCM II Decision Diagram* untuk menentukan jenis tindakan pemeliharaan yang paling sesuai, seperti inspeksi kondisi berkala (*scheduled on-condition tasks*), perbaikan terjadwal, penggantian komponen, maupun tindakan default

lainnya. Hasil akhir dianalisis untuk menghasilkan rekomendasi teknis yang mendukung optimalisasi keandalan dan ketersediaan unit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Fungsional

Tahap awal analisis melibatkan pengkajian terhadap fungsi utama dan jenis kegagalan fungsional dari 23 komponen yang membentuk sistem engine motor grader XCMG GR3005T Pro sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Fungsional *Engine* Motor Grader XCMG GR3005T Pro

No	Component	Function	Functional Failures	Frekuensi Breakdown
Subsystem Fuel				
1	<i>Fuel Supply Pump</i>	Memompa bahan bakar dari tangki ke sistem	Kegagalan memompa bahan bakar	14
2	<i>Fuel Filter</i>	Menyaring kotoran yang terdapat pada bahan bakar	Kegagalan untuk menyaring kotoran yang terdapat pada bahan bakar	1
3	<i>Water Sparator</i>	Memisahkan air yang terkandung dalam bahan bakar	Kegagalan memisahkan air dari bahan bakar	6
4	<i>Solenoid Fuel Supply Pump</i>	Mengontrol aliran bahan bakar otomatis	Kegagalan mengontrol aliran bahan bakar	96
5	<i>Common Rail</i>	Mengatur distribusi bahan bakar ke <i>injector</i>	Kegagalan mendistribusi bahan bakar ke <i>injector</i>	5
6	<i>Fuel Line</i>	Menjadi jalur aliran bahan bakar ke seluruh sistem	Kegagalan mengalirkan bahan bakar	11
7	<i>Fuel Tank</i>	Menyimpan bahan bakar	Kehabisan bahan bakar	1

Komponen-komponen tersebut diklasifikasikan ke dalam enam subsistem yaitu, *fuel system*, *lubricating system*, *air intake and exhaust system*, *starting system*, dan *charging system*. Data kerusakan dikumpulkan selama Februari 2023 hingga November

2024. Hasil identifikasi fungsi dan kegagalan fungsional pada masing-masing komponen tersebut menunjukkan bahwa *solenoid fuel supply pump* merupakan komponen dengan tingkat kerusakan tertinggi, yaitu 96 kali. Kegagalan pada komponen ini berpotensi besar mengganggu distribusi bahan bakar, yang berdampak langsung terhadap performa mesin.

3.2 Evaluasi Kegagalan dengan Metode *FMEA*

Setiap kegagalan dianalisis menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dengan mempertimbangkan tingkat keparahan (S), frekuensi kejadian (O), dan kemampuan deteksi (D). Nilai-nilai tersebut dikalikan untuk menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Engine* System Motor Grader XCMG GR3005T Pro

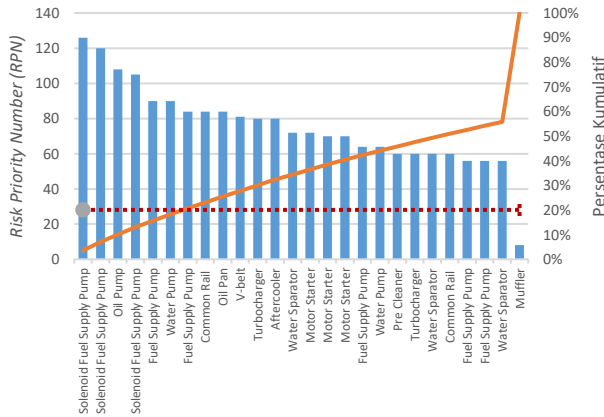
Component	Failure Mode	Failure Effects	S	O	D	RPN
Solenoid Fuel Supply Pump	<i>Socket solenoid fuel supply pump broken</i>	Performa mesin menurun drastis, engine low power	7	6	3	126
	<i>Socket solenoid fuel supply pump kotor</i>	Engine low power	5	6	4	120
	<i>Cable socket solenoid fuel supply pump broken</i>	Engine low power	5	2	3	30
	<i>Solenoid fuel supply pump broken</i>	Performa mesin menurun drastis, engine low power	7	5	3	105
Solenoid Fuel Supply Pump	<i>Socket solenoid fuel supply pump kendor</i>	Engine low power	5	2	3	30

Tabel 2 menunjukkan bahwa mode kegagalan *socket solenoid fuel supply pump broken* mencatat RPN tertinggi

sebesar 126, menandakan risiko signifikan terhadap performa mesin. Sebaliknya, komponen seperti *muffler* memiliki *RPN* rendah karena dampaknya minimal dan mudah terdeteksi.

3.3 Penentuan Komponen Kritis Melalui Diagram Pareto

Penentuan komponen kritis dilakukan menggunakan prinsip Pareto, yang mengasumsikan bahwa sekitar 20% komponen menyumbang 80% risiko kegagalan. Diagram pareto dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto Komponen *Engine* Motor Grader XCMG GR3005T Pro

Berdasarkan Gambar 3, dari 61 mode kegagalan yang dianalisis, empat komponen teridentifikasi sebagai komponen kritis: *solenoid fuel supply pump*, *oil pump*, *fuel supply pump*, dan *water pump*. Mode kegagalan pada *solenoid fuel supply pump* mendominasi risiko, sementara komponen lain seperti *oil pump* dan *water pump* juga menunjukkan nilai *RPN* tinggi yang memerlukan perhatian dalam tindakan pemeliharaannya.

3.4 Penentuan Tindakan Perawatan Pada Komponen Kritis *Engine* dengan *RCM II Decision Diagram*

Tindakan perawatan dirancang menggunakan *RCM II Decision Diagram* untuk setiap komponen kritis, dengan mempertimbangkan konsekuensi operasional dan fungsi komponen yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Maintenance Task RCM II*

<i>Failure Mode</i>	<i>Consequence Evaluation</i>	<i>Proposed Task</i>	<i>Initial Interval</i>	<i>Can be done by</i>
<i>Fuel Supply Pump</i>				
<i>Fuel supply pump broken</i>	<i>Scheduled Condition</i>	<i>On-Task:</i> Lakukan pengujian tekanan bahan bakar menggunakan <i>fuel pressure gauge</i> setiap 500 jam. Jika tekanan di bawah ambang batas operasional, lakukan penggantian.	500 jam	Mekanik
	<i>Operational Consequences</i>	<i>Discard Task:</i> Ganti <i>fuel supply pump</i> sebelum mencapai umur pakainya pada 4000 jam kerja.	4000 jam	Mekanik
<i>Solenoid Fuel Supply Pump</i>				
<i>Socket solenoid fuel supply pump broken</i>	<i>Operational Consequences</i>	<i>Scheduled On-Task:</i> Lakukan pengecekan visual pada fisik soket. Jika terdapat retak, leleh, atau pin longgar, segera ganti soket	Daily	Mekanik
<i>Socket solenoid fuel supply pump kotor</i>	<i>Operational Consequences</i>	<i>Scheduled On-Task:</i> Lakukan pemeriksaan pada <i>socket solenoid fuel supply pump</i> setiap 250 jam serta lakukan pembersihan apabila kotor.	250 jam	Mekanik
<i>Solenoid fuel supply pump broken</i>	<i>Operational Consequences</i>	<i>Scheduled On-Task:</i> Lakukan pengujian resistansi kumparan <i>solenoid</i> setiap 500 jam menggunakan multimeter. Bandingkan nilai resistansi dengan nilai standar dari spesifikasi pabrik. Jika resistansi di luar toleransi (misalnya menyimpang $\pm 10\%$ dari spesifikasi), maka <i>solenoid</i> dikategorikan dalam kondisi abnormal dan harus segera diganti.	500 jam	Mekanik

Tabel 3. *Maintenance Task RCM II (lanjutan)*

<i>Failure Mode</i>	<i>Consequence Evaluation</i>	<i>Proposed Task</i>	<i>Initial Interval</i>	<i>Can be done by</i>
Water Pump				
Water pump broken	Operational Consequences	<i>Scheduled Condition Task:</i> Lakukan observasi suhu operasional dan kebocoran coolant secara visual saat inspeksi harian. Jika sering terjadi <i>overheat</i> , segera lakukan uji sirkulasi dan penggantian komponen.	Daily	Mekanik
		<i>Scheduled Discard Task:</i> Ganti <i>water pump</i> sebelum mencapai umur pakainya pada 4000 jam	4000 jam	Mekanik
Oil Pump				
Oil pump broken	Operational Consequences	<i>Scheduled On-Condition Task:</i> Uji tekanan oli saat mesin hidup. Jika tekanan rendah, periksa saluran, filter, dan lakukan penggantian pompa bila pompa sudah tidak mampu untuk mengalirkan oli ke seluruh bagian mesin.	1000 jam	Mekanik

Berdasarkan Tabel 3, pendekatan ini menghasilkan delapan rekomendasi tindakan pemeliharaan: enam inspeksi berkala (*scheduled on-condition tasks*) dan dua penggantian terjadwal (*scheduled discard tasks*). Tindakan meliputi:

- Pemeriksaan tekanan bahan bakar untuk *fuel supply pump* setiap 500 jam dan penggantian setiap 4000 jam.
- Pengecekan visual harian dan pembersihan rutin pada *solenoid fuel supply pump*.
- Pengujian resistansi solenoid setiap 500 jam untuk mendeteksi penurunan fungsi kelistrikan.
- Observasi suhu kerja dan potensi kebocoran pada *water pump* serta penggantian setelah 4000 jam.
- Pengujian tekanan oli untuk *oil pump* setiap 1000 jam guna memastikan pelumasan optimal.

Penerapan strategi ini memungkinkan kegiatan pemeliharaan dilakukan secara terstruktur dan berbasis kondisi, yang pada akhirnya dapat mengurangi *downtime*, memperpanjang umur komponen, serta menjaga performa dan ketersediaan unit motor grader di lapangan [11,12].

4. KESIMPULAN

Sebanyak 63 mode kegagalan berhasil diidentifikasi pada 23 komponen sistem *engine* motor grader XCMG GR3005T Pro, dengan *solenoid fuel supply pump* tercatat sebagai komponen dengan jumlah kerusakan tertinggi. Berdasarkan analisis *FMEA*, empat komponen utama yang dikategorikan sebagai kritis meliputi *solenoid fuel supply pump*, *oil pump*, *fuel supply pump*, dan *water pump*. Melalui pendekatan *RCM II*, ditetapkan delapan tindakan perawatan, terdiri dari enam inspeksi berkala (*on-condition tasks*) dan dua penggantian terjadwal (*discard tasks*), untuk mencegah kegagalan fungsi dan mengurangi waktu henti operasional.

REFERENSI

- [1] R. A. S. T. U. Maspuroh, "Optimalisasi Cycle Time Alat Angkut Dump Truck Cge37084r Untuk Pencapaian Target Produktivitas Pengangkutan Batubara Di Pt Wahana Bandhawa Kencana Site Pt Bara Alam Utama Lahat, Sumatera Selatan," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. 23, pp. 656–664, 2023.
- [2] Y. P. A. Rumbyarso, *Kajian Peralatan Berat Pada Proyek Konstruksi*. 2023. [Online]. Available: <https://repository.unkris.ac.id/id/eprint/1947/1/BukuReferensi%28TahunAkademik2022%29.pdf>
- [3] A. S. Y. M. K. A. C. Iskandar, "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Fasilitas Produksi Kain," *J. Telemat.*, vol. 8, no. 1, p. 8, 2013, doi: 10.61769/telematika.v8i1.64.
- [4] M. I. Maulana, "Analisis Perawatan dan Perbaikan Mesin Carding dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)," vol. 3, no. 1, pp. 13–24, 2025.
- [5] A. P. D. F. Achmadi, "Analisa Komponen Kritis Dan Penerapan Reliability Centered Maintenance II (RCM II) (Studi Kasus: Gas Turbine Compressor (GTC) Pada Fasilitas Eksplorasi Dan Produksi Lepas Pantai PT. X)," *Pros. Senastitan (Seminar Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan)*, vol. 2, no. Rcm Ii, pp. 540–546, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/view/2445/2142>
- [6] E. D. Suminta, "Implementasi Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii Pada Close Cooling Water System Pembangkit Listrik Tenaga Uap," pp. 1–332, 2020, [Online]. Available: [file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/217QQ4ST/04211640000022_Undergraduate_Thesis\[1\].pdf](file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/217QQ4ST/04211640000022_Undergraduate_Thesis[1].pdf)
- [7] Ridho Nando Wicaksono, "Stamping Dengan Metode Reliability," no. Rcm Ii, 2023.

- [8] D. H. Stamatis, *Failure mode and effect analysis*. 2003.
- [9] A. V. Prasmoro and S. Hasibuan, "Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat Dalam Rangka Produktifitas Dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur," *Operations Excellence*, vol. 10, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [10] A. Daryus, "Manajemen Perawatan Mesin Produksi," 2019.
- [11] Samudera, M. C. (2025). Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Age Replacement dalam Penentuan Preventive Maintenance pada Mesin Beacocks II (Studi Kasus: PT. ABC) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [12] Wijaya, J., Pelu, M. I. S., Sunardi, S., Amalia, D., & Suprihartini, Y. (2025). Peran Pemeliharaan Preventif dalam Menjaga Kinerja dan Umur Genset: Studi Kasus di Politeknik Penerbangan Palembang. *SKY EAST: Education of Aviation Science and Technology*, 3(2), 345-356.