



© 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



**ANALISIS KINERJA INJEKTOR *COMMON RAIL* BERDASARKAN
KUANTITAS INJEKSI DAN *RETURN QUANTITY* PADA PENGUJIAN
EPS 200 DENGAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS**

SKRIPSI

Oleh:
Regi Maulana
NIM.2102331026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA
PEMELIHARAAN ALAT BERAT
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
Juli, 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



**ANALISIS KINERJA INJEKTOR COMMON RAIL BERDASARKAN
KUANTITAS INJEKSI DAN *RETURN QUANTITY* PADA PENGUJIAN
EPS 200 DENGAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
Regi Maulana
NIM.2102331026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA
PEMELIHARAAN ALAT BERAT
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
Juli, 2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA INJEKTOR *COMMON RAIL* BERDASARKAN
KUANTITAS INJEKSI DAN *RETURN QUANTITY* PADA PENGUJIAN
EPS 200 DENGAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS**

Oleh:

Regi Maulana

NIM.2102331026

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT
BERAT**

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1



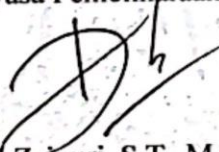
Dr., Sonki Prasetya, S.T., M.Sc
NIP. 197512222008121003

Pembimbing 2



Dr., Mayono, M.A.
NIP. 23022014110319760504

Kepala Program Studi
Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 19760225 2000121002

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN SKRIPSI

ANALISIS KINERJA INJEKTOR *COMMON RAIL* BERDASARKAN KUANTITAS INJEKSI DAN *RETURN QUANTITY* PADA PENGUJIAN EPS 200 DENGAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS

Oleh:

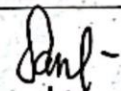
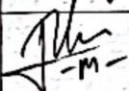
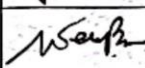
Regi Maulana

NIM.2102331026

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT
BERAT

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 23 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr., Sonki Prasetya, S.T., M.Sc NIP. 197512222008121003	Ketua		23 Juli 2025
2.	Muhammad Todaro, S.T., M.Tr.T NIP. 199105012024061003	Anggota		23 Juli 2025
3.	Wenny Diah Rusanti, S.E., M.T NIP. 5200000000000000542	Anggota		23 Juli 2025

Depok, 23 Juli 2025 Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE.
NIP. 1977071420008121005



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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Regi Maulana

NIM : 2102331026

Program Studi : Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 23 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Regi Maulana

NIM. 2102331026



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

ANALISIS KINERJA INJEKTOR COMMON RAIL BERDASARKAN Kuantitas INJEKSI DAN *RETURN QUANTITY* PADA PENGUJIAN EPS 200 DENGAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS

Regi Maulana^{1*}, Sonki Prasetya¹, Maryono¹

¹⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: regi.maulana.tm21@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja injektor Common Rail berdasarkan parameter kuantitas injeksi dan return quantity dengan menggunakan alat uji EPS 200. Studi dilakukan terhadap enam injektor tipe solenoid Bosch CRIN2 dalam berbagai kondisi untuk mengevaluasi hubungan antara volume injeksi dan volume pengembalian bahan bakar sebagai indikator performa. Metode kuantitatif digunakan dengan pengujian laboratorium dan analisis statistik regresi linier. Hasil pengujian menunjukkan korelasi kuat ($r \geq 0,85$) antara penurunan kuantitas injeksi dan peningkatan return quantity, yang mengindikasikan degradasi injektor. Deviasi lebih dari $\pm 10\%$ dari spesifikasi pabrikan digunakan sebagai batas toleransi teknis untuk menentukan kondisi injektor. Penelitian ini juga menerapkan metode *Root Cause Analysis (RCA)* untuk mengidentifikasi penyebab utama penurunan performa, seperti kontaminasi bahan bakar, keausan internal, dan kerusakan aktuatur. Berdasarkan data pengujian, dikembangkan sistem klasifikasi kondisi injektor dalam tiga kategori: baik, perlu pemantauan, dan perlu penggantian. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem diagnostik berbasis data untuk mendeteksi kerusakan injektor secara dini serta meningkatkan efisiensi perawatan sistem injeksi diesel di industri otomotif.

Kata kunci: Injektor Common Rail, EPS 200, kuantitas injeksi, *return quantity*, *Root Cause Analysis*.



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

***ANALYSIS OF COMMON RAIL INJECTOR PERFORMANCE BASED ON
INJECTION QUANTITY AND RETURN QUANTITY IN EPS 200 TESTING
WITH ROOT CAUSE ANALYSIS METHOD***

Regi Maulana^{1*}, Sonki Prasetya¹, Maryono¹

¹⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: regi.maulana.tm21@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance of Common Rail injectors based on injection quantity and return quantity parameters using the EPS 200 test bench. Six Bosch CRIN2 solenoid injectors in varying conditions were tested to evaluate the correlation between injected and returned fuel volumes as indicators of injector performance. A quantitative experimental method was employed, supported by statistical linear regression analysis. Results showed a strong correlation ($r \geq 0.85$) between declining injection quantity and increasing return quantity, indicating injector degradation. Deviations exceeding $\pm 10\%$ from manufacturer specifications were used as a technical tolerance threshold to classify injector conditions. Root Cause Analysis (RCA) was conducted to identify key causes of performance decline, including fuel contamination, internal wear, and actuator damage. Based on the EPS 200 data, a technical classification system was developed with three condition categories: good, needs monitoring, and requires replacement. The findings of this study are expected to support the development of data-based diagnostic systems for early detection of injector failures, thereby improving maintenance efficiency in diesel injection systems for the automotive industry.

Keywords: Common Rail injector, EPS 200, injection quantity, return quantity, Root Cause Analysis.



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

Puji serta Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"ANALISIS KINERJA INJEKTOR *COMMON RAIL* BERDASARKAN KUANTITAS INJEKSI DAN RETURN QUATITY PADA PENGUJIAN EPS 200 DENGAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS"**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana terapan. Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Allah SWT, yang telah kasih dan Kesehatan serta karunia-nya sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan semangat yang tiada henti.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.,IWE, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Dr., Sonki Prasetya, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr., Mayono, M.A., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat.
7. Mr. Chang, selaku pembimbing magang yang telah memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan seperjuangan di Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat yang senantiasa memberikan bantuan dan kebersamaan yang tidak ternilai.

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang alat berat.



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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Landasan Teori	11
2.1.1 Sistem Injeksi <i>Common Rail</i> (CRDI).....	11
2.1.2 Komponen Injektor <i>Common Rail</i>	14
2.1.3 Fungsi dan Karakteristik Injektor <i>Common Rail</i>	15
2.1.4 EPS 200 Prosedur Pengujian, dan Keunggulan	17
2.2 Kajian Penelitian Terdahulu	19



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

2.3	Kerangka Pemikiran	21
2.4	Hipotesis Penelitian	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
3.1	Diagram Alur Penelitian.....	25
3.2	Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	26
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	26
3.3	Populasi dan Sampel	27
3.4	Teknik Pengumpulan.....	27
3.5	Instrumen Penelitian.....	28
3.6	Spesifikasi Injektor <i>Common Rail</i> Bosch.....	28
3.7	Spesifikasi <i>Fuel</i> Pada Pengujian EPS 200 (ISO 4113)	29
3.8	Metode Pengukuran.....	29
3.9	Teknik Analisis Data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Hasil Pengujian Injektor <i>Common Rail</i>	32
4.1.1	Skema Pengujian.....	32
4.1.2	Prosedur Pengujian.....	33
4.1.3	Ilustrasi Sebelum Pengujian EPS 200.....	34
4.1.4	Hasil Pengujian Injektor <i>Common Rail</i>	39
4.2	Analisis Statistik.....	45
4.2.1	Statistik Deskriptif	45
4.2.2	Korelasi Pearson	46
4.2.3	Analisis Regresi Linier Sederhana.....	47
4.3	Identifikasi Deviasi Terhadap Nilai Standar	49
4.4	Analisis Akar Masalah (<i>Root Cause Analysis</i>).....	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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1	Menemukan Akar Masalah.....	51
4.2	Menemukan Penyebab Masalah	54
4.3	Menemukan Solusi	56
4.5	Pembahasan	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
Daftar Pustaka		59
LAMPIRAN.....		63

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen Injektor <i>Common Rail</i>	14
Gambar 2. 2 Kerangka Pikir.....	24
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	25
Gambar 4. 1 Skema Pengujian	32
Gambar 4. 2 Proses Ultrasonic Untuk Pencucian Komponen.....	35
Gambar 4. 3 Proses Agar Nozzle Tidak Tersumbat Debu	36
Gambar 4. 4 Komponen Sebelum Masuk Ke Proses Ultrasonic	37
Gambar 4. 5 Komponen Sesudah Masuk Ke Proses Ultrasonic.	37
Gambar 4. 6 Proses <i>Mikroskopis</i> Pengecekan Adanya Keausan Atau Goresan. ..	38
Gambar 4. 7 Hubungan <i>Injection Quantity</i> terhadap <i>Return Quantity</i>	48
Gambar 4. 8 Grafik Uji Injektor.....	50
Gambar 4. 9 Deviasi <i>Injection Quantity</i> dan <i>Return Quantity</i>	51
Gambar 4. 10 Klasifikasi Kondisi Injektor Berdasarkan Deviasi	54
Gambar 4. 11 Diagram Fishbone	55

**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

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Injektor Common Rail.....	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Fuel Pada Pengujian EPS 200 (ISO 4113)	29
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Parameter Kinerja Injektor Common Rail Tipe 0445120383.....	39
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Parameter Kinerja Injektor Common Rail Tipe 0445120383.....	40
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Parameter Kinerja Injektor Common Rail Tipe 0445120383.....	41
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Parameter Kinerja Injektor Common Rail Tipe 0445120383.....	42
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Parameter Kinerja Injektor Common Rail Tipe 0445120383.....	43
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Parameter Kinerja Injektor Common Rail Tipe 0445120383.....	44
Tabel 4. 7 Hasil Uji Statistik Deskriptif.....	45
Tabel 4. 8 Hasil Uji Korelasi Pearson.....	46
Tabel 4. 9 Hasil Uji Regresi Linear Sederhana.....	47
Tabel 4. 10 Hasil Uji Identifikasi Deviasi Terhadap Nilai Standar	49
Tabel 4. 11 Ringkasan Permasalahan dan Akar Masalah Injektor INJ005.....	52



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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian EPS 200.....	63
Lampiran 2 Hasil Data SPSS	64
Lampiran 3 Daftar Riwayat Hidup.....	65





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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang service engine, hydraulic dan injector *Common Rail*, salah satunya sistem bahan bakar diesel berbasis teknologi *Common Rail*. Dalam operasionalnya, keandalan injektor *Common Rail* menjadi salah satu aspek krusial dalam menjamin performa dan efisiensi mesin. Namun, berdasarkan data terbaru dari departemen kualitas, tercatat sebanyak 24 unit injektor mengalami permasalahan yang berdampak pada penurunan kinerja sistem bahan bakar (Putranto et al., 2023).

Dalam era modernisasi kendaraan, efisiensi dan emisi mesin diesel menjadi dua parameter utama yang terus ditingkatkan. Teknologi *Common Rail direct injection* (CRDI) telah menjadi solusi utama untuk mencapai efisiensi pembakaran dan pengurangan emisi yang optimal. Sistem ini memungkinkan kontrol elektronik penuh terhadap tekanan dan waktu injeksi, memberikan fleksibilitas tinggi dalam operasi mesin (Teoh et al., 2020).

Common Rail injector memiliki peran krusial dalam menentukan kinerja sistem injeksi secara keseluruhan. Dua parameter penting dalam mengevaluasi kinerjanya adalah kuantitas injeksi (*injection quantity*) dan *return quantity*, yang menunjukkan efisiensi injektor dalam menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar dan volume bahan bakar yang tidak digunakan kembali ke tangki (Ma et al., 2024).

Dalam praktiknya, degradasi performa injektor terjadi secara bertahap dan sulit dideteksi tanpa alat diagnostik khusus. Salah satu alat yang digunakan secara luas di bengkel injeksi profesional adalah EPS 200, yang memungkinkan pengukuran presisi terhadap volume injeksi dan bahan bakar yang dikembalikan (Xu et al., 2024a).

Statistik dari Bosch Diesel Center menunjukkan bahwa sekitar 40% kerusakan sistem bahan bakar pada mesin diesel disebabkan oleh kegagalan injektor, baik karena kontaminasi bahan bakar, ausnya komponen internal, atau ketidakakuratan aktuatur *piezoelektrik*. Hal ini memperlihatkan urgensi untuk



© 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

mengevaluasi performa injektor secara periodik dan berbasis data (Stoeck, 2020).

Studi oleh Dumitraş et al. (2022) mengungkap bahwa terdapat variasi signifikan dalam kuantitas bahan bakar yang dikembalikan oleh injektor yang berbeda, meskipun berada dalam satu sistem dan kondisi uji yang sama. Hal ini menandakan pentingnya pemeriksaan *return quantity* sebagai indikator kesehatan injektor.

Penggunaan EPS 200 dalam penelitian eksperimental dinilai efektif untuk menilai performa injektor tanpa membongkar mesin, sehingga cocok digunakan baik di laboratorium maupun di lapangan. Namun, sejauh ini studi yang mengaitkan langsung data kuantitas injeksi dan *return quantity* secara kuantitatif dengan parameter kerusakan masih terbatas (Prem Anand et al., 2020).

Menurut (B. Liu et al., 2024), mencatat bahwa ketidaksesuaian volume injeksi antara injektor dalam satu sistem *Common Rail* dapat mengindikasikan masalah kalibrasi, sumbatan nozzle, atau kelemahan aktuator internal. Namun, mereka tidak mengkaji korelasi langsung antara kuantitas injeksi dan *return quantity* secara statistik.

Studi lain oleh Kamaltdinov et al. (2019) pada sistem injeksi tekanan tinggi menunjukkan bahwa peningkatan tekanan rail berbanding lurus dengan kuantitas injeksi hingga titik jenuh tertentu, namun *return quantity* cenderung meningkat tajam ketika injektor mulai aus atau terjadi kebocoran *internal*.

Sayangnya, masih minim penelitian dalam analisis performa injektor *Common Rail* menggunakan EPS 200, metode yang dibandingkan mencakup pendekatan kuantitatif terhadap dua parameter utama, yakni *injection quantity* dan *return quantity*. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai kedua parameter antar injektor dalam satu sistem untuk mendeteksi ketidaksesuaian performa sebagai indikasi degradasi, serta melakukan perbandingan terhadap data spesifikasi standar dari pabrikan guna mengevaluasi apakah injektor masih berada dalam batas toleransi kerja (Zahri et al., 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

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk membuat model diagnosis awal kerusakan injektor, serta menyusun standar batas toleransi performa berdasarkan data empiris, yang dapat diterapkan di industri perawatan kendaraan diesel. Jika permasalahan ini terus diabaikan, maka dapat terjadi *inefisiensi* operasional kendaraan, peningkatan konsumsi bahan bakar hingga 15%, emisi NOx yang melebihi ambang batas Euro IV/V, serta menurunnya umur pakai sistem injeksi secara keseluruhan. Hal ini juga berpotensi meningkatkan biaya pemeliharaan dan *downtime* kendaraan secara signifikan (Teoh et al., 2020).

Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis secara kuantitatif hubungan antara kuantitas injeksi dan *return quantity* dari injektor *Common Rail* menggunakan pengujian EPS 200, untuk mengidentifikasi performa aktual injektor dan potensi kerusakan internal secara lebih akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama dalam sistem bahan bakar *Common Rail* modern terletak pada kinerja injektor sebagai komponen vital dalam proses pembakaran. Berdasarkan studi Prasetyo, Rahman, & Suryadi (2021), kerusakan injektor umumnya tidak terdeteksi secara visual, tetapi ditandai oleh deviasi dalam parameter kuantitatif seperti *injection quantity* dan *return quantity*. Namun, belum terdapat kajian sistematis yang menghubungkan kedua parameter tersebut secara komprehensif untuk mengidentifikasi kondisi injektor melalui pengujian EPS 200. Kesenjangan ini menimbulkan kebutuhan akan analisis berbasis data guna menyusun indikator diagnostik yang valid dan aplikatif.

1. Bagaimana hubungan kuantitatif antara *injection quantity* dan *return quantity* pada injektor *Common Rail* berdasarkan hasil pengujian EPS 200 dengan $r \geq 0,85$??
2. Seberapa besar deviasi nilai *injection quantity* dan *return quantity* dari standar pabrikan, dan apakah deviasi tersebut masih berada dalam batas toleransi performa maksimal injektor sebesar $\pm 10\%$?



© 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

3. Bagaimana sistem klasifikasi teknis kondisi injektor dapat disusun dan diimplementasikan berdasarkan data pengujian EPS 200 untuk menentukan kategori kondisi “baik”, “perlu pemantauan”, dan “perlu penggantian”?

Rumusan masalah disusun untuk mengarahkan penelitian secara fokus dan sistematis, agar mampu memberikan kontribusi baik secara teoritis dalam pengembangan ilmu teknik otomotif maupun secara praktis dalam penerapan teknologi diagnostik injektor.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis kinerja injektor *Common Rail* berbasis pengujian kuantitatif melalui alat EPS 200, dengan fokus pada dua parameter utama: *injection quantity* dan *return quantity*. Studi ini juga dimaksudkan untuk menjawab kesenjangan ilmiah terkait hubungan antara kedua parameter tersebut yang belum banyak dikaji secara sistematis, serta menyusun indikator diagnostik teknis yang berguna bagi dunia akademik dan industri.

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan akurasi korelasi kuantitatif antara *injection quantity* dan *return quantity* pada injektor *Common Rail* berdasarkan data pengujian EPS 200, dengan minimal koefisien korelasi (r) ≥ 0.85 di seluruh kondisi (normal, aus ringan, dan rusak).
2. Mendapatkan deviasi rata-rata nilai *injection quantity* dan *return quantity* dari standar pabrikan secara kuantitatif, dengan menetapkan ambang batas toleransi kinerja injektor maksimal $\pm 10\%$ untuk mendeteksi gejala awal kerusakan teknis seperti penyumbatan nozzle, aus *internal*, atau kebocoran aktuator.
3. Menyusun dan mengimplementasikan sistem klasifikasi teknis kondisi injektor berdasarkan hasil pengujian EPS 200, dengan target ketepatan klasifikasi minimal 90% terhadap data uji valid untuk kategori “baik”, “perlu pemantauan”, dan “perlu penggantian”.



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

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk memberikan kontribusi yang signifikan baik dalam ranah teoritis maupun praktis. Manfaat tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Teoritis

1. Memperkaya Literatur Teknik Otomotif tentang Diagnostik Injektor *Common Rail*

Penelitian ini berkontribusi dalam memperluas kajian ilmiah di bidang teknik mesin, khususnya mengenai sistem bahan bakar *Common Rail*. Fokus pada hubungan antara *injection quantity* dan *return quantity* dalam pengujian EPS 200 masih jarang dibahas secara mendalam literatur Indonesia, sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi referensi baru dalam ranah akademik teknik otomotif.

2. Mengembangkan Konsep Diagnostik Berbasis Parameter Kuantitatif
 Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dalam menganalisis kondisi injektor dengan memanfaatkan deviasi kuantitatif sebagai indikator kerusakan. Konsep ini dapat memperkuat teori tentang sistem injeksi bahan bakar elektronik dan meningkatkan pemahaman ilmiah tentang bagaimana parameter hidrolis injektor mencerminkan performanya.
3. Memberikan Dasar Empiris untuk penelitian lanjutan dengan menyediakan data eksperimental berbasis EPS 200, studi ini membuka peluang bagi penelitian lanjutan yang lebih mendalam, misalnya pada variasi tekanan rail, suhu kerja, jenis bahan bakar, dan umur pemakaian injektor. Hal ini dapat memperluas pemodelan teoretis dalam sistem *Common Rail*.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Sebagai Alat Bantu Diagnostik Injektor bagi Teknisi dan *industry*

Penelitian ini menyusun klasifikasi kondisi injektor berdasarkan kuantitas injeksi dan return yang dapat dijadikan pedoman teknis oleh para teknisi dalam menentukan apakah injektor masih layak pakai. Hal ini dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam proses servis kendaraan diesel.

2. Meningkatkan Efisiensi Operasional dan Mengurangi Biaya Perawatan



© 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

Dengan adanya pedoman teknis berbasis data EPS 200, bengkel dan perusahaan transportasi dapat melakukan deteksi dini terhadap kerusakan injektor sebelum terjadi kerusakan total. Hal ini dapat mengurangi biaya penggantian komponen dan downtime kendaraan. (Sharma & Agawal, 2019)

3. Mendukung Pendidikan Vokasi dan Pelatihan Teknisi. Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh institusi pendidikan vokasi dan pelatihan teknik otomotif sebagai bahan ajar berbasis praktik. Pendekatan ini memperkuat model pembelajaran *evidence-based* yang sesuai dengan kebutuhan industri 4.0 dan kendaraan modern. (Prasetyo et al., 2021)

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan kejelasan arah penelitian, maka ditetapkan beberapa batasan dalam studi ini. Batasan ini meliputi aspek ruang lingkup teknis, jenis data yang dianalisis, serta variabel-variabel utama yang diteliti. Penelitian ini bersifat kuantitatif dan eksperimental dengan pendekatan berbasis data numerik dari hasil pengujian menggunakan alat EPS 200.

Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Penelitian ini hanya mencakup pengujian injector *Common Rail* sistem solenoid tipe Bosch pada kendaraan diesel ringan. Pengujian dilakukan secara laboratorium menggunakan EPS 200 test bench sebagai alat uji standar *industry* untuk sistem injector. Penelitian tidak mencakup sistem *Common Rail* tipe *piezoelectric*, tidak mengevaluasi efek pada performa mesin secara langsung, dan tidak membahas aspek termodinamika pembakaran secara menyeluruh.
2. Populasi dalam penelitian ini adalah injector *Common Rail* yang digunakan pada kendaraan diesel berteknologi *Common Rail* system di Indonesia. Sampel yang digunakan adalah 6 injektor dengan kondisi berbeda (baru, normal, aus, bocor) untuk menunjukkan variasi hasil kuantitas injeksi dan *return quantity*. Sampel dipilih secara purposive berdasarkan kondisi aktual injektor di Pt Fourt.
3. Variabel Penelitian



© 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 kritis 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

- Variabel independen (bebas): *Kondisi fisik injektor* (baru, normal, aus, bocor, atau macet).
- Variabel dependen (terikat): *Kuantitas injeksi (ml/1000 cycles)* dan *return quantity (ml/1000 cycles)* yang dihasilkan dan terbaca pada alat EPS 200. Kedua variabel dependen ini akan dianalisis korelasinya untuk mengidentifikasi karakteristik performa injektor serta potensi deviasi yang menjadi indikator kerusakan.

Batasan ini ditetapkan untuk memastikan keterukuran dan objektivitas hasil penelitian, serta agar hasil yang diperoleh dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai acuan teknis maupun akademik dalam sistem diagnostik injektor berbasis EPS 200.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan dasar pemikiran dan konteks penelitian.

1. Latar Belakang Masalah

Menjelaskan fenomena umum terkait pentingnya efisiensi sistem bahan bakar diesel dan peran teknologi *Common Rail*. Menguraikan permasalahan nyata di lapangan (kerusakan injektor), pentingnya EPS 200, serta kesenjangan penelitian yang ada.

2. Rumusan Masalah

Merumuskan pertanyaan-pertanyaan utama yang menjadi fokus analisis, seperti hubungan antara kuantitas injeksi dan *return quantity*, serta identifikasi pola kerusakan injektor.

3. Tujuan Penelitian

Menjabarkan secara sistematis tujuan utama dan turunan dari penelitian, seperti menganalisis korelasi dua parameter utama, menyusun batas toleransi, dan mendeteksi gejala awal kerusakan.

4. Manfaat Penelitian

Manfaat Teoritis: Kontribusi terhadap perkembangan ilmu teknik otomotif dan sistem injeksi 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Manfaat Praktis: Memberikan acuan teknis untuk industri, khususnya pada prosedur diagnostik injektor berbasis EPS 200.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas landasan teori, kerangka konseptual, dan studi terdahulu.

1. Landasan Teori

- Sistem injeksi *Common Rail* (CRDI): komponen, prinsip kerja.
- Fungsi dan karakteristik injektor *Common Rail*.
- Parameter kuantitas injeksi dan *return quantity*.
- EPS 200: fungsi, prosedur pengujian, keunggulan.

2. Kerangka Teori / Konseptual

Visualisasi hubungan antarvariabel (kuantitas injeksi, *return quantity*, dan performa injektor). Menjelaskan variabel independen dan dependen yang diuji.

3. Penelitian Terdahulu

Tinjauan komparatif terhadap studi yang relevan (misalnya: Teoh et al., 2020; Ustrzycki et al., 2010; Dumitraş et al., 2022). Menekankan celah atau kontribusi baru yang ditawarkan dalam penelitian ini.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan teknis penelitian secara terstruktur.

1. Pendekatan dan Jenis Penelitian

- Pendekatan: Kuantitatif eksperimental.
- Jenis: Studi diagnosis berbasis data pengujian laboratorium.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Laboratorium PT. XYZ dan periode waktu dari bulan April

3. Populasi dan Sampel

Penjelasan unit injektor yang diuji (jumlah, merek, tipe, kondisi).

4. Teknik Pengumpulan Data

- Pengukuran dengan alat EPS 200 terhadap setiap injektor.



© 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

- Pencatatan parameter kuantitas injeksi dan *return quantity* pada tiap siklus.

5. Instrumen Penelitian

Deskripsi alat utama (EPS 200), lembar observasi, serta software pendukung (misalnya: Excel/SPSS untuk analisis).

6. Teknik Analisis Data

- Analisis deskriptif dan statistik korelasi (Pearson/Spearman).
- Visualisasi data (diagram hubungan, sebaran, batas toleransi).
- Interpretasi deviasi sebagai indikator degradasi performa.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi

Tabel dan grafik yang menkkan hasil pengukuran tiap injektor:

- Kuantitas injeksi (ml/siklus)
- *Return quantity* (ml/siklus)
- Deviasi antar injektor

2. Analisis dan Pembahasan

- Hubungan antara kuantitas injeksi dan *return quantity*
- Identifikasi pola-pola degradasi
- Diskusi perbandingan dengan hasil studi sebelumnya
- Interpretasi teknis dalam konteks kinerja sistem bahan bakar

3. Evaluasi Terhadap Tujuan Penelitian

Menjelaskan sejauh mana hasil mendukung atau menjawab tujuan dan rumusan masalah.

BAB V: PENUTUP

1. Kesimpulan

Ringkasan temuan utama yang menjawab seluruh pertanyaan penelitian, termasuk korelasi yang ditemukan dan batas performa injektor yang teridentifikasi.

2. Implikasi Penelitian



© 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

- *Teoretis*: Menyediakan basis kuantitatif untuk studi selanjutnya.
- *Praktis*: Rekomendasi diagnosis prediktif dan jadwal pemeriksaan injektor industri diesel.

3. Saran

- Untuk penerapan hasil dalam perawatan sistem injeksi.
- Saran metodologis untuk penelitian lanjutan, seperti integrasi dengan parameter suhu, tekanan rail, atau uji umur pakai.



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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, analisis statistik, dan pendekatan Root Cause Analysis (RCA) terhadap kinerja injektor *Common Rail* menggunakan EPS 200, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat hubungan positif yang kuat antara kuantitas injeksi dan return quantity, dengan nilai koefisien korelasi Pearson sebesar 0.828 dan signifikansi < 0.05 . Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi volume bahan bakar yang diinjeksikan, maka cenderung semakin besar pula volume bahan bakar yang kembali (*return*), sehingga kedua parameter ini dapat dijadikan sebagai indikator kuantitatif dalam menilai performa injektor.
2. Return quantity memiliki kontribusi sebesar 54,6% terhadap penurunan performa injektor, berdasarkan analisis regresi linier sederhana ($R^2 = 0.546$, $R = 0.739$). Meskipun nilai signifikansi uji t ($p = 0.093$) belum sepenuhnya signifikan secara statistik karena keterbatasan jumlah sampel, hasil ini menunjukkan bahwa return quantity berperan penting dalam mengindikasikan kondisi injektor, dan layak dijadikan parameter evaluatif pada pengujian lanjutan.
3. Deviasi nilai aktual terhadap standar pabrikan berhasil diidentifikasi secara kuantitatif, khususnya pada injektor INJ005 yang menunjukkan deviasi kuantitas injeksi $-9,80\%$ dan return quantity $+29,41\%$, melebihi ambang toleransi $\pm 10\%$ yang ditetapkan. Berdasarkan data tersebut dan analisis akar masalah (RCA), penyebab kerusakan antara lain adalah keausan internal, bahan bakar terkontaminasi, serta kurangnya perawatan berkala. Dari temuan ini, disusun sistem klasifikasi kondisi injektor ke dalam tiga kategori teknis, yaitu: “baik”, “perlu pemantauan”, dan “perlu penggantian”, sebagai panduan diagnosis berbasis data EPS 200.

**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

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, berikut disampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam upaya pemeliharaan dan peningkatan performa injektor *Common Rail*:

1. Melakukan perawatan preventif injektor secara berkala setiap 20.000 - 30.000 km, termasuk proses pembersihan, kalibrasi, dan pengujian menggunakan EPS 200, guna mendeteksi potensi kerusakan sejak dini.
2. Penggunaan bahan bakar berkualitas sesuai standar Euro serta pemasangan filter bahan bakar tambahan direkomendasikan untuk mencegah kontaminasi yang dapat mempercepat kerusakan komponen injektor.
3. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak, agar hasil analisis statistik memiliki tingkat signifikansi yang lebih kuat, serta dapat digunakan untuk membangun model prediksi kerusakan injektor secara lebih akurat.

**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

Daftar Pustaka

- Bai, Y., Lan, Q., Fan, L., Ma, X., & Liu, H. (2021). Investigation On The Fuel Injection Stability of High Pressure *Common Rail* System For Diesel Engines. *International Journal of Engine Research*, 22(2), 616–631. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/146808741985698>
- Febrianov, A. I. D., Mulyana, F., & Kamal, D. (2023). Analisis Kerusakan Injector Pada Mesin Truck Concrete Pump 6 Silinder Dan Dampak Terhadap Performa Mesin. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 1, 440–445.
- Gao, Z., Li, G., Xu, C., Li, H., & Wang, M. (2021). A Calculation Method And Experiment Study of High-Pressure *Common Rail* Injection Rate With Solenoid Injectors. *Science Progress*, 104(2), 00368504211026157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/00368504211026157>
- Hu, Y., Yang, J., & Hu, N. (2021). Experimental Study and Optimization in The Layouts and The Structure of The High-Pressure Common-Rail Fuel Injection System For a Marine Diesel Engine. *International Journal of Engine Research*, 22(6), 1850–1871. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1468087420921610>
- Kamiński, M., Budzyński, P., Hunicz, J., & Józwik, J. (2021). Evaluation of Changes in Fuel Delivery Rate By Electromagnetic Injectors In a *Common Rail* System During Simulated Operation. *Eksploatacja i Niezawodność*, 23(2), 352–358.
- Kutkut, A., Kumar, R., & Li, H. (2025). An Experimental Investigation of The Combustion Process and The Injection Strategy of A Heavy-Duty Diesel Engine Equipped With A *Common Rail* Fuel Injection System. *Fuel*, 380, 133270.
- Lee, K., & Cho, H. (2022). A Study on Solenoid Injector Characteristics in a *Common Rail* Diesel Engine. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 11(11).



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

- Liu, B., Fei, H., Wang, L., Fan, L., & Yang, X. (2024). Real-time Estimation of Fuel Injection Rate and Injection Volume in High-Pressure *Common Rail* systems. *Energy*, 298, 131386.
- Liu, Z., Li, Z., Wu, J., Liu, J., & Chen, P. (2022). Study on Dynamic Injection Prediction Model of High-Pressure *Common Rail* Injector under Thermal Effect. *Energies*, 15(14), 5067. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en15145067>
- Lu, X., Zhao, J., Markov, V., & Wu, T. (2024). Study on Precise Fuel Injection Under Multiple Injections of High Pressure *Common Rail* System Based on Deep Learning. *Energy*, 307, 132784.
- Ma, F., Xu, R., & Liu, X. (2024). Fuel Injection Performance and Spray Characteristic of High-Pressure *Common Rail* Systems at Low Temperatures. *Energy Science & Engineering*, 12(3), 1233–1241.
- Mata, C., Piaszyk, J., Soriano, J. A., Herreros, J. M., Tsolakis, A., & Dearn, K. (2020). Impact of Alternative Paraffinic Fuels on The Durability of A Modern *Common Rail* Injection System. *Energies*, 13(16), 4166. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en13164166>
- Milanese, M., Iacobazzi, F., Stark, M., & de Risi, A. (2022). Development of *Common Rail* Lube Oil Injector for Large Two-Stroke Marine Diesel Engines. *International Journal of Engine Research*, 23(7), 1131–1143.
- Niklawy, W., Shahin, M., Amin, M. I., & Elmailhy, A. (2020). Modelling and Experimental Investigation of High-Pressure *Common Rail* Diesel Injection system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 973(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/973/1/012037>
- Prem Anand, B., Prasanna Raj Yadav, S., Aasthiya, B., Akshaya, G., & Arulmozhi, K. (2020). Effect of Fuel Injection Strategies on The Performance of The *Common Rail* Diesel Injection (CRDI) Engine Powered by Biofuel. *International Journal of Ambient Energy*, 41(14), 1577–1586.
- Putranto, W. A., Khaeroman, K., Susanto, S., & Suharso, A. R. (2023). Simulasi dan Eksperimen Pengaruh Variasi Tekanan Injeksi Bahan Bakar Diesel Liquid



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

pada Mesin Induk Kapal Terhadap Karakteristik Semprotan Injektor. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 19(1), 1–6.

Shatrov, M. G., Dunin, A. U., Dushkin, P. V., Yakovenko, A. L., Golubkov, L. N., & Sinyavski, V. V. (2020). Influence of Pressure Oscillations in *Common Rail* Injector On Fuel Injection Rate. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 18(4), 579–593. <https://doi.org/10.22190/FUME200611042S>

Stoeck, T. (2020). Methodology for *Common Rail* fuel Injectors Testing in Case of Non-Typical Faults. *Diagnostyka*, 21.

Sutrisno, B., Ashari, D., Ibrahim, A. F., & Djuli, Y. S. (2025). Analisis Perbandingan Kinerja Injektor Mesin Wartsila W20V34DF pada Beban 0 kW dan 3000 kW Menggunakan Simulasi CFD. *PISTON: Jurnal Teknologi*, 10(1), 48–53.

Teoh, Y. H., How, H. G., Peh, C. G., Le, T. D., & Nguyen, H. T. (2020). Implementation of *Common Rail* Direct Injection System and Optimization of Fuel Injector Parameters in an Experimental Single-Cylinder Diesel Engine. *Processes*, 8(9), 1122. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pr8091122>

Xu, R., Ma, F., Li, L., Yang, W., & Zhang, Y. (2024a). Research on Fuel Injection Characteristics of *Common Rail* System Based on High Pressure Pipeline Integration And Matching. *Energy Science & Engineering*, 12(4), 1446–1461.

Xu, R., Ma, F., Li, L., Yang, W., & Zhang, Y. (2024b). Research on Fuel Injection Characteristics of *Common Rail* System Based on High Pressure Pipeline Integration and Matching. *Energy Science & Engineering*, 12(4), 1446–1461. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ese3.1672>

Yun, B., Gu, Y., Lan, Q., Fan, L., & Ma, X. (2020). Correction Strategy of Fuel Injection Quantity During Pilot-Main Injection For *Common Rail* System. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 34, 2647–2656. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12206-020-0538-0>

Zahri, A., Mela, H., & Hutagaol, G. R. (2024). Cara Kerja Serta Perawatan Dan Perbaikan Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektronik (Efi) Pada Mesin Diesel 2.500 CC. *Seminar Nasional Kontribusi Vokasi*, 1(1), 427–433.



© 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

Zhao, J., Grekhov, L., & Yue, P. (2020). Limit of Fuel Injection Rate in The Common Rail System Under Ultra-High Pressures. *International Journal of Automotive Technology*, 21, 649–656.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12239-020-0062-3>



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

Lampiran 1. Hasil Pengujian EPS 200





Lampiran 2 Hasil Data SPSS

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*Data SPSS.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

	X1	X2	Y	var
1	182.80	34.01	27.64	
2	187.60	32.49	33.88	
3	177.73	32.76	20.05	
4	172.98	32.76	14.87	
5	179.53	31.45	23.39	
6	189.30	38.00	7.09	

NEW FILE.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
DESCRIPTIVES VARIABLES=X1 X2 Y
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Descriptives

[DataSet1]

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Kuantitas Injeksi	6	172.98	182.80	178.0700	3.55000
Return Quantity	6	30.71	41.92	35.0600	4.12000
Performa Injektor	6	7.09	33.88	21.1533	9.46068
Valid N (listwise)	6				

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Return Quantity, Kuantitas Injeksi ^b		Enter

a. Dependent Variable: Performa Injektor

b. All requested variables entered.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.739 ^a	.546	.432	.09300

a. Predictors: (Constant), Return Quantity, Kuantitas Injeksi

b. Dependent Variable: Performa Injektor

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	447.140	2	223.570	1753.025	.000 ^b
	Residual	.383	3	.128		
	Total	447.523	5			

a. Dependent Variable: Performa Injektor

b. Predictors: (Constant), Return Quantity, Kuantitas Injeksi

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-221.914	4.515		-49.149	<.001
	Kuantitas Injeksi	1.349	.023	1.004	58.836	<.001
	Return Quantity	.081	.041	.033	1.955	.146

a. Dependent Variable: Performa Injektor

Correlations

Correlations

		Kuantitas Injeksi	Return Quantity
Kuantitas Injeksi	Pearson Correlation	1	.828
	Sig. (2-tailed)		.784
	N	6	6
Return Quantity	Pearson Correlation	.828	1
	Sig. (2-tailed)	.784	
	N	6	6



© 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

Lampiran 3 Daftar Riwayat Hidup

Daftar Riwayat Hidup



- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Nama | : Regi Maulana |
| 2. NIM | : 2102331026 |
| 3. Tempat, Tanggal Lahir | : Bogor, 21 Januari 2002 |
| 4. Jenis Kelamin | : Laki-laki |
| 5. Alamat | : Desa Kembang Kuning, Rt 16/005, Kec. Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat |
| 6. Email | : regi.maulana.tm21@mhsw.pnj.ac.id |
| 7. Pendidikan | |
| SD (2009-2015) | : SDN Narogong |
| SMP (2015-2018) | : SMP Pgri Klapanunggal |
| SMK (2018-2021) | : SMK Tri Karya Klapanunggal |
| 8. Program Studi | : Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat |
| 9. Jurusan | : Teknik Mesin |

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**