

Analisa Kerusakan Boost Pressure Sensor Pada Unit Excavator Komatsu HB 365-1

Arwin^{1*}, Juan Carlos Immanuel², Aryati Muhaymin Marali³, Herdian Dwimas⁴, Yasmin Zulfati Yusrina⁵

^{1*,2,3,4,5} Politeknik Negeri Balikpapan

*Email: arwin@poltekba.ac.id

Abstract

The Komatsu HB 365-1 excavator is a heavy equipment unit that uses hybrid technology. Equipped with a Common Rail Engine SAA6D114E-5 with an EGR (Exhaust Gas Recirculation) system and the use of a boost pressure sensor makes the unit more fuel efficient and environmentally friendly. However, problems often occur in the boost pressure sensor component such as inaccurate readings or total failure as well as physical damage in its new service life causing the unit to be unable to operate. Therefore, the purpose of this study is to determine the main cause of the frequent failure of the boost pressure sensor component in the unit by using the 8-step problem-solving research method. The results show that the cause of this problem lies in the poor durability of the boost pressure sensor due to the intake manifold system connected to the EGR system. Heat and soot that spread cause the material of the boost pressure sensor to experience physical damage due to continuous heat exposure. The tip of the sensor is covered by soot causing total sensor failure which is indicated by the appearance of the failure code CA122 (charge air pressure sensor high error) on the monitor panel unit and black smoke occurs in the muffler due to an unbalanced ratio between air and fuel resulting in incomplete combustion. The results of this study can be used by companies to prepare more effective periodic maintenance schedules to prevent similar damage in the future and minimize the risk of other components connected to the system experiencing damage.

Keywords: Boost pressure sensor, exhaust gas recirculation, hybrid technology

Abstrak

Excavator Komatsu HB 365-1 merupakan unit alat berat yang menggunakan *hybrid technology*. Dilengkapi *Engine Common Rail SAA6D114E-5* dengan sistem EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) dan penggunaan *boost pressure sensor* membuat unit lebih hemat bahan bakar dan ramah lingkungan. Namun, permasalahan sering terjadi pada komponen *boost pressure sensor* seperti pembacaan yang tidak akurat atau kegagalan total serta kerusakan fisik pada umur pakai yang masih baru menyebabkan unit tidak bisa beroperasi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab utama dari sering terjadinya kerusakan komponen *boost pressure sensor* pada unit tersebut dengan menggunakan metode penelitian *8 step troubleshooting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab permasalahan ini terletak pada *poor durability* dari *boost pressure sensor* akibat dari sistem *intake manifold* yang terhubung dengan sistem EGR. Panas dan jelaga yang merambat menyebabkan material dari *boost pressure sensor* mengalami kerusakan fisik karena terkena panas secara terus menerus. Ujung sensor tertutup oleh jelaga menyebabkan kegagalan total sensor yang ditandai munculnya *failure code CA122 (charge air pressure sensor high error)* pada monitor panel unit dan terjadi *black smoke* pada *muffler* akibat dari rasio antara udara dan bahan bakar tidak seimbang sehingga terjadi pembakaran tidak sempurna. Hasil penelitian ini dapat digunakan perusahaan untuk penyusunan jadwal perawatan berkala yang lebih efektif guna mencegah kerusakan yang sama di masa depan dan meminimalisir komponen lain yang terhubung dengan sistem tersebut ikut mengalami kerusakan.

Kata kunci: *Boost pressure sensor*, sirkulasi ulang gas buang, teknologi hibrida

1. Pendahuluan

Excavator adalah salah satu alat berat yang digunakan untuk menggali (*digging*), memindahkan/memuat (*loading*), dan mengangkat (*lifting*) material seperti tanah, batu, atau puing-puing dalam proyek konstruksi, pertambangan, perkebunan dan infrastruktur. Selain fungsi tersebut, fungsi lain dapat ditambahkan melalui penggantian *front attachment* seperti *breaker attachment* untuk menghancurkan material keras seperti, batu, beton dan aspal [1]. Excavator dapat digunakan diberbagai medan kerja, bahkan medan kerja ekstrem dan berlumpur sekalipun. Komponen excavator terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu *upperstructure*, *undercarriage*, dan *attachment* [2]. Tenaga utama dari excavator berasal dari tenaga mekanik dari *engine* kemudian di rubah menjadi tenaga hidrolik. Namun dalam perkembangannya sudah ada excavator *hybrid* yang dimana menggabungkan tenaga mekanik/tenaga hidrolik dengan elektrik berupa tambahan komponen generator, kapasitor, dan motor listrik untuk meningkatkan performa unit excavator, mengurangi emisi buang dan menghemat konsumsi bahan bakar.

Salah satu unit excavator yang menggunakan teknologi *hybrid* adalah excavator Komatsu HB 365-1 dengan *Engine Common Rail SAA6D114E-5* diluncurkan pada tahun 2022 dilengkapi sistem EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) dan penggunaan *boost pressure sensor*. Excavator ini digunakan dalam rangka menciptakan ekosistem ramah lingkungan dan keberlanjutan dalam mewujudkan komitmen pemerintah Indonesia *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060. Penelitian tentang pemanfaatan EGR mengungkapkan adanya dampak positif terhadap kinerja *engine* berupa kenaikan torsi dan berkurangnya emisi gas buang NOx. Selain itu, memiliki dampak negatif terhadap kinerja *engine* berupa peningkatan emisi jelaga, CO dan HC pada *cold EGR* [3] [4] [5].

Boost pressure sensor adalah sensor yang berfungsi membaca tekanan udara di dalam *intake manifold* kemudian data di kirim ke *engine controller* modul (ECM) [6]. Data tersebut digunakan oleh ECM untuk mengatur jumlah bahan bakar yang disuplai, waktu pengapian yang optimal, dan kontrol pada *wastegate turbocharger* untuk memastikan kinerja mesin yang efisien dan optimal. Jika sensor rusak, ECM tidak memiliki informasi yang akurat, yang dapat menyebabkan masalah kinerja *engine* [7][8]. Kerusakan *sensor* bisa disebabkan beberapa hal seperti kontaminasi karbon/jelaga/kotoran, paparan panas, kelembaban, kerusakan fisik akibat tekanan dan benturan fisik, serta lonjakan tegangan listrik pada unit. Oleh karena itu, diperlukan tindakan perawatan yang teratur sebagai langkah dalam meningkatkan reliabilitas dan produktivitas unit alat berat [9].

Pengaruh *boost pressure sensor* terhadap kinerja *engine* sudah banyak dilakukan penelitian pada unit yang tidak menggunakan sistem EGR, menunjukkan nilai pembacaan *boost pressure sensor* berpengaruh besar terhadap *performance engine*[10][11]. Namun, penelitian di sistem *hybrid* dengan sistem EGR masih terbatas, hanya membahas kerusakan yang terjadi pada *sensor throttle* [12]. Sehingga penelitian tentang kerusakan *boost pressure sensor* pada unit *hybrid* dengan sistem EGR sangat perlu di teliti lebih lanjut karena memiliki sistem kerja yang berbeda dengan *engine* tanpa sistem EGR.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebab utama sering terjadinya kerusakan komponen *boost pressure sensor* pada unit Excavator HB 365-1 milik PT. Putra Sarana Transborneo site Sereat.

2. Metoda Penelitian

Penelitian yang di lakukan adalah penelitian deskriptif-kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Data yang dikumpulkan diolah dengan menggunakan metode *8 step trouble shooting* untuk memecahkan permasalahan yang terjadi.

Metode ini menyediakan pendekatan yang sistematis untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan sehingga solusi yang tepat dapat diterapkan, mencegah kerusakan yang lebih besar, serta perbaikan cepat dan efisien sehingga dapat mengurangi *downtime* unit [13][14]. Adapun *step* nya yaitu :

a. *Troubleshooting Chart*

Troubleshooting chart adalah langkah mengumpulkan informasi tentang unit yang mengalami *problem*. Mencari informasi selengkap mungkin mengenai unit tersebut. Meliputi: Nama pemilik unit (*Customer*), tipe unit dan *serial number* unit, kode unit, kerusakan yang terjadi pada unit, dan lokasi pekerjaan unit. Dan sebisa mungkin harus mendapatkan informasi tentang *hystorical unit* sebelum terjadi *trouble*.

b. *Possibilities Causes*

Sebelum mendatangi unit untuk melakukan pemeriksaan dan menentukan penyebab yang mungkin terjadi pada unit, ada baiknya menganalisa atau mengkaji terlebih dahulu informasi yang telah di dapat sebelumnya untuk mempersiapkan keperluan yang di butuhkan. Kemungkinan penyebab *trouble* unit bisa didapatkan informasi dari *shop manual unit*, OMM (*Operation Maintenance Manual*), catatan *trouble* sejenis, *part* dan *service news* serta *machine hystorical file*.

c. *Observe and Diagnostic*

Pada saat sampai di unit, jangan langsung terburu-buru membongkar komponen. Lakukan observasi terlebih dahulu, bisa bertanya kepada operator mengenai gangguan lain selain yang sudah dilaporkan, kelainan lain sebelum kerusakan terjadi, kondisi sebelum terjadi gangguan, sehingga pelaksanaan *troubleshooting* menjadi lebih mudah. Diagnosa dilakukan dengan memeriksa apakah ada tanda-tanda ketidak normalan pada *engine* atau yang lain, pemeriksaan sebelum menghidupkan *engine*, pemeliharaan berkala, dan kondisi panel monitor.

d. *Collect Data*

Pada langkah ini melakukan pemeriksaan dan pengukuran serta pengetesan secara langsung ke unit. Hasil pengukuran dan pengetesan semuanya di catat.

e. *Analysis*

Lakukan perbandingan berdasarkan data-data yang diperoleh dengan standar yang ada pada *shop manual* unit.

f. *Suspected Causes*

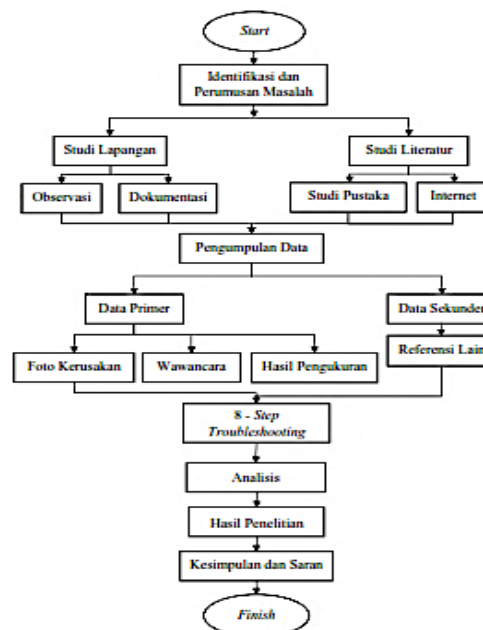
Dengan menggunakan bantuan *trouble shooting chart*, temukan bagian bagian yang kemungkinan besar tidak berfungsi dengan normal sehingga menyebabkan *trouble*. Perlu diperhatikan, apakah tidak normal itu hanya akibat dari bagian lain atau memang merupakan penyebab utama.

g. *Conclusion*

Pastikan penyebab utama *trouble*, dengan melakukan pengecekan pada *point-point* yang didapat dari *step* 6. Tentukan langkah perbaikan yang akan diambil.

h. *Action to Improvment*

Merupakan langkah terakhir yakni melakukan pergantian *part*, Berdiskusi dengan customer langkah-langkah untuk meminimalkan *trouble* tidak terulang kembali serta membuat laporan pekerjaan Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil Penelitian

Pada saat beroperasi unit excavator Komatsu HB 365-1 milik PT. Putra Sarana Transborneo dengan kode unit EX638 mengalami *trouble*. Berdasarkan laporan operator gejala awal yang di temukan yaitu munculnya *code* pada monitor panel yaitu *failure code* CA122 (*charge air pressure sensor high error*) dan terdapat *blacksmoke* pada *muffler* yang diidentifikasi rusaknya *boost pressure sensor* pada unit. Penyebab munculnya *failure code* dan *blacksmoke* di bahas pada bagian *step analysis* berikutnya.

Setelah mengetahui permasalahan yang terjadi pada unit maka langkah selanjutnya adalah pengumpulan data-data unit, pemeriksaan dan pengukuran terhadap komponen-komponen yang terkait dengan masalah yang terjadi pada unit. Untuk menemukan penyebab utama rusaknya *boost pressure sensor* metode *8 step troubleshooting* diaplikasikan berdasarkan data-data yang sudah didapatkan.

a. Troubleshooting chart

Troubleshooting Chart di gunakan untuk mengetahui informasi tentang *trouble* pada unit Excavator Komatsu HB 365-1 lalu di lakukan pendataan mengenai informasi unit seperti gambar 2 dan tabel 1 di bawah ini.

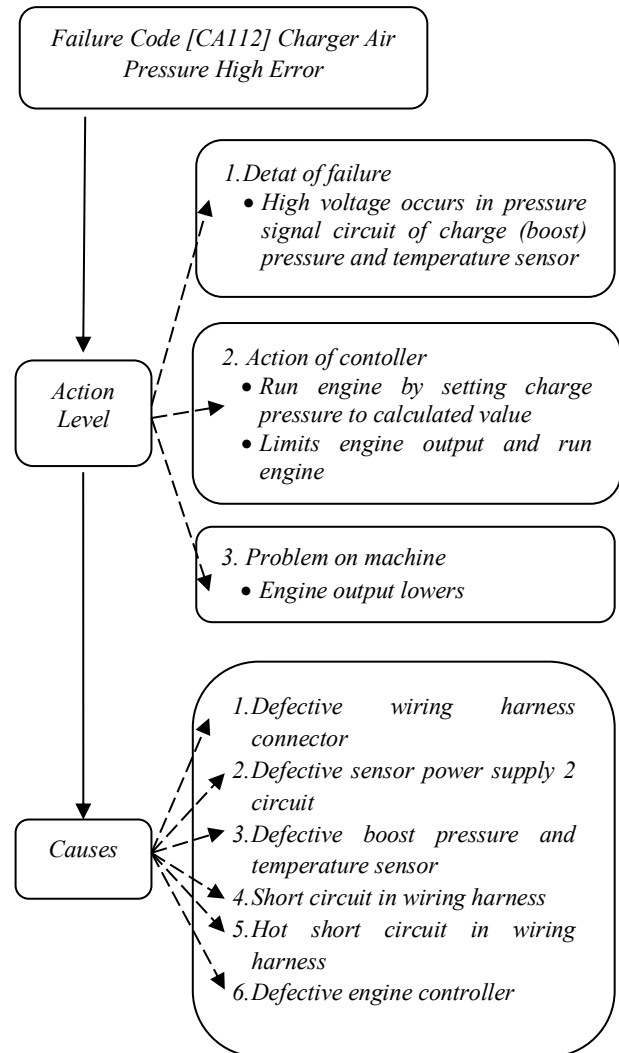


Gambar 2. Unit Excavator Komatsu HB 365-1

Tabel 1. Data Unit

No.	Uraian	Keterangan
1	<i>Costumer</i>	PT. Putra Sarana Transborneo
2	<i>Location</i>	Site Sereak
3	<i>Machine Model</i>	HB 365-1
4	<i>Serial No. Unit</i>	1066
5	<i>Hours Meter</i>	4833
6	<i>Status</i>	Warranty
7	<i>Date</i>	04 Oktober 2023
8	<i>Trouble</i>	Abnormal boost pressure sensor

Berdasarkan informasi yang telah di dapatkan tentang unit yang mengalami *trouble*, selanjutnya mempersiapkan rencana pekerjaan yang akan di lakukan dengan mempelajari *troubleshooting chart* yang di dapat dari *shop manual* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Troubleshooting Chart

b. Possibilities Causes

Pada saat akan melakukan perbaikan pada unit yang *trouble* kemungkinan penyebab didapatkan dari *troubleshooting chart*. Pada gambar 3 menunjukkan *failure code* (CA122) *charge air pressure sensor high error* terdapat 6 kemungkinan penyebab kerusakan yaitu:

1. *Defective wiring harness connector* (Kerusakan kabel *harness* konektor).
2. *Defective sensor power supply 2 circuit* (kerusakan sensor daya masuk 2 sirkuit)
3. *Defective boost pressure and temperature sensor* (kerusakan sensor tekanan dorong dan suhu).
4. *Short circuit in wiring harness* (Korsleting pada kabel *harness*)
5. *Hot short circuit in wiring harness* (Korsleting panas pada kabel *harness*)
6. *Defective engine controller* (Kerusakan *kontroller engine*).

Berdasarkan enam gejala kerusakan pada *troubleshooting chart failure code* (CA122) *charge air pressure sensor high error* ada satu gejala kerusakan pada *trouble* yang terjadi yaitu pada *point* ke tiga *defective boost pressure and temperature sensor*, sehingga hanya kemungkinan penyebab pada *point* ketiga yang akan di lakukan pemeriksaan untuk menemukan penyebab utama pada *trouble* yang terjadi. Adapun kemungkinan penyebab dari luar *troubleshooting chart* yang memungkinkan menjadi penyebab utama pada *trouble* ini yaitu jelaga yang terperangkap pada *exhaust gas recirculation* dan *temperature air intake* yang meningkat.

Selanjutnya mempersiapkan *measuring tools* setelah mengetahui terlebih dahulu kemungkinan penyebab *trouble* untuk menunjang pekerjaan yang akan di lakukan agar dapat menyelesaikan *trouble* yang terjadi pada unit Excavator Komatsu HB 365-1 yaitu seperti: Avometer, *tools box*, dan *shop manual*.

c. Observe and Diagnostic

Tahap *observe and diagnostic* di lakukan untuk mengetahui kemungkinan penyebab pada *trouble* yang terjadi secara langsung pada unit, dan melakukan diskusi dengan operator untuk memperoleh informasi yang dapat mengarahkan ke penyebab utama *trouble* yang terjadi. Berikut ini hasil observasi dan diagnosa yang telah di lakukan seperti:

1. Pemeriksaan pada monitor panel menunjukkan munculnya *failure code* (CA122).
2. Saat unit *trouble* terdapat *blacksmoke* pada *muffler*.
3. Melakukan pemeriksaan secara visual pada *boost pressure sensor*.
4. Melakukan pengukuran tahanan dan tegangan pada komponen *boost pressure sensor*.
5. Melakukan pemeriksaan pada *air cleaner*.
6. Melakukan pemeriksaan pada *exhaust gas recirculation (EGR) valve*.

Diskusi dilakukan untuk menghindari terbongkarnya *part* yang tidak ada hubungannya dengan kerusakan pada unit yang dapat menyebabkan waktu terbuang percuma.

d. Collect Data

Collect data di lakukan untuk mengetahui kemungkinan penyebab *trouble* yang terjadi, adapun kegiatan pemeriksaan dan pengumpulan data pada unit Excavator Komatsu HB 365-1 yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan pemeriksaan *failure code* pada monitor panel

Pemeriksaan pertama yang dilakukan yakni mengecek kondisi unit melalui monitor panel. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa terdapat *failure code* (CA122) , yang mengindikasikan *abnormal boost pressure sensor*. Dapat di lihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Failure code pada monitor panel

2. Saat unit *trouble* terdapat *blacksmoke* pada *muffler*

Pemeriksaan secara visual di lapangan menunjukkan *blacksmoke* pada *muffler* saat *engine* kondisi ON. Dapat di lihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Blacksmoke pada muffler

3. Melakukan pemeriksaan pada *boost pressure sensor*

Pemeriksaan ini di lakukan untuk mengetahui apakah kondisi pada *boost pressure sensor* dalam keadaan baik atau rusak. Dengan di lakukan pemeriksaan secara visual, kondisi sensor menunjukan kerusakan fisik berupa bagian material plastik sensor meleleh dan patah serta di ujung (*port*) sensor terdapat banyak jelaga/karbon yang menempel. Hasil pemeriksaan dapat di lihat pada Gambar 6.

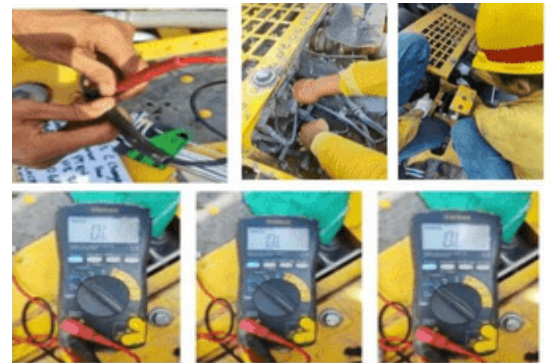
Gambar 6. Kondisi *boost pressure sensor*

4. Melakukan pengukuran pada komponen *boost pressure sensor*.

Pengukuran ini di lakukan untuk mengetahui berapa *resistance* & *voltage* yang di hasilkan dari *boost pressure sensor* yang terpasang pada unit. Hasil pengukuran yang di dapatkan tampak pada tabel 2 dan Gambar 7.

Tabel 2. Hasil Pengukuran *boost pressure sensor*

No.	Pin	Hasil
1	2 dan 4	OL
2	1 dan 4	OL
3	3 dan 4	OL

Gambar 7. Pengukuran *boost pressure sensor*

5. Melakukan pemeriksaan pada *air cleaner*

Pemeriksaan yang di lakukan pada *air cleaner* unit, menunjukkan dalam keadaan normal tidak ada tumpukan kotoran/debu yang menyumbat udara untuk masuk ke *intake manifold*. Ketika kondisi *air cleaner* kotor dapat menjadi indikasi penyebab terjadinya *black smoke* karena

ratio udara dan bahan bakar tidak seimbang. Hasil pemeriksaan tampak pada gambar 8.



Gambar 8. Pengecekan *air cleaner*

6. Melakukan pemeriksaan pada *exhaust gas recirculation (EGR) valve*

Pemeriksaan yang di lakukan pada *exhaust gas recirculation (EGR) valve* di temukan jelaga/karbon yang menumpuk membuat pergerakan katup tidak dapat menutup dan membuka secara maksimal sehingga EGR tidak berfungsi dengan baik [15]. Kondisi seperti ini akan membuat gas buang akan terus mengalir ke *intake manifold* secara terus menerus yang berdampak pada *boost pressure sensor* terpapar panas dan jelaga menutupi ujung (*port*) sensor menghasilkan pembacaan yang tidak akurat/tidak konsisten[16]. Kondisi katup EGR seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi EGR valve

e. Analysis

Saat terjadi *trouble* pada unit muncul *failure code (CA122) charge air pressure sensor high error* pada monitor panel,

mengindikasikan kerusakan terjadi pada *boost pressure sensor* karena sesuai dengan fungsinya sensor tidak bisa membaca tekanan udara pada *intake manifold* [6]. Selain itu, di dukung informasi dari *troubleshooting chart*, pemeriksaan secara visual dan data perbandingan hasil pengukuran sensor dengan standar pada *shop manual* unit seperti tampak pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Perbandingan hasil pengukuran *boost pressure sensor* dengan standar di *shop manual*

No.	Pin	Hasil	Standar	Ket.
1	2 dan 4	OL	100 Ω	Bad
2	1 dan 4	OL	200 Ω	Bad
8	3 dan 4	OL	0,3 to 4,7 V	Bad

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa hasil pengukuran tidak memenuhi standar. Sensor tidak mengirimkan informasi pembacaan tekanan udara pada *intake manifold* ke ECM sehingga ECM memunculkan *failure code (CA122)* pada monitor panel unit.

Hasil pemeriksaan secara visual pada *boost pressure sensor* menunjukkan kerusakan fisik, berupa bagian material plastik sensor meleleh dan patah serta ujung (*port*) sensor terdapat banyak jelaga/karbon yang menempel. Hal ini bisa disebabkan karena daya tahan yang buruk (*poor durability*) dari *boost pressure sensor* akibat paparan panas dan jelaga secara terus menerus dari sistem EGR yang terhubung dengan *intake manifold*. Ujung (*port*) sensor yang tertutupi jelaga membuat tekanan udara tidak terdeteksi, tidak ada informasi yang di kirim ke ECM mengakibatkan perbandingan/rasio antara udara dengan bahan bakar tidak seimbang, sehingga terjadi pembakaran tidak sempurna pada *engine* yang di tandai munculnya *black smoke* pada *muffler* dan banyaknya jelaga/karbon yang menempel pada bagian *exhaust gas recirculation (EGR) valve*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Alike Mun Tasya [17] bahwa penyebab *black smoke* pada *engine Cummins KTA19* karena adanya ketidakseimbangan antara rasio bahan bakar dengan suplai udara.

f. *Suspected Causes*

Melanjutkan hasil temuan-temuan pada analisis sebelumnya, telah di temukan bahwa kemungkinan munculnya *failure code* (CA122) pada monitor panel adalah akibat kerusakan dari *boost pressure sensor* yang mengalami kerusakan fisik akibat dari paparan panas dan jelaga dari sistem EGR, sensor tidak bisa melakukan pembacaan tekanan udara di *intake manifold* membuat tidak ada sinyal yang di kirim ke ECM sehingga memunculkan *failure code* di monitor panel. Pembacaan sinyal yang gagal ini diakibatkan jelaga yang menempel pada ujung (*port*) sensor.

g. *Conclusion*

Berdasarkan *step* 1 sampai 6 yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa penyebab utama kerusakan *boost pressure sensor* adalah daya tahan yang buruk (*poor durability*) material dari *boost pressure sensor* yang terbuat dari plastik tidak dapat menahan paparan panas dan jelaga dari gas buang secara terus menerus yang dimasukkan kembali ke *intake manifold*.

h. *Action to Improvment*

Setelah mengetahui penyebab utama dari *trouble* yang terjadi, selanjutnya dilakukan penggantian komponen *boost pressure sensor* kemudian dilakukan pengetesan dan unit beroperasi normal. Diskusi kembali dilakukan dengan operator dan penanggung jawab di lapangan untuk menyusun perawatan berkala yang lebih efektif berupa pengecekan dan pembersihan rutin pada bagian *Exhaust gas recirculation* (EGR) *valve* dan *boost pressure sensor* untuk mencegah terjadinya kembali *trouble* yang sama.

4. Kesimpulan

Berdasarkan studi kasus yang telah dilakukan tentang penyebab utama rusaknya *boost pressure sensor* pada unit Komatsu HB 365-1 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya tahan yang buruk (*poor durability*) material dari *boost pressure sensor* yang terbuat dari plastik belum mampu menahan paparan panas dan jelaga secara terus

menerus dari sistem EGR sehingga menyebabkan sensor rusak.

2. Munculnya *failure code* (CA122) pada monitor panel unit sebagai akibat sensor mengalami kegagalan total dalam pembacaan tekanan udara pada *intake manifold*.
3. *Black smoke* yang muncul pada *muffler* juga akibat dari kerusakan sensor karena terjadi perbandingan ratio antara udara dan bahan bakar tidak seimbang menyebabkan terjadinya pembakaran tidak sempurna.
4. Penyusunan dan implementasi perawatan berkala yang lebih efektif berupa pengecekan dan pembersihan rutin pada bagian EGR *valve* dan *boost pressure sensor* sangat perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya kembali *trouble*.

6. Daftar Pustaka

- [1] M. S. Isyanto *et al.*, “Pembuatan Trepos (Travel Protection System) Sebagai Upaya Penurunan,” vol. 2, no. 1, pp. 8–16, 2025, doi: 10.22146/jtrab.v2i1.13665.
- [2] L. A. Saputra, N. Santoso, L. D. Setyana, and B. Basuki, “Analisis Kegagalan Material Patahnya Coil Spring Pada Track Adjuster Excavator Pc 78,” vol. 2, no. 1, pp. 22–26, 2025, doi: 10.22146/jtrab.v2i1.15707.
- [3] T. Performa, M. Diesel, and S. Silinder, “G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan,” vol. 8, no. 2, pp. 964–974, 2024.
- [4] E. Darmana, “Kaji Eksperimental Cold Dan Hot Egr Dengan Bahan Bakar Campuran Biodiesel Terhadap Efisiensi,” vol. 14, no. 3, pp. 91–95, 2018.
- [5] A. Septiyanto, S. Maulana, and A. Nugroho, “Pengaruh Exhaust Gas Recirculation (Egr) Terhadap Performa Dan Emisi Jelaga Mesin,” pp. 129–136.
- [6] E. Priyono, P. Studi, and T. Elektro, “Analisis Pengaruh Sensor Boost Pressure Terhadap Engine Mtu Seri 16V2000M96L,” vol. 19, no. 2, pp. 87–92, 2025.
- [7] N. N. Farida, R. Monasari, C. Gunawan, and S. K. Aji, “Studi Penggunaan Manipulator Tegangan Pada Sensor Tekanan Bahan Bakar Mesin Diesel Common Rail Ditinjau Dari Daya & Konsumsi Bahan Bakar,” vol. 19, no. 2, pp. 71–77, 2024, doi: 10.26740/otopro.v19n2.p71-77.

- [8] H. Soyler., "Engineering Science and Technology , an International Journal Boost pressure influence on combustion , emission characteristics , and performance of diesel engines with various fuel types," vol. 63, no. x, 2025, doi: 10.1016/j.jestch.2025.101983.
- [9] H. Y. Pratama *et al.*, "Pengembangan Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things untuk Perawatan Berkala Kendaraan dan Alat Berat dengan Fitur Pelaporan Terintegrasi dan GPS," vol. 2, pp. 17–22, 2025, doi: 10.22146/jtrab.v2i2.18656.
- [10] Y. Kurniawan, M. Amin, F. Paundra, and S. Rojikin, "Analisis Pengaruh Boost Pressure After Cooler Terhadap Performance Engine MTU 16V4000," pp. 65–72, 2024.
- [11] D. A. Ramadhana, F. Teknologi, and I. Universitas, "Analisa Pengaruh Boost Pressure Pada Performansi Engine Caterpillar Model C15," pp. 0–4.
- [12] Y. Kurniawan, N. Huda, Y. Z. Yusrina, S. Mulyanto, and D. Mutawally, "Analisis Penyebab Engine Upnormal High RPM Pada Excavator Komatsu HB 365-1," pp. 74–80, 2025.
- [13] T. W. Hidayat, P. N. Balikpapan, K. Balikpapan, and C. Valve, "P-11 Analisis Penyebab Travel System Abnormal Pada Travel Motor Unit Komatsu Pc200-8m0 Di Pt . United Tractors Site Tabang Cause Analysis Travel System Abnormal On Travel Motor," 2023.
- [14] A. M. Marali, D. D. Nugroho, Z. Zulkifli, D. S. Samosir, and A. Sabitah, "Analisis Kerusakan Brake Accumulator Unit HM400-2R Di PT . United Tractors Site Muara Lawa," pp. 33–41, 2025.
- [15] M. F. Rizky, M. H. Tullah, and A. Maksum, "Analisa Kerusakan Sistem Exhaust Gas Recirculation (Egr) Menyebabkan Engine Blow By Pada 970e Excavator Unit Liugong," pp. 1522–1531, 2024.
- [16] S.B. Emas "Optimalisasi Perawatan Inert Gas System Guna Menghindari Terjadinya Ledakan Pada Kapal Mt. Amarin Indah" Kementerian perhubungan badan pengembangan sumber daya manusia perhubungan sekolah tinggi ilmu pelayaran, 2025.
- [17] A. M. Tasya, A. Apriana, and F. Wijayanti, "Studi Kasus Penyebab Black Smoke Akibat Kebocoran Bahan Bakar Pada Injector Engine Cummins KTA19," pp. 584–592, 2023.