

**REAL TIME HAUL ROAD CONDITION MONITORING
STUDI PT KALTIM PRIMA COAL**

¹⁾ **Bustanil Arifin*** dan ²⁾ **Ilham Mubarog**

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

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

*E-mail: Bustanil.Arifin@kpc.co.id

Artikel masuk : 11-11-2022 , Artikel diterima : 28-11-2022

Kata kunci: Haulroad
Maintenance, Real-time
Condition Monitoring

Keywords: Haulroad
Maintenance, Real-time
Condition Monitoring

ABSTRAK

Kondisi jalan tambang selalu dilakukan pemeliharaan agar operasional pengangkutan material tambang dapat berjalan optimal dan aman. Kondisi jalan tambang yang buruk dapat menurunkan produktivitas alat, menaikkan biaya operasi dan pemeliharaan pada haul truck, serta menjadi potensi bahaya. Proses pemantauan kondisi jalan tambang umumnya dilakukan secara manual, melalui inspeksi fisik langsung di lapangan. Teknologi Real-time Condition Monitoring (RTCM) mampu memantau kondisi operasi truk angkut secara real-time dari jauh, termasuk parameter yang erat hubungannya dengan kondisi jalan seperti tekanan suspensi. Tekanan suspensi memiliki standar yang digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan kondisi operasi haul truck, melalui pengukuran nilai Rack, Pitch, dan Bias. Sistem RTCM dikembangkan agar mampu memantau nilai tersebut secara real-time dan memberikan notifikasi ketika terjadi nilai yang melebihi ambang batas, menandakan kondisi kelebihan beban pada rangka haul truck, yang umumnya disebabkan kondisi jalan yang buruk. Tim Condition Monitoring dapat segera memverifikasi kondisi tersebut untuk kemudian menyampaikannya ke tim pemeliharaan jalan mengenai kemungkinan segmen jalan yang kondisinya buruk. Pemantauan kondisi jalan secara remote dan real-time membantu mengetahui kondisi dan perbaikan jalan yang lebih cepat, yang membantu upaya optimalisasi operasional pertambangan.

ABSTRACT

Mine road conditions are always maintained so that mining material transportation operations can run optimally and safely. Poor mining road conditions can reduce equipment productivity, increase operating and maintenance costs on haul trucks, and become a potential hazard. The process of monitoring mine road conditions is generally done manually, through direct physical inspections in the field. Real-time Condition Monitoring (RTCM) technology can remotely monitor the operating conditions of haul trucks in real-time, including parameters that are closely related to road conditions such as suspension pressure. Suspension pressure has a standard that is used to determine the severity of haul truck operating conditions, through measuring the Rack, Pitch, and Bias values. The RTCM system was developed to be able to monitor this value in real-time and provide notifications when a value exceeds the threshold, indicating an overload condition on the haul truck frame, which is generally caused by poor road conditions. The Condition Monitoring Team can immediately verify the condition and then submit it to the road maintenance team regarding the possibility of a road segment that is in bad condition. Remote and real-time monitoring of road conditions helps determine road conditions and repairs more quickly, which helps in optimizing mining operations.

PENDAHULUAN

Pada operasional pertambangan batu bara terbuka *haul 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*).

Kondisi jalan tambang sangat berhubungan

dengan performa *haul truck*, baik dari sisi pengoperasian maupun kesehatan *haul truck*. Kondisi jalan tambang akan berdampak langsung pada kesehatan *haul truck*, *tire*, biaya operasi, konsumsi *fuel* dan aspek *safety*. Penurunan kondisi jalan tambang juga akan berdampak langsung pada *cycle time haul truck* sehingga durasi/siklus operasi akan semakin lama sehingga berdampak pada target produksi yang tidak tercapai.

Pengawasan jalan tambang di area PT. Kaltim Prima Coal saat ini dilakukan dengan melakukan observasi langsung oleh pengawas lapangan bersama tim *Maintenance*. Demikian pula durasi pengecekan dilakukan sebulan sekali. Sehingga metode tersebut belum efektif untuk menjaga kondisi jalan tambang.

PT. Kaltim Prima Coal (KPC) melalui Departemen *Maintenance System*, bagian *Reliability & Condition Monitoring* mengembangkan *Real-time Haul Road Monitoring System* dengan menggunakan sistem *Real-time condition monitoring* (RTCM). Lebih dari 260 *haul truck* terkoneksi dengan sistem RTCM KPC 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 RTCM yang digunakan terintegrasi dengan *Fleet Management System* (FMS), sehingga tim *condition monitoring* dapat dengan mudah mengetahui konteks operasional alat ketika suatu peringatan atau degradasi terdeteksi.

Peneliti berupaya untuk melakukan aktivitas *continues improvement* dengan tujuan agar proses *real-time condition monitoring* dapat mendeteksi kondisi jalan tambang lebih dini, agar kerusakan *haul truck* dapat dihindari serta operasi pertambangan dapat berjalan dengan baik dan efisien.

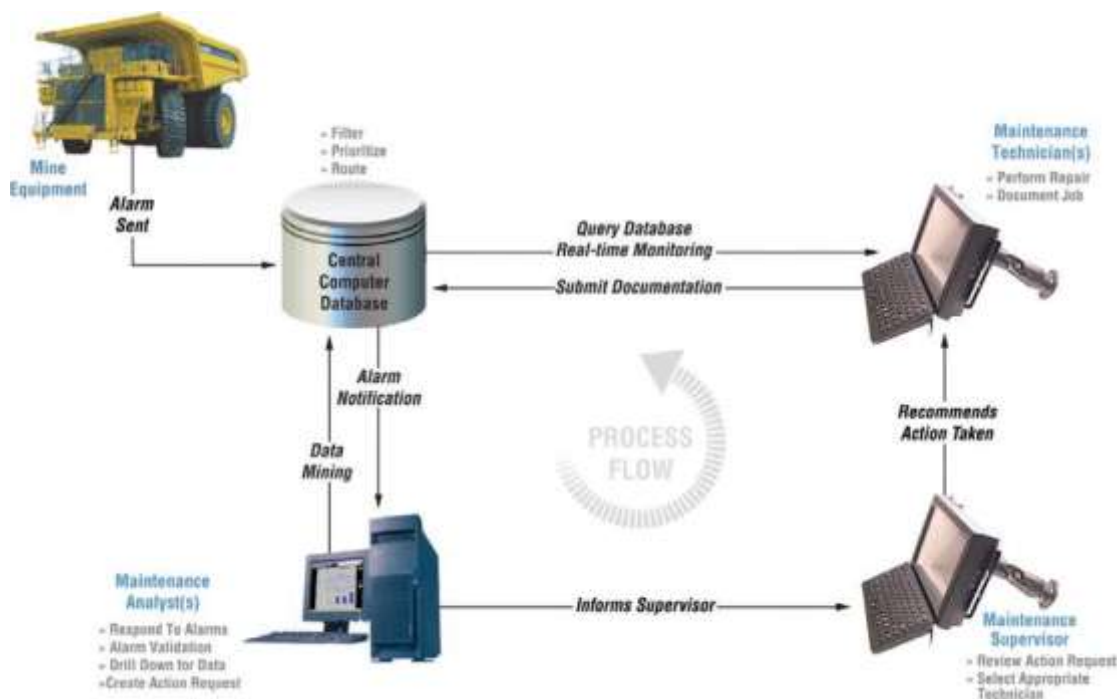


Gambar 1 Ilustrasi jalan tambang di PT KPC (sumber gambar: *KPC Sustainability Report 2020*)

METODOLOGI PENELITIAN

Real-time condition monitoring merupakan metode *Condition Monitoring test* terkini yang dapat memonitoring performa pada alat berat. MineCare® sebagai sistem RTCM pada alat

berat di KPC memiliki kemampuan menjalankan pemantauan dari jauh melalui perangkat yang terpasang di alat berat (*mobile device*) yang terhubung dengan komputer pusat melalui komunikasi nirkabel (lihat **Error! Reference source not found.2**).



Gambar 2 Alur proses informasi pada MineCare® 2 Maintenance Management (sumber gambar: *Modular Mining Product Bulletin*)

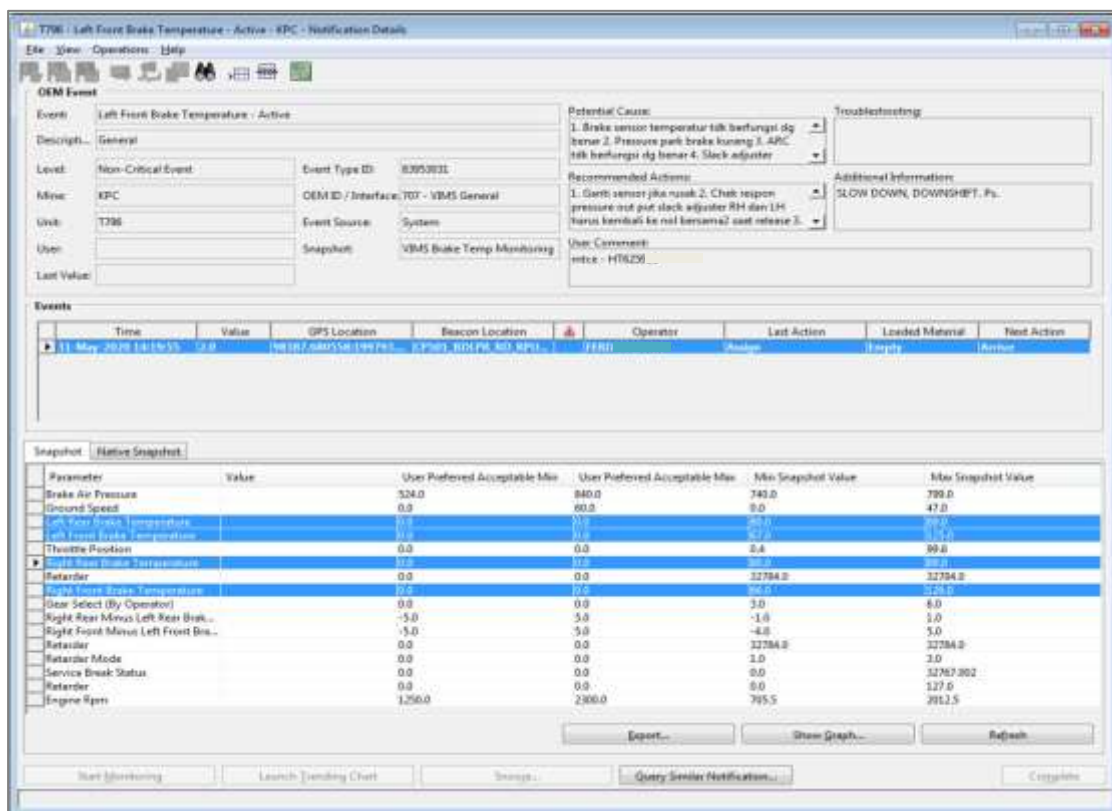
Sistem RTCM akan memberikan notifikasi adanya peringatan (*alarm* atau *event*) secara *real-time* kepada *maintenance analyst* (bagian dari tim *condition monitoring*) saat kondisi degradasi terdeteksi. *Event* ini terpicu ketika parameter yang dimonitor melewati ambang batas (*threshold/limit*) yang ditentukan pembuat peralatan (*original equipment*

manufacturer/OEM events) atau ambang batas yang ditentukan secara *custom* oleh pengguna (*user defined function/custom 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. Informasi operasional alat juga dapat diakses dengan mudah, sehingga konteks operasi alat yang berkaitan dengan peringatan yang muncul dapat dianalisis (**Error! Reference source not found.3**).



Gambar 3 Pemantauan peringatan secara *real-time* dilengkapi status operasi dan nilai parameter

Keunggulan dari metode ini adalah pemantauan dapat dilakukan secara terus menerus dan dari jauh sehingga pemantauan dapat dilakukan secara massif dan mengeliminasi kegiatan monitoring kondisi jalan di lapangan yang dapat meningkatkan resiko keselamatan pekerjaan.

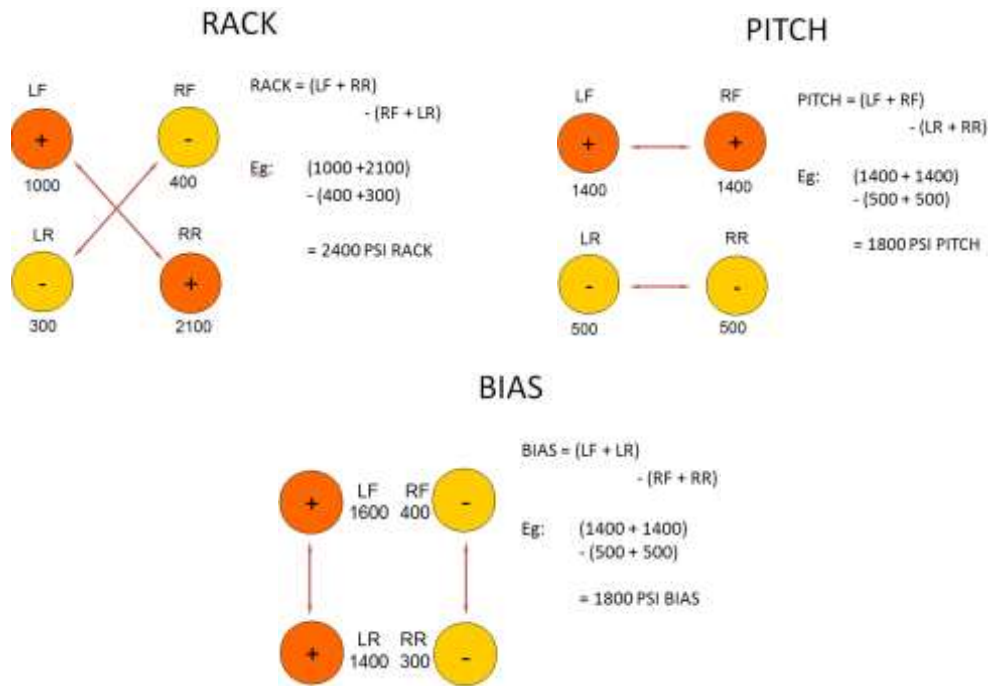
Masalah pada jalan tambang secara umum disebabkan oleh undulasi, tikungan yang terlalu tajam, perubahan *grade* secara tiba-tiba, tanjakan yang terlalu tinggi dan lubang di tengah jalan. Tekanan suspensi/*suspension*

akan merasakan kondisi tersebut secara langsung. Ketika *haul truck* beroperasi, *suspension* akan meredam setiap kondisi pada permukaan jalan. Ketika *haul truck* melawati jalan yang bergelombang, pendakian, atau pengereman tiba-tiba, *suspension* akan meredam setiap perubahan kondisi tersebut untuk mengurangi tegangan/*stress* pada rangka/*frame* dan komponen, serta memberikan kenyamanan pada operator.

Metode RTCM memungkinkan untuk memonitor tren nilai *pressure* dari empat

suspension yang ada pada *haul truck*. Data tekanan *suspension* tersebut dapat digunakan untuk memonitor kondisi setiap ruas jalan secara *real time*. Menurut Holman, P., (2006), *Haul Road Condition Monitoring* dapat dikembangkan berdasarkan pendekatan kondisi beban rangka *haul truck* berlebih yang

dipengaruhi oleh parameter *Pitch*, *Rack* dan *Bias* yang digambarkan pada Gambar 4. Kondisi beban berlebih dinyatakan saat parameter tersebut melebihi ambang batas pada Tabel 1, dan perlu dilakukan tindak lanjut agar kondisi tersebut tidak terulang.



Gambar 4 Formula Rack, Pitch, dan Bias

Tabel 1. Matrix kerusakan jalan

Parameter	Ambang batas/ Limit	Tindak lanjut
Rack, Bias, Pitch	Management Limit > ±8500 PSI	Monitor
	Warning Limit > ±12000 PSI	Jaga batas kecepatan, jadwalkan perbaikan
	Action Limit > ±16000 PSI	Segera lakukan perbaikan

Rack adalah *lateral twisting* yang terjadi pada rangka (*frame*) disebabkan kondisi beban yang tidak rata antara dua *tire* pada posisi diagonal. Sebagai ilustrasi; dalam kondisi *haul truck* bermuatan penuh, roda depan kiri terjerembab masuk ke dalam lubang sementara roda belakang kanan berada di ketinggian. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya gaya puntir (*twist*) yang berlebih pada rangka. Efek pada komponen: meningkatnya *stress* pada *chassis* (*chassis crack*), *suspension cylinder* dan *mounting bearing*, *chassis dump body*, *pivot frame*, dan *A Frame bearing*.

Pitch adalah gaya yang terjadi pada rangka dari depan ke belakang ketika *haul truck* melewati sebuah *bumping* atau kubangan yang membentang di tengah jalan atau pada saat

terjadi pengereman mendadak. Efek pada komponen: meningkatnya beban dan *stress* pada *wheel bearing*, *suspension cylinder* dan keausan *tire*.

Bias adalah kondisi dimana beban hanya bertumpu pada salah satu sisi *haul truck*. Kondisi ini terjadi saat terjadi pembelokan yang tajam, sehingga menyebabkan beban akan bertumpu ke sisi *haul truck* bagian luar. Efek pada komponen: meningkatnya beban pada *A Frame bearing*, *pivot shaft dump body*, *front suspension*, *rear suspension*, *wheel bearing*, *final drive* dan keausan *tire*.

Tahapan yang dilakukan dalam menerapkan metode RTCM untuk memonitor kondisi jalan adalah:

- Melakukan konfigurasi pada MineCare agar dapat melakukan *on-demand data collection* pada parameter dan OEM *event* yang terkait dengan haul road monitoring.
- Pembuatan *custom event* untuk memonitor *Bias, Rack* dan *Pitch* yang melebihi ambang batas.
- Melakukan testing dan observasi untuk mengkonfirmasi kesesuaian *event* dan lokasi.
- Melakukan konfigurasi pada MineCare agar dapat mengirimkan informasi *event* saat *site-typical threshold* tercapai, disertai dengan rekam data parameter saat terjadi anomaly pressure
- Menstandarkan prosedur tindak lanjut saat *event* muncul.
- Pembuatan laporan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum KPC menerapkan RTCM, inspeksi kondisi jalan tambang dilakukan dengan cara:

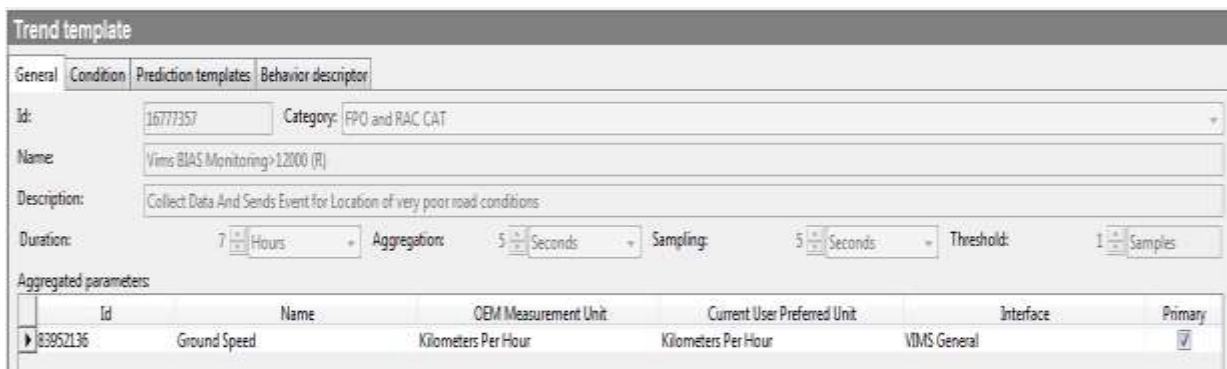
- Observasi langsung ke seluruh area tambang untuk melihat kondisi jalan dan mengambil gambar untuk kemudian diberikan *rating* berdasarkan panduan,
- Menggunakan jasa OEM untuk melakukan *Haul Road Analysis* menggunakan data *on-board haul truck*. Data kemudian diolah menggunakan aplikasi dan

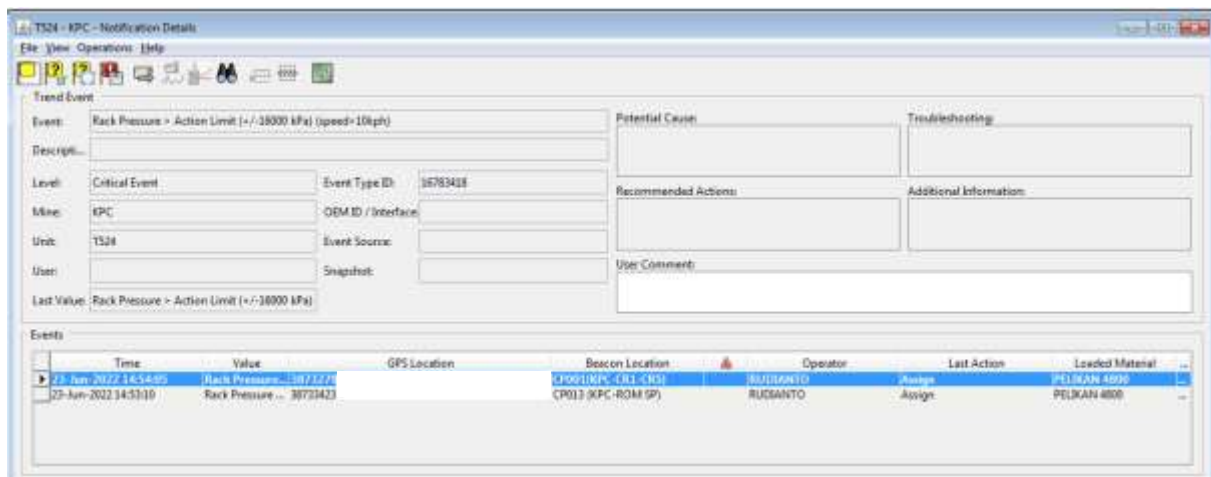
menghasilkan *haul road report*. Namun pengambilan data dilakukan secara manual. Demikian pula proses pengambilan data actual dilakukan dengan mengikuti rute *haul truck* sehingga potensi keselamatan kerja sangat tinggi.

Pemantauan melalui metode diatas umumnya kurang efektif dalam memonitor kondisi jalan tambang.

Setelah RTCM diterapkan di unit KPC proses pemantauan kondisi jalan dilakukan secara *real time*. Pembuatan *custom event* dilakukan dengan memantau parameter kecepatan alat/*ground speed*, dan tekanan dari ke empat *suspension* pada semua *haul truck*. Parameter tersebut kemudian dikonfigurasi agar selalu dihitung nilai *Bias, Rack* dan *Pitch* sesuai formula diatas.

Saat nilai *Bias, Rack* dan *Pitch* di *haul truck* melebihi ambang batas, maka aplikasi akan mengirim notifikasi yang dilengkapi dengan lokasi GPS sehingga titik kejadian dapat diinformasikan secara akurat kepada *maintenance analyst*. Notifikasi tersebut akan direspon dan di-review kemudian disampaikan ke tim *haul road maintenance*. Proses ini berlangsung secara terus menerus, sehingga kondisi jalan tambang KPC dapat dimonitor setiap saat.





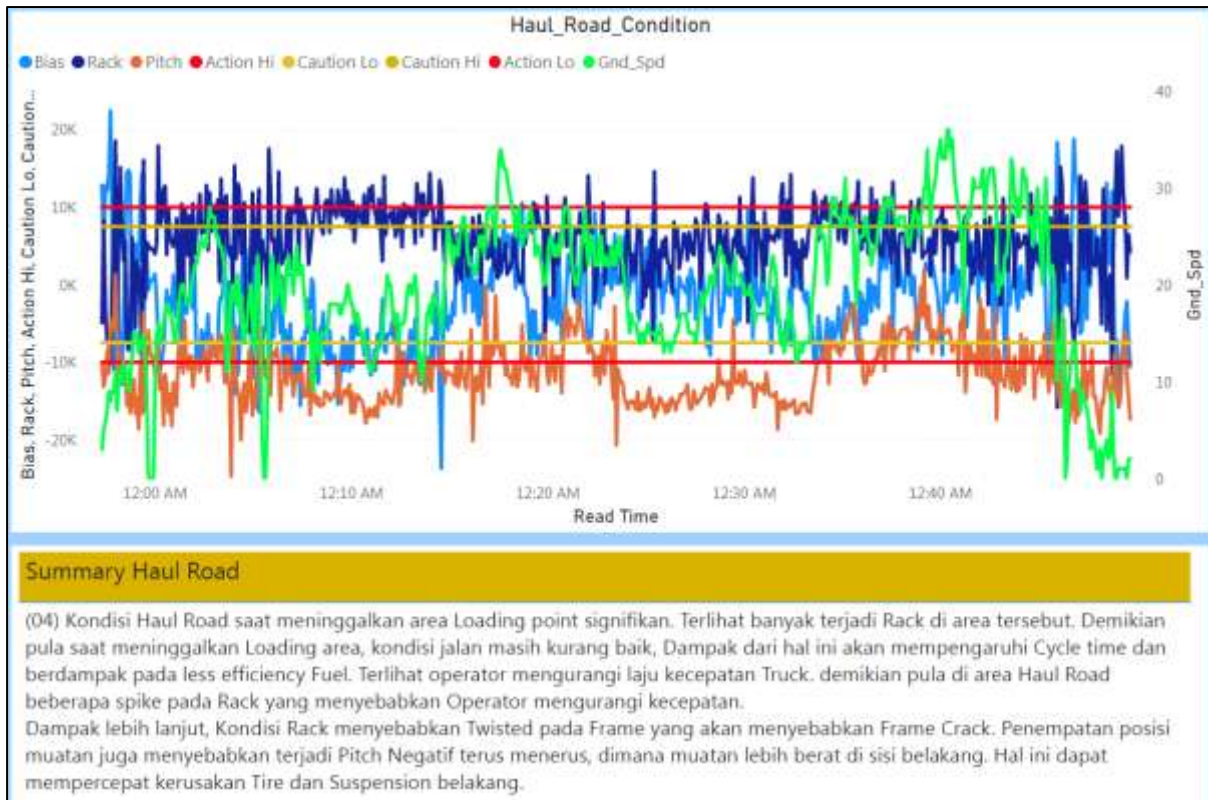
Gambar 7 Data GPS pada *custom event*

Data parameter yang memiliki hubungan dengan kondisi jalan dan efeknya ke *haul truck* perlu diambil secara detil dan dianalisis lebih jauh secara berkelanjutan, hal ini membantu untuk memberikan gambaran lebih luas pada kondisi jalan tambang dan pengaruhnya pada operasional. *On-demand data collection* per detik dilakukan pada parameter-parameter *haul truck* secara rutin, kemudian diolah dan dibuat analisis sebagai berikut:

- *Ground Speed, Bias, Rack, dan Pitch* untuk analisis kondisi *haul road*
Analisis kondisi *haul road* secara detil dilakukan dengan mengamati nilai aktual pada suatu truck kemudian dibandingkan dengan ambang batas. Kondisi setiap ruas jalan yang dilewati *haul truck* dapat diketahui, dan dibandingkan dengan pengoperasiannya (Gambar 8).
- *Suspension Pressure* posisi *LF, RF, LR* dan *RR* untuk analisis kondisi *loading area*

Analisis kondisi *loading area* secara detil dilakukan dengan mengamati nilai aktual tekanan setiap suspensi. Perbedaan tekanan akan mengindikasikan adanya kondisi area yang tidak standar/ rata (Gambar 9).

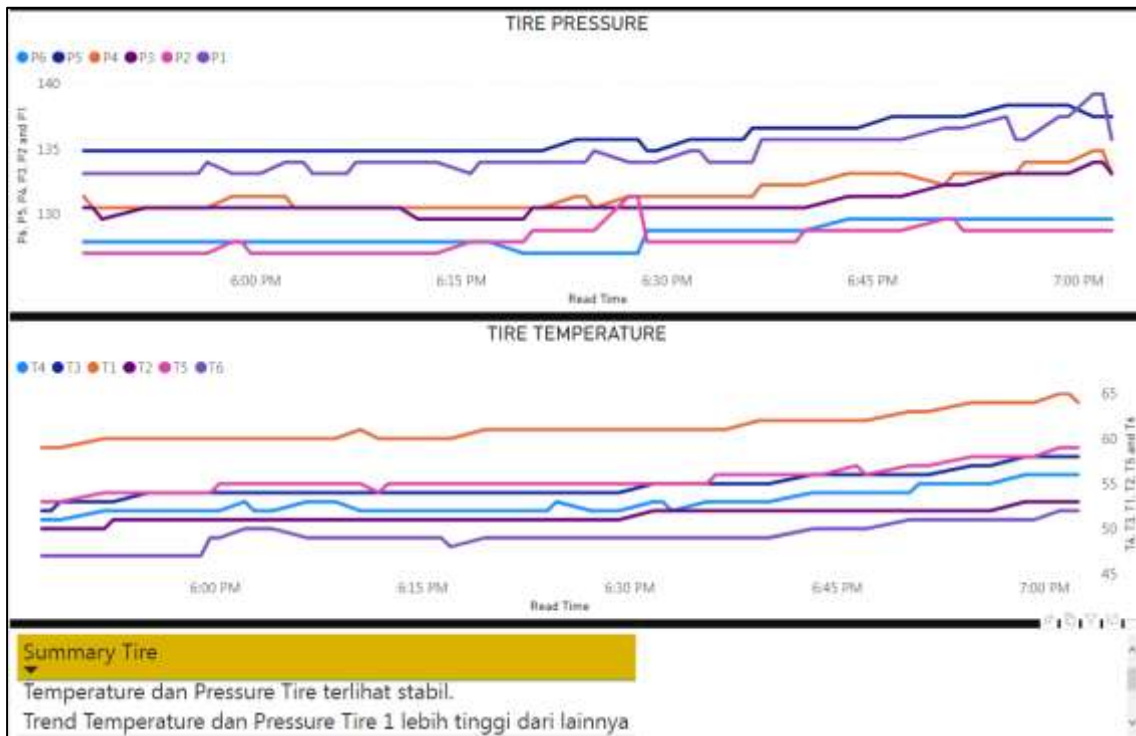
- *Tire Pressure* posisi P1, P2, P3, P4, P5 dan P6 untuk analisis pengaruh pada *tire*
Analisis efek terhadap *tire* dilakukan dengan membandingkan nilai aktual tekanan setiap *tire* sepanjang ruas jalan. Adanya loncatan nilai tekanan dapat mengindikasikan adanya kondisi jalan yang tidak standar/ berlubang (Gambar 10).
- *Total Fuel, Ground Speed, Gradient, Retarder* dan *FBR* untuk analisis pengaruh konsumsi bahan bakar
Analisis efek terhadap konsumsi bahan bakar dilakukan dengan mengamati nilai aktual *fuel burn rate* (FBR), dan dibandingkan dengan kondisi kemiringan jalan dan pengoperasian alat (Gambar 11).



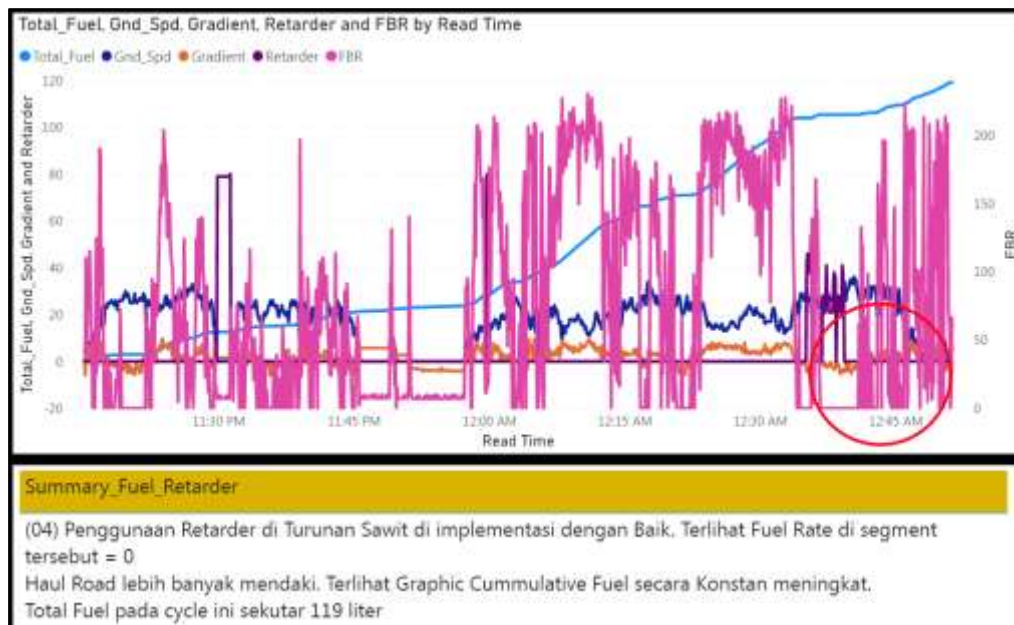
Gambar 8 Analisis kondisi rute jalan (*Rack, Pitch, Bias*)



Gambar 9 Analisis kondisi area *Loading*



Gambar 10 Analisis efek jalan pada tekanan *tire*



Gambar 11 Analisis efek jalan dan pengoperasian alat pada konsumsi *fuel*

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Pemantauan kondisi jalan secara menerus dan *real-time* dari jauh dapat dilakukan dengan mengembangkan *custom event* pada sistem RTCM. Proses ini efektif dalam mengidentifikasi lokasi jalan dengan kondisi dibawah standar yang perlu perbaikan secara cepat.
2. Analisis detail kondisi jalan dan pengoperasian truck, seperti kondisi *loading point*, rute, *tire*, dan konsumsi *fuel* dapat dilakukan secara mudah dengan memanfaatkan *on-demand data collection* pada sistem RTCM. Proses ini membantu dalam memberikan gambaran luas pada kondisi operasional agar dapat lebih efisien.
3. Pemantauan *haul road* dapat dilakukan secara masif tanpa perlu inspeksi langsung di lapangan, hal ini dapat mengeliminasi risiko kecelakaan kerja saat inspeksi di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada PERHAPI penyelenggaraan Temu Profesi Tahunan (TPT) XXXI PERHAPI 2022, Manajemen KPC khususnya *Mining Support Division* yang telah memberikan dukungannya untuk pelaksanaan aktifitas dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan memberikan hasil yang positif

DAFTAR PUSTAKA

- McCarthy, B., dan Hara, H., (2006): Real-time condition monitoring for mobile mine equipment, *Modular Mining Systems, Inc.*, 3-7.
- Holman, P., (2006): Caterpillar haul road design and management, *Big Iron University St. Charles, II.*, 84-94.

