

# ANALISIS KERUSAKAN ENGINE HIGH BLOW-BY PRESSURE PADA MESIN UNIT CRAWLER DOZER TIPE STRAIGHT TILT DOZER

**Damar Jati Sribantolo**

Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi,  
Universitas Gadjah Mada,  
Jl. Yacarana, Sekip Unit VI, Yogyakarta 55281,  
Indonesia

**Bambang Suharnadi\***

Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi,  
Universitas Gadjah Mada,  
Jl. Yacarana, Sekip Unit VI, Yogyakarta 55281,  
Indonesia

suharnadi@ugm.ac.id

\* corresponding author

## ABSTRAK

*Bulldozer merupakan alat berat yang digunakan untuk mendorong material menggunakan tenaga mesin sehingga sering terjadi kerusakan pada komponen mesin tersebut. Salah satu kerusakan yang perlu diperhatikan adalah high blow-by pressure pada mesin crawler dozer tipe straight tilt dozer. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada komponen mesin dan mengakibatkan menurunnya performa mesin.*

*Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi data pada technical analysis report, program analisis pelumas, dan hasil overhaul. Technical analysis report dilakukan dengan cara mengukur blow-by pressure dan engine speed untuk mengetahui performa engine. Program analisis pelumas dilakukan dengan mengambil sampel oli pelumas lalu dianalisis untuk mengetahui keausan dan kontaminan pada oli pelumas engine.*

*Penelitian menghasilkan kesimpulan bahwa penyebab dari kerusakan high blow-by pressure adalah masuknya kontaminan berupa debu kedalam ruang bakar dan menyebabkan gesekan abnormal pada piston, piston ring, dan cylinder liner. Gesekan abnormal ini mengakibatkan celah antara piston, piston ring, dan cylinder liner semakin besar sehingga tekanan hasil pembakaran bocor menuju crankcase melewati celah tersebut. Dampak yang ditimbulkan dari kerusakan high blow-by pressure adalah penurunan tenaga mesin, sehingga unit bulldozer harus dilakukan perbaikan dengan mengganti komponen yang rusak agar unit dapat bekerja dengan optimal.*

Kata Kunci: mesin diesel, blow-by, kebocoran tekanan, bulldozer.

## PENDAHULUAN

*Bulldozer merupakan unit alat berat yang digunakan untuk membuka jalan dan mendorong material. Dalam melakukan pekerjaannya, bulldozer banyak memakai tenaga engine sebagai sumber energi utamanya [1]. Kerusakan yang terjadi pada engine bulldozer merupakan kerusakan yang cukup fatal sehingga dibutuhkan perbaikan untuk mengembalikan performa unit [2,3].*

Pada tahun 2019, salah satu unit *crawler dozer* tipe *straight tilt dozer* dengan berat operasi 20 ton di sebuah perusahaan nasional mengalami kerusakan pada komponen *engine*. Peristiwa tersebut menjadi studi kasus dalam penelitian ini. Kerusakan yang terjadi yaitu *engine* mengalami tekanan *blow-by* tinggi yang disebabkan kebocoran tekanan dari ruang bakar ke *crankcase* [4-7]. Kerusakan ini terindikasi saat unit sedang beroperasi operator merasakan *engine* kurang tenaga (*low power*) disertai keluarnya asap tebal berwarna putih kebiruan dari *exhaust pipe* sehingga unit harus dibawa ke *workshop* untuk diperbaiki. *Engine* mengalami kerusakan setelah beroperasi selama 1287 jam, yang seharusnya target umur (*life time*) dari *engine* adalah 12.000 jam [4].

Analisis dilakukan dengan mengambil data hasil *technical analysis inspection* dan *history maintenance engine* seperti tanggal dilakukannya *maintenance*, tanggal pemasangan *engine*, umur *engine*, riwayat penambahan oli *engine*, dan analisis lab oli *engine*. Selain itu, analisis juga dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap hasil *overhaul* dan potongan *air cleaner*, serta temuan-temuan komponen pada *engine* yang mengalami kerusakan [3,6].

Unit *bulldozer* mengalami kerusakan yaitu tekanan *blow-by* tinggi yang disebabkan kebocoran tekanan dari ruang bakar ke *crankcase* terlalu besar akibat adanya kerusakan pada komponen ruang bakar *engine*. Analisis harus dilakukan untuk mengetahui penyebab dan dampak dari kerusakan serta solusi untuk mengatasi kerusakan tersebut [7,8]. Penelitian bertujuan untuk mengetahui penyebab dan dampak kerusakan *engine high blow-by pressure*, menyelesaikan masalah kerusakan dan merekomendasikan perawatan yang tepat.

## METODE

### Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. *Tool kit*, digunakan untuk proses *overhaul* dan *assembly* komponen-komponen mesin diesel.
2. Kamera digital untuk melakukan dokumentasi komponen-komponen mesin diesel yang mengalami kerusakan.

3. *Tool Technical Analysis Inspection* (Program Pemeriksaan Mesin), yaitu *multi-tachometer* untuk mengukur *engine speed* dan *blow-by tester* untuk mengukur tekanan *blow-by*.
4. *Crane*, alat bantu untuk memindahkan komponen-komponen *engine* yang dibongkar.
5. *Shop Manual Book*, digunakan sebagai panduan proses *adjustment*, *overhaul*, dan *assembly*.

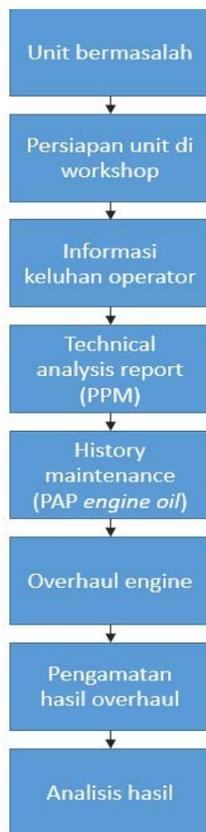
### Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diperoleh secara langsung dengan cara survei lapangan dan wawancara. Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui studi literatur kasus serupa. Data yang diperoleh meliputi:

1. Data *technical analysis inspection* saat terjadi kerusakan.
2. Data temuan pada kondisi *air cleaner*.
3. Data temuan kerusakan pada komponen *engine*.
4. Data analisis lab kandungan oli *engine*.
5. Riwayat penambahan oli *engine*.

### Metode Penelitian

Tahap atau prosedur yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah: langkah pertama yaitu tahap persiapan unit. Langkah kedua yaitu mengidentifikasi masalah untuk mendapatkan data.



Gambar 1. *Flow chart* penelitian.

Identifikasi berupa *technical analysis inspection* (pengujian performa *engine*) dan informasi keluhan operator mengenai kondisi saat unit dioperasikan. Hasil dari identifikasi masalah tersebut dikorelasikan dengan hasil analisis oli *engine* dari *history maintenance* untuk mengetahui bagian komponen yang mengalami kerusakan. Langkah ketiga yaitu melakukan *overhaul* pada *engine* dan mengamati hasil *overhaul*. Setelah itu, dilakukan analisis pada semua data yang diperoleh, menyimpulkan hasil analisis, mengganti komponen yang mengalami kerusakan dengan komponen baru, selanjutnya melakukan *assembly*. Gambar 1 menunjukkan alur pelaksanaan penelitian berupa *flowchart*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengukuran Technical Analysis Report

*Technical analysis inspection* merupakan program pemeriksaan untuk mengetahui performa mesin. Program ini dilaksanakan sebelum melakukan *overhaul*. Pengukuran yang dilakukan pada *technical analysis report* adalah *blow-by pressure*, *boost pressure*, *engine speed*, *lub oil pressure*, dan *exhaust gas temperature*. Saat dilakukan *technical analysis*, ditemukan asap tebal berwarna putih kebiruan dari *exhaust pipe* dan *engine breather*.

Hasil pengukuran pada *technical analysis* menunjukkan bahwa *engine* mengalami kerusakan tekanan *blow-by* yang tinggi. Nilai standar dari *blow-by pressure* adalah 50 mmAq, sedangkan kebocoran tekanan yang masuk ke *crankcase* terukur 160 mmAq. Kebocoran tekanan ini menyebabkan *engine* mengalami *low power*. Hal ini terindikasi dari pengukuran aktual *engine speed* saat kondisi *torque converter stall* sebesar 1400 rpm dimana ukuran standarnya antara 1750 rpm hingga 2150 rpm. Hasil pengukuran pada *technical analysis* perlu dilanjutkan dengan analisis *history maintenance* dan hasil *overhaul* untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan *engine high blow-by pressure*.

### Hasil Analisis Maintenance History

*Engine maintenance history* dilakukan dengan perangkat lunak *maintenance management* menggunakan metode CMMS (*Computerized Maintenance Management System*). *Engine maintenance history* berisi tanggal pelaksanaan *maintenance*, tanggal pemasangan *engine*, umur *engine*, riwayat penambahan oli *engine* dan analisis lab oli *engine*.

Analisis lab terhadap oli *engine* berfungsi untuk mengetahui kandungan kontaminan dan *wear metal*, kemudian dikorelasikan dengan hasil *technical analysis report* untuk identifikasi kerusakan dan menentukan langkah perbaikan yang tepat. Hasil analisis dan riwayat pengisian oli menunjukkan bahwa *engine* pada unit *bulldozer* menggunakan oli *grade 15W-40*. Analisis lab oli *engine* dianjurkan untuk dilakukan setiap 250 jam. Jika parameter berwarna hijau menunjukkan kadar kontaminan

ataupun *wear metal* masih dalam batas “normal”. Apabila parameter berwarna kuning berarti kandungan kontaminan dan *wear metal* mengalami kenaikan di atas normal tetapi masih dalam batas toleransi dan termasuk kategori “*attention*”, sehingga dianjurkan untuk mengganti oli *engine*. Jika parameter berwarna merah berarti kandungan kontaminan dan *wear metal* sudah melewati batas toleransi dan masuk kategori “*urgent*”, sehingga dianjurkan untuk melakukan inspeksi pada *engine*.

Analisis awal dilakukan pada oli *engine* dengan masa pakai 129 jam. Hasil yang didapatkan yaitu kadungan kontaminan serta *wear metal* seperti debu (*silicon*), *aluminium* dan *chromium* terhitung tinggi tetapi masih dalam batas toleransi. Kandungan *wear metal* seperti *aluminium* dan *chromium* pada komponen di dalam *engine* terdapat pada *cylinder liner*, *piston ring*, dan *piston*. Solusi yang dilakukan dari hasil analisis tersebut adalah melakukan penggantian oli *engine*.

Analisis lab pada oli *engine* berikutnya dilakukan setelah unit beroperasi selama 288 jam. Hasil analisis menunjukkan bahwa oli *engine* masuk kategori *urgent* karena kandungan kontaminan dan *wear metal* cukup tinggi. Kandungan *wear metal* menunjukkan adanya keausan pada komponen *bearing*, *cylinder liner*, *piston ring*, dan *piston*. Langkah perawatan yang diambil adalah mengganti oli *engine*.

Lima hari setelah dilakukan perawatan, tepatnya pada saat 99 jam kerja, kandungan kontaminan dan *wear metal* pada oli *engine* semakin banyak. *Air cleaner* diketahui mengalami kerusakan pada sirip-sirip elemennya dengan kondisi penuh debu. Berdasarkan hasil analisis lab oli *engine*, direkomendasikan perbaikan untuk melakukan *overhaul*. Langkah perbaikan yang dilakukan adalah mengganti *air cleaner* dan melakukan *monitoring* unit dengan analisis oli *engine*. Berikut temuan kondisi *air cleaner* (Gambar 2):



Gambar 2. Temuan kondisi *air cleaner*.

Sembilan hari setelah analisis kedua, unit *bulldozer* mengalami kerusakan *engine high blow-by pressure* yang disebabkan oleh kebocoran tekanan dari ruang bakar ke *crankcase*. Kerusakan ini terindikasi saat unit sedang beroperasi operator merasakan *engine* kurang tenaga, asap tebal berwarna putih kebiruan keluar dari *exhaust pipe*. Kerusakan ini membuat unit tidak bisa dioperasikan dengan maksimal dan harus dibawa ke *workshop*.

Hasil analisis lab oli *engine* dan kondisi *air cleaner* kemudian dikorelasikan dengan hasil *technical analysis report*. Tekanan *blow-by* yang tinggi diakibatkan oleh kontaminan debu yang masuk ke ruang bakar sehingga terjadi keausan abrasif pada *piston*, *ring piston*, dan *cylinder liner*. Setelah itu dilakukan *overhaul* untuk menganalisis kerusakan lebih lanjut serta memperbaiki dan mengembalikan performa *engine*.

### Hasil Overhaul Engine

Hasil *overhaul* pertama adalah *cylinder liner*. Semua *cylinder liner* mengalami keausan abrasif pada bagian dalam karena kotoran berupa debu di dalam ruang bakar. Ketika *piston* bekerja, debu menyebabkan terjadinya gesekan antara *cylinder liner*, *piston*, dan *piston ring* sehingga menimbulkan *scratch* pada *cylinder liner*. Gambar 3 menunjukkan temuan pada *cylinder liner*.



Gambar 3. Temuan *cylinder liner*.

Hasil *overhaul* berikutnya adalah *piston* dan *piston ring*. Semua *piston* mengalami keausan abrasif pada bagian luar. Hal tersebut disebabkan oleh debu dalam ruang bakar. Ketika *piston* bekerja terjadi gesekan yang menimbulkan *scratch* pada *cylinder liner*, *piston* dan *piston ring*. Hasil temuan pada *piston* disampaikan pada Gambar 4.



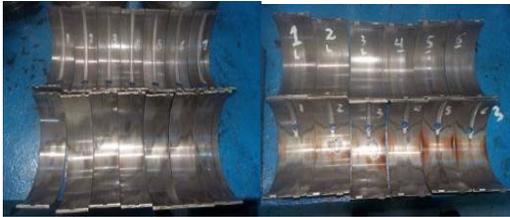
Gambar 4. Temuan pada *piston*.

*Piston ring* mengalami keausan abrasif di semua *piston*. Penyebabnya sama dengan komponen-komponen di atas, yaitu masuknya kontaminan debu ke ruang bakar sehingga gesekan antara *piston ring* dan *cylinder liner* terlalu besar. Berikut hasil temuan *ring piston* yang disampaikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil temuan pada *piston ring*.

Hasil *overhaul* terakhir adalah *main bearing* dan *conrod bearing*. Semua *bearing* mengalami keausan adhesif. Hal ini ditandai dengan adanya *smearing* (bekas gesekan) pada semua *bearing*. Keausan adhesif ini disebabkan karena sistem pelumasan dan kualitas oli kurang memadai. Akibatnya gesekan pada *main bearing* dan *connecting rod bearing* dengan *crankshaft* menjadi besar dan menimbulkan panas berlebih sehingga membentuk *smearing* pada *bearing*. Gambar 6 berikut menunjukkan hasil temuan semua *bearing*.



Gambar 6. Hasil temuan pada *main bearing*.

### Analisis Hasil

Hasil temuan menunjukkan bahwa terjadinya kerusakan disebabkan karena adanya debu yang masuk ke ruang bakar. Hal ini menimbulkan gesekan yang besar pada komponen *cylinder liner*, *piston*, dan *ring piston* sehingga terjadi keausan abrasif pada komponen-komponen tersebut. Gambar 7 menjabarkan kronologi terjadinya kerusakan. Keausan abrasif menimbulkan celah yang besar antara *cylinder liner*, *piston*, dan *ring piston* sehingga terjadi kebocoran kompresi di ruang bakar yang merembet menuju *crankcase* menjadi semakin besar. Akhirnya terjadi tekanan *blow-by* yang tinggi. Tekanan tinggi ini menyebabkan *engine* mengalami *low power*. Selain itu, gas *blow-by* yang bocor menuju *crankcase* membuat kualitas oli pada *engine* menurun. Sistem pelumasan menjadi tidak maksimal sehingga terjadi kerusakan dan keausan pada komponen *engine* yang lain.

### Perbaikan dan Perawatan yang Dilakukan

Perbaikan telah dilakukan pada proses *overhaul* dengan mengganti komponen yang rusak. Persediaan dan pengadaan komponen dilakukan menggunakan metode CMMS. Berikut perbaikan yang telah dilakukan:

1. Perbaiki *air induction system* dengan cara mengganti komponen *air cleaner* dengan komponen yang baru dan membersihkan *intake manifold*.
2. Mengganti semua komponen *piston*, *ring piston*, *cylinder liner*, *main bearing* dan *connecting rod bearing*.
3. Mengganti filter oli *engine*.

### KESIMPULAN

Hasil analisis sampai pada kesimpulan sebagai berikut:

1. Data *technical analysis report* menunjukkan bahwa *engine* dari unit *crawler dozer* mengalami kerusakan *high blow-by pressure*. Hal ini menyebabkan *engine low power*. Penurunan tenaga mesin disertai dengan keluarnya asap tebal berwarna putih kebiruan dari *exhaust pipe* dan *engine breather*.
2. Analisis lab pada oli *engine*, menemukan kandungan kontaminan dan *wear metal* seperti debu dan unsur-unsur seperti *iron*, *lead*, *aluminium*, *chromium*, *copper*, *tin*, serta *nickel*. *Wear metal* ditemukan pada komponen *bearing*, *piston*, *ring piston* dan *cylinder liner*. Kerusakan terjadi akibat kontaminan debu yang masuk ke ruang bakar sehingga menyebabkan gesekan pada ruang bakar dan komponen di dalam ruang tersebut mengalami keausan.
3. Hasil *overhaul* pada *engine* menunjukkan bahwa penyebab kerusakan *high blow-by pressure* adalah keausan pada *piston*, *ring piston*, dan *cylinder liner*. Celah antar komponen semakin besar sehingga kebocoran kompresi dari ruang bakar menuju *crankcase* semakin tinggi.
4. Pekerjaan *overhaul* menemukan komponen *bearing* yang aus adhesif akibat sistem pelumasan yang kurang baik. Kelemahan sistem pelumasan ini disebabkan oleh gas *blow-by* yang mengembun pada *crankcase* dan menyatu dengan oli *engine* pada *oil pan*.



Gambar 7. Kronologi kerusakan.

## REFERENSI

- [1] Gargate, S., Aher, R., Jacob. R. and Dambhare, S., 2014, "Estimation of Blow-by in Diesel Engine: Case Study of a Heavy Duty Diesel Engine", *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology* **2**, pp. 165-170.
- [2] Liu, N., Zheng, Z. and Li, G., 2015, "Analysis of the Blow-by in Piston Ring Pack of the Diesel Engine", *Chemical Engineering Transactions*, **46**, pp. 1045-1050.
- [3] Rsuminto, Y., 2017, "Metode Pengukuran Blow-By Menggunakan U-Tube Air Berbasis Persamaan Bernoulli Terhadap Diesel Engine Buldozer", *Jurnal Elemen*, **4**, (1).
- [4] United Tractors. 2003, *Shop Manual Engine SA6D125E-2*, Komatsu Japan.
- [5] Abramek, K.F., 2009, "Measurements of Maximum Crankcase Pressure For Evaluation of the Piston-Rings-Cylinder Assembly", *Journal of KONES Powertrain and Transport*, **16** (2).
- [6] United Tractors, 2002, *Shop Manual Bulldozer D85ESS-2A*, Komatsu Japan.
- [7] United Tractors, 2002, *Parts Book Bulldozer D85ESS-2A*, Komatsu Japan.
- [8] United Tractors, 2013, *PAP Services*, Komatsu Japan.