



## Peran Hasil *Oil Sampling* Sebagai Indikator Kerusakan Komponen Internal Pada Unit Belaz 75135 Dengan Metode Program Analisis Pelumasan

(*The Role Of Oil Sampling Results As An Indicator Of Internal Component Damage In The Belaz 75135 Unit Using The Lubrication Analysis Program Method*)

Joniken Lesmana<sup>1</sup>, Sandy Prasetya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam

<sup>1</sup> [joniken.lesmana@akipba.ac.id](mailto:joniken.lesmana@akipba.ac.id), <sup>2</sup> [Sandyprasetya786@gmail.com](mailto:Sandyprasetya786@gmail.com)

**Penulis Korespondensi:** Nama Penulis Korespondensi | **Email:** email penulis korespondensi

Diterima (*Received*): 28/11/2025 Direvisi (*Revised*): 3/12/2025 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 11/12/2025

### ABSTRAK

Kegiatan perawatan alat berat di industri pertambangan memegang peranan penting dalam menjaga kinerja unit agar tetap optimal. Salah satu metode perawatan prediktif yang digunakan adalah Program Analisis Pelumasan (PAP), yaitu analisis terhadap sampel oli untuk mendeteksi adanya indikasi kerusakan internal tanpa membongkar komponen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran hasil Sampel Oli (*oil sampling*) sebagai indikator dini kerusakan komponen internal pada unit *dump truck* BELAZ 75135 di PT Bukit Asam Tbk. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, wawancara dengan teknisi lapangan, serta studi literatur. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam aus (*wear metal*) seperti Fe, Cu, Pb, dan kontaminan seperti air, jelaga, serta degradasi aditif dalam oli dapat mengindikasikan kondisi abnormal pada komponen seperti *engine*, *hydraulic system*, dan *final drive*. Selain itu, ketepatan metode pengambilan sampel oli berpengaruh signifikan terhadap validitas hasil analisis. Temuan ini menunjukkan bahwa PAP merupakan alat diagnosis efektif dalam mencegah *breakdown* dini serta meningkatkan efisiensi perawatan. Implikasi dari studi ini diharapkan dapat diterapkan sebagai referensi teknis dalam pemeliharaan alat berat berbasis kondisi (*condition-based maintenance*).

**Kata Kunci:** Analisis, Belaz, Logam, Oli, Prediktif.

### ABSTRACT

*Heavy equipment maintenance in the mining industry plays a crucial role in ensuring optimal unit performance. One predictive maintenance method used is the Lubricant Analysis Program (PAP), which involves analyzing oil samples to detect early signs of internal component failure without disassembly. This study aims to examine the role of oil sampling results as early indicators of internal damage in the BELAZ 75135 dump truck unit at PT Bukit Asam Tbk. Data were collected through direct observation, interviews with field technicians, and literature review. The analysis revealed that the presence of wear metals such as Fe, Cu, Pb, as well as contaminants like water, soot, and degraded additives in the oil, can indicate abnormal conditions in components such as the engine, hydraulic system, and final drive. Furthermore, the accuracy of oil sampling methods significantly affects the validity of the analysis results. These findings demonstrate that PAP is an effective diagnostic tool for preventing early breakdowns and improving maintenance efficiency. The implications of this study are expected to serve as a technical reference for condition-based maintenance of heavy equipment.*

**Keywords:** Analysis, Belaz, Metals, Oil, Predictive.

© Author(s) 2025. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

## 1. Pendahuluan

Industri pertambangan merupakan salah satu sektor vital yang mendukung pertumbuhan ekonomi nasional, terutama dalam hal pemenuhan energi dan bahan baku industri. Dalam operasionalnya, industri ini sangat bergantung pada kinerja alat berat seperti *dump truck* untuk kegiatan pengangkutan material. Salah satu unit yang umum digunakan dalam kegiatan tersebut adalah *dump truck BELAZ 75135*, yang memiliki kapasitas besar dan digunakan secara intensif di medan kerja yang berat. Penggunaan alat berat dalam waktu yang lama dan kondisi ekstrem menyebabkan komponen internal alat rentan mengalami keausan atau kerusakan. Oleh karena itu, diperlukan sistem perawatan.

### 1.1 Maintenance (Perawatan).

Perawatan (*Maintenance*) merupakan suatu kegiatan atau tindakan yang bertujuan untuk mempertahankan atau mengembalikan kondisi suatu unit menjadi sesuai standarnya (Latif, 2023:249).

Perawatan pada unit umumnya dibagi menjadi tiga macam yaitu :

1. *Preventive Maintenance* yaitu perawatan dilakukan secara terjadwal, umumnya secara periodik, dimana seperangkat tugas pemeliharaan seperti inspeksi dan perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan, penyesuaian, dan penyamaan dilakukan (Triandita dkk, 2024:2).
2. *Corective Maintenance* Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mengembalikan sistem produksi yang mengalami kerusakan atau kegagalan dalam beroperasi sehingga dapat bekerja dengan normal. Kegiatan pergantian ini biasa dilakukan ketika terjadinya kegagalan secara tiba-tiba pada mesin yang sedang beroperasi (Widyaningsih, 2021:34)
3. *Predictive maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang bertujuan untuk memonitor kondisi unit atau kendaraan, salah satu kegiatan *predictive maintenance* adalah pengambilan sampel oli yang nantinya akan memberikan indikator terhadap kerusakan pada unit (Ridho, 2024:49).

Indikator kerusakan komponen internal merupakan sejumlah parameter atau gejala spesifik yang dapat menunjukkan adanya gangguan atau kerusakan pada bagian-bagian utama di dalam suatu sistem mesin atau peralatan (Ansyari, 2023:10) Salah satu metode prediktif yang banyak diterapkan di industri adalah Program Analisis Pelumasan (PAP).

### 1.2 Program Analisis Pelumasan (PAP).

Analisa pelumas adalah salah satu metode untuk mendeteksi penurunan performa suku cadang internal. Program ini meliputi pengambilan sampel oli dari alat berat

yang telah digunakan dalam jangka waktu tertentu (United Tractors 2020:113).

Metode PAP ini termasuk dalam sistem perawatan *predictive maintenance* untuk memprediksi kerusakan kedepan nya. Perawatan *prediktif (predictive maintenance)* adalah tindakan atau kebijakan perawatan yang dilakukan dengan menggunakan data dan teknologi untuk memprediksi kapan mesin atau peralatan akan mengalami kerusakan atau kegagalan. Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi masalah sebelum terjadi. Dalam penelitian ini, analisis tindakan dilakukan hanya dengan menggunakan pendekatan statistik. Metode PAP memungkinkan pengambilan sampel oli secara berkala yang kemudian dianalisis di laboratorium untuk mendeteksi adanya partikel logam atau kontaminan lain yang menunjukkan tingkat keausan atau kerusakan komponen mesin. Dengan demikian, PAP memberikan informasi yang sangat berharga untuk mendeteksi masalah sejak dini sebelum kerusakan menjadi parah dan menyebabkan kegagalan mesin yang mahal serta *downtime* yang lama (Ginting, 2024:4).

### 1.3 Pelumasan Oli

Sistem pelumasan adalah suatu sistem yang digunakan untuk menyediakan pelumasan atau pelumas ke bagian-bagian mesin yang saling bergerak. Tujuan utama dari sistem pelumasan adalah untuk mengurangi gesekan antara permukaan yang bergerak, mencegah keausan, dan menjaga suhu yang optimal di dalam mesin. oli adalah cairan pelumas yang digunakan dalam mesin dan peralatan untuk mengurangi gesekan, melumasi, dan melindungi komponen bergerak. Oli dapat berasal dari berbagai sumber dan memiliki berbagai jenis, termasuk oli alami (minyak dasar) dan oli sintesis (Pratama, 2023:11).

### 1.4 Logam Aus (Wear Metals).

*Wear metal* atau logam aus adalah elemen logam yang terdeteksi dalam oli sebagai hasil dari gesekan, keausan, dan pelunakan komponen mesin yang bergerak satu sama lain (Harfi dkk, 2024:27).

Tabel 1. Parameter Logam Aus Analisis Pelumasan

Elemen	Simbol	Common Source
Lead	Pb	Wear Metal
Iron	Fe	Wear Metal
Aluminium	Al	Wear Metal
Copper	Cu	Wear Metal
Chromium	Cr	Wear Metal
Tin(Timah)	Sn	Wear Metal
Lead	Pb	Wear Metal
Titanium	Ti	Wear Metal
Vanadium	V	Wear Metal

### 1.5 Kontaminasi Oli

Kontaminasi adalah seluruh partikel atau benda asing yang seharusnya tidak ada di dalam komponen mesin atau pada suatu sistem (Rahma, 2024:7).

Tabel 2. Parameter Kontaminan Analisis Pelumasan

Elemen	Simbol	Common Source
Silicon	Si	Contaminants
Sodium	Na	Contaminants

Jenis-jenis Kontaminasi Oli :

#### 1. Kontaminasi Partikulat

Salah satu jenis kontaminasi ini termasuk debu, serbuk logam, dan partikel lainnya yang dapat masuk ke dalam sistem oli. partikel-partikel ini dapat menyebabkan keausan pada komponen mesin dan mengurangi efisiensi pelumasan.

#### 2. Kontaminasi Cair

Air dan bahan kimia lain yang bercampur dengan oli dapat mengubah sifat fisik dan kimia oli. menjelaskan bahwa keberadaan air dalam oli dapat menyebabkan korosi dan pembentukan *sludge*.

#### 3. Kontaminasi Kimia.

Bahan kimia yang tidak diinginkan, seperti bahan bakar atau pelarut, dapat mencemari oli. Hal ini dapat mengubah viskositas oli dan mengurangi kemampuannya untuk melumasi komponen mesin.

### 1.6 Deteriorasi Oli

Deteriorasi adalah kerusakan pada oli yang disebabkan karena pengaruh dari dalam oli tersebut, misalnya kekentalan oli yang sudah tidak standar lagi. Terjadinya kerusakan pada kualitas oli akan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen dan akan mengganggu sistem (Rasma, 2022:41).

Jenis-jenis Deteriorasi Oli:

#### 1. Oksidasi

proses reaksi kimia antara oli dan oksigen pada suhu tinggi, yang menghasilkan senyawa asam dan peroksida. Akibat oksidasi, oli menjadi lebih kental, membentuk lumpur (*sludge*), dan mempercepat korosi pada komponen mesin. Oksidasi biasanya terjadi lebih cepat pada mesin yang beroperasi dalam suhu tinggi dan ventilasi kurang baik.

#### 2. Degradasi Adiktif

Zat aditif yang terkandung di dalam oli sebagai antioksidan dan pelumas komponen akan rusak bila tidak diganti. Seiringnya waktu, zat aditif tersebut akan menurun kualitasnya, meskipun dalam kondisi diam atau jarang dipakai.

#### 3. Keausan (*Wear*)

Keausan merupakan cabang ilmu teknik tribologi yang mengkaji hubungan antara dua permukaan yang saling bergesekan dan mengalami kontak. Dengan besarnya

kerugian yang dapat ditimbulkan oleh keausan, maka diperlukan tindakan khusus untuk dapat memperhitungkan dan menganalisa terkait keausan yang terjadi (Christy, 2022:86).

#### 4. Termal *Breakdown*

kerusakan struktur kimia oli akibat suhu operasi mesin yang sangat tinggi. Oli yang mengalami *thermal breakdown* akan kehilangan viskositas dan kemampuan melumasi, sehingga meningkatkan risiko keausan dan kerusakan mesin. temperatur atau suhu minyak lumas, dibandingkan dengan faktor faktor lain, memegang peran yang sangat vital untuk pelumasan mesin Temperatur pelumasan sudah dikategorikan tidak normal ketika mencapai 50°C-75°C karena normalnya adalah 40°C-50°C. Berbagai faktor dapat menjadi penyebab temperatur minyak lumas yang tinggi (Hendrawan, 2022:53).

### 1.7 BELAZ

Belaz didirikan pada tahun 1948 dan memproduksi peralatan untuk sektor reklamasi, pembangunan jalan, dan pengolahan gambut. Truk yang digunakan untuk mengangkut limbah pertambangan telah diproduksi oleh BELAZ sejak tahun 1958, (Pratama & Wijaya, 2023).

BELAZ adalah merek truk berat untuk pertambangan yang berasal dari Belarus dan telah beroperasi di industri tambang Indonesia sejak tahun 2012. Kendaraan besar ini digunakan langsung di area tambang, salah satunya di Tanjung Enim, Sumatera Selatan, di PT. Bukit Asam, Tbk.

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

Praktik kerja lapangan (PKL) dilakukan di PT. Bukit Asam, Tbk. Bagian PMSE 1 M (*Production & Mining Equipment 1 Maintenance*) yang berlokasi di tambang Bangko Barat. PKL ini dilaksanakan selama dua bulan yang dimulai dari 02 Juni s/d 25 Juli 2025. Kegiatan PKL dilakukan mulai dari jam 07:00 wib s/d 15:00 wib. Kegiatan praktik dilaksanakan di workshop & Laboratorium PAP PMSE 1 M dimana ruang lingkungannya meliputi *Maintenance* pada unit BELAZ-75135 yang ada di PT. Bukit Asam, Tbk.

### 2.2. Metodologi

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### 1. Metode Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara pengumpulan data - data dan mempelajari *Operation Maintenance Manual* BELAZ-75135, *softcopy* dan jurnal yang tersedia di internet.

#### 2. Metode Observasi

Melihat langsung Keadaan di lapangan yang di jadikan sebagai subjek laporan dan tempat melakukan praktik kerja lapangan misalnya melihat secara langsung melakukan *Preventive Maintenance* pada *service* berkala

M3 2000 jam kerja dan proses pengambilan *Take Sample Oil* pada unit.

3. Metode Wawancara

Mengumpulkan data melalui narasumber langsung kepada mekanik lapangan ataupun instruktur yang ahli di bidangnya sebagai data yang valid dalam penyusunan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 *Maintenance Take Sample oil* dalam mendeteksi kerusakan internal dengan metode Program Analisis Pelumasan.

Pada program ini, oli diambil dari mesin secara berkala sesuai jadwal, lalu dikirim ke laboratorium untuk dianalisis. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui apakah oli masih dalam kondisi baik dan bisa melumasi komponen mesin dengan optimal, atau justru sudah mulai rusak (mengalami deteriorasi) atau tercampur dengan zat lain (terkontaminasi). Indikasi secara visual adalah warna pada oli yang signifikan berubah menjadi keruh bahkan gelap. Metode ini dinilai dari kemampuan hasil analisis oli untuk mengidentifikasi adanya indikasi awal:

1. Keausan komponen internal (*Wear*).

Tanda awal terjadinya kerusakan pada mesin adalah meningkatnya kadar *wear metal* atau logam aus dalam oli. Hal ini biasanya terjadi karena unit bekerja secara terus-menerus dalam waktu lama, sehingga menyebabkan gesekan antar komponen di dalam sistem. Akibat dari gesekan tersebut, partikel-partikel halus dari material komponen seperti besi (Fe), tembaga (Cu), dan chrom (Cr) terlepas dan terbawa oleh oli.

Tanda-tanda awal keausan pada mesin yang bisa kita lihat secara praktis adalah:

- a) Warna dan tekstur oli berubah menjadi lebih gelap atau kental karena ada partikel logam dan kotoran yang tercampur di dalamnya. ini artinya mesin sudah mulai aus dan oli tidak lagi bersih.
- b. Kandungan logam aus dalam oli meningkat, seperti besi, tembaga, atau aluminium, yang bisa diketahui lewat tes laboratorium. Logam-logam ini berasal dari bagian mesin yang mulai terkikis karena gesekan.
- a) Kadar aditif pelindung seperti fosfor menurun, yang menandakan oli sudah kehilangan kemampuan untuk melindungi mesin dari gesekan.
- b) Suara mesin menjadi kasar atau berisik, biasanya karena bagian-bagian mesin bergesekan lebih keras akibat pelumasan yang kurang baik.
- c) Lampu indikator oli di *dashboard* menyala, sebagai peringatan bahwa volume atau kualitas oli sudah menurun dan perlu segera di cek atau diganti

2. Deteksi dini kerusakan komponen.

Pada unit BELAZ 75135 Dari hasil *sampling oil* yang dapat di jadikan indikasi kerusakan komponen secara dini adalah komponen *Engine, Final Drive, dan Hydraulic*. Sebagai acuan dalam persiapan kebutuhan komponen yang nantinya terindikasi kerusakan serius dengan menampilkan hasil data laboratorium yang ada.

3. Kontaminasi & Deteriorasi

Indikasi kontaminasi yang bersal dari cairan pendingin (*coolant*), Air bebas, Bahan bakar, dan bahkan dari hasil *wear* komponen.

Deteriorasi dapat terjadi akibat dari suhu tinggi yang menghasilkan panas, perubahan viskositas, dan kualitas oli yang berasal dari oli itu sendiri.



Gambar 1 Perbedaan warna oli yang telah teroksidasi dan terkontaminasi

4. Menentukan waktu penggantian oli yang tepat.

Mengganti oli pada waktu yang tepat sangat penting supaya mesin tetap awet dan bekerja dengan baik. Kalau oli sudah kotor atau habis fungsinya, mesin bisa cepat rusak karena gesekan dan panas berlebih. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan ganti oli pada unit BELAZ 75135:

- a) *Hours Meter* waktu operasional sebuah mesin atau Unit dalam satuan jam.

Tabel 3. *Replace Oil /HM* Pada BELAZ 75135

item	Technical requirement	PN	Qty	Interval
<i>Engine Oil</i>	<i>Replace</i>	15W - 40	185	500
<i>Hydraulic Oil</i>	<i>Replace</i>	ISO VG68	510	4000
<i>Final Drive RH</i>	<i>Replace</i>	85W40	46	1000
<i>Final Drive LH</i>	<i>Replace</i>	85W40	46	1000

b) *Life Time*

*Lifetime* ini tergantung dari waktu pemakaian dan juga seberapa jauh kendaraan sudah berjalan (jarak tempuh), serta kondisi pemakaian kendaraan.

c) Kadar Viskositas Oli

Perubahan viskositas dapat di akibatkan oleh suhu pada sistem yang terlalu tinggi dan membuat oli berubah menjadi encer. Sebaliknya, jika suhu terlalu dingin maka pembentukan viskositas oli akan mengental dan dapat membuat oli menjadi lebih berat dalam pelumasan jika tidak sesuai dengan tempat penggunaan pada komponen.

Tabel 4. Oli Pada unit BELAZ-75135

Item	Jenis Fluida
ENGINE	MEDITRAN SX PLUS SAE 15W40 CI4
FINAL DRIVE RH	PERTAMINA RORED HDA 85W-140
FINAL DRIVE LH	PERTAMINA RORED HDA 85W-140
HYDRAULIK	PERTAMINA TURALIK ISO VG 68

3.2 Analisis Hasil Oil sampling

Analisis menunjukkan adanya partikel padat yang terdiri dari debu (unsur silikon/Si) serta logam aus seperti besi (Fe), tembaga (Cu), kromium (Cr), natrium (Na), timbal (Pb), timah (Sn), dan aluminium (Al). Partikel-partikel ini diduga berasal dari kontaminasi udara yang kotor serta proses keausan berbagai komponen mesin selama operasional.

Tabel 5. Data Logam Aus Engine BELAZ-75135 RT025

Engine Elemen	PM Service						caut	high
	250	500	250	250	500	500		
Pb	0.5	0.4	0.1	0.2	0.3	0.1	20	50
Fe	5.2	11.8	4.3	3.1	7.1	11.9	50	130
Al	1.7	2.4	6.4	4.9	3.1	3.8	15	30
Cu	3.6	7.6	3.2	2.5	9.3	2.4	60	180
Cr	2.6	2.3	1.6	3.8	1.4	1.8	0	0
Sn	0.8	1.7	1.7	1.8	2.9	0.4	0	0
Ni	0.5	0.4	0.1	0.2	0.3	0.1	20	50

Berdasarkan data *wear metals* pada engine dengan interval *service PM* pada 250, 500, 750, dan 1000 jam operasi, dapat dilihat bahwa kadar logam aus seperti Lead (Pb), Iron (Fe), Aluminium (Al), Copper (Cu), Chromium (Cr), dan Tin (Sn) masih berada dalam batas aman yang telah ditetapkan (caut dan high)

Tabel 6. Data Kontaminasi Engine BELAZ-75135 RT025

Engine Elemen	PM Service						caut	high
	250	500	750	250	500	1000		
Si	0.1	0.1	1.5	1.1	8.0	9.3	15	110
Na	6.3	5.0	0.1	3.1	16.4	16.5	20	110

Kadar natrium (Na) pada pengukuran terakhir mencapai 16,4 dan 16,5 ppm, hampir mendekati batas waspada 20 ppm. Hal ini menunjukkan kemungkinan kebocoran cairan

pendingin (*coolant*) ke dalam oli mesin, karena natrium biasanya berasal dari cairan pendingin. Selain itu, kandungan silikon (Si) juga mengalami peningkatan, meskipun masih jauh di bawah batas waspada, sehingga kontaminasi debu atau kotoran luar belum menjadi masalah utama.

Tabel 7. Data Kontaminan Gas melalui Infra red engine BELAZ-75135 RT025

Engine Elemen	PM Service					
	250	500	750	250	500	1000
Oxidation	53	355	189	138	138	337
TBN	8	13	12	11	11	13
Nitration	19	37	16	10	10	33
Sulfation	8	13	12	11	11	13

Tabel 8. Data Caut & High Infra-red Kontaminan Gas Engine BELAZ-75135 RT025

Infra red	caut	high
Oxidation	60	100
TBN	-25%	-50%
Nitration	60	100
Sulfation	60	100

Berdasarkan analisis *Infra Red (IR)* oli mesin pada *PM service* dengan pemakaian 250–500 jam, kandungan oksidasi oli tinggi, antara 53–355, melewati batas waspada (60) dan mendekati atau melebihi batas tinggi (100). Oksidasi tinggi menunjukkan pelumas mulai terdegradasi akibat reaksi kimia dengan oksigen dan panas, yang dapat meningkatkan viskositas serta membentuk kerak dan lumpur yang merugikan performa mesin.

Kebocoran yang di indikasikan dari hasil Parameter yang di analisa membuktikan adanya permasalahan dari komponen sistem pendingin.

Nilai *Nitration* masih di bawah batas waspada (8–13), menandakan reaksi kimia antara nitrogen dan oksigen pada oli belum kritis, biasanya dipicu suhu tinggi, kebocoran gas pembakaran, atau rasio udara-bahan bakar yang kurang tepat. *Sulfation* juga relatif rendah (10–37), di bawah batas waspada, meskipun ini merupakan hasil reaksi senyawa sulfur bahan bakar dengan oksigen yang dapat mempercepat keausan dan degradasi oli.

Indikasi yang di timbulkan dari Nilai oksidasi yang tinggi adalah *engine* mengalami *overheat* yang bersumber dari sistem pendingin yang tidak berfungsi secara maksimal (kebocoran *cord* radiator = Kontaminan Na terindikasi).



Gambar 2 Indikasi Kebocoran Radiator BELAZ-75135 RT025

Tabel 9. Data Logam Aus Hidrolik

Hidrolik	PM Service					
Elemen	1000	500	250	250	500	1000
Pb	0.1	0.6	0.1	0.2	0.4	0.1
Fe	13.4	4.8	0.3	0.9	9.8	2.4
Al	0.1	3.7	1.0	1.6	4.3	2.7
Cu	0.1	2.0	1.0	1.6	4.3	2.4
Cr	0.1	1.1	0.4	4.5	2.8	1.8
Sn	0.1	1.3	1.6	1.9	4.5	0.9
Ni	1.3	0.9	1.4	1.7	7.6	1.1

Tabel 10. Data Caut & High Logam Aus Hidrolik

Elemen	caut	high
Pb	9	15
Fe	36	60
Al	9	15
Cu	14	24
Cr	5	8
Sn	9	15
Ni	9	5

Logam aus seperti Pb, Fe, Al, Cu, Cr, Sn, dan Ni masih di bawah batas waspada maupun tinggi, menandakan keausan komponen mesin rendah dan kondisi mesin baik. Meskipun ada sedikit kenaikan Ni, secara umum tidak ada tanda kerusakan atau keausan berlebih.

Tabel 11. Data Kontaminasi Hidrolik

Hidrolik	PM Service					
Elemen	1000	500	250	250	500	1000
Si	3.0	0.1	1.4	1.1	3.8	9.8
Na	0.1	4.7	0.1	0.1	4.4	7.7

Tabel 12. Caut & High Parameter Kontaminasi

Kontaminan	Caut	High
Si	36	60
Na	9	15

Kandungan silikon (Si) dan natrium (Na) masih di bawah batas waspada, meskipun silikon meningkat mendekati

batas pada pengukuran terakhir. Kadar natrium cukup aman, namun keberadaannya di oli menandakan kemungkinan kebocoran cairan pendingin ke sistem oli hidrolik.

Tabel 13. Data Logam Aus *Final Drive(Right)* BELAZ-75135 RT025

Elemen	1000	500	250	250	500	1000
Pb	2.6	0.1	6.0	3.1	0.2	0.7
Fe	256.0	647.4	692.9	318.9	1068.5	371.5
Al	1.4	0.8	3.4	4.3	2.2	2.8
Cu	8.3	18.1	19.3	5.2	21.6	0.7
Cr	4.4	9.0	7.9	5.9	12.0	4.0
Sn	1.7	1.7	1.7	1.7	4.7	0.8
Ni	3.5	5.3	1.4	1.1	3.7	0.9

Tabel 14. Data *Caut & High* Parameter Logam aus *Final Drive(Right)*

Elemen	caut	high
Pb	9	15
Fe	450	750
Al	12	20
Cu	135	225
Cr	12	20
Sn	9	15
Ni	9	15

Kandungan besi (Fe) sangat tinggi, antara 647,4 hingga 1068,5 ppm, melewati batas waspada (450) dan batas tinggi (750), menandakan keausan serius pada komponen *final drive* yang perlu tindakan segera. Timbal (Pb) dan aluminium (Al) berada pada level rendah sampai sedang (Pb: 0,1–6,0 ppm; Al: 0,8–4,3 ppm), masih di bawah batas waspada. Tembaga (Cu) meningkat hingga 21,6 ppm, namun masih jauh dari batas waspada (135), menunjukkan belum ada kerusakan signifikan pada komponen tembaga. Kromium (Cr) berkisar 4,0–12,0 ppm dengan beberapa mendekati batas waspada (12), mengindikasikan awal keausan pada bagian chromium. Timah (Sn) dan nikel (Ni) relatif rendah dan masih di bawah batas waspada, sehingga belum menjadi perhatian utama.

Tabel 15. Data Kontaminasi *Final Drive (Right)* BELAZ-75135 RT025

Final Drive	PM Service					
Elemen	1000	500	250	250	500	1000
Si	0.1	0.6	2.9	1.1	64.5	11.6
Na	9.1	1.7	0.1	0.7	7.3	8.0

Tabel 16. Data *Caut & High* Kontaminasi *Final Drive Right*

Kontaminan	Caut	High
Si	60	100
Na	36	60

Pada pengujian jam ke-500, kadar silikon (Si) mencapai 64,5, melebihi batas waspada 60 dan mendekati batas tinggi 100, menunjukkan adanya partikel debu atau kotoran kasar yang berpotensi mempercepat keausan *final drive*. Sedangkan kadar natrium (Na) 0,1–9,1 masih jauh di bawah batas waspada 36, menandakan tidak ada kebocoran cairan pendingin ke oli.

Tabel 17. Data Logam aus *Final Drive Lift* BELLAZ-75135

Elemen	1000	500	250	250	500	1000
Pb	5.9	0.1	6.0	4.1	0.5	0.4
Fe	565.9	644.8	622.2	464.7	553.4	205.7
Al	1.3	1.2	2.3	4.4	2.1	2.4
Cu	15.4	24.3	28.2	12.7	16.2	1.3
Cr	5.4	9.9	6.6	10.0	8.2	3.3
Sn	1.7	1.7	1.7	1.7	3.9	0.9
Ni	3.3	4,8	1.9	1.1	4.1	1.2

Tabel 18. Data Caut & High Parameter Logam Aus

Elemen	caut	high
Pb	9	15
Fe	450	750
Al	12	20
Cu	135	225
Cr	12	20
Sn	9	15
Ni	9	15

Nilai besi (Fe) yang sangat tinggi secara konsisten, antara 205,7 hingga 644,8 ppm, dengan beberapa pengukuran melewati batas waspada 450 ppm, menunjukkan keausan signifikan pada komponen besi seperti gear dan bearing di *final drive* kiri. Kondisi ini memerlukan perhatian serius karena keausan berlebih dapat mempercepat kerusakan dan berisiko menyebabkan kegagalan fungsi perangkat.

Tabel 19. Data Kontaminasi *Final Drive Lift* BELAZ-75135 RT025

Elemen	<i>Final Drive</i>					
	1000	500	250	250	500	1000
Si	0.1	0.1	1.5	1.1	8.4	9.6
Na	4.4	1.9	0.1	1.1	8.7	11.9

Tabel 20. Data Caut & High Parameter Kontaminasi *Final Drive Lift*

Kontaminan	Caut	High
Si	60	100
Na	36	60

### 3.2 Hasil Rekapitulasi Data Program Analisis Pelumasan

Berdasarkan rekapitulasi Program Analisis Pelumasan, sampel oli mesin menunjukkan tanda peringatan yang mengindikasikan perlunya tindakan segera. Sampel masuk dalam kategori X (memerlukan tindakan segera) karena fuel dilution melebihi batas *caution* dan tingkat tinggi sesuai standar. Viskositas oli pada suhu 100°C tercatat 5,38 cSt, lebih rendah dari standar yang seharusnya 14,4 cSt. Tingkat oksidasi oli masih tinggi, meskipun kandungan elemen logam dan kontaminan berada dalam batas normal. Namun, terdapat indikasi keausan akibat ditemukannya partikel keausan.

Hasil analisis sampel pada *final drive* hidrolis menunjukkan kondisi yang normal. Namun, disarankan untuk melakukan perawatan rutin dan pemantauan secara berkala guna menjaga kinerja dan keawetan komponen yang ada.

Rekomendasi tindak lanjut meliputi pemeriksaan level oli dan kebocoran, pengecekan tekanan dan temperatur operasi, pemeriksaan sistem pendingin dan suhu, inspeksi kebocoran pada sistem bahan bakar, deteksi kerusakan pada unit injector, pengecekan pada saluran bahan bakar dan pompa transfer, serta pengecekan *manifold* suplai bahan bakar yang retak. Perlu dilakukan pemutusan injector jika diperlukan, kontrol kondisi *overheating*, pengujian performa mesin, dan pelaksanaan perbaikan secepatnya.

## 4. Kesimpulan

Metode Program Analisis Pelumasan (PAP) terbukti efektif dalam mendeteksi kondisi oli yang terkontaminasi atau mengalami deteriorasi pada unit BELAZ 75135. dengan pengambilan sampel oli secara berkala serta analisis terhadap jenis dan jumlah partikel yang terkandung di dalamnya, PAP mampu mengidentifikasi keausan pada komponen internal mesin secara dini. Hal ini dibuktikan oleh hasil pengujian dan tindak lanjut yang diberikan berdasarkan program ini, yang dapat mencegah serta meminimalkan terjadinya kerusakan fatal di masa mendatang. Selain mencegah kerusakan pada oli dan unit, penggunaan PAP juga berperan dalam biaya perawatan.

## 5. Referensi

- Ansyari, I. (2023). *Analisis maintenance optimization pada komponen alat berat di sektor pertambangan*. Jurnal Teknik, 12(2), 10–17.
- Awaldy, H., & Latif, A. A. (2023). *Evaluasi penerapan strategi maintenance berbasis RCM II (Reliability Centered Maintenance) pada alat berat bulldozer tipe D155A-6*. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 6(2), 241–248. <https://doi.org/10.30596/rmme.v6i2.15915>

- Ginting, P. J. (n.d.). *Evaluasi sistem pelumasan pada HD 785-7 di area pertambangan batubara* [Laporan tidak diterbitkan]. Universitas Tridinanti Palembang.
- Gultom, B. R. (2024). *Analisa kontaminasi padatan pada sistem hidrolis dan pelumasan* [Laporan kerja praktik tidak diterbitkan]. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Harfi, R., Assayyaf, M. H., & Setiadi, B. (2024). *Analisis pengaruh beban bejana terhadap kualitas oli gardan pada unit Komatsu HD785-7*. *Presisi*, 26(1), 26–28.
- Hendrawan, A., Dwiono, A. S., & Pramono, S. (2022). *Perilaku temperatur minyak pelumas pada kapal*. *Dinamika Bahari*, 3(1), 52–59.  
<https://doi.org/10.46484/db.v3i1.300>
- Latif, A. A., & Nurhadi. (2023). *Analisis penyebab dan solusi masalah durasi overhaul dump truck Komatsu HD 785-7 tidak sesuai rencana*. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 6(2), 249–257.  
<https://doi.org/10.30596/rmme.v6i2.15916>
- Pratama, A. A. (n.d.). *Studi keandalan sistem transmisi pada HD 785-5 menggunakan metode Root Cause Analysis* [Laporan tidak diterbitkan]. Universitas Tridinanti Palembang.
- Rasma, & Mardian, L. (n.d.). *Analisa penyebab kerusakan pada differential heavy duty truck HD 785-5*. *Sintek*, 10(2), 36–40.
- Ridho, M. Y., Emzed, H., Tamalika, T., & Alamsyah, N. (2024). *Analisis produktivitas dan perawatan alat berat wheel loader dengan metode age replacement dan metode garis lurus (Studi kasus PT. Rachmat Kelantan Sakti)*. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 12(1), 48–54.
- PT. United Tractor's, Tbk. (2020). *Basic Maintenance course*. Jakarta.
- Yazid, M., Emzed, H., Tamalika, T., & Alamsyah, N. (n.d.). *Analisa teknis kerusakan oli pelumas akibat beban berlebih pada dump truck HD 785-7*. [Laporan tidak diterbitkan]. Universitas Tridinanti Palembang.