



STUDI KASUS PENYEBAB TIMBULNYA ASAP PUTIH PADA *ENGINE* LOKOMOTIF CC 203 DI DIPO LOKOMOTIF CIPINANG PT.KAI

Muhamad Prastyo Hadi^{1*}, Rosidi², Ahmad Bustomi³, Eko Nugroho⁴, dan Budi Yuwono⁵.

¹Program Studi Diploma Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: rosidi@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Lokomotif CC 203 merupakan lokomotif diesel-elektrik yang berperan penting dalam operasional PT Kereta Api Indonesia. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah munculnya asap putih pada knalpot akibat ketidaksempurnaan proses pembakaran. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab munculnya asap putih serta menentukan tindakan perbaikannya. Penelitian menggunakan metode kualitatif melalui observasi, wawancara, dokumentasi teknis, dan studi literatur. Analisis dilakukan menggunakan *Root Cause Analysis (RCA)* dan *Fishbone Diagram*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa silinder 4L mengalami penurunan tekanan kompresi. Pembongkaran komponen menunjukkan adanya keretakan pada *head piston* silinder 4L yang menyebabkan kebocoran kompresi dan masuknya oli pelumas ke ruang bakar. Perbaikan dilakukan dengan mengganti komponen yang rusak. Hasil pengujian setelah perbaikan menunjukkan bahwa asap putih telah hilang dan kinerja mesin kembali normal.

Kata kunci: Lokomotif CC 203, Asap Putih, *Head Piston*, Analisis Akar Penyebab, Diagram Tulang Ikan

Abstract

The CC 203 locomotive is a diesel-electric locomotive that plays a vital role in the operations of PT Kereta Api Indonesia. One of the common problems encountered is the occurrence of white smoke from the exhaust due to incomplete combustion. This study aims to identify the cause of white smoke and determine the appropriate corrective action. A qualitative approach was employed through observations, interviews, technical documentation, and a literature review. The analysis was conducted using *Root Cause Analysis (RCA)* and the *Fishbone Diagram*. The test results indicated that cylinder 4L experienced a decrease in compression pressure. Component disassembly revealed a crack in the head piston of cylinder 4L, which caused compression leakage and allowed lubricating oil to enter the combustion chamber. The corrective action involved replacing the damaged component. Post-repair testing confirmed that the white smoke had disappeared and the engine performance returned to normal.

Keywords: Locomotive CC 203, white smoke, head piston, root cause analysis, fishbone

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 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

PENDAHULUAN

Lokomotif CC 203 merupakan lokomotif diesel elektrik yang digunakan oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero) untuk mendukung operasional angkutan penumpang maupun barang [1]. Sistem penggerak lokomotif ini menggunakan mesin diesel GE 7FDL-8 yang berfungsi mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator utama, yang selanjutnya menghasilkan energi listrik bagi motor traksi [2]. Keandalan mesin diesel menjadi faktor penting dalam menjamin kelancaran operasional lokomotif, sehingga setiap gangguan yang terjadi harus segera diidentifikasi dan ditangani agar tidak mengganggu pelayanan transportasi kereta api.

Salah satu gangguan yang sering dijumpai pada mesin diesel lokomotif adalah munculnya asap putih pada saluran buang (*muffler exhaust*). Asap putih merupakan indikasi terjadinya gangguan pada proses pembakaran yang dapat disebabkan oleh kebocoran kompresi, masuknya oli ke ruang bakar, gangguan sistem injeksi bahan bakar, maupun kerusakan komponen internal mesin [3]. Kondisi tersebut tidak hanya menurunkan performa mesin, tetapi juga berpotensi menyebabkan kerusakan yang lebih serius apabila tidak segera ditangani.

Pada Lokomotif CC 203 95 03 ditemukan gejala berupa keluarnya asap putih tebal secara terus-menerus saat mesin beroperasi. Berdasarkan hasil pemeriksaan awal, terdapat beberapa kemungkinan penyebab yang dapat memicu kondisi tersebut, antara lain kerusakan ring piston, liner silinder, valve, injector, maupun *head piston*. Oleh karena itu diperlukan proses investigasi yang sistematis untuk menentukan akar penyebab kerusakan sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara tepat dan efektif.

Penelitian ini menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap munculnya asap putih pada mesin diesel lokomotif. Metode RCA digunakan untuk menelusuri akar penyebab permasalahan secara sistematis, sedangkan *Fishbone Diagram* digunakan untuk mengelompokkan faktor penyebab berdasarkan aspek manusia (*man*), mesin (*machine*), material (*material*), metode (*method*), dan lingkungan (*environment*). Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode Root Cause Analysis (RCA) dan Fishbone Diagram secara terintegrasi untuk mengidentifikasi akar penyebab munculnya asap putih pada Lokomotif CC 203. Berbeda dengan penelitian sebelumnya [4], [3], yang mengidentifikasi kerusakan ring piston sebagai penyebab utama asap putih pada objek penelitiannya, penelitian ini menunjukkan bahwa penyebab utama pada kasus Lokomotif CC 203 95 03 adalah retaknya head piston silinder 4L. Temuan tersebut diperoleh melalui hasil uji kompresi, pembongkaran komponen, dan analisis RCA sehingga memberikan identifikasi penyebab kerusakan secara lebih komprehensif.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi penyebab utama timbulnya asap putih pada Lokomotif CC 203 95 03, menganalisis mekanisme kerusakan yang terjadi pada komponen mesin, serta menentukan tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengembalikan performa mesin ke kondisi normal. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam kegiatan perawatan dan penanganan gangguan serupa pada lokomotif diesel PT Kereta Api Indonesia (Persero).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab munculnya asap putih pada Lokomotif CC 203 95 03 yang menggunakan mesin diesel GE 7FDL-8. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah studi kasus dengan metode deskriptif kualitatif. Metode ini dipilih karena penelitian difokuskan pada satu kasus kerusakan spesifik yang terjadi di lapangan sehingga diperlukan analisis mendalam terhadap gejala, penyebab, dan mekanisme kerusakan yang terjadi. Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung pada unit lokomotif, wawancara dengan teknisi Dipo Lokomotif Cipinang, dokumentasi hasil pemeriksaan, serta studi literatur yang berkaitan dengan sistem pembakaran mesin diesel, kegagalan komponen piston, dan metode analisis kerusakan.

Dalam proses analisis, metode RCA digunakan untuk menelusuri hubungan sebab-akibat hingga diperoleh penyebab utama terjadinya gangguan. Untuk mempermudah identifikasi faktor penyebab, digunakan *Fishbone Diagram* yang mengelompokkan penyebab berdasarkan aspek *Man* (manusia), *Machine* (mesin), *Method* (metode kerja), *Material* (material), dan *Environment* (lingkungan) [5]. Hasil identifikasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan akar penyebab kerusakan dan tindakan perbaikan yang sesuai.



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

Root Cause Analysis

Untuk mendukung proses studi kasus pada kali ini, penulis memakai metode RCA (*root cause analysis*) dengan harapan akan memudahkan dan membantu dalam proses penelitian studi kasus. *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan proses memecahkan masalah dengan cara melakukan investigasi mendalam pada masalah tersebut dan ketidaksesuaian masalah yang ditemukan dan RCA bertujuan menemukan akar penyebab dari masalah, bukan hanya mengatasi gejala yang muncul [6]. *Root cause analysis* (RCA) merupakan suatu *tools* yang dirancang untuk mengetahui akar penyebab permasalahan suatu insiden tertentu didasarkan dengan kausalitas dalam suatu proses [7].

Terdapat 3 tahap dalam RCA yaitu :

1. Fase investigasi
Fase investigasi dilakukan untuk mengidentifikasi dan memahami kondisi terjadinya gangguan berupa munculnya asap putih pada mesin diesel lokomotif. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data berdasarkan fakta yang terjadi di lapangan, seperti hasil pengamatan visual saat mesin beroperasi, riwayat gangguan, data pemeliharaan, serta hasil inspeksi komponen mesin. Investigasi difokuskan pada gejala yang muncul, yaitu keluarnya asap putih dari saluran buang, tanpa melakukan asumsi terhadap penyebab yang belum terbukti. Data yang diperoleh kemudian diverifikasi melalui pemeriksaan dan pengujian sesuai prosedur pemeliharaan yang berlaku.
2. Fase pemeriksaan
Fase pemeriksaan dilakukan untuk menentukan penyebab utama timbulnya asap putih. Pemeriksaan meliputi inspeksi komponen ruang bakar, sistem bahan bakar, sistem pelumasan, dan komponen internal mesin yang berpotensi mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil pembongkaran dan pemeriksaan ditemukan adanya keretakan pada *head piston* silinder 4L. Keretakan tersebut menyebabkan oli pelumas masuk ke ruang bakar dan ikut terbakar bersama bahan bakar sehingga menghasilkan asap putih pada gas buang. Hasil pemeriksaan kemudian dianalisis untuk memastikan hubungan antara kerusakan komponen dengan gejala gangguan yang terjadi.
3. Fase pengambilan keputusan
Fase pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah membuktikan bahwa keretakan *head piston* silinder 4L merupakan penyebab utama timbulnya asap putih. Tindakan yang diputuskan meliputi penggantian *head piston* yang mengalami kerusakan, pemeriksaan kondisi komponen terkait, pembersihan ruang bakar dari sisa karbon, serta pengujian mesin setelah perbaikan. Selain itu, disusun rekomendasi pemeliharaan berupa peningkatan inspeksi kondisi piston secara berkala dan pemantauan kualitas pembakaran untuk mencegah terulangnya kerusakan serupa di masa mendatang[3].

Fishbone Diagram

Diagram *fishbone* adalah diagram yang meniru rangka ikan Masalah paling utama ataupun yang mendasar akan diletakkan di bagian kepala ikan serta penyebabnya sebagai tulang kerangka. Sehingga, tulang rusuk bercabang menunjukkan setiap penyebab utama dan sub-cabang merupakan kemungkinan juga akar penyebab [8]. Berikut adalah fishbone diagram yang digunakan pada penelitian kali ini

Parameter Pemeriksaan

Tabel 1 Parameter Pemeriksaan

Parameter	Indikator	Metode Pengumpulan Data
Kondisi asap buang	Warna, intensitas, kontinuitas	Observasi langsung
Tekanan kompresi silinder	Nilai kompresi (psi) tiap silinder	Tes kompresi
Kondisi head piston	Retak, deformasi, penumpukan karbon	Disassembly dan inspeksi visual

Parameter	Indikator	Metode Pengumpulan Data
	<i>Head piston, piston ring</i>	Pemeriksaan visual
Faktor penyebab	<i>Man, Machine, Method, Material, Environment</i>	Fishbone Diagram dan RCA

Prosedur Pengerjaan

Penelitian diawali dengan identifikasi masalah berdasarkan laporan gangguan berupa munculnya asap putih secara terus-menerus pada *muffler exhaust* Lokomotif CC 203 95 03. Tahap berikutnya adalah melakukan observasi lapangan dan pemeriksaan visual pada sistem yang berhubungan dengan proses pembakaran, meliputi saluran udara masuk (*intake system*), *turbocharger*, serta sistem bahan bakar. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendeteksi adanya kebocoran, kerusakan komponen, maupun ketidaknormalan yang dapat mempengaruhi kualitas pembakaran.

Setelah pemeriksaan visual dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengujian performa setiap silinder menggunakan *self load test* dan pengujian kompresi menggunakan alat *Test Compression*. Pengujian kompresi dilakukan pada seluruh silinder mesin untuk mengetahui kondisi pemampatan udara di dalam ruang bakar sebelum proses pembakaran berlangsung. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan nilai kompresi silinder lainnya untuk menentukan silinder yang mengalami penurunan kompresi.

Berdasarkan hasil pengujian, silinder 4L menunjukkan nilai kompresi sebesar 230 psi, lebih rendah dibandingkan silinder lainnya yang berada pada rentang 310–330 psi. Temuan tersebut menjadi dasar dilakukannya pemeriksaan lebih lanjut melalui proses *disassembly* pada silinder 4L. Pembongkaran dilakukan untuk memeriksa kondisi komponen internal seperti *valve*, *liner*, *ring piston*, dan *head piston*. Dari hasil pemeriksaan ditemukan keretakan pada *head piston* yang menyebabkan kebocoran kompresi dan masuknya oli ke ruang bakar.

Tahap selanjutnya adalah menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan keretakan menggunakan metode RCA dan *Fishbone Diagram*. Setelah akar penyebab ditemukan, dilakukan tindakan perbaikan dengan mengganti *head piston* yang rusak serta melakukan pemeriksaan ulang terhadap komponen pendukung lainnya. Untuk memastikan keberhasilan perbaikan, dilakukan pengujian pasca-perbaikan melalui proses *warm-up* dan *self load test* guna memastikan asap putih tidak lagi muncul dan mesin kembali bekerja secara normal.

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan cara wawancara, observasi dan dokumentasi [9], menganalisis hasil pengujian kompresi, dan pemeriksaan komponen. Data kompresi digunakan untuk mengidentifikasi silinder yang mengalami penurunan performa, sedangkan hasil pembongkaran digunakan untuk menentukan jenis kerusakan yang terjadi. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan kerusakan berdasarkan aspek manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan.

Hasil identifikasi tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan metode RCA untuk menelusuri hubungan sebab-akibat hingga diperoleh akar penyebab permasalahan. Dari hasil analisis diketahui bahwa keretakan *head piston* dipicu oleh penumpukan karbon sisa pembakaran pada permukaan piston yang menyebabkan distribusi panas menjadi tidak merata. Konsentrasi panas yang terjadi secara berulang menghasilkan tegangan termal tinggi yang mempercepat terjadinya kelelahan material (*thermal fatigue*) hingga akhirnya menyebabkan retak pada *head piston*. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan tindakan perbaikan dan rekomendasi pencegahan kerusakan serupa pada masa mendatang.

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 mengumpukan 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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokomotif



Gambar 1 Lokomotif CC 203 95 03

Lokomotif adalah sarana perkeretaapian yang memiliki penggerak sendiri yang dapat bergerak dan digunakan untuk menarik dan mendorong kereta, gerbong atau kereta khusus [10][11]. Lokomotif memakai mesin disel GE 7-FDL8 konfigurasi V8. Motor Diesel adalah mesin kalor gas yang diperoleh dari proses pembakaran didalam mesin itu sendiri dan langsung digunakan untuk melakukan kerja mekanis, yaitu menjalankan mesin tersebut, dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain (seperti busi)[12]. Cara kerja lokomotif diesel elektrik adalah Pada saat Motor Diesel (MD) dihidupkan, poros engkol mesin akan berputar dan secara langsung memutar Main Generator (MG) karena keduanya terhubung dalam satu sistem penggerak. Putaran Main Generator tersebut kemudian mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh Motor Diesel menjadi energi listrik berupa arus searah (DC). Besarnya daya listrik yang dihasilkan bergantung pada putaran mesin diesel dan posisi throttle yang dioperasikan oleh masinis [13][14].

Asap Putih



Gambar 2 Asap Putih

Pada CC 203 95 05 masalah yang terjadi adalah timbulnya asap putih, Kondisi ini dapat terjadi karena adanya gangguan pada komponen internal mesin seperti Kebocoran *ring piston*, retak *head piston*, *liner* baret atau retak, injektor pecah atau retak, katup tidak rapat, [15][16][17][18][19][20][21][4]. Pada penelitian ini ditemukan bahwa retak *head piston* silinder 4L menjadi masalah utama. Hasil penelitian ini berbeda dengan [3] yang menyatakan bahwa asap putih dipicu oleh kerusakan ring piston. Pada penelitian ini, ring piston masih berada dalam kondisi baik, sedangkan penurunan kompresi disebabkan oleh retaknya head piston silinder 4L. Temuan ini menunjukkan bahwa gejala asap putih tidak selalu disebabkan oleh kerusakan ring piston, tetapi juga dapat terjadi akibat kegagalan struktur head piston yang menyebabkan kebocoran kompresi dan masuknya oli ke ruang bakar.

Pengujian Kompresi dan Hasil Pengujian

Hasil pengujian kompresi menunjukkan bahwa sebagian besar silinder memiliki nilai kompresi antara 310–330 psi, yang masih berada dalam kondisi normal. Namun, pada silinder 4L diperoleh nilai kompresi sebesar 230 psi. Nilai tersebut menunjukkan adanya penurunan kompresi yang signifikan dibandingkan silinder lainnya sehingga mengindikasikan adanya kebocoran pada ruang bakar.

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

Tabel 2 Hasil Pengujian Kompresi

Pengujian Silinder	Hasil	Kesimpulan
1L	310	Baik
2L	330	Baik
3L	310	Baik
4L	230	Tidak baik (bermasalah)
1R	320	Baik
2R	310	Baik
3R	320	Baik
4R	310	Baik

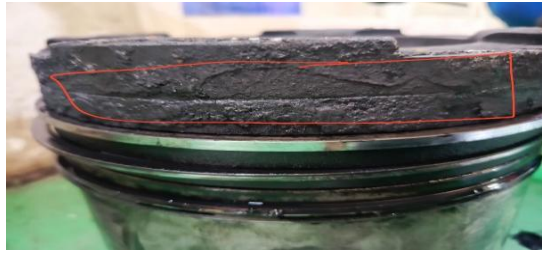


Gambar 3 Hasil Uji Kompresi 4L

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dilakukan penggantian komponen melalui proses *disassembly* pada silinder 4L. Komponen internal menunjukkan bahwa *head piston* mengalami keretakan pada permukaan piston. Keretakan tersebut menyebabkan kebocoran tekanan kompresi dan memungkinkan oli masuk ke ruang bakar sehingga proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Akibatnya, sebagian oli dan bahan bakar yang tidak terbakar sempurna keluar bersama gas buang dalam bentuk asap putih.

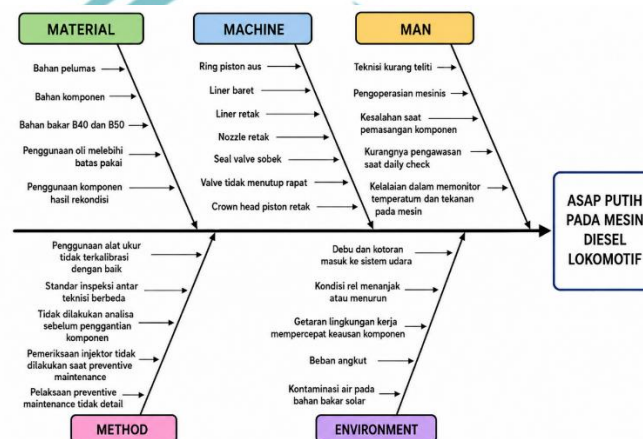
Tabel 3 Hasil Parameter Pemeriksaan

No	Parameter Penelitian	Hasil Pengamatan
1.	Kondisi asap buang	Asap putih timbul secara terus-menerus dan semakin pekat
2.	Tekanan kompresi silinder	Silinder 4L memiliki tekanan kompresi sebesar 230 psi, sedangkan silinder lain 310-330 psi
3.	Kondisi head piston	<i>Head piston</i> silinder 4L mengalami keretakan disertai penumpukan karbon pada permukaannya
4.	Kondisi komponen ruang bakar	<i>Liner</i> dan <i>Ring piston</i> dalam kondisi baik tanpa kerusakan maupun patah
5.	Faktor penyebab	<i>Man, Machine, Method, Material, Environment</i> memiliki kontribusi terhadap kerusakan <i>head piston</i>



Pada permukaan *head piston* ditemukan penumpukan karbon sisa pembakaran yang cukup tebal. Deposit karbon tersebut menyebabkan perpindahan panas dari permukaan piston menjadi tidak merata sehingga terbentuk titik panas (*hot spot*) pada area tertentu [22].

Gambar 4 Kondisi Head Piston 4L



Gambar 5 Hasil Analisis Fishbone Diagram

Konsentrasi panas yang terjadi secara terus-menerus mengakibatkan peningkatan tegangan termal pada material *head piston*. Siklus pemanasan dan pendinginan yang berulang selama mesin beroperasi menyebabkan material mengalami kelelahan termal (*thermal fatigue*). Seiring waktu, retak mikro mulai terbentuk pada area dengan konsentrasi tegangan tertinggi dan berkembang menjadi retak yang lebih besar hingga menyebabkan kegagalan komponen. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian [15] yang menyatakan bahwa keretakan *head piston* merupakan salah satu bentuk kegagalan material akibat beban termal berulang.

Tabel 4 Faktor Kerusakan

Faktor	Penyebab Utama	Pemecahan Masalah
Man	Pengoperasian masinis yang sering Throttling up mendadak	Dilakukan pelatihan dan peningkatan kompetensi mengenai teknik operasi lokomotif yang sesuai dengan prosedur.
Machine	Crown piston retak	Menggunakan material berkualitas tinggi, walaupun bukan barang original GE, namun secara material gunakan yang mendekati. Agar usia pakai komponen lebih awet.
Material	Bahan bakar B40 buruk dari segi sisa pembakaran,	Pemeriksaan kebocoran pada tanki bahan bakar, peningkatan tanki penyimpanan bahan bakar,

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

	dan terlalu sensitif terhadap air dan kerak menumpuk [23][24][25]. Penggunaan oli atau komponen melebihi batas pakai atau mendekati masa pakai [26][27].	sistem penyaringan bahan bakar sebelum dimasukkan kedalam tanki lokomotif.
Method	Pelaksanaan PM tidak detail (pengecekan injektor,ruang bakar)	Setiap teknisi mengikuti standar yang diberikan oleh perusahaan, mendetailkan setiap masalah dan mencari akar permasalahannya. Walaupun bukan tugas dari MC.
Environment	Beban angkut yang tidak sesuai dengan operasional standar Lokomotif CC 203	PT.KAI perlu merombak lokomotif yang sesuai dengan jarak tempuh dan kemampuan lokomotifnya. Setiap lokomotif memiliki seri dan kemampuan angkut berbeda

Berdasarkan hasil RCA, akar penyebab munculnya asap putih pada Lokomotif CC 203 95 03 adalah keretakan *head piston* silinder 4L akibat kelelahan material yang dipicu oleh penumpukan karbon pada permukaan piston. Keretakan tersebut menyebabkan kebocoran kompresi dan masuknya oli ke ruang bakar sehingga pembakaran tidak berlangsung secara sempurna. Selain itu *Piston* yang menghadapi katup dan harus menangani pembakaran campuran bahan bakar udara disebut *Head crown piston* [16], salah satu kerusakan yang dapat terjadi pada head piston adalah keretakan [15].

Proses Perbaikan dan Hasil Perbaikan



Menggunakan APD lengkap agar terjaga dari bahaya dalam lingkungan kerja [28], teknisi melakukan penggantian komponen sebagai tindakan perbaikan, dilakukan penggantian *head piston* yang retak dengan komponen baru sesuai spesifikasi pabrikan. Setelah proses pemasangan selesai, dilakukan pengujian pasca-perbaikan melalui *warm up* dan *self load test*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak ditemukan lagi asap putih pada *muffler exhaust* dan mesin dapat beroperasi dengan normal. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan perbaikan yang dilakukan telah berhasil menghilangkan sumber permasalahan dan mengembalikan performa mesin ke kondisi yang optimal.



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

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan, analisis, dan proses perbaikan yang dilakukan pada Lokomotif CC 203:

1. Penyebab utama timbulnya asap putih pada mesin diesel Lokomotif CC 203 95 03 adalah kerusakan pada *head piston* silinder 4L yang mengalami keretakan disebabkan oleh faktor material dan tercapainya usia komponen.
2. Proses perbaikan dilakukan dengan mengganti komponen *head piston* retak dengan yang baru sesuai standar spesifikasi lokomotif.
3. Setelah dilakukan proses perbaikan dan penggantian komponen asap putih tidak timbul dan lokomotif siap beroperasi.

Adapun saran yang dapat diberikan agar kerusakan dapat diantisipasi atau diketahui lebih awal:

1. Pemeriksaan kompresi silinder dan injektor secara berkala perlu dilakukan untuk mendeteksi dini kebocoran kompresi dan kerusakan komponen ruang bakar.
2. Penggunaan komponen pengganti sebaiknya sesuai standar pabrikan agar keandalan dan umur pakai mesin tetap terjaga.
3. Pemeriksaan rutin pada sistem bahan bakar perlu dilakukan, terutama saat menggunakan biodiesel B40 atau B50, untuk mencegah gangguan proses pembakaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Depo Lokomotif Cipinang PT Kereta Api Indonesia (Persero) yang telah memberikan izin, fasilitas, serta dukungan selama pelaksanaan penelitian. Kepada teknisi dan dosen pembimbing yang telah membantu dalam penyusunan Jurnal ini.

REFERENSI

- [1] N. Khozi Fahrezi *et al.*, "Analisis Gross Power Tidak Tercapai Pada Lokomotif CC 206," 2025. [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [2] P. Kereta Api Indonesia, "Manual Book Diesel Elektrik PT.KAI," 2018.
- [3] Henry *et al.*, "Analisis Gangguan Hasil Uji Pop Test Sebagai Parameter Kehandalan Mesin Diesel Lokomotif CC 206," 2021.
- [4] H. Poerwanto and M. Taufiq, "Pengembangan Virtual Reality Pendeteksi Kerusakan Mesin Kendaraan Off The Road Fin Komodo," vol. 4, no. 1, 2020, [Online]. Available: <http://finkomodo.com>
- [5] A. Setiawan *et al.*, "Studi Kasus Analisis Defect Pada Komponen Otomotif Disertai Pemecahan Masalah Menggunakan Diagram Pareto Dan Fishbone," *J. Ilm. Res. Student*, vol. 2, no. 2, pp. 53–63, 2025, doi: 10.61722/jirs.v2i2.4748.
- [6] M. A. Sitompul, "Implementasi Metode Root Cause Analysis (RCA) untuk Mengendalikan Reject Produk NP Project di PT. XYZ," *J. Manuf. Ind. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 83–92, Dec. 2024, doi: 10.30651/mine-tech.v3i2.24157.
- [7] S. Danu Prasetyo and Santoso, "Analisis Kegagalan Mesin Chemical Sheet Menggunakan Metode Root Cause Analysis (Rca) Di Pt.Xyz," Jul. 2025.
- [8] I. Sandi Winada, D. Djago Djoa, and L. Olga, "Analisis Beban Kerja Karyawan Denganpendekatan Metode Root Case Analysis (Rca)Fishbone Pada Pt. Jasa Peralatan PelabuhanIndonesia Cabang Panjang Bandar Lampung," Sep. 2023.
- [9] I. K. Diah Ayu Rahmani, Sri Muhayati, "Analisis data kualitatif," *Anal. Data Kualitatif*, vol. 9, p. 180, 2025, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/228075212.pdf>
- [10] A. Zulkarnain, D. Atmaja Sanjaya, and D. Oktaria Setyo, "Mekanisme Pengujian Lokomotif," 2025.
- [11] S. Putra Ekanto, "Analisa Sistem Kerja Motor Bakar Diesel Terhadap Fenomena Exhaust Flame ...," 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.unismabekasi.ac.id>
- [12] Z. Djafar, W. H. Piarah, and Y. J. Manggombo, "Prosiding Seminar Ilmiah Nasional 2016© Penguatan Kemitraan Berbasis Ipteks Inovatif Untuk Kemaslahatan Bmi Prestasi Kerja Mesin Diesel 4 Langkah Cat 3616 Tipe V Akibat Perubahan Fuel Rack Pada Injektor," 2016.
- [13] P. I. K. A. (PERSERO), "Cara Kerja Diesel Elektrik," 2024.

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

- [14] J. Sosial, D. Teknologi, and S. Maulidina, "Analisis Pemeliharaan dan Perbaikan Komponen Lokomotif Diesel Elektrik di Dipo Lokomotif Jatinegara," *J. Sos. dan Teknol.*, vol. 5, no. 5, 2025.
- [15] Z. Taqwagie, M. Khairuddin Syam, S. Irawan, and A. Ariansyah Ansar, "Analisis Kerusakan Crown Piston yang Terjadi pada Mesin Diesel Generator I KM. Dewi Bulan 89," 2025.
- [16] D. Kuncoro, "Analisa Penyebab Kerusakan Piston Crown Mesin Induk Di Km. Oriental Ruby," 2019.
- [17] T. Tona and M. Aziz Rohman, "Analisa Penyebab Terjadinya Keretakan Cylinder Liner Pada Mesin Diesel Generator di Kapal KM. HTS 38," 2023.
- [18] A. Mun Tasya, A. Apriana, and F. Wijayanti, "Studi Kasus Penyebab Black Smoke Akibat Kebocoran Bahan Bakar Pada Injector Engine Cummins KTA19," pp. 584–592, 2023, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [19] D. Afero Pranesti, D. Puspitasari, F. Yasa Utama, and A. Mahendra Sakti, "Identifikasi Masalah Air Intake dan Exhaust serta Uji Dynotest Mesin Caterpillar C15 pada PT Trakindo Utama Surabaya," *J. REKAYASA MESIN*, vol. 10, no. 03, pp. 638–644, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin>
- [20] Fakhruddin and Mulyadi, "Cylinder Overhaul Restores Dimensional Accuracy and Emission Compliance," *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 27, no. 2, Feb. 2026, doi: 10.21070/ijins.v27i2.2047.
- [21] F. Andrian and Suyanto, "Perhitungan Tingkat Keausan Piston dan Oversize Piston Mesin Diesel," 2023, doi: 10.31331/maristec.v4i1.
- [22] M. T. Suryantoro, B. Sugiarto, and F. Mulyadi, "Growth and characterization of deposits in the combustion chamber of a diesel engine fueled with B50 and Indonesian biodiesel fuel (IBF)," *Biofuel Res. J.*, vol. 3, no. 4, pp. 521–527, 2016, doi: 10.18331/BRJ2016.3.4.6.
- [23] Verdeen, "Common Problem With B40 Biodiesel (Solar B40)," 2025.
- [24] Radhian Krisnaputra, Ilham Ayu Putri Pratiwi, Yosephus Ardean Kurnianto Prayitno, Isworo Djati, and Sindhu Arya Nugraha, "Analisis Emisi Gas Buang Mesin Diesel Tipe Common Rail Dengan Variasi Bahan Bakar B0 Dan Bio Diesel B40," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 9, no. 2, pp. 287–296, 2025, doi: 10.30588/jeemm.v9i2.2460.
- [25] M. Herlan Prayoga, E. R. Chan, D. Rianto, and R. Prihatmantyo, "Tinjauan Dampak Teknis Penggunaan Biosolar (B35) Pada Genset Di Kmp3 Ka Pariaman Ekspres Technical Impact Review Of The Use Of Biosolar (B35) On Generators In Kmp3 Ka Pariaman Express," 2025.
- [26] M. F. R. Azhad, Parman, I. F. Augustino, R. B. S. Tsany, and D. N. Zulfika, "Pengaruh Aditif Pelumas Hexagonal Boron Nitride terhadap Keausan Mesin Diesel B30 dalam Uji Durabilitas 200 Jam," *Pist. J. Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 103–112, 2025, doi: 10.55679/pistonjt.v10i2.118.
- [27] W. Hendrawan and M. Nurbanasari, "Analisis kegagalan pada blade turbin PLTU 400 MW," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 47–54, 2023, doi: 10.37373/jttm.v4i1.433.
- [28] N. W. Utami, M. I. Fahlevi, I. Murdani, and J. M. Is, "Hubungan Perilaku Dengan Pemakaian Alat Pelindung Diri (Apd) Pada Petugas Pengangkut Sampah Di Wilayah Kerja Dinas Lingkungan Hidup Dan Kebersihan Kabupaten Aceh Barat," vol. 3, no. November, pp. 18–35, 2023.