

Analisis Penyebab *Diesel Engine Low Power* MTU 10V1600 Dengan Metode 7 Step Troubleshooting

Sukron Athoillah Rasyid¹, Rahmat Noval^{2*}, dan Ahmad Bustomi³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Penulis Korespondensi: rahmat.noval@mesin.pnj.ac.id

Abstract. *The diesel engine MTU 10V1600 installed in the P01912 power car unit experienced a low power phenomenon that reduced its operational performance. This study aims to analyze the root cause of the failure using a descriptive qualitative method, with data collected through field observation, technician interviews, and literature study, integrated with the 7 Step Troubleshooting method, Root Cause Analysis (RCA), and a fishbone (Ishikawa) diagram based on the 5M categories (Man, Machine, Method, Material, Measurement). The investigation found that the main root cause of the low power was a failure in the air intake and exhaust system, consisting of massive deposits on the turbocharger compressor blades, total blockage of the intercooler passages, and a clogged air filter element, which collectively restricted the air supply to the combustion chamber and reduced engine speed from the standard 1,500 RPM (50 Hz) to 1,402 RPM (45.2 Hz). Corrective actions, namely turbocharger replacement and intercooler cleaning, successfully restored the engine output power to the manufacturer's standard specification of 400 kW (536 HP) at 1,500 RPM and 50 Hz, as confirmed by a running and performance test. This study recommends an update to the preventive maintenance Standard Operating Procedure (SOP), including daily dust indicator inspection, hour-meter-based air filter replacement, and periodic boost pressure monitoring, to prevent recurrence of similar failures in power car units in the future.*

Keywords: *diesel engine, low power, root cause analysis, 7 step troubleshooting, air intake and exhaust system, fishbone diagram*

Abstrak. *Diesel engine MTU 10V1600 pada unit kereta pembangkit P01912 mengalami fenomena low power yang berdampak pada penurunan performa operasional. Penelitian ini bertujuan menganalisis akar penyebab kegagalan tersebut menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi lapangan, wawancara teknisi, dan studi literatur, yang diintegrasikan dengan metode 7 Step Troubleshooting, Root Cause Analysis (RCA), dan diagram fishbone (Ishikawa) berdasarkan kategori 5M (Man, Machine, Method, Material, Measurement). Hasil investigasi menemukan bahwa akar penyebab utama low power adalah kegagalan pada air intake and exhaust system, meliputi deposit masif pada bilah kompresor turbocharger, penyumbatan total saluran intercooler, serta tersumbatnya elemen air filter, yang secara kolektif membatasi suplai udara ke ruang bakar dan menurunkan putaran mesin dari standar 1.500 RPM (50 Hz) menjadi 1.402 RPM (45,2 Hz). Tindakan perbaikan berupa penggantian turbocharger dan pembersihan intercooler berhasil mengembalikan daya output mesin ke spesifikasi standar pabrikan sebesar 400 kW (536 HP) pada 1.500 RPM dan 50 Hz, sebagaimana dikonfirmasi melalui running and performance test. Penelitian ini merekomendasikan pembaruan Standar Operasional Prosedur (SOP) pemeliharaan preventif, mencakup inspeksi harian dust indicator, penggantian air filter berbasis interval hour meter, dan pemantauan berkala boost pressure, guna mencegah berulangnya kegagalan serupa pada unit kereta pembangkit di masa mendatang.*

Kata Kunci: *diesel engine, low power, root cause analysis, 7 step troubleshooting, air intake and exhaust system, fishbone diagram*

1. LATAR BELAKANG

Kereta pembangkit merupakan salah satu jenis gerbong pada rangkaian kereta api penumpang yang berfungsi menyediakan pasokan energi listrik mandiri bagi seluruh

kebutuhan operasional satu set rangkaian kereta api, mengingat sebagian besar jalur kereta api di Indonesia belum teraliri listrik secara langsung. Unit kereta pembangkit P01912 yang menjadi objek penelitian ini menggunakan diesel engine MTU 10V1600 sebagai penggerak utama generator, dengan spesifikasi daya keluaran standar pabrikan sebesar 400 kW pada putaran 1.500 RPM dan frekuensi 50 Hz [1].

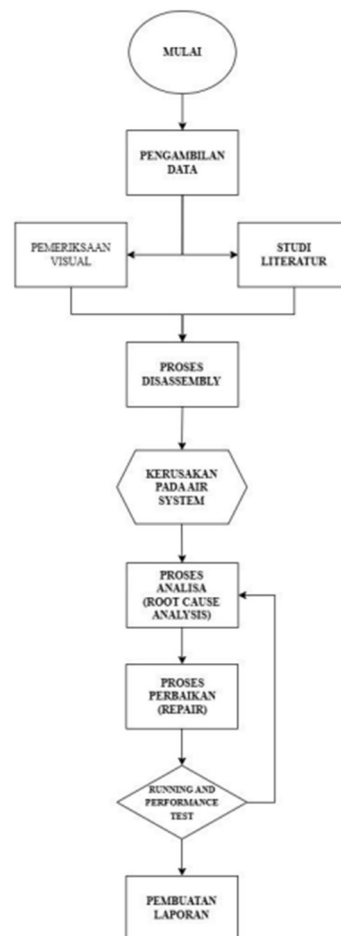
Kendala teknis yang kerap menginterupsi operasional unit generator set pada kereta pembangkit ini adalah fenomena low power, yaitu kondisi mesin mengalami degradasi performa sehingga tidak mampu mencapai output daya sesuai standar spesifikasi pabrikan. Hasil investigasi awal melalui prosedur pembongkaran (disassembly) mengindikasikan bahwa anomali low power ini memiliki korelasi kuat dengan kerusakan pada elemen air intake system, yang memicu malfungsi distribusi udara dan kegagalan siklus pembakaran di dalam silinder [2].

Guna mengatasi anomali teknis tersebut secara presisi, penelitian ini menerapkan metode 7 step troubleshooting yang diintegrasikan dengan kerangka kerja Root Cause Analysis (RCA), sehingga tindakan korektif yang diambil bersifat permanen dan mampu memitigasi risiko repetisi kerusakan di masa mendatang [3]. Sebagai instrumen pendukung, penelitian ini juga menggunakan diagram fishbone (Ishikawa) untuk mengklasifikasikan berbagai faktor penyebab kerusakan berdasarkan kategori 5M (Man, Machine, Method, Material, Measurement) [4].

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah: mengidentifikasi variabel penyebab fenomena low power dengan menggunakan kerangka kerja 5M, menganalisis akar permasalahan kegagalan air intake and exhaust system pada fenomena low power melalui pendekatan RCA yang sistematis, dan merumuskan langkah perbaikan permanen serta usulan pembaruan SOP pemeliharaan preventif untuk meminimalisir downtime operasional unit kereta pembangkit P01912.

2. KAJIAN TEORITIS

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dari tahap pengambilan data yang dilakukan melalui pemeriksaan visual dan studi literatur sebagai dasar untuk memahami kondisi sistem dan informasi pendukung penelitian. Selanjutnya, dilakukan proses *disassembly* untuk membongkar sistem sehingga dapat diketahui kondisi dan komponen yang mengalami kerusakan pada *air system*. Berdasarkan hasil pemeriksaan tersebut, dilakukan analisis akar penyebab (*root cause analysis*) untuk mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan, kemudian dilanjutkan dengan proses perbaikan (*repair*) terhadap bagian yang bermasalah. Setelah perbaikan selesai, dilakukan *running and performance test* untuk memastikan sistem dapat beroperasi dengan baik dan memenuhi kinerja yang diharapkan. Apabila hasil pengujian belum sesuai, proses kembali ke tahap analisis akar penyebab untuk dilakukan evaluasi dan perbaikan lebih lanjut; sedangkan apabila hasil pengujian telah sesuai, penelitian dilanjutkan ke tahap pembuatan laporan sebagai tahap akhir penelitian.

Jenis dan Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian deskriptif untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai kerusakan yang terjadi pada diesel engine MTU 10V1600. Objek penelitian adalah *diesel engine* MTU 10V1600 yang terpasang pada unit *generator set* kereta pembangkit P01912, dengan analisis difokuskan pada *air intake and exhaust system*. Data dikumpulkan melalui tiga proses, yaitu observasi langsung, wawancara mendalam dengan teknisi dan operator, serta studi literatur dari berbagai sumber pustaka yang relevan.

Objek dan Teknik Pengambilan Sampel

Objek penelitian adalah *diesel engine* MTU 10V1600 yang terpasang pada unit *generator set* kereta pembangkit P01912, dengan analisis difokuskan pada *air intake and exhaust system*. Kriteria pengambilan sampel meliputi unit *diesel engine* MTU 1600 itu sendiri serta catatan riwayat perbaikan dan status operasional mesin sebelum terjadinya kerusakan. Pengambilan sampel memperhatikan aspek kelayakan dan akses data, mencakup dokumen perawatan, laporan kerusakan, serta komponen fisik yang dapat diamati secara langsung, guna menjamin keterwakilan sampel dalam memberikan pemahaman mendalam terkait faktor-faktor penyebab kerusakan [5].

Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari sumber utama melalui observasi lapangan, wawancara mendalam bersama teknisi, serta pemeriksaan komponen yang mengalami kerusakan [6]. Data sekunder diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara atau dokumen yang telah tersedia sebelumnya [7], mencakup literatur ilmiah, jurnal akademik, dan dokumen teknis resmi seperti shop manual dan panduan pemeliharaan, yang digunakan untuk memvalidasi spesifikasi serta prosedur perawatan mesin.

3. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini meliputi observasi, wawancara, dan studi literatur. Observasi dilakukan sebagai aktivitas ilmiah yang bersifat empiris, di mana data dikumpulkan dari fakta lapangan melalui pengalaman indrawi tanpa adanya manipulasi, bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi fisik mesin yang rusak secara langsung [8]. Selanjutnya, wawancara dilakukan bersama teknisi dan operator yang menangani unit engine tersebut untuk mengambil informasi spesifik, memastikan

kejelasan data, serta memahami pandangan dan pengalaman praktis subjek terkait tahapan pemeliharaan dan faktor penyebab kerusakan [9]. Sebagai pelengkap, studi literatur dilakukan melalui buku, artikel jurnal, dan dokumen teknis relevan untuk memperluas perspektif, memperkaya konteks penelitian, serta memastikan efektivitas metode yang dipilih dalam menjawab pertanyaan penelitian [10].

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara sistematis menggunakan metode 7 Step Troubleshooting yang diintegrasikan dengan Root Cause Analysis (RCA) dan diagram fishbone berbasis 5M. Tahap awal dilakukan dengan memvalidasi keluhan mengenai kondisi low power melalui wawancara dengan operator untuk memahami gejala yang muncul, serta pengecekan log operasional untuk melihat kapan dan dalam kondisi apa penurunan daya terjadi (Investigasi). Setelah keluhan terverifikasi, dilakukan pemeriksaan visual menyeluruh tanpa membongkar komponen utama, dengan isolasi masalah difokuskan pada sistem yang paling berpotensi menyebabkan low power, yaitu sistem pemasukan udara (air intake), guna mencari indikasi penyumbatan atau kerusakan fisik kasat mata (Isolasi). Berdasarkan hasil isolasi, disusun daftar kemungkinan penyebab kerusakan, kemudian dilakukan pembongkaran (disassembly) pada air intake and exhaust system sesuai prosedur resmi manual book MTU 10V1600 untuk memvalidasi dugaan awal secara fisik (Identifikasi Penyebab). Seluruh temuan kerusakan selanjutnya dipetakan ke dalam diagram fishbone berdasarkan kategori 5M (Man, Machine, Method, Material, Measurement) untuk menemukan akar penyebab yang mendasari fenomena low power (Root Cause Analysis). Setelah akar masalah teridentifikasi, dilaksanakan tindakan perbaikan teknis yang komprehensif, mencakup penggantian komponen yang mengalami kerusakan permanen, dekontaminasi atau pembersihan sistem secara menyeluruh, serta penyetelan ulang (alignment) pada mekanisme terkait, dengan berpedoman pada manual prosedur servis resmi (Repair). Verifikasi kemudian dilakukan melalui running and performance test untuk menguji daya output mesin pada kondisi beban kerja tertentu, guna memastikan hasil perbaikan telah mengembalikan performa mesin ke spesifikasi standar pabrikan, dengan seluruh hasil pengujian didokumentasikan secara detail melalui foto dan catatan teknis (Verifikasi). Tahap akhir berupa penyusunan dokumentasi teknis yang merangkum seluruh protokol diagnostik secara terstruktur, mencakup analisis kausalitas terhadap degradasi fungsional

mesin serta perumusan skema pemeliharaan preventif dan usulan pembaruan Standard Operating Procedure (SOP) sebagai instrumen mitigasi risiko kegagalan sistemik di masa mendatang (Pencatatan dan Laporan).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Verifikasi Keluhan dan Pemeriksaan Awal

Verifikasi keluhan dilakukan melalui wawancara terstruktur dengan operator unit kereta pembangkit P01912. Hasil wawancara dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Verifikasi Keluhan Operator

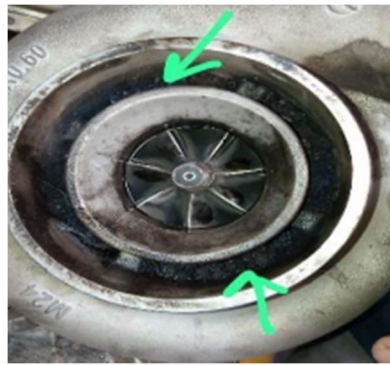
Aspek	Temuan
Gejala	Tenaga mesin menurun saat unit generator set dibebani
Durasi	Gejala dirasakan sejak 2 minggu terakhir, memburuk saat pembebanan tegangan
Indikasi visual	Muncul asap hitam saat akselerasi dan suhu ruang mesin lebih panas dari biasanya
Riwayat perawatan	Perawatan berkala dilakukan, namun penggantian filter sempat tertunda akibat keterbatasan suku cadang

Berdasarkan Tabel 1, keluhan low power telah terverifikasi secara konsisten antara laporan operator dan catatan log operasional. Pemeriksaan awal dilakukan melalui panel DeepSea pada unit generator set, yang menunjukkan indikasi bahwa perawatan pada air intake and exhaust system diperlukan segera, sehingga isolasi masalah diarahkan pada sistem tersebut.

Identifikasi Penyebab

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian deskriptif untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai kerusakan yang terjadi pada diesel engine MTU 10V1600. Objek penelitian adalah *diesel engine* MTU 10V1600 yang terpasang pada unit *generator set* kereta pembangkit P01912, dengan analisis difokuskan pada *air intake and exhaust system*. Data dikumpulkan melalui tiga proses, yaitu observasi langsung, wawancara mendalam dengan teknisi dan operator, serta studi literatur dari berbagai sumber pustaka yang relevan.

Pembongkaran air intake and exhaust system dilaksanakan secara sistematis di UPT Balai Yasa Manggarai dengan mengacu pada manual book MTU 10V1600. Hasil pembongkaran menemukan tiga kegagalan komponen sebagai berikut.



Gambar 2. Penyumbatan Pada Turbocharger

Penyumbatan pada turbocharger: inspeksi visual menunjukkan akumulasi deposit jelaga yang masif pada compressor housing dan bilah kompresor, sehingga celah aliran udara antar bilah menyempit dan kemampuan turbocharger mengompresi udara menurun drastis [2].



Gambar 3. Penyumbatan Pada Intercooler

Penyumbatan pada intercooler: permukaan saluran udara tertutup lapisan kotoran tebal berwarna hitam kehijauan, sehingga proses pendinginan udara bertekanan hasil kompresi turbocharger tidak optimal dan suhu udara masuk intake manifold meningkat, menurunkan densitas oksigen [11].



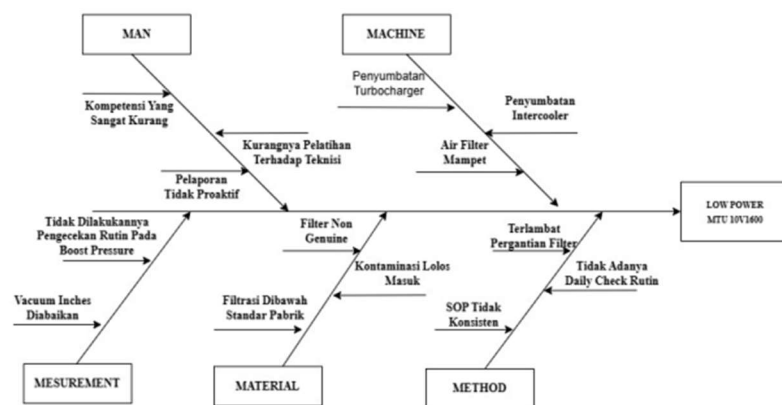
Gambar 4. Kontaminan Pada Komponen Air System

Tersumbatnya elemen air filter: kondisi air filter yang telah tersumbat membatasi volume massa udara segar yang dapat masuk ke dalam sistem, memperburuk defisit pasokan udara ke ruang bakar [12].

Ketiga kegagalan komponen tersebut secara kolektif menciptakan efek berantai yang mengganggu pembakaran dan menurunkan putaran mesin dari standar 1.500 RPM (50 Hz) menjadi 1.402 RPM (45,2 Hz).

Analisis Akar Masalah (*Root Cause Analysis*) Dengan *Fishbone Diagram*

Analisis akar masalah dilakukan menggunakan diagram fishbone berbasis kategori 5M untuk memetakan faktor teknis dan non-teknis yang berkontribusi terhadap fenomena low power [13].



Gambar 5. Fishbone Diagram

Setelah dilakukan analisis akar masalah melalui *fishbone diagram* maka didapatkan 5 faktor yang menjadi penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

1. *Machine*: Penyumbatan turbocharger oleh deposit jelaga, penyumbatan intercooler, dan kebuntuan air filter yang secara kolektif membatasi suplai udara ke ruang bakar [14] [15].
2. *Method*: Ketidakpatuhan terhadap prosedur pemeliharaan standar, keterlambatan penggantian air filter, serta absennya protokol daily check terstruktur terhadap dust indicator dan vacuum inches.
3. *Material*: Penggunaan elemen air filter non-genuine dengan kemampuan filtrasi di bawah spesifikasi pabrikan, sehingga partikel kontaminan mikro lebih mudah menembus elemen filter [16].
4. *Man*: Rendahnya kompetensi dan kedisiplinan personel dalam pelaporan proaktif gejala awal kerusakan, serta minimnya program pelatihan teknis terjadwal.

5. *Measurement*: Pemantauan parameter dust indicator dan boost pressure yang tidak dilakukan secara konsisten, sehingga degradasi performa turbocharger tidak terdeteksi sejak dini.

Kelima faktor tersebut menunjukkan bahwa kegagalan *air intake and exhaust system* bukan disebabkan oleh satu penyebab tunggal, melainkan interaksi antara kondisi fisik komponen (*machine*, dan *material*) dan kelemahan sistem pemeliharaan (*method*, *man*, *measurement*).

Perbaikan dan Verifikasi

Tindakan perbaikan dilaksanakan berpedoman pada manual book MTU 10V1600 dengan menggunakan *genuine parts*, meliputi penggantian *turbocharger*, pembersihan menyeluruh *intercooler*, serta penggantian elemen *air filter dan intake hose* yang mengalami kerusakan. Setelah perbaikan, dilakukan running and performance test untuk memverifikasi hasil perbaikan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Running dan Performance Test pada Pembebanan 100%

Parameter	Hasil Uji	Standar Pabrikan
Putaran mesin	1.500 RPM	1.500 RPM
Frekuensi	50 Hz	50 Hz
Daya keluaran	400 kW (536 HP)	400 kW (536 HP)
Daya semu (kVA)	500 kVA	500 kVA

Berdasarkan Tabel 2, seluruh tindakan perbaikan terbukti efektif mengembalikan performa *diesel engine* MTU 10V1600 ke standar spesifikasi pabrikan. Fenomena *low power* yang sebelumnya terjadi berhasil dieliminasi, dengan putaran mesin stabil pada 1.500 RPM dan frekuensi 50 Hz pada pembebanan penuh (100%).

Usulan Pembaruan SOP Pemeliharaan Preventif

Berdasarkan hasil analisis akar masalah pada faktor *method* dan *measurement*, dirumuskan usulan pembaruan interval pemeliharaan preventif untuk komponen *air intake and exhaust system*, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Usulan Interval Pemeliharaan Komponen Air Intake and Exhaust System

Komponen	100 Jam	1.000 Jam	10.000 Jam
Air filter	Check	Clean	Change
Oil engine & oil filter	Check	Change	Change

Turbocharger	Check	Clean	Change
Intercooler / aftercooler	Check	Clean	Change
Fuel Filter	Check	Change	Change
Exhaust system & flexible joint	Check	Check	Change
Radator & Coolant	Check	Clean	Change
Fan belt	Check	Change	
Baterai	Check	Check	Change
Valve clearance	-	Check	Change

Usulan ini dilengkapi mekanisme monitoring dan eskalasi bertingkat, yaitu pencatatan harian *dust indicator* dan *boost pressure* pada formulir *daily check*, serta pelaporan langsung kepada supervisor pemeliharaan apabila ditemukan penyimpangan tanpa menunggu jadwal inspeksi berkala berikutnya. Penerapan usulan ini diharapkan menutup celah pada faktor *method* dan *measurement* sehingga potensi terulangnya fenomena *low power* dapat diminimalisir.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian melalui integrasi metode 7 step *troubleshooting* dan *Root Cause Analysis* (RCA) terhadap fenomena *low power* pada *diesel engine* MTU 10V1600 unit kereta pembangkit P01912, dapat disimpulkan bahwa akar penyebab utama *low power* adalah kegagalan *air intake and exhaust system*, meliputi deposit masif pada bilah kompresor turbocharger, penyumbatan total saluran intercooler, dan tersumbatnya elemen air filter, yang secara sinergis menurunkan putaran mesin dari 1.500 RPM (50 Hz) menjadi 1.402 RPM (45,2 Hz). Integrasi 7 step *troubleshooting*, RCA, dan diagram *fishbone* berbasis 5M terbukti efektif mengidentifikasi kegagalan tersebut secara sistematis, mencakup faktor teknis (*machine* dan *material*) maupun non-teknis (*method*, *man*, dan *measurement*). Tindakan perbaikan berupa penggantian *turbocharger*, pembersihan *intercooler*, dan penggantian elemen *air filter* berhasil mengembalikan daya *output* mesin ke spesifikasi standar pabrikan sebesar 400 kW pada 1.500 RPM dan 50 Hz, sebagaimana dikonfirmasi melalui *running and performance test*. Penelitian ini merekomendasikan pembaruan SOP pemeliharaan preventif yang mencakup inspeksi harian *dust indicator*, penggantian *air filter* berbasis *interval hour meter*, dan pemantauan

berkala *boost pressure* guna mencegah berulangnya kegagalan serupa pada unit kereta pembangkit di masa mendatang.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. M. Hidayat, “STUDI KASUS PENYEBAB OVERHEAT UDARA PADA INTAKE MANIFOLD ENGINE CUMMINS QSX15,” 2025.
- [2] M. R. Fernanda, A. E. Kristiyono, M. R. Gunarti, and S. D. Robbi, “Analisis Menurunnya Kinerja Turbocharger Pada Mesin Diesel Generator di Kapal MV . Meratus Sibolga,” vol. 4, no. 3, pp. 4788–4796, 2025
- [3] M. Hifzi, “ANALISIS KERUSAKAN INJECTOR SEBAGAI PENYEBAB ENGINE LOW POWER PADA ENGINE DIESEL RENAULT DCI 11,” 2025.
- [4] S. H. Sakdiyah, N. Eltivia, and A. Afandi, “Journal of Applied Business , Taxation and Economics Research (JABTER) Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram : Company Management Decision Making,” vol. 1, no. 6, pp. 566–576, 2022, doi: 10.54408/jabter.v1i6.103.
- [5] R. Safarudin, M. Kustati, and N. Sepriyanti, “Penelitian Kualitatif,” vol. 3, pp. 9680–9694, 2023, [Online]. Available: <https://jinnovative.org/index.php/Innovative/article/view/1536>
- [6] M. Sari, Meita Sekar; Zefri, “Pengaruh Akuntabilitas, Pengetahuan, dan Pengalaman Pegawai Negeri Sipil Beserta Kelompok Masyarakat (Pokmas) Terhadap Kualitas Pengelola Dana Kelurahan Di Lingkungan Kecamatan Langkapura,” J. Ekon., vol. 21, 2019.
- [7] M. Sulung, Undari; Muspawi, “Jurnal Edu Research Indonesian Institute For Corporate Learning And Studies (IICLS) Page 110,” vol. 5, no. September, pp. 110–116, 2024.
- [8] M. Farmasetika and A. M. Review, “Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang sering digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri,” vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [9] A. Mukhnizar, Manurung Oktonius Bio, “ANALISIS PERAWATAN INJECTION PUMP PADA MOTOR DIESEL,” J. Sci. Res. Dev., vol. 5, no. 2, pp. 915–923, 2023, [Online]. Available: <https://idm.or.id/JCS/index.%0Aphp/JCS>
- [10] M. Sari, Meita Sekar; Zefri, “Pengaruh Akuntabilitas, Pengetahuan, dan Pengalaman Pegawai Negeri Sipil Beserta Kelompok Masyarakat (Pokmas) Terhadap Kualitas Pengelola Dana Kelurahan Di Lingkungan Kecamatan Langkapura,” J. Ekon., vol. 21, 2019.
- [11] H. Hasanah, “Teknik-teknik observasi,” vol. 8, pp. 21–46, 2017, [Online]. Available: <https://journal.walisongo.ac.id/index.php/attaqaddum/article/view/1163>
- [12] B. Arianto, Teknik Wawancara dalam Metoda Penelitian Kualitatif. Borneo Novelty Publishing, 2024.
- [13] F. Huda, “Pengukuran Produktivitas Dalam Meningkatkan Hasil Produksi Menggunakan Metode Objective Matrix Dan Pendekatan Root Cause Analysis,” vol. 1, no. 4, pp. 323–328, 2024, [Online]. Available: <https://ejurnal.kampusakademik.co.id/index.php/jirs/article/view/1088/969>
- [14] X. Yao, Y. Dong, X. Li, P. Ni, X. Zhang, and Y. Fan, “Exploring the Combustion Performance of a Non-Road Air-Cooled Two-Cylinder Turbocharged Diesel Engine,” 2024.
- [15] D. M. Meng, Lyu; Yousif, Alsulaiman; Matthew, J.Hall; Ronald, “Impacts of Intake Throttling on the Combustion Characteristics and Emissions of a Light-Duty Diesel Engine under the Idle Mode,” 2022.
- [16] T. Tahara, Z. Sani, S. M. Herlambang, and A. Prawoto, “Analisis Dampak Tersumbatnya Sistem Pelumasan Pada Mesin Diesel Generator Tipe Weichai di MV . Tasik Mas dengan Metode Fishbone Diagram,” vol. 5, pp. 2475–2488, 2025.