



**PENCEGAHAN KERUSAKAN BERAT PADA HAUL TRUCK DENGAN REAL-TIME
CONDITION MONITORING STUDI KASUS PT KALTIM PRIMA COAL**

¹⁾ **Bustanil Arifindan** ²⁾ **Ilham Mubaroq**

¹⁾ *Condition Monitoring Coordinator, PT Kaltim Prima Coal,*

²⁾ *Reliability Specialist, PT. Modular Mining Indonesia*

Artikel masuk : 11-04-2022 , Artikel diterima : 29-08-2022

Kata Kunci: *Real-time
Condition Monitoring,
Predictive Maintenance,*

Keywords: *Real-time
Condition Monitoring,
Predictive Maintenance*

ABSTRAK

Upaya pencegahan kerusakan komponen pada haul truck dilakukan untuk menjaga tingkat ketersediaan peralatan yang tinggi dan menurunkan biaya perawatan alat. *Real-time Condition Monitoring* (RTCM) bertujuan untuk mendeteksi masalah lebih dini sehingga kerusakan berat dapat dihindari, khususnya kondisi dimana komponen akan mengalami kerusakan berat dalam waktu singkat, seperti masalah engine oil. Untuk mengelola RTCM, PT Kaltim Prima Coal memasang perangkat Maintenance Management System yang terintegrasi dengan *Fleet Management System* pada alat beratnya. Sistem memonitor status kesehatan dan informasi operasional secara menerus pada alat berat yang sedang bekerja di lapangan. Sistem memberikan peringatan secara real-time, kemudian secara remote dapat dianalisis penyebabnya untuk ditindaklanjuti. *Truck* dapat diarahkan untuk segera berhenti di lokasi aman sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah, untuk dilakukan pengecekan dan perbaikan. *User-defined event* dengan kriteria yang lebih ketat lalu dibuat agar kerusakan yang sama dapat dideteksi lebih dini. Setiap pendeteksian dini kerusakan menghindarkan tim dari penggantian engine tidak terencana, memberikan manfaat penghematan biaya sekitar US\$228.000, durasi perbaikan yang cepat, memperpanjang umur komponen, dan mengeliminasi risiko keselamatan kerja di lapangan. Hal ini mendukung strategi agar biaya dan downtime tidak terencana menjadi lebih rendah sehingga perusahaan lebih optimal dalam mengelola biaya operasional ditengah kondisi harga batu bara yang fluktuatif.

Doi : <https://doi.org/10.36986/impj.v3i2.51>

Abstract

Efforts to prevent damage to components on haul trucks are carried out to maintain a high level of equipment availability and reduce equipment maintenance costs. Real-time Condition Monitoring (RTCM) aimed to detect problems early and avoid serious damage, especially where components will experience severe damage in a short time, such as engine oil problems. To manage RTCM, PT Kaltim Prima Coal installed a Maintenance Management System that is integrated with Fleet Management System. The system monitors health status and operational information continuously on heavy equipment that is working in the field. The system provides real-time warnings and can be analyzed remotely for follow-up. Trucks can be directed to immediately stop at a safe location, before more serious damage occurs, for inspection and repair. User-defined events with more stringent criteria are then created so that the same problem can be detected earlier. Any early detection of a fault saves the team from unplanned engine replacements, providing the benefits of cost savings of approximately US\$228,000, fast repair duration, extending component life, and eliminating safety risks in the field. This supports the strategy to lower unplanned costs and downtime so that the company is more optimal in managing operational costs in the midst of fluctuating coal prices.

PENDAHULUAN

Pada operasional pertambangan batu bara terbuka haul truck (atau heavy dump truck)

merupakan model alat berat dengan populasi terbesar, dan berperan penting dalam upaya mencapai target produksi. Haul truck digunakan untuk memindahkan material ke berbagai lokasi di area tambang melewati jalan tambang (haul road).

Haul truck selalu dilakukan pemeliharaan (maintenance) agar dalam kondisi prima untuk memastikan kapasitas operasi penuh (full operating capacity) dapat terealisasi dengan ketersediaan alat (availability) yang tinggi. Kerusakan berat komponen utama haul truck mengakibatkan waktu henti (downtime) yang lama, sehingga berpengaruh pada kehilangan produksi akibat turunnya availability alat berat.

Industri pertambangan batu bara sangat terpengaruh dengan fluktuasi dari harga komoditas, sehingga upaya untuk mengelola biaya produksi secara optimal sangat kritis dalam menjaga tingkat keuntungan. Operasi pertambangan mengandalkan alat berat dalam jumlah besar untuk menjalankan proses produksinya, biaya yang terkait pemeliharaannya menjadi komponen signifikan dari total biaya produksi pertambangan, umumnya sekitar 40% dari biaya operasi tahunan. Biaya perawatan alat berat ini umumnya juga merupakan biaya yang paling dapat dikontrol dibandingkan biaya lainnya. Dengan menerapkan strategi pemeliharaan secara proaktif (proactive maintenance strategy) biaya pemeliharaan alat dapat menurun dan lebih terprediksi dibandingkan secara reaktif (modularmining.com, 2021).



Gambar 1. Distribusi biaya pertambangan secara umum (sumber gambar: Modular Mining)

Strategi pemeliharaan yang tepat selain dapat mengontrol biaya juga memainkan peran kunci dalam memastikan tingginya availability dan pemanfaatan (utilization) dari haul truck.

Seiring dengan perkembangan teknologi alat berat yang semakin kompleks saat ini, dan semakin dianggap penting kebutuhan untuk penerapan strategi proactive maintenance oleh

perusahaan, penerapan strategi pemeliharaan terkini mengarah ke pengembangan pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance* atau disebut juga *condition monitoring*).

Menurut McCarthy, B., *condition monitoring* digunakan untuk mendeteksi kesehatan peralatan dan mengidentifikasi unit yang memiliki masalah atau dalam tahap awal gejala kerusakan. *Condition monitoring* berperan dalam mengurangi *downtime* tidak terencana, memperpanjang umur pakai, dan mengoptimalkan proses perencanaan pemeliharaan alat dengan mengidentifikasi degradasi atau gejala dari degradasi suatu alat. Metode yang umumnya digunakan dalam pemeliharaan alat berat adalah:

- Analisis pelumas (*oil analysis*)
- Analisis getaran (*vibration analysis*)
- Termografi
- *Ultrasound*
- *Real-time condition monitoring* (atau disebut juga *on board health monitoring*)

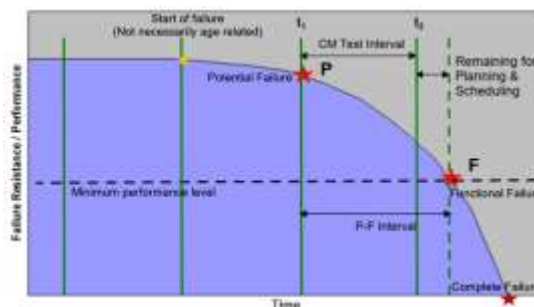
Menurut Alla, H.R., *Real-time condition monitoring* (RTCM) adalah kemampuan untuk melakukan pemantauan kondisi alat secara waktu nyata (*real-time*) dan memiliki kemampuan untuk memberi peringatan (*alarm*) pada tim maintenance dan operasional terhadap kondisi abnormal yang sedang terjadi. *Alarm* ini dapat digunakan sebagai indikasi adanya masalah, dan jika tindakan perbaikan yang sesuai dapat dilakukan secara cepat dapat memberikan penghematan yang signifikan dari *downtime* dan biaya perbaikan.

PT Kaltim Prima Coal (KPC) telah menggunakan MineCare® *Maintenance Management System* dalam menjalankan proses *real-time condition monitoring* pada alat beratnya. Lebih dari 260 *haul truck* terkoneksi dengan MineCare® dengan beragam model dari berbagai *original equipment manufacturer* (OEM) yaitu, Komatsu HD785-7, Caterpillar 785B, Caterpillar 789 B/C/D, Hitachi Euclid EH4500 dan Hitachi Euclid EH5000. Sistem MineCare® yang digunakan terintegrasi dengan DISPATCH® *Fleet Management System*, sehingga tim *condition monitoring* dapat dengan mudah mengetahui konteks operasional alat ketika suatu peringatan atau degradasi terdeteksi.

Peneliti berupaya untuk melakukan aktivitas *continuous improvement* dengan tujuan agar proses *real-time condition monitoring* dapat mendeteksi degradasi pada alat lebih dini, agar kerusakan berat pada komponen utama haul truck dapat dihindari yang hasilnya adalah penghematan *downtime* dan biaya perbaikan yang tidak terencana.

METODOLOGI PENELITIAN

Condition monitoring dilakukan secara efektif jika, saat alat ditemukan dalam keadaan rusak, memiliki waktu yang cukup agar tindakan perbaikan yang efektif dapat dilakukan. Tindakan perbaikan yang efektif meliputi perencanaan pekerjaan (*planning*), pengadaan suku cadang (*parts procurement*) penjadwalan pekerjaan (*scheduling*) dan eksekusi pekerjaan.



Gambar 2. Kurva P-F (sumber gambar: Modular Mining)

Berdasarkan McCarthy, B., Kurva P-F pada Gambar 2 dapat menggambarkan dengan baik proses terjadinya sebuah kerusakan/kegagalan pada peralatan. Selama umur pakainya, sebuah

peralatan akan bekerja sesuai level performa yang diharapkan (sesuai spesifikasinya). Kemudian ketika kegagalan dimulai (*start of failure*), peralatan akan mengalami penurunan

kemampuan dalam memenuhi fungsi dari level performa yang diharapkan. Pada titik P (*potential failure*), kegagalan mulai dapat dideteksi melalui inspeksi atau metode *condition monitoring* tertentu, hingga akhirnya level performa peralatan akan mencapai titik F (*functional failure*), dimana peralatan tidak dapat berfungsi sesuai level yang diharapkan.

Setiap peralatan dan komponennya akan memiliki bentuk kurva P-F dan interval P-F (durasi dari P ke F) yang bervariasi, bergantung pada mode kegagalannya (*failure mode*). Mode kegagalan pada komponen elektrik umumnya akan memiliki interval P-F yang pendek, sementara komponen struktur (*frame*) dapat lebih lama. Untuk mode kegagalan yang sama bahkan akan memiliki perbedaan interval P-F bergantung pada kondisi operasinya. Hal ini sangat berkaitan khususnya di alat berat pada operasi pertambangan, seperti *haul truck* yang beroperasi dengan siklus beban (*duty cycle*) yang sangat bervariasi.

Pemahaman terhadap interval P-F memainkan peran penting dalam membuat program *condition monitoring*. Agar program *condition monitoring* dapat sukses, dibutuhkan prasyarat sebagai berikut:

- Mode kegagalan harus menunjukkan penurunan performa yang dapat diprediksi
- Ada satu parameter atau indikator yang mencerminkan kondisi penurunan performa
- Ada metode pengujian atau pengukuran *condition monitoring* (*CM test*) yang dapat mendeteksi parameter tersebut
- *CM test* dapat dilakukan dalam waktu yang cukup pendek dalam mendeteksi kegagalan dan dapat dilakukan secara praktis (*practical*)
- Setelah kegagalan terdeteksi atau diberikan peringatan, masih tersedia waktu yang memadai untuk bereaksi dan menjalankan tindakan perbaikan yang efektif.

Gambar 2 menggambarkan kasus dimana program *condition monitoring* mendeteksi kegagalan pada saat t_2 , menyisakan waktu yang pendek untuk melakukan *planning* dan

scheduling pekerjaan perbaikan sebelum alat mengalami kegagalan operasi. Interval *CM test* yang lebih pendek memungkinkan kegagalan dapat terdeteksi lebih awal (mendekati titik P) sehingga waktu untuk *planning* dan *scheduling* dapat lebih panjang agar proses perencanaan perbaikan, pembelian suku cadang dan penjadwalan yang lebih optimal dapat dilakukan, dengan demikian kehilangan produksi akibat *downtime* yang lama dapat dihindari.

Efektifitas interval *CM test* dibatasi oleh interval P-F dari mode kegagalan komponen yang dimonitor dan lamanya waktu mendapatkan hasil *CM test*. Jika interval P-F terlalu pendek, maka interval *CM test* menjadi tidak mungkin atau tidak praktis dilakukan (*CM test* dengan interval pendek selain menyulitkan juga berakibat pada *downtime* peralatan yang lebih banyak). Jika waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil *CM test* terlalu lama maka kegagalan operasi sudah terjadi saat proses *planning* dan *scheduling* atau bahkan sebelum hasil *CM test* didapatkan. Umumnya interval *CM test* hanya dapat dilakukan mengikuti jadwal *Preventive Maintenance (Periodic Service)* pada alat berat yaitu sekitar 250 jam operasi *engine*.

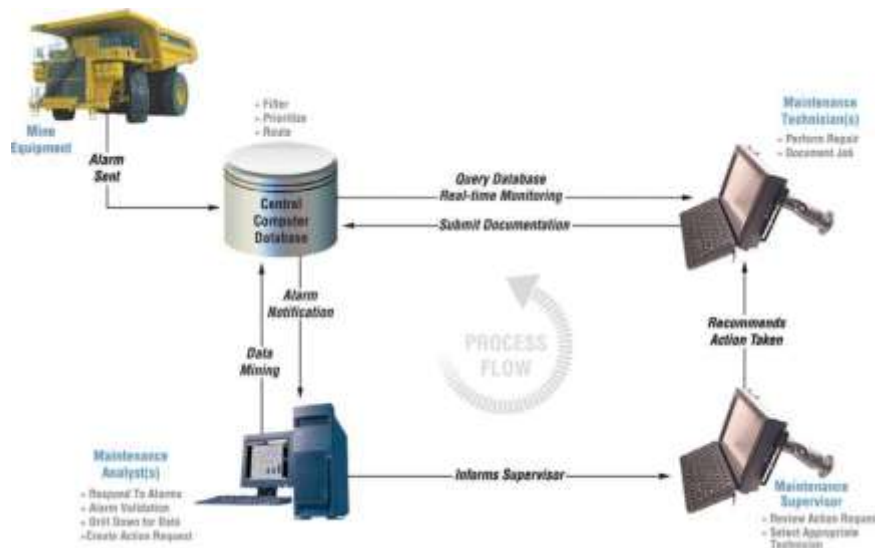
Untuk mengetahui interval P-F sebuah komponen dapat dilakukan dengan mempelajari data kegagalan sebelumnya, atau mengandalkan pengetahuan teknisi dan pembuat peralatan. Tantangan yang umumnya dihadapi tim *maintenance* alat berat dalam menerapkan program *CM test* tradisional, seperti metode analisis pelumas, adalah menentukan solusi *condition monitoring* yang mumpuni (metoda dan interval *CM test*) dalam mendeteksi *potential failure* (titik P), yang didukung oleh tersedianya rekam data yang konsisten mengenai kegagalan sebelumnya untuk mengetahui pengaruh dari variabilitas operasi pertambangan.

Real-time condition monitoring (RTCM) merupakan metode *CM test* terkini yang dapat mendeteksi degradasi performa pada alat berat. MineCare® sebagai sistem RTCM pada alat berat di KPC memiliki kemampuan menjalankan pemantauan dari jauh (*remote monitoring*) melalui perangkat yang terpasang di alat berat (*mobile device*) yang terhubung

dengan komputer pusat (*central computer*) melalui komunikasi nirkabel (*wireless communication*) (lihat Gambar 3). Hal ini memungkinkan sistem memberikan notifikasi adanya peringatan (*alarm* atau *event*) secara *real-time* kepada *maintenance analyst* (bagian dari tim *condition monitoring*) saat kondisi degradasi terdeteksi. *Event* ini terpicu ketika parameter yang dimonitor melewati ambang batas (*threshold/limit*) yang ditentukan pembuat peralatan (*original equipment manufacturer/OEM events*) atau ambang batas yang ditentukan secara *custom* oleh pengguna (*user defined function/UDF events*). *Event* seperti ini dapat diprogram *logic*-nya oleh *maintenance analyst* untuk mendeteksi pelanggaran ambang batas dan dapat disertai parameter terkait operasi untuk validasi. Kemampuan *remote diagnostic* pada sistem MineCare® memungkinkan *maintenance analyst* terhubung dengan peralatan dan memantau nilai dari parameter terkait dan

status operasinya secara *real-time*. Informasi kondisi peralatan yang sudah divalidasi kemudian dapat diteruskan ke *maintenance supervisor* dan *maintenance technician* untuk dilakukan tindakan perbaikan, data terkait nilai parameter dan *alarm* juga dapat diakses oleh tim yang melakukan perbaikan, sehingga memudahkan saat pengerjaan.

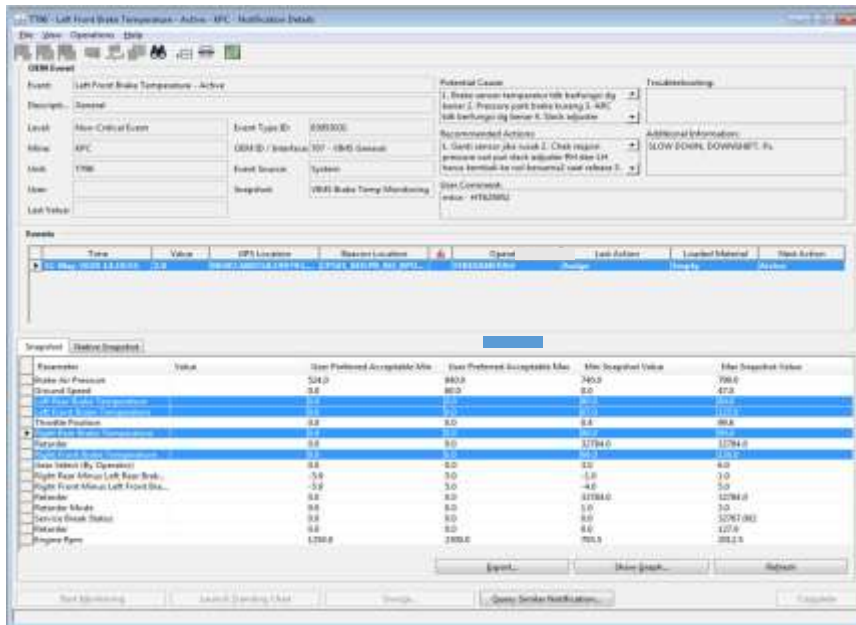
Sistem MineCare® juga memiliki kemampuan untuk melakukan pengumpulan data sesuai permintaan (*on-demand data collection*) untuk keperluan analisis mendalam pada kondisi alat, misalnya digunakan untuk mengambil data parameter historis untuk analisis tipikal nilai ambang batas yang spesifik terjadi di *site* (*site-typical threshold*) atau digunakan untuk proses investigasi keselamatan operasi. Semua fungsi tersebut dilakukan dalam platform perangkat lunak yang terintegrasi untuk proses analisis dan penyimpanan data yang konsisten.



Gambar 3. Alur proses informasi pada MineCare® 2 Maintenance Management (sumber gambar: Modular Mining)

Ketika terkonfigurasi dengan baik, OEM event dan UDF event dapat melakukan deteksi penurunan performa mendekati *potential failures* (titik P dalam interval P-F) untuk berbagai mode kegagalan. Karena alarm diterima dan dipantau dalam hitungan detik, maka tidak dibutuhkan waktu jeda (*interval*) dalam proses *CM test* ini. Kegagalan yang terdeteksi dalam proses RTCM terdokumentasi baik, membuat interval P-F dan mode kegagalan dapat diketahui datanya sehingga

perbaikannya dapat dikelola lebih proaktif dan efektif, dengan mengoptimalkan strategi pemeliharaan (*planning*, pengadaan suku cadang, *scheduling*, prosedur pengerjaan perbaikan) terhadap interval P-F. Informasi operasional alat juga dapat diakses dengan mudah, sehingga konteks operasi alat yang berkaitan dengan peringatan yang muncul dapat dianalisis (Gambar 4).



Gambar 4. Pemantauan peringatan secara *real-time*, dilengkapi status operasi dan nilai parameter

KPC memanfaatkan metode RTCM untuk mengurangi kerusakan pada komponen utama *haul truck*, pada penelitian ini difokuskan pada upaya untuk mendeteksi kerusakan *engine* pada *haul truck* yang disebabkan oleh masalah pada sistem pelumasan. Masalah pelumasan umumnya menyebabkan kerusakan berat yang mengakibatkan komponen *engine* di unit *haul truck* tidak dapat menjalankan fungsinya sesuai level performa yang diharapkan (*functional failure*), sehingga harus diganti dengan komponen *engine* baru. Dampaknya adalah pekerjaan perbaikan tidak terencana dengan biaya perbaikan sebesar lebih dari US\$200,000 dan *downtime* rata-rata 5 hari.

Masalah pelumasan pada *engine* umumnya mengakibatkan *engine jammed*, suatu kondisi dimana *engine* tidak dapat berputar dengan baik, sehingga tenaga yang dihasilkan dari proses pembakaran di *engine*, tidak dapat diteruskan ke sistem penggerak (*drivetrain*). Kondisi kerusakan seperti ini merupakan *functional failure* yang sulit untuk diperbaiki karena terjadi pada banyak komponen internal *engine*, sehingga diperlukan penggantian *engine* secara utuh (*engine assembly*).

Masalah pelumasan umumnya terjadi pada *engine* dengan umur operasi yang tinggi, dengan kemunculan acak dan tiba-tiba, hal ini disebabkan oleh berbagai faktor operasi yang mengakibatkan sistem pelumasan terganggu,

misalnya selang pelumas putus, filter oli bocor, dll. Kemunculannya yang acak dan tiba-tiba menunjukkan tingginya laju kegagalan pada mode kegagalan sebuah sistem pelumasan *engine* (interval P-F pendek) sehingga sulit dideteksi dengan metode *condition monitoring* standar (*visual inspection, performance testing, oil analysis*) yang memiliki interval *CM test* sesuai jadwal *periodic service*.

Program *condition monitoring* dengan menerapkan metode RTCM diharapkan dapat mengidentifikasi kegagalan pada sistem pelumasan komponen *engine* secara dini, sehingga perbaikan yang efektif dapat dilakukan sebelum terjadinya *functional failure* pada *engine*. Dampaknya adalah biaya perbaikan dan *downtime* yang lebih rendah, sehingga kehilangan produksi dapat diminimalkan. Selain itu proses RTCM diharapkan dapat mengeliminasi kegiatan diagnosa kerusakan pada unit *haul truck* di lapangan yang memiliki risiko keselamatan tinggi.

Tahapan yang dilakukan dalam menerapkan metode RTCM pada sistem pelumasan di komponen *engine* unit *haul truck* adalah:

- Melakukan konfigurasi pada MineCare agar dapat melakukan *on-demand data collection* pada parameter dan OEM event yang terkait dengan masalah pelumasan di *engine*.

- Melakukan analisis terhadap data historis kerusakan dan data alarm serta nilai parameter yang terkait kerusakan, untuk mengetahui efektifitas metode CM yang digunakan dan menentukan parameter yang dapat dimonitor untuk mendeteksi adanya degradasi pada sistem pelumasan.
- Melakukan analisis untuk mendapatkan *site-typical threshold* dari parameter yang akan di monitor, sehingga dapat mendeteksi degradasi sistem pelumasan secara dini (faktor pengaruh karakteristik mode kegagalan dan operasi yang unik per site).
- Melakukan konfigurasi pada MineCare agar dapat mengirimkan informasi *event* saat *site-typical threshold* tercapai, disertai dengan rekam data parameter terkait kerusakan agar memudahkan proses validasi.
- Menstandarkan prosedur tindak lanjut saat *event* muncul.
- Melakukan trial pada konfigurasi *event* dengan pemantauan 24 jam x 7 hari, kemudian saat muncul alarm di validasi efektifitasnya, dengan melakukan konfirmasi adanya masalah di *engine* melalui analisis pelumas dan inspeksi fisik pada *engine*.
- Menerapkan prosedur RTCM yang sama pada semua model truck.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum KPC menerapkan RTCM, performa sistem pelumasan dipantau berdasarkan:

- Peringatan (*event*) bawaan *original equipment manufacturer* (OEM *event*) yang muncul di *dashboard* kabin alat berat, peringatan ini berasal dari *on-board health controller* yang dimiliki alat berat (contohnya Komatsu VHMS/KomtraxPlus, Cat VIMS/PLE, Hitachi Contronics, dll.). Pemantauan peringatan di *dashboard* kabin dilakukan oleh operator alat berat, efektifitas dalam mengidentifikasi masalah pelumasan untuk mencegah kerusakan berat pada *engine* dipengaruhi oleh tingkat keterampilan operator dalam memahami peringatan yang muncul.

- Data historis dari *on-board health controller* secara berkala diunduh manual dan dianalisis bersamaan dengan prosedur inspeksi, dan penyetelan (*testing-adjusting*) yang dilakukan secara berkala sesuai jadwal *preventive maintenance service* (*periodic service*).

Pemantauan melalui metode diatas umumnya kurang efektif dalam mengetahui masalah pelumasan yang acak dengan laju kegagalan cepat. Sulitnya untuk mendeteksi masalah pelumasan mengakibatkan kerusakan berat pada *engine* masih sering terjadi.

Setelah RTCM diterapkan di unit KPC, semua *event* (disebut juga *alarm*) yang berasal dari *on-board health controller* dipantau secara *real-time* oleh tim *maintenance analyst* terpusat di kantor *maintenance workshop*. Dengan proses ini pemantauan *event*, khususnya terkait sistem pelumasan *engine*, yang sebelumnya mengandalkan pengetahuan dan keterampilan operator yang bervariasi dan dilakukan oleh personil yang memiliki keterampilan dan pengalaman yang tinggi dalam memahami peringatan yang muncul dan penyelesaian permasalahannya dengan efektif. Peringatan yang tidak muncul di *dashboard* kabin alat berat, yang sebelumnya didapatkan melalui pengunduhan manual saat *periodic service*, dapat dipantau secara *real-time* sehingga performa sistem pelumasan *engine* dapat dipantau dengan tingkat detail yang lebih baik dari sebelumnya.

Pada kasus masalah pelumasan *engine*, peneliti menemukan proses RTCM membantu dalam mengetahui efektifitas peringatan bawaan OEM (OEM *event*) yang diberikan oleh OEM *onboard machine controller*. Peneliti mengamati bahwa ada muncul kasus dimana terjadi *engine jammed*, dan hasil *failure analysis* menyatakan penyebab kerusakan adalah masalah pelumasan, namun tidak didapatkan peringatan OEM terkait.

On-demand data collection dikonfigurasi agar data parameter terkait masalah pelumasan *engine* secara menerus direkam. Peneliti menggunakan data ini dan data kerusakan untuk menganalisis lebih lanjut faktor yang dapat mengindikasikan adanya masalah pelumasan *engine*. *Site-typical threshold*

adalah nilai ambang batas dari parameter-parameter yang pada kondisi tertentu memiliki korelasi dengan adanya degradasi yang menimbulkan kerusakan secara umum di site. Data dalam satu bulan sebelum terjadinya *engine jammed* dianalisis dengan fokus pada data *engine oil pressure* dan *engine speed*.

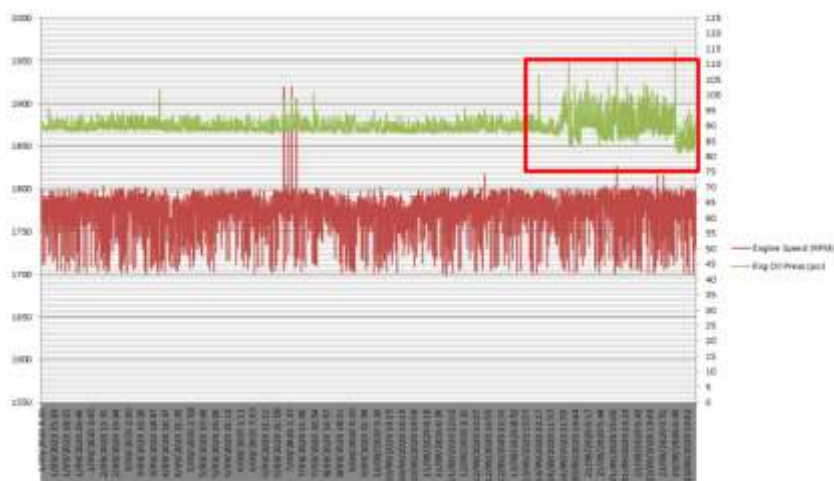
Tren nilai parameter *engine oil pressure* memiliki pola yang berubah dari biasanya, dalam 1 minggu menjelang kejadian kerusakan *engine*. Gambar 5 menggambarkan grafik pola data pada saat kondisi *engine speed* rendah, nilai rata-rata *engine oil pressure* berubah menjadi sekitar 6 psi lebih rendah. Pada saat kondisi *engine speed* tinggi, nilai *engine oil pressure* menjadi lebih berfluktuasi (simpangannya melebar), dengan rata-rata nilai

minimalnya hingga sekitar 5 psi lebih rendah (Gambar 6). Pola tren pada parameter ini digunakan sebagai indikasi adanya degradasi level performa sistem pelumasan *engine*, nilai yang diperoleh dari analisis kemudian disimpulkan dapat dijadikan acuan *site-typical threshold* untuk peringatan adanya masalah pelumasan *engine*.

Site-typical threshold yang didapatkan dari analisis data historis pengoperasian unit di *site* menjadi acuan dalam mengembangkan *user-defined function event (UDF event)*. Nilai acuan ini dapat disesuaikan kembali sesuai temuan dalam pengujian akurasi melalui proses *trial*. Prosedur *trial* wajib dilakukan sebelum sebuah proses ditetapkan sebagai solusi yang berhasil.



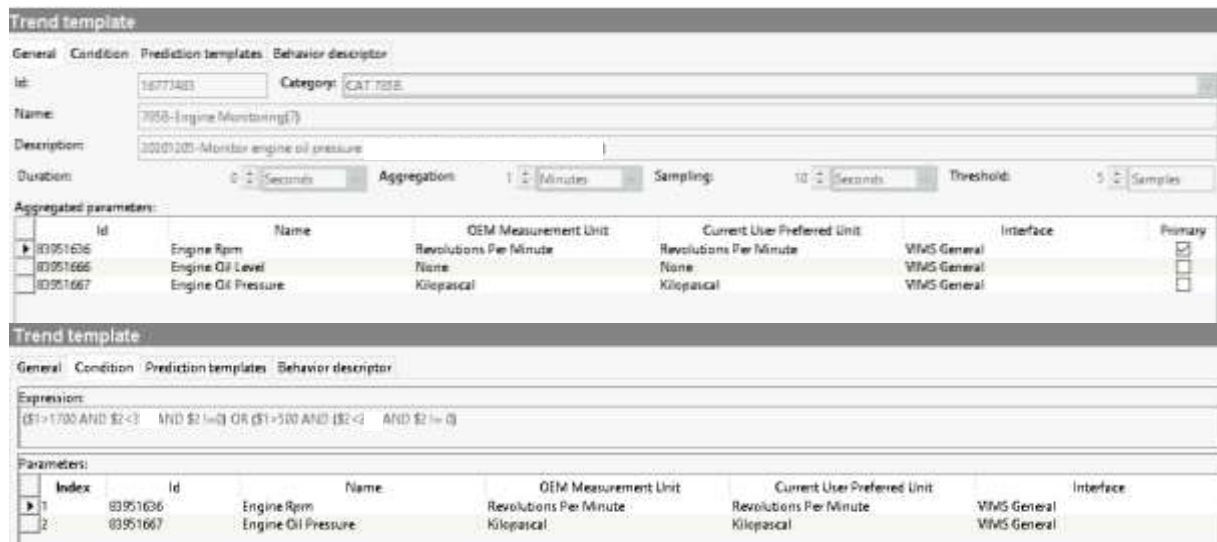
Gambar 5. *Engine oil pressure* rata-rata menjadi lebih rendah menjelang kerusakan (kotak merah) kondisi *engine speed* yang rendah



Gambar 6. *Engine oil pressure* berfluktuasi lebih lebar menjelang kerusakan (kotak merah) dikondisi *engine speed* yang tinggi

Program pemantauan RTCM untuk masalah pelumasan *engine* akan di-improve dari hanya mengandalkan *OEM event* menjadi ditambah *UDF event*. *UDF event* dengan nama “*Engine Monitoring (7)*” dibuat pada aplikasi Trend di sistem MineCare®, agar peringatan dapat diterima tim *maintenance analyst* saat *site-typical threshold* terlewati (Gambar 7). Prosedur tindak lanjut saat *UDF event* muncul

juga ditentukan pada tahap ini, pada kasus ini ditentukan bahwa tindak lanjutnya adalah melakukan segera analisis laboratorium terhadap sampel *engine oil* dan memeriksa aktual *engine oil pressure*. Prosedur *trial* lalu dilaksanakan dengan pemantauan selama 7x24 jam dan disertai proses iterasi untuk mempertajam akurasi.



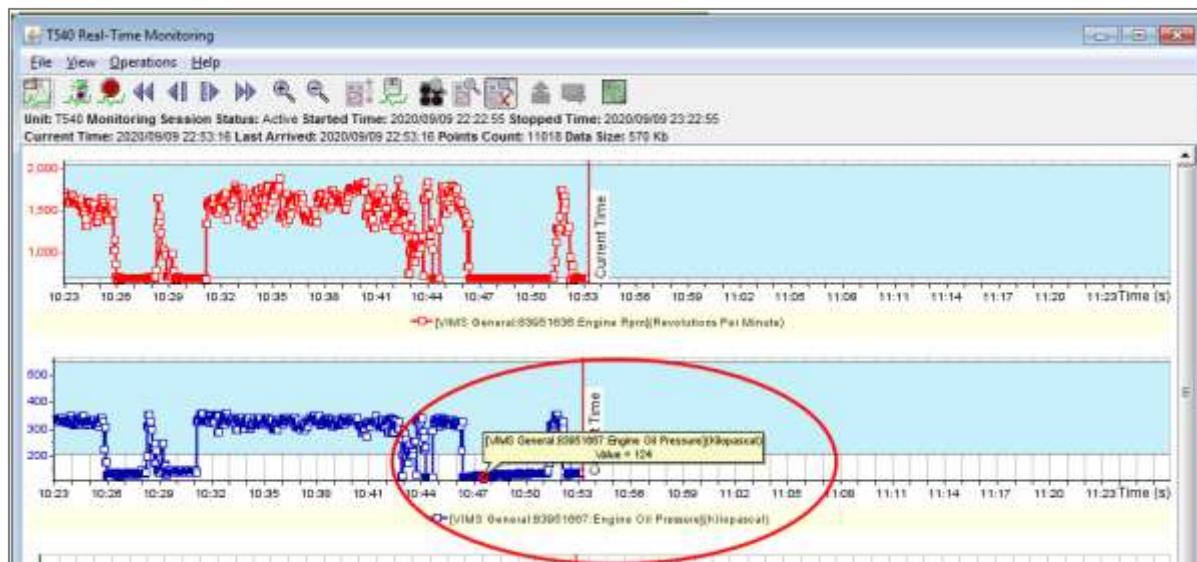
Gambar 7. Penerapan *user-defined function event (UDF event)* untuk mendeteksi degradasi secara *real-time*

Saat proses *trial* ditemukan bahwa *UDF event* yang dikembangkan dengan acuan *site-typical threshold* dapat mendeteksi penurunan tekanan oli mesin lebih awal. Tim *maintenance analyst* memantau peringatan *UDF event: Engine Oil Pressure at Hi* muncul di truk T540. Saat ditelusuri belum muncul peringatan bawaan dari alat (*OEM event*) yang terkait *low engine*

oil pressure sebelumnya (Gambar 8). *Maintenance analyst* melakukan diagnosa masalah lebih lanjut dengan segera memeriksa parameter *engine oil pressure* dan *engine speed* secara *real-time*. Hasil analisis *remote diagnostic* dengan cepat mengkonfirmasi adanya kondisi tekanan rendah pada *low engine speed* (Gambar 9).

Type	User	Unit	Event	Event Source	First	Last	Snapshot	Event Co...
OEM Event	CoMo3	T540	Parking Brake - Active	System	01-Sep-2020 21:26:30	01-Sep-2020 21:26:36	✓	2
OEM Event	CoMo3	T540	Low Steering Pressure - Active	System	02-Sep-2020 00:58:32	02-Sep-2020 00:58:32	✓	1
OEM Event	CoMo3	T540	Parking Brake - Active	System	02-Sep-2020 05:44:56	02-Sep-2020 05:45:38	✓	2
OEM Event	CoMo1	T540	Low Steering Pressure - Active	System	02-Sep-2020 06:40:29	02-Sep-2020 06:40:29	✓	1
OEM Event	CoMo1	T540	Body Up Ground Speed - Active	System	05-Sep-2020 00:40:38	05-Sep-2020 00:40:38	✓	1
OEM Event	CoMo3	T540	Parking Brake - Active	System	06-Sep-2020 16:09:34	06-Sep-2020 16:09:34	✓	1
OEM Event	admin	T540	Low Steering Pressure - Active	System	07-Sep-2020 12:06:45	07-Sep-2020 12:06:45	✓	1
OEM Event	CoMo1	T540	Low Steering Pressure - Active	System	08-Sep-2020 05:17:29	08-Sep-2020 05:17:29	✓	1
OEM Event	CoMo1	T540	Low Steering Pressure - Active	System	08-Sep-2020 05:17:55	08-Sep-2020 05:26:58	✓	7
OEM Event	CoMo1	T540	Low Steering Pressure - Active	System	08-Sep-2020 05:25:28	08-Sep-2020 05:25:28	✓	1
OEM Event	CoMo1	T540	Low Steering Pressure - Active	System	08-Sep-2020 05:28:46	08-Sep-2020 05:30:00	✓	3
OEM Event	CoMo2	T540	Aftercooler Level - Active	System	09-Sep-2020 12:36:42	09-Sep-2020 12:39:31	✓	2
OEM Event	CoMo2	T540	Aftercooler Level - Active	System	09-Sep-2020 12:36:56	09-Sep-2020 12:36:56	✓	1
OEM Event	CoMo2	T540	Aftercooler Level - Active	System	09-Sep-2020 12:37:17	09-Sep-2020 12:37:17	✓	1
OEM Event	admin	T540	Parking Brake - Active	System	09-Sep-2020 19:43:00	09-Sep-2020 19:43:00	✓	1
Trend Event	CoMo1	T540	Prediction - Engine Oil Press at Hi	System	09-Sep-2020 22:07:55	09-Sep-2020 22:07:55	✓	1

Gambar 8. Peringatan bawaan dari truk (*OEM event*) terkait masalah *engine oil* tidak muncul saat *Trend/UDF Event: Engine Oil Pressure at Hi* muncul



Gambar 9. Remote diagnostic mengkonfirmasi adanya low engine oil pressure

Maintenance analyst segera memberi informasi adanya kemungkinan masalah *engine oil* di unit *haul truck* T540 pada *maintenance supervisor*. *Maintenance supervisor* dan timnya akan menyelaraskan informasi adanya masalah (dan *criticality level*-nya) dengan jadwal *periodic service* unit tersebut dalam merencanakan dan menjadwalkan pelaksanaan perbaikan. Pada kasus kritis, seperti peringatan *engine oil pressure*, operator segera diarahkan untuk memarkir truk di tempat aman dan sesuai prosedur tindak lanjut tim *maintenance* melakukan analisis laboratorium secara mendesak terhadap sampel *engine oil*.

Analisis laboratorium *engine oil* melaporkan *engine oil* truk memiliki dilusi dengan bahan bakar sekitar 10% dan nilai viskositas yang rendah. Tim *maintenance* memeriksa mesin lebih lanjut dan ditemukan injektor no. 10 perlu perbaikan. Setelah proses perbaikan *engine* selesai, analisis laboratorium *engine oil* ulang kemudian dilakukan setelah 50 jam beroperasi dan dilaporkan kondisi *engine oil* menjadi baik, memastikan bahwa solusi perbaikan dapat menyelesaikan masalah.

Aktivitas *continuous improvement* yang dilakukan pada proses *condition monitoring* dengan pengembangan *UDF event* dapat disimpulkan mampu melakukan pendeteksian dini pada masalah *engine*. Manfaat utamanya adalah *engine* yang terpasang di truk masih

dapat diperbaiki dan dapat dilanjutkan umur pakainya. Hal ini disebabkan level performa alat baru sedikit menurun dan belum mencapai *functional failure*, dengan kondisi kerusakan yang minim maka memungkinkan dilakukan perbaikan untuk mengembalikan level performa *engine* sesuai spesifikasi.

Solusi tersebut mencegah penggantian mesin yang tidak direncanakan yang biasanya dibutuhkan sehingga menghasilkan penghindaran pengeluaran biaya komponen *engine* baru, senilai US\$228,000 dan durasi perbaikan yang lebih cepat (rata-rata 12 jam dari sebelumnya 5 hari, diperkirakan setara dengan produksi 3 ribu ton). Solusi ini juga mengeliminasi kebutuhan teknisi ke lapangan untuk diagnosis masalah, yang biasanya harus dilakukan di atas unit *haul truck* menjadi secara *remote*.

Hasil *trial* kemudian dianalisis dan divalidasi dalam beberapa waktu dan disimpulkan bahwa solusi *condition monitoring* ini *valid* dan memberikan nilai guna (*value in use*). Tim *maintenance analyst* kemudian mengimplementasikannya pada semua model *haul truck*. Hasilnya pada rentang Januari – Mei 2021 solusi ini dapat mencegah penggantian *engine haul truck* yang tidak direncanakan sebanyak 18 kali (lihat Tabel 1). Pencegahan pengeluaran biaya komponen baru dan *downtime* yang tidak terencana itu sangat membantu perusahaan dalam mengelola biaya operasional agar lebih optimal.

Tabel 1. Daftar pekerjaan perbaikan berdasarkan *UDF event: engine oil pressure monitoring* yang mencegah kerusakan berat *engine* pada *haul truck* pada rentang Januari – Mei 2021

Unit	Model	Deskripsi <i>Work Order</i>	Tanggal	Informasi pada <i>Work Order</i>
T743	CAT 789B	MCARE-ENGINE OIL PRESS ACTIVE-11818 HRS	21 Jan 2021	Win: Replaced Cyl Head No.8 And 12 Leaking
T532	CAT 785B	MCARE_ENG OIL PRESSURE LOW-3,819 HRS	23 Jan 2021	Win: Replaced Rocker Arm Cyl Head 12 (In & Exhaust) Broken
T785	CAT 789D	MCARE_ENG OIL PRESSURE LOW-25496 HRS	25 Jan 2021	Yes: Change Oil Engine & Filter Engine, Silica Medium Level
T754	CAT 789B	MCARE_ENG OIL PRESSURE LOW-16150 HRS	26 Jan 2021	Win: Replaced LR Turbo Charge Leaking
T853	EUCLI D EH4500	MCARE-ENG HIGH IDLE OIL PRESS LOW-12,821 HRS	30 Jan 2021	Yes: Replaced Engine Oil Filter and ROS Pump, Add Engine Oil
T8030	EUCLI D EH5000	MCARE-WTY ENG HI IDLE OIL PRESS LOW- 583 HRS	30 Jan 2021	Win: Replaced Ros Pump by MTU (Warranty)
T722	CAT 789B	MCARE-ENGINE HIGH IDLE OIL PRESSURE LOW	17 Feb 2021	Yes: Replaced Turbocharger
T853	EUCLI D EH4500	MCARE-ENGINE OIL PRESSURE LOW-13195 HRS	23 Feb 2021	Yes: Engine Oil Leaking (Base Filter) - Replaced Engine Oil Filter 4ea
T751	CAT 789B	MCARE_WTY ENGINE OIL PRESSURE LOW- 4515 HRS	01 Mar 2021	Win: Installed Injector, Rocker Arm, and Torque Bolt Injector 12
T8028	EUCLI D EH5000	MCARE-ENGINE OIL PRESSURE LOW-1,484 HRS	29 Mar 2021	Win: Repositioned Hose ROS Pump, Top Up Oil engine - Load Box Test (Warranty)
T8013	EUCLI D EH5000	MCARE-ENGINE OIL PRESSURE LOW-15,894 HRS	07 Apr 2021	Win: Repaired Wiring Cable ROS Pump, Leveling Engine Oil.
T8013	EUCLI D EH5000	MCARE-ENG LOW IDLE OIL PRESS LOW 15.944 HRS	10 Apr 2021	Win: Replaced ROS Pump - Cutting Filter -Check Harness
T869	EUCLI D EH4500	MCARE-ENGINE HIGH IDLE OIL PRESSURE LOW	17 Apr 2021	Win: Replaced ROS Pump and Add Oli
T516	CAT 785B	MCARE_ENG OIL PRESSURE LOW 16,141 HRS	22 Apr 2021	Win: Replaced Cylinder Pack No.06 Blowby
T741	CAT 789B	MCARE_ENG OIL PRESSURE LOW_4213 HRS	24 Apr 2021	Win: Replaced LR Turbo Chargers Leaks Coolant
T750	CAT 789B	MCARE-ENGINE OIL PRESSURE LOW-12,152 HRS	01 Mei 2021	Win: Engine Blowby, Leak Down Test Cyl (No 3 & 8 Leaks)

Unit	Model	Deskripsi <i>Work Order</i>	Tangga 1	Informasi pada <i>Work Order</i>
T8034	<i>EUCLI D EH5000</i>	<i>MCARE - ENGINE OIL PRESS LOW - 14,512 HRS</i>	05 Mei 2021	<i>Win: Replaced Base Filter</i>
T860	<i>EUCLI D EH4500</i>	<i>MCARE-ENGINE OIL PRESSURE LOW-12,462 HRS</i>	06 Mei 2021	<i>Win: Replaced Stud Thread Engine Oil Filter & Oil Filter - Add Oil Engine</i>

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Proses RTCM yang dilakukan secara menerus mengisi celah pada metode *condition monitoring* lainnya yang membutuhkan waktu jeda (*interval*) dalam pelaksanaannya. Hal ini sangat bermanfaat dalam memantau kerusakan alat dengan laju kegagalan cepat, seperti masalah pelumasan di *engine*.
2. Proses RTCM dapat mengidentifikasi efektifitas dari peringatan bawaan dari pembuat alat (*OEM Event*) dan mengembangkan proses pendeteksian dini pada penurunan performa alat yang lebih baik dengan pembuatan peringatan yang disesuaikan (*user-defined*) berdasarkan hasil analisis *site-typical threshold*.
3. Proses *real-time condition monitoring* (RTCM) yang dilakukan pada sistem pelumasan *engine haul truck* dapat mencegah terjadinya kerusakan parah (*functional failure*) pada komponen *engine* sebanyak 18 kali pada periode Januari – Mei 2021. Pencegahan ini membuat KPC dapat memperpanjang umur pakai *engine*, menghindari biaya penggantian komponen *engine* baru dan *downtime* tidak terencana

yang lama, dan mengeliminasi risiko keselamatan kerja di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada PERHAPI penyelenggaraan TPT XXX 2021, Manajemen KPC khususnya *Mining Support Division* yang telah memberikan dukungannya untuk pelaksanaan aktivitas dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan memberikan hasil yang positif dan kepada tim Modular Mining Indonesia yang telah memberikan pendampingannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alla, H.R., Hall, R., dan Apel, D.B., (2020): Performance evaluation of near real-time condition monitoring in haul trucks, *International Journal of Mining Science and Technology*, 30, 909 – 915.
- McCarthy, B., dan Hara, H., (2006): Real-time condition monitoring for mobile mine equipment, *Modular Mining Systems, Inc.*, 3-7.
- Data distribusi biaya pertambangan secara umum, diperoleh melalui situs internet: <https://www.modularmining.com/our-solutions/maintenance-reliability/>. Diunduh pada tanggal 9 Agustus 2021.