



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



STUDI KASUS PENYEBAB TERJADINYA *HIGH PRESSURE* PADA *CRANKCASE ENGINE* CUMMINS

QSM 15

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

Raihan Firza Pratama

NIM. 2202311022

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



STUDI KASUS PENYEBAB TERJADINYA *HIGH PRESSURE* PADA *CRANKCASE ENGINE* CUMMINS

QSM 15

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Mesin Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Raihan Firza Pratama

NIM. 2202311022

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI KASUS PENYEBAB TERJADINYA *HIGH PRESSURE* PADA
*CRANKCASE ENGINE CUMMINS QSM 15***

Oleh:

Raihan Firza Pratama

NIM. 2202311022

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Pembimbing 1

Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Mesin


Asep Ariana, S.T., M.Kom.
NIP. 196211101989031004


Budi Yuwono, S.T.
NIP. 196306191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STUDI KASUS PENYEBAB TERJADINYA *HIGH PRESSURE* PADA
*CRANKCASE ENGINE CUMMINS QSM 15***

Oleh:

Raihan Firza Pratama

NIM. 2202311022

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 4 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma III pada program studi Diploma III Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Asep Apriana, S.T., M.Kom NIP. 196211101989031004	Ketua		4 Juli 2025
2.	Fajar Mulyana, S.T., M.T. NIP. 197805222011011003	Anggota		4 Juli 2025
3.	Drs., R. Sugeng Mulyono, S.T., M.Kom. NIP. 196010301986031001	Anggota		4 Juli 2025



Depok, 4 Juli 2025

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Ir., Muslimin , S.T., M.T., IWE.
NIP 197707142008121005



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Raihan Firza Pratama

Nim : 2202311022

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan didalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan atau temuan orang lain yang terdapat dalam Laporan Tugas Akhir ini telah saya kutip dan saya rujuk sesuai etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar benarnya

Tangerang Selatan, 20 Juni 2024



Raihan Firza Pratama

NIM. 2202311022



STUDI KASUS PENYEBAB TERJADINYA *HIGH PRESSURE* PADA *CRANKCASE ENGINE* CUMMINS QSM 15

Raihan Firza Pratama¹, Asep Apriana²

¹Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425
Email: Firza799@gmail.com

ABSTRAK

Crankcase high pressure (engine blow by) merupakan gejala awal dari kerusakan internal pada engine diesel dan dapat mengakibatkan penurunan performa serta kerusakan lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab crankcase high pressure pada engine Cummins QSM15 melalui pendekatan Root Cause Analysis (RCA) menggunakan Fishbone Diagram. Studi kasus dilakukan pada excavator LiuGong CLG975E dengan jam operasional 2.345 jam. Hasil pengukuran awal menunjukkan tekanan blow by sebesar 4,3 inH₂O (0,155 Psi) pada idle rendah dan 9 inH₂O (0,325 Psi) pada idle tinggi, jauh melebihi batas maksimum spesifikasi pabrikan yaitu ≤ 3 inH₂O (0,108 Psi). Investigasi menemukan adanya retakan pada piston, goresan pada cylinder liner, dan keausan ring piston, disebabkan oleh dust ingestion akibat kerusakan pada filter udara. Kontaminasi oli juga terkonfirmasi dari kadar Fe = 24,50 ppm dan Si = 19,50 ppm. Setelah penggantian komponen dan validasi ulang, tekanan blow by menurun signifikan menjadi 0,3 inH₂O (0,010 Psi) pada idle rendah dan 1 inH₂O (0,036 Psi) pada idle tinggi. Hasil ini membuktikan keberhasilan tindakan korektif. Penelitian ini merekomendasikan penerapan preventive maintenance, pergantian filter udara berkala, dan sistem proteksi tambahan pada air intake.

Kata kunci: *Crankcase, High Pressure, Blow by, Cummins QSM15, Dust Ingestion*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

STUDI KASUS PENYEBAB TERJADINYA *HIGH PRESSURE* PADA *CRANKCASE ENGINE* CUMMINS QSM 15

Raihan Firza Pratama¹, Asep Apriana²

¹Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425
Email: Firza799@gmail.com

ABSTRAC

Crankcase high pressure, commonly referred to as engine blow by, is an early indicator of internal damage in diesel engines, often leading to performance loss and accelerated engine failure. This study investigates the root causes of blow by in a Cummins QSM15 engine using the Root Cause Analysis (RCA) method supported by a Fishbone Diagram approach. The case study focuses on a LiuGong CLG975E excavator operating at 2,345 engine hours. Initial measurements showed blow by pressure of 4.3 inH₂O (0.155 Psi) at low idle and 9 inH₂O (0.325 Psi) at high idle—significantly exceeding the manufacturer's maximum limit of ≤ 3 inH₂O (0.108 Psi). Inspection revealed cracks in the piston, wear on the piston rings, and deep scoring on the cylinder liner, primarily due to dust ingestion through a damaged air filter. Oil analysis further indicated contamination with elevated Fe (24.50 ppm) and Si (19.50 ppm) levels. After component replacement and post-repair validation, blow by pressure significantly dropped to 0.3 inH₂O (0.010 Psi) at low idle and 1 inH₂O (0.036 Psi) at high idle, proving the effectiveness of the corrective measures. This study recommends consistent preventive maintenance, timely air filter replacement, and additional protection systems for the air intake—especially for machines operating in dusty, extreme environments.

Keywords: *Crankcase, High Pressure, Blow by, Cummins QSM15, Dust Ingestion*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kesempatan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "**Studi Kasus Penyebab Terjadinya *High Pressure* Pada *Crankcase Engine Cummins QSM 15*"** dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi D-III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses penyelesaian laporan ini, saya mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT. yang telah memberikan banyak nikmat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua tercinta, ayah dan ibu. Terima kasih atas kasih sayang, dukungan, doa, dan cinta yang selalu diberikan tanpa memandang waktu dan situasi.
3. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Budi Yuwono, S.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
5. Bapak Asep Apriana, S.T., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir di Politeknik Negeri Jakarta, Program Studi Teknik Mesin, yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan masukan selama pelaksanaan Tugas Akhir.
6. Teman seperjuangan saya, yaitu Anas Malik dan Dhika Adi, serta teman-teman M22 yang sangat saya sayangi.
7. Kepada semua orang baik yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan laporan Praktik Kerja Lapangan dan yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam laporan ini. Oleh karena itu, segala kritikan dan saran yang membangun akan kami terima dengan baik. Akhir kata, kami berharap semoga laporan penelitian ini berguna bagipara pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Tangerang Selatan, 9 Juni 2025

Raihan Firza Pratama

NIM. 2202311022





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Metode Penelitian.....	3
1.7. Sistematika Penulisan	3
1.7.1. BAB I Pendahuluan	3
1.7.2. BAB II Tinjauan Pustaka	3
1.7.3. BAB III Metode Penelitian	4
1.7.4. BAB IV Hasil dan Pembahasan	4
1.7.5. BAB V Kesimpulan dan Saran.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian <i>Engine</i> Diesel	5
2.2. Prinsip Kerja <i>Engine</i> Diesel	5
2.2.1. Langkah Kerja <i>Engine</i> Diesel 4 tak	6



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2.2. Langkah Kerja <i>Engine</i> Diesel 2 tak	7
2.3. <i>Engine</i> Cummins QSM 15	8
2.4. Komponen Umum <i>Engine</i> Diesel	9
2.4.1. Blok Silinder (<i>Cylinder Block</i>).....	9
2.4.2. Kepala Silinder (<i>Cylinder Head</i>)	10
2.4.3. Piston.....	10
2.4.4. Ring Piston.....	11
2.4.5. <i>Cylinder Liner</i>	11
2.4.6. Poros Engkol (<i>Crankshaft</i>).....	12
2.4.7. Batang Penghubung (<i>Connecting Rod</i>).....	12
2.4.8. Filter Udara	13
2.4.9. <i>Turbocharger</i>	13
2.4.10. Katup (<i>Valve System</i>) dan <i>Camshaft</i>	14
2.5. Sistem Pada <i>Engine</i> Diesel.....	15
2.5.1. Sistem Bahan Bakar (<i>Fuel System</i>).....	15
2.5.2. Sistem Pelumasan (<i>Lubricating System</i>).....	15
2.5.3. Sistem Pendinginan.....	16
2.5.4. Sistem Pemasukan Udara (<i>Air Intake System</i>).....	17
2.5.5. Sistem Pembuangan (<i>Exhaust System</i>)	17
2.6. Prosedur <i>Troubleshoot</i>	18
2.7. Fenomena <i>High Blow By</i> Pada <i>Engine</i>	19
2.7.1. Pengertian <i>Engine High Blow by</i>	19
2.7.2. Penyebab <i>Engine High Blow by</i>	20
2.7.3. Gejala <i>Engine High Blow by</i>	23
2.7.4. Cara Mendiagnosa <i>High Blow by</i> pada <i>Engine</i>	24



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.8. Alat Ukur Manometer	26
2.9. Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	28
2.9.1. Pengertian Perawatan <i>Engine</i>	28
2.9.2. Klasifikasi Perawatan <i>Engine Diesel</i>	29
2.9.3. <i>Interval</i> Perawatan <i>Engine</i>	30
2.10. <i>Root Cause Analysis</i>	32
2.10.1. <i>Fishbone</i>	33
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	34
3.2. Penjelasan Diagram Alir	35
3.2.1. Identifikasi Masalah	35
3.2.2. Observasi lapangan dan Pengumpulan Data	35
3.2.3. Studi Literatur	35
3.2.4. Pengumpulan Data	35
3.2.5. Pengolahan dan Analisa Data.....	36
3.2.6. Penentuan Akar Masalah (<i>Root Cause Analysis</i>)	36
3.3. Metode Penyelesaian Masalah	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1. Pengumpulan Data dan Identifikasi	37
4.1.1. Melakukan Wawancara	38
4.1.2. Melakukan Pemeriksaan Komponen External Engine.....	39
4.1.3. Melakukan Pemeriksaan Komponen Internal Engine.....	44
4.2. Mencari Penyebab Kerusakan	47
4.3. Mencari Akar Masalah (<i>Root Cause Analysis</i>)	48
4.4. Tindakan Perbaikan.....	51



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5. Validasi Hasil Perbaikan	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Engine diesel	5
Gambar 2.2 Siklus kerja engine diesel 4 tak	6
Gambar 2.3 Siklus engine diesel 2 tak	7
Gambar 2.4 Engine Cummins QSM 15	8
Gambar 2.5 Blok silinder	9
Gambar 2.6 Cylinder head	10
Gambar 2.7 Piston Diesel.....	10
Gambar 2.8 Ring piston	11
Gambar 2.9 Cylinder liner.....	11
Gambar 2.10 Crankshaft	12
Gambar 2.11 Connecting Rod.....	12
Gambar 2.12 Filter udara	13
Gambar 2.13 Turbocharger	14
Gambar 2.14 Katup & Camshaft.....	14
Gambar 2.15 Sistem bahan bakar.....	15
Gambar 2.16 Sistem Pelumasan.....	16
Gambar 2.17 Sistem Pendinginan	16
Gambar 2.18 Sistem Pemasukan Udara	17
Gambar 2.19 Sistem Pembuangan	18
Gambar 2.20 Blowby	20
Gambar 2.21 Pengisian oli	21
Gambar 2.22 Pernapasan engine	21
Gambar 2.23 Kebocoran kompresi	22
Gambar 2.24 Kebocoran pipa turbo	22
Gambar 2.25 Ilustrasi tekanan crankcase tinggi	24
Gambar 2.26 Alat ukur manometer u tube	27
Gambar 2.27 Diagram skema perawatan mesin.....	28
Gambar 2.28 Diagram tulang ikan	33
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	34
Gambar 4.1 Keterangan tentang Unit dan Mesin.....	37



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.2 Kondisi filter udara.....	39
Gambar 4.3 Pengecekan oli	40
Gambar 4.4 Bagian saringan oli.....	40
Gambar 4.5 Hasil analisis oli	41
Gambar 4.6 hasil analisis oli	41
Gambar 4.7 Pengukuran blowby idle rendah	42
Gambar 4.8 pengukuran idle tinggi.....	43
Gambar 4.9 Keluar asap dari pernapasan engine.....	43
Gambar 4.10 Kondisi Turbocharger.....	44
Gambar 4.11 kondisi silinder liner.....	45
Gambar 4.12 Kondisi liner nomer 5 tergores.....	45
Gambar 4.13 Kondisi semua piston dengan piston nomer 5 tergores.....	46
Gambar 4.14 Pengecekan keretakan pada piston dengan dye penetrant.....	46
Gambar 4.15 kondisi ring piston.....	47
Gambar 4.16 Diagram fishbone masalah yang terjadi	49
Gambar 4.17 Pergantian piston, silinder liner, filter udara dan ring piston yang baru	52
Gambar 4.18 Pengukuran blowby idle rendah.....	53
Gambar 4.19 Pengukuran blowby idle tinggi	53



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil wawancara pada operator.....	38
Tabel 4.2 Rangkuman pembahasan faktor penyebab kerusakan.....	49
Tabel 4.3 Pengukuran sebelum perbaikan.....	54
Tabel 4.4 Pengukuran setelah perbaikan.....	54





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Engine diesel merupakan salah satu jenis mesin pembakaran dalam yang paling banyak digunakan pada sektor industri alat berat, pertambangan, transportasi, hingga durabilitasnya yang tinggi, *engine* diesel memiliki peran penting dalam mendukung operasional berbagai peralatan dan kendaraan berat. Keandalan dan kinerja *engine* diesel menjadi faktor utama dalam menjamin produktivitas dan efisiensi di berbagai sektor tersebut.

Dalam operasionalnya, *engine* diesel tidak lepas dari berbagai permasalahan teknis yang dapat mengganggu kinerja dan umur pakai mesin. Salah satu masalah yang sering terjadi adalah meningkatnya tekanan di dalam *crankcase*, atau yang biasa dikenal dengan istilah *engine high blow by*. Kondisi ini dapat menyebabkan keluarnya gas dari sistem ventilasi *crankcase* secara berlebihan, peningkatan emisi gas buang, hingga potensi kerusakan pada komponen internal *engine*. Jika tidak segera ditangani, fenomena ini dapat menyebabkan kerusakan lanjutan yang berdampak pada *downtime* mesin dan kerugian operasional.

Crankcase high pressure umumnya terjadi akibat kebocoran gas pembakaran dari ruang bakar menuju *crankcase*, yang disebabkan oleh keausan komponen seperti piston, ring piston, atau *cylinder liner*. Fenomena ini menjadi salah satu indikator awal dari kerusakan internal *engine* yang tidak terlihat secara kasat mata. Oleh karena itu, pemahaman terhadap penyebab dan gejala awal *crankcase high pressure* sangat penting dalam rangka pencegahan kerusakan yang lebih serius.

[1]

Engine Cummins QSM15 merupakan salah satu tipe *engine* diesel yang banyak digunakan dalam aplikasi industri dan alat berat karena memiliki tenaga besar dan daya tahan yang tinggi. Namun demikian, sebagaimana *engine* lainnya, Cummins QSM15 juga tidak terlepas dari potensi terjadinya *crankcase high pressure*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian ini dilakukan karena kegagalan engine pada alat berat seperti dapat menyebabkan downtime yang cukup lama, yang berdampak langsung pada produktivitas operasional dan meningkatnya biaya perbaikan. Berdasarkan pengalaman penulis selama melaksanakan praktek kerja lapangan (magang), ditemukan bahwa kasus *crankcase high pressure* atau *blow by* berlebih cukup sering terjadi pada unit-unit yang beroperasi di lingkungan kerja ekstrem seperti tambang terbuka. Melalui pendekatan *Root Cause Analysis*, penulis mengangkat tema “Studi Kasus Penyebab *High Pressure* pada *Crankcase Engine Cummins QSM15*”. Penulis berupaya untuk mencari akar permasalahan agar masalah serupa dapat dicegah di masa mendatang

1.2. Rumusan Masalah

1. Penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi penyebab utama terjadinya *high pressure* pada *crankcase engine Cummins QSM15*, berdasarkan gejala dan hasil pemeriksaan teknis lapangan.
2. Penelitian ini juga dilakukan untuk menemukan akar permasalahan dengan menggunakan pendekatan *Root Cause Analysis* berbasis *Fishbone Diagram*, guna mengetahui faktor-faktor penyebab yang saling terkait.

1.3. Batasan Masalah

1. Penelitian difokuskan pada satu unit *Engine Cummins QSM15* yang mengalami *crankcase high pressure* akibat kebocoran kompresi.
2. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi visual, wawancara, dan pengukuran tekanan *blow by*, tanpa pengujian laboratorium lanjutan. seperti uji material atau analisis metalurgi.
3. Proses validasi terbatas pada hasil pengukuran tekanan *blow by* dan pemeriksaan visual pasca perbaikan

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis penyebab terjadinya *High Pressure* pada *Crankcase Engine Cummins QSM 15*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Mengidentifikasi akar permasalahan yang menyebabkan *Crankcase Engine* Cummins QSM 15 mengalami *High Pressure*.

1.5. Manfaat Penelitian

Dapat memahami dan mampu menganalisis penyebab kerusakan serta mengidentifikasi akar masalah pada *Crankcase Engine* Cummins QSM 15 yang mengalami *High Pressure*. Selain itu, hasil analisis ini dapat menjadi referensi untuk menangani permasalahan serupa pada mesin lainnya.

1.6. Metode Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan pada mesin Cummins QSM 15, digunakan pendekatan berdasarkan "*Troubleshooting and Repair Manual QSM 15 Engine Cummins*." Selain itu, metode *Fishbone Diagram* atau Diagram Tulang Ikan diterapkan untuk mengidentifikasi akar masalah melalui (*Root Cause Analysis*). Proses pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan, pengambilan data, serta analisis mendalam terhadap data yang diperoleh.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang jelas dan sistematis, laporan tugas akhir ini disusun dalam lima bab utama sebagai berikut:

1.7.1. BAB I Pendahuluan

Bab ini memberikan gambaran umum tentang dasar pemikiran dalam penyusunan tugas akhir, yang mencakup latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penulisan, serta sistematika pembahasan yang digunakan dalam tugas akhir ini.

1.7.2. BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas studi pustaka atau literatur yang menjadi referensi dalam menganalisis dan mendalami permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7.3. BAB III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam menganalisis kerusakan, termasuk alur penulisan dan metode penelitian yang diterapkan untuk menemukan serta menyelesaikan akar permasalahan.

1.7.4. BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas proses pengumpulan data yang digunakan dalam penyelesaian masalah penelitian serta menguraikan hasil analisis yang telah dilakukan.

1.7.5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini menyajikan kesimpulan dan saran berdasarkan seluruh penelitian dan perbaikan yang telah dilakukan. Kesimpulan yang dihasilkan menjawab permasalahan sesuai dengan tujuan penelitian, serta merangkum hasil yang diperoleh. Selain itu, bab ini juga memuat saran dan solusi untuk mengatasi permasalahan terkait serta mengidentifikasi kelemahan yang masih ada.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap kasus *crankcase high pressure* pada engine Cummins QSM15, serta melalui proses observasi, pengumpulan data, dan analisis akar masalah menggunakan *pendekatan Fishbone Diagram*, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Penyebab utama terjadinya *crankcase high pressure* pada engine Cummins QSM15 adalah adanya kebocoran kompresi akibat kerusakan pada komponen internal mesin. Ditemukan bahwa piston mengalami retakan dan goresan, ring piston dalam kondisi aus, serta *cylinder liner* tergores. Selain itu, filter udara yang rusak dan terkontaminasi debu menyebabkan terjadinya *dust ingestion* ke ruang bakar, yang mempercepat keausan komponen dan mengganggu proses pembakaran.
2. Metode *Root Cause Analysis* melalui pendekatan *Fishbone Diagram* mampu mengidentifikasi akar penyebab masalah secara sistematis dan menyeluruh. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kerusakan dikelompokkan ke dalam kategori *Machine, Man, Method, Material, dan Environment*, dengan faktor utama berasal dari buruknya kondisi filter udara, kurangnya inspeksi rutin, serta lingkungan kerja yang berdebu tanpa sistem proteksi udara yang memadai.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Peningkatan pelaksanaan *preventive maintenance* secara konsisten dan terdokumentasi. Pihak operator dan teknisi perlu menjalankan pemeriksaan harian secara menyeluruh, termasuk memeriksa kondisi filter udara, sistem pernapasan, dan kebocoran komponen. Setiap aktivitas perawatan perlu



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dicatat dalam sistem *logbook* untuk mencegah terlewatnya jadwal penggantian atau inspeksi komponen vital.

2. Penggantian filter udara secara berkala sesuai rekomendasi OEM (*Original Equipment Manufacturer*). Mengingat filter udara yang rusak menjadi salah satu penyebab utama masuknya partikel debu ke ruang bakar, sangat penting untuk memastikan penggantian filter dilakukan tepat waktu dan menggunakan komponen yang sesuai spesifikasi.
3. Perbaiki kondisi lingkungan kerja, khususnya pada area dengan tingkat debu tinggi. Untuk mencegah *dust ingestion*, direkomendasikan adanya sistem penyemprotan air (*dust control*).





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mishimoto, “Blow-by 101: What is Blow-by and How to Keep it from Ruining Your Engine,” Mishimoto . Accessed: Jun. 09, 2025. [Online]. Available: <https://www.mishimoto.com/engineering/2016/01/blow-by-101-what-is-blow-by?>
- [2] Charles Lafayette Proctor and Lloyd Van Horn Armstrong, “Diesel Engine,” Britannica. Accessed: Jun. 09, 2025. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/diesel-engine/Fuel-injection-technology>
- [3] Aan Rahmat Rifkian, “ANALISIS PERUBAHAN SUHU UDARA MASUK TERHADAP MENURUNNYA PERFORMA DIESEL GENERATOR DI MV. MANALAGI PRITA,” Semarang, Jun. 2024.
- [4] Maximus Wagner Wasugai, “STRATEGI OPTIMALISASI KINERJA MESIN DIESEL GENERATOR NO.2 DI KAPAL MT. SANGA SANGA : SEBUAH PENDEKATAN DENGAN METODE SWOT & SPSS,” Semarang, 2024.
- [5] Cummins Inc, “QSM 15 Operation and Maintenance Manual,” Cummins Quickserve Online. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://quickserve.cummins.com>
- [6] Tim Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, *Teknik Dasar Motor Diesel*, vol. 50. Yogyakarta, 2003.
- [7] I. Saputra, A. Jufri, and Y. Yetri, “TROUBLESHOOTING INTAKE EXHAUST SYSTEM PADA ENGINE C6.4 EXCAVATOR CATERPILLAR,” *J. POROS Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 112–117, Dec. 2021.
- [8] Cummins Inc, “M15 CM2670 M114C Service Manual,” *Cummins QuickServe Online*, 2024, Accessed: Mar. 25, 2025. [Online]. Available: <https://quickserve.cummins.com>
- [9] Cummins Inc, “M15 CM2670 M114C Fault Code Troubleshooting Manual,”



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Cummins Quickservice Online. Accessed: May 21, 2025. [Online]. Available: <https://quickservice.cummins.com>

- [10] Cummins Inc, “Troubleshooting and Repair Direction for High Blowby and/or Oil Consumption,” Cummins QuickServe Online. Accessed: Mar. 25, 2025. [Online]. Available: <https://quickservice.cummins.com>
- [11] Ekki Fernando and Arasy Fahrudin, “Rancang Bangun Manometer Untuk Alat Ukur Head Losses Pada Uji Perpipaan,” *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 13, Jan. 2021.
- [12] M. Damianus and B. Boy, *Perawatan Mesin Kapal*, vol. 217. Ruang Karya, 2024.
- [13] A. RACHMAD, “ANALISIS JADWAL PERAWATAN MESIN GENSET DI CV. SEJATI TEKNIK SEMARANG DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM),” Semarang, 2023.
- [14] R. K. Mobley, *Root cause failure analysis*, vol. 306. Newnes, 1999. Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: <https://books.google.com/>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



LAMPIRAN

Lampiran 1 Spesifikasi mesin

Engine Specification			
Make	Cummins®		
Model	QSM15-G1	QSM15-G1	QSM15-G1
Required Power for Rated kVA (hp)	594	594	594
Cooling	Liquid Cooled (EG Compleat 50:50)		
DEF	AUS 32 (Premix) as per ISO 22241		
Aspiration	Turbocharged, Charge Air Cooled		
No. of cylinders	6, In-line	6, In-line	6, In-line
Bore (mm) x Stroke (mm)	135 x 169	135 x 169	135 x 169
Compression ratio	23:1	23:1	23:1
Displacement (litre)	14.5	14.5	14.5
Fuel	High Speed Diesel	High Speed Diesel	High Speed Diesel
Performance class of generator set	ISO 8528-5 G2	ISO 8528-5 G2	ISO 8528-5 G2
Starting system	24 V DC Electrical	24 V DC Electrical	24 V DC Electrical
Lube oil specification	CK4	CK4	CK4
Lube oil sump capacity, High-Low level (litre)	50-35	50-35	50-35
Total lubrication system capacity (litre)	52	52	52
Total coolant capacity (litre)	67	67	67
Exhaust pipe size (inch)	6	6	6
Total wet weight (Engine+Radiator)* (kg)	1460	1460	1460
Length X Width X Height (Coolpac) (mm)	2400 X 1540 X 1716	2400 X 1540 X 1716	2400 X 1540 X 1716
Mean Piston speed (m/s)	8.45	8.45	8.45
Combustion air intake @100% load (±5%) (cfm)	980	980	980
Exhaust Temperature (°C)	556	556	556

Lampiran 2 Spesifikasi Blowby

Specifications	
Engine blowby specifications (at rated speed with full load)	61 cm-H ₂ O [24 in-H ₂ O]
Engine blowby specifications (at high idle speed without load)	8 cm-H ₂ O [3 in-H ₂ O]

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 3 Hasil analisis oli

ESN:	93849558			Wear Metals			Power Cylinder Wear		Dirt Contamination	
Bulletin 4022060 Limits		Caution		50	20	60	5%	50	15	15
		Critical		130	50	180	5%	130	30	110
Date Sampled	Engine Hours	Oil Hours	Oil Drained	Fe	Pb	Cu	Soot [abs/cm]	Cr	Al	Si
				Measured	Measured	Measured	Measured	Measured	Measured	Measured
12-Dec-24	1000	250	Yes	8,30	0,60	1,00	2,00	1,00	2,10	4,40
4-Jan-25	1236	236	Yes	8,10	0,70	2,40	2,00	1,10	2,20	6,50
22-Jan-25	1498	262	Yes	4,10	0,50	4,30	14,00	0,10	2,90	2,40
9-Feb-25	1755	257	Yes	8,00	0,80	4,20	4	0,70	2,80	3,50
23-Feb-25	1978	223	Yes	24,50	0,30	4,50	15	0,70	1,80	19,50
28-Mar-25	2255	277	Yes	1,10	0,60	3,20	2	2,00	2,50	5,80

Coolant Contamination		Fuel Contamination		Oil Degradation		
20	50	12,5	5%	2,5	25	25
110	130	16,3	5%	2,5	25	25
Na	B	Viscosity @ 100C	Fuel	TBN	Nitration	Oxidation
Measured	Measured	Measured	Measured	Measured	Measured	Measured
8,10	25,00	13,43	0,00	8,30	9,00	7,00
9,50	33,00	13,43	0,00	8,00	5,00	4,00
3,80	31,00	13,49	0,00	7,70	9,00	6,00
13,10	31,00	13,32	0,00	7,70	10,00	6,00
22,10	31,00	11,85	1,00	8,40	11,00	11,00
14,60	33,00	12,89	0,00	8,90	13,00	9,00

Hak Cipta :

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Standard dalam analisis oli

Oil Property	Abbreviation	Units	Caution Flag Limit	Critical Flag Limit
Aluminum	Al	parts per million (ppm)	15	30
Copper	Cu	parts per million (ppm)	60	180
Fuel dilution	Fuel	percent (%)	5%	
Iron	Fe	parts per million (ppm)	50	130
Lead	Pb	parts per million (ppm)	20	50
Potassium	K	parts per million (ppm)	40	110
Silicon	Si	parts per million (ppm)	40	110
Sodium	Na	parts per million (ppm)	40 ¹	110 ¹
Viscosity change at 100°C [212°F]	Visc	centistokes (cSt)	1 Viscosity Grade	
Total base number	TBN	milligrams potassium hydroxide per gram of sample (mg KOH/g)	2.5 number minimum or equal to total acid number (TAN)	
Total acid number	TAN	milligrams potassium hydroxide per gram of sample (mg KOH/g)	2.5 increase over new oil or equal to total base number (TBN)	
Soot	Soot	percent (%)	5% ²	
Nitration	Nit	absorbance units per centimeter (abs/cm)	25	
Oxidation	Ox	absorbance units per centimeter (abs/cm)	25	

NEGERI
JAKARTA

Lampiran 5 Tanda tanda keausan atau kontaminasi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sources of Wear Metals or Contaminants	
(Al) Aluminum	Pistons (some applications), crankshaft and camshaft thrust bearings, camshaft bushings, dirt.
(Cu) Copper	Connecting rod and main bearings, turbocharger bearings, connecting rod bushings, camshaft bushings, idler gear and accessory drive bushings and thrust washers, cam follower pins, rocker lever bushings, lube pump bushings and thrust washers, oil coolers.
Fuel	Unburned fuel in lubricating oil, injectors or fuel pump can be source of contamination.
(Fe) Iron	Cylinder liner, pistons (some applications), gears, crankshaft, camshaft and camshaft follower rollers and shafts.
(Pb) Lead	Rod and main bearings, turbocharger bearings, camshaft bushings, idler gear and accessory drive bushings and thrust washers, lube pump bushings and thrust washers.
(K) Potassium	Element contained in some coolant additive packages, which indicates coolant contamination of oil.
(Si) Silicon	Sand, dirt, silicon sealants and gasket materials, oil additives, cooling system inhibitor.
(Na) Sodium	Element contained in some coolant additive packages which indicates coolant contamination of oil, salt from detergent or road, oil additive.
Viscosity	The property of a fluid measured at a certain temperature that resists the force to cause the fluid to flow.

Lampiran 6 Standar Konsumsi oli

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Table 1, Acceptable Lubricating Oil Usage - Any Time During Coverage Period									
Engine Family	Miles Per Quart	Miles Per Liter	Miles Per Imperial Quart	KM Per Quart	KM Per Liter	KM Per Imperial Quart	Hrs Per Quart	Hrs Per Liter	Hrs Per Imperial Quart
ISL G/L9N	400	425	475	650	675	775	10	10.6	12
V/VT-378	250	265	310	400	425	485	4	4.3	4.8
V/VT-504	250	265	310	400	425	485	4	4.3	4.8
VT-555	250	265	310	400	425	485	4	4.3	4.8
L10	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
M11/ISM	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
ISG11	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
ISG/QSG12	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
ISZ/QSZ	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
N14/NT	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
ISX/QSX/Signature™	Reference the oil consumption evaluator under the "Service Tools" tab in QuickServe® Online.								
ISX12G/ISX12N	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
V/VT/VTA-903	250	265	310	400	425	485	4	4.3	4.8
KT/KTA19	200	210	250	320	340	390	3	3.2	3.6
V/VT/VTA28							2	2.1	1.1
KT/KTA38							1.5	1.6	1.8