



**ANALISIS KINERJA SISTEM *EXHAUST GAS*
RECIRCULATION PADA VARIASI WAKTU INJEKSI
DAN KECEPATAN MESIN DALAM MENGURANGI
EMISI MESIN DIESEL R180**

SKRIPSI

MUHAMMAD HUBAISY AL BARA

2110131052

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026



**ANALISIS KINERJA SISTEM *EXHAUST GAS*
RECIRCULATION PADA VARIASI WAKTU INJEKSI DAN
KECEPATAN MESIN DALAM MENGURANGI EMISI MESIN
DIESEL R180**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

MUHAMMAD HUBAISY AL BARA

2110131052

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

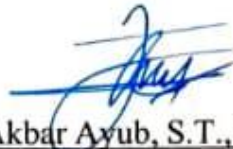
Nama : Muhammad Hubaisy Al Bara

NIM : 2110313052

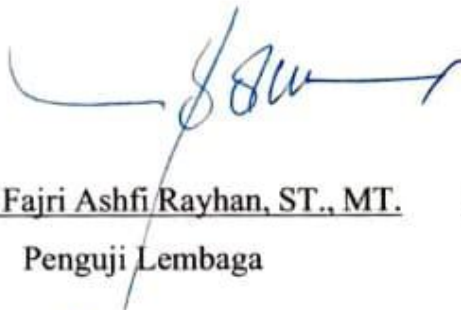
Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : ANALISIS KINERJA SISTEM EXHAUST GAS RECIRCULATION PADA VARIASI WAKTU INJEKSI DAN KECEPATAN MESIN DALAM MENGURANGI EMISI MESIN DIESEL R180

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta.



Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph.D.
Penguji Utama



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.
Penguji Lembaga



Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc.
Penguji Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, ST., MT., IPM.
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.
Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal Ujian : 6 Januari 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS KINERJA SISTEM EXHAUST GAS RECIRCULATION PADA VARIASI WAKTU INJEKSI DAN KECEPATAN MESIN DALAM MENGURANGI EMISI MESIN DIESEL R180

Disusun oleh:

Muhammad Hubaisy Al Bara

2110313052

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

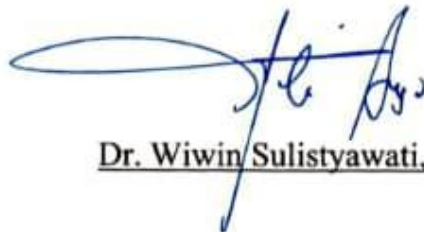


Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc.



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Hubaisy Al Bara

NIM : 2110313052

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 12 Januari 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Hubaisy Al Bara

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Hubaisy Al Bara

NIM : 2110313052

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“ANALISIS KINERJA SISTEM EXHAUST GAS RECIRCULATION PADA VARIASI WAKTU INJEKSI DAN KECEPATAN MESIN DALAM MENGURANGI EMISI MESIN DIESEL R180”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 12 Januari 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Hubaisy Al Bara

**ANALISIS KINERJA SISTEM EXHAUST GAS
RECIRCULATION PADA VARIASI WAKTU INJEKSI DAN
KECEPATAN MESIN DALAM MENGURANGI EMISI MESIN
DIESEL R180**

Muhammad Hubaisy Al Bara

ABSTRAK

Dalam upaya untuk memenuhi regulasi lingkungan yang semakin ketat, terutama yang berkaitan dengan emisi nitrogen oksida (NO_x), emisi gas buang dari mesin diesel konvensional masih merupakan masalah besar. Sistem Exhaust gas recirculation (EGR) adalah salah satu teknik pengendalian emisi yang paling banyak dikembangkan. Fungsinya adalah menurunkan suhu pembakaran dengan mensirkulasikan kembali sebagian gas buang ke dalam ruang bakar. Metode simulasi digunakan dalam penelitian ini untuk mempelajari dampak penerapan sistem EGR terhadap kinerja dan emisi mesin diesel R180. Pengaruh penerapan sistem EGR terhadap variasi waktu injeksi dan kecepatan mesin adalah tujuan penelitian ini. Untuk simulasi, perangkat lunak digunakan untuk memodelkan mesin diesel R180 satu silinder empat langkah satu dimensi (1D). Ketika variasi waktu injeksi diterapkan pada beberapa sudut sebelum titik mati atas (BTDC), kecepatan mesin berubah. Parameter yang dievaluasi termasuk emisi nitrogen oksida NO_x, karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC). Hasil simulasi menunjukkan bahwa, karena penurunan temperatur pembakaran, peningkatan laju EGR dapat menurunkan emisi NO_x secara signifikan. Namun, pada kondisi tertentu, variasi waktu injeksi dan kecepatan mesin memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas EGR. Diharapkan bahwa penelitian ini akan menjadi referensi untuk membangun metode pengendalian emisi berbasis simulasi untuk mesin diesel konvensional, terutama untuk aplikasi skala kecil.

Kata kunci: *Mesin Diesel R180; Exhaust gas recirculation (EGR); Waktu Injeksi; Kecepatan Mesin; Emisi Gas Buang*

PERFORMANCE ANALYSIS OF AN EXHAUST GAS RECIRCULATION SYSTEM UNDER INJECTION TIMING AND ENGINE SPEED VARIATIONS FOR EMISSION REDUCTION IN AN R180 DIESEL ENGINE

Muhammad Hubaisy Al Bara

ABSTRACT

In efforts to comply with increasingly stringent environmental regulations, particularly those related to nitrogen oxide (NO_x) emissions, exhaust emissions from conventional diesel engines remain a major concern. The Exhaust gas recirculation (EGR) system is one of the most widely developed emission control techniques, functioning to reduce combustion temperature by recirculating a portion of exhaust gases back into the combustion chamber. This study employs a simulation-based approach to investigate the impact of EGR implementation on the performance and emissions of an R180 diesel engine. The objective of this research is to analyze the effects of EGR application under variations in injection timing and engine speed. Simulation software is used to model a one-dimensional (1D) single cylinder four stroke R180 diesel engine. Injection timing is varied at several crank angles before top dead center (BTDC), along with changes in engine speed. The evaluated parameters include nitrogen oxide (NO_x), carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), hydrocarbon (HC) emissions. The simulation results indicate that increasing the EGR rate significantly reduces NO_x emissions due to a decrease in combustion temperature. However, under certain operating conditions, variations in injection timing and engine speed significantly influence the effectiveness of the EGR system. An appropriate combination of these parameters can achieve an optimal balance between emission reduction and engine performance. This study is expected to serve as a reference for developing simulation-based emission control strategies for conventional diesel engines, particularly for small-scale applications.

Keywords: *R180 Diesel Engine; Exhaust gas recirculation (EGR); Injection Timing; Engine Speed; Exhaust Gas Emissions*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap rasa puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Sistem *Exhaust gas recirculation* Pada Variasi Waktu Injeksi dan Kecepatan Mesin Dalam Mengurangi Emisi Mesin Diesel R180” yang mana skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih serta penghargaan yang tak terhingga kepada:

1. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Keluarga penulis atas segala dukungan yang telah dicurahkan sehingga penulis bisa sampai pada titik ini.
4. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi penyajian materi maupun sistematika penulisan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima segala kritik dan saran konstruktif guna perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis mengucapkan Terimakasih, berharap semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, memperluas wawasan, serta menjadi sumber referensi dan informasi yang berguna, khususnya dalam bidang Teknik Perkapalan.

Jakarta, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Batasan Masalah.....	8
1.4 Tujuan Penelitian.....	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Sistematika Penulisan.....	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Literatur Review.....	10
2.2 Research Gap	11
2.3 Mesin Diesel	12
2.4 Pembakaran	13
2.5 Sistem <i>Exhaust gas recirculation</i>	14
2.6 Komponen Utama dalam Sistem <i>EGR</i>	15
2.6.1 Katup <i>EGR</i>	15
2.6.2 Pipa <i>EGR</i>	16
2.6.3 Sensor	16
2.6.4 Electronic Control Module.....	17
2.7 Brake Specific Fuel Consumption	18
2.8 Waktu Injeksi.....	20
2.9 Kecepatan Mesin.....	21
2.10 Regulasi Tentang Emisi.....	22
2.11 Regulasi Euro	23
2.12 Ricardo Wave Software.....	24

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram alir penelitian.....	25
3.2 Penjelasan Diagram Alir	26
3.2.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	26
3.2.2 Studi Literatur	26
3.2.3 Pengumpulan Data	26
3.3 Tahapan Penggunaan Software Ricardo Wave.....	27
3.4 Variasi.....	32
3.5 Validasi Simulasi.....	32
3.6 Analisis Data	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pengaruh Sistem <i>EGR</i>	35
4.1.1 Hasil Emisi NO _x	35
4.1.2 Hasil Emisi CO ₂	36
4.1.3 Hasil Emisi CO	38
4.1.4 Hasil Emisi HC	40
4.2 Pengaruh Waktu Injeksi Bahan Bakar.....	41
4.2.1 Hasil Emisi NO _x	41
4.2.2 Hasil Emisi CO ₂	45
4.2.3 Hasil Emisi CO	48
4.2.4 Hasil Emisi HC	51
4.3 Pembahasan.....	54
BAB 5 PENUTUP.....	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 IMO Annex VI Regulation 13 NO _x Tier Limit	1
Gambar 1. 2 EFs For The Typical Pollutans In Different Operating Modes.....	2
Gambar 1. 3 Projection of maritime Ship Emission as Percentage of 2008 Emission.....	4
Gambar 2. 1 Mesin Diesel Shark R180.....	12
Gambar 2. 2 Segitiga Api	13
Gambar 2. 3 Siklus Diesel 4 Langkah	14
Gambar 2. 4 Pneumatik EGR Valve	15
Gambar 2. 5 Pipa EGR	16
Gambar 2. 6 Differential Pressure Sensor	16
Gambar 2. 7 Exhaust Gas <i>Temperature</i> Sensor	17
Gambar 2. 8 Mass Air Flow Sensor.....	17
Gambar 2. 9 Electronic Control Module	17
Gambar 2. 10 Grafik Hubungan BSFC Terhadap Daya Mesin	18
Gambar 2. 11 BSFC vs Brake Power At Different IT	21
Gambar 2. 12 Grafik Hubungan BSFC Terhadap Kecepatan Mesin.....	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir	25
Gambar 3. 2 Tampak Belakang dan Tampak Samping 3D Model Diesel R180..	27
Gambar 3. 3 Layout Awal Software.....	28
Gambar 3. 4 Ricardo Wave Library	28
Gambar 3. 5 Setup R180.....	28
Gambar 3. 6 Engine Block Data	29
Gambar 3. 7 Cylinder Data.....	29
Gambar 3. 8 Intake Valve Setting.....	29
Gambar 3. 9 Exhaust Valve Setting	30
Gambar 3. 10 Injector Setting.....	30
Gambar 3. 11 Intake Manifold and Exhaust Manifold Setting.....	30
Gambar 3. 12 Intake Port and Exhaust Port Setting.	31
Gambar 3. 13 Fluid Properties.....	31
Gambar 3. 14 Passive Scalar Based on Molecular Weight.....	31
Gambar 3. 15 Simulation Result Table	32
Gambar 3. 16 EGR <i>System</i> Diesel R180	33
Gambar 3. 17 EGR <i>System</i> Jurnal	33
Gambar 3. 18 Validasi EGR.....	34
Gambar 4. 1 NO _x vs Engine Speed on EGR <i>System</i>	35
Gambar 4. 2 CO ₂ vs Engine Speed on EGR <i>System</i>	37

Gambar 4. 3 CO vs Engine Speed on EGR <i>System</i>	39
Gambar 4. 4 HC vs Engine Speed on EGR <i>System</i>	40
Gambar 4. 5 NO _x vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 20° CA.....	42
Gambar 4. 6 NO _x vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 18° CA.....	43
Gambar 4. 7 CO ₂ vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 20° CA.....	45
Gambar 4. 8 CO ₂ vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 18° CA.....	46
Gambar 4. 9 CO vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 20° CA	48
Gambar 4. 10 CO vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 18° CA	49
Gambar 4. 11 HC vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 20° CA	51
Gambar 4. 12 HC vs Engine Speed on EGR <i>System</i> At 18° CA	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Total Shipping and Voyage-Based and Vessel-Based International Shipping CO2 Emission 2012- 2018 (million ton)	4
Tabel 2. 1 Literature Review	10
Tabel 2. 2 Research Gap	11
Tabel 2. 3 Spesifikasi EN 590 dan ASTM D975	20
Tabel 2. 4 Spesifikasi Standar Dirjen Migas	20
Tabel 2. 5 MARPOL Annex VI Regulation 13.....	22
Tabel 2. 6 Standar Emisi Euro	23
Tabel 3. 1 Input Detail Simulation.....	26
Tabel 3. 2 Engine Specification.....	27
Tabel 3. 3 Variation Table Parameter.....	32
Tabel 3. 4 Validasi Mesin	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Konsultasi Pembimbing 1

Lampiran 2 Lembar Konsultasi Pembimbing 2