



**ANALISIS *MULTIPLE* DAN *DWELL TIME*
INJECTION TERHADAP PERFORMA
MESIN DIESEL CUMMINS N14**

SKRIPSI

FAUZI RAMANDHANI

22103131019

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026



**ANALISIS *MULTIPLE* DAN *DWELL TIME*
INJECTION TERHADAP PERFORMA
MESIN DIESEL CUMMINS N14**

SKRIPSI

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

FAUZI RAMANDHANI

22103131019

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Fauzi Ramandhani

NIM : 2210313019

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : ANALISIS *MULTIPLE* DAN *DWELL TIME INJECTION*

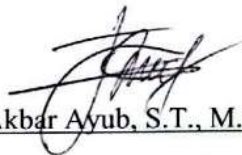
TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL CUMMINS N14

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.



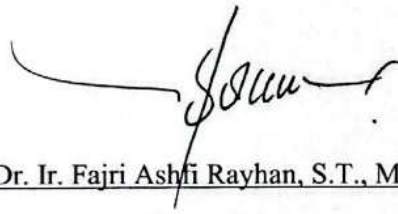
Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc.

Ketua Penguji



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

Penguji 2



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T.

Penguji 1

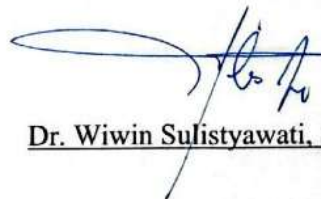


3/2

Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,

M.T. IPM

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Kepala Program Studi

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 13 Juli 2026

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS *MULTIPLE* DAN *DWELL TIME INJECTION* TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL CUMMINS N14

Disusun Oleh:

Fauzi Ramandhani

2210313019

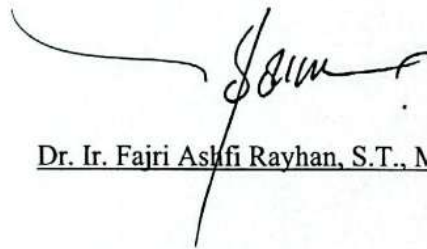
Menyetujui,

Pembimbing 1



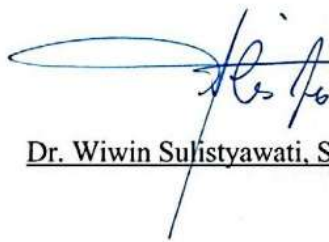
Fathin Muhammad Mahdudhu,
S.T., M.Sc.

Pembimbing 2



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fauzi Ramandhani

NIM : 2210313019

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, 13 Juli 2026

Yang menyatakan,



Fauzi Ramandhani

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Fauzi Ramandhani

NIM : 2210313019

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 *MULTIPLE* DAN *DWELL TIME INJECTION* TERHADAP
PERFORMA MESIN DIESEL CUMMINS N14"**

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: 13 Juli 2026

Yang menyatakan



Fauzi Ramandhani

ANALISIS *MULTIPLE* DAN *DWELL TIME* INJECTION TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL CUMMINS N14

Fauzi Ramandhani

ABSTRAK

Dikenal karena daya tahan dan efisiensi termalnya yang luar biasa, mesin diesel Cummins N14 tetap menjadi pilihan populer di industri transportasi angkutan berat dan maritim. Meskipun demikian, hanya mengandalkan strategi injeksi tunggal (*single-injection*) memiliki keterbatasan dalam mengelola karakteristik pembakaran secara efektif, sehingga mendorong perlunya optimasi parameter injeksi bahan bakar. Oleh karena itu, penelitian ini menyelidiki bagaimana variasi injeksi tunggal, strategi injeksi ganda (*multiple-injection*), dan waktu jeda (*dwell time*) memengaruhi kinerja keseluruhan dari model mesin ini. Dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS Forte untuk simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD), beberapa variabel dievaluasi, termasuk kecepatan mesin, durasi injeksi utama (DOI), rasio massa bahan bakar *pilot-to-main*, dan waktu jeda. Evaluasi difokuskan pada indikator kinerja utama seperti *Indicated Mean Effective Pressure* (IMEP), *Indicated Specific Fuel Consumption* (ISFC), dan efisiensi termal, yang dikombinasikan dengan perilaku pembakaran seperti tekanan silinder, suhu, dan laju pelepasan panas (*Heat Release Rate*). Temuan menunjukkan bahwa DOI sebesar 12 CAD pada kecepatan 1500 RPM menghasilkan performa terbaik untuk metode injeksi tunggal. Sebaliknya, konfigurasi injeksi ganda yang paling efektif dicapai dengan rasio bahan bakar *pilot-to-main* sebesar 10:90 yang dikombinasikan dengan waktu jeda sebesar 15 CAD. Penerapan pengaturan injeksi ganda spesifik ini menghasilkan nilai IMEP sebesar 0,439 MPa dan nilai ISFC sebesar 187,66 g/kWh.

Kata Kunci : *Dwell Time, Multiple Injection, Indicated Mean Effective Pressure (IMEP), Indicated Specific Fuel Consumption (ISFC), Indicated Thermal Efficiency (ITE)*

ANALISIS *MULTIPLE* DAN *DWELL TIME* INJECTION TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL CUMMINS N14

Fauzi Ramandhani

ABSTRACT

Renowned for its exceptional durability and thermal efficiency, the Cummins N14 diesel engine remains a popular choice across the maritime and heavy-duty transportation industries. Nevertheless, relying solely on a single-injection strategy presents limitations in managing combustion characteristics effectively, thus driving the need for fuel injection parameter optimization. Consequently, this research investigates how varying single injection, multiple injection strategies, and dwell times influence the overall performance of this specific engine model. Utilizing ANSYS Forte for Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations, several variables were evaluated, including engine speed, main injection duration (DOI), pilot-to-main fuel mass ratio, and dwell time. The evaluation focused on key performance indicators like Indicated Mean Effective Pressure (IMEP), Indicated Specific Fuel Consumption (ISFC), and thermal efficiency, combined with combustion behaviors such as cylinder pressure, temperature, and heat release rate (HRR). Findings indicate that a 12 CAD DOI at 1500 RPM produces the best outcomes for single injection. In contrast, the most effective dual-injection configuration requires a 10:90 pilot-to-main fuel ratio combined with a 15 CAD pause time. Implementing this specific dual-injection setup results in an IMEP of 0.439 MPa and an ISFC of 187.66 g/kWh.

Keywords : *Dwell Time, Multiple Injection, Indicated Mean Effective Pressure (IMEP), Indicated Specific Fuel Consumption (ISFC), Indicated Thermal Efficiency (ITE)*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh. Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini yang berjudul “Analisis *Multiple dan Dwell Time Injection* Terhadap Performa Mesin Diesel CUMMINS N14” yang disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis telah banyak menerima bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Lia selaku ibu kandung penulis.
2. Bapak Ade selaku bapak kandung penulis.
3. Shakila Khairunisa selaku adik kandung penulis.
4. Ibu Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
5. Bapak Fathin Muhammad Mahdudhu, S.T., M.Sc., selaku dosen 1 pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan laporan ini.
6. Bapak Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, S.T., M.T., selaku dosen 2 pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan laporan ini.
7. Saudara-saudara Maritim 22 mahasiswa UPN Veteran Jakarta yang telah menemani dan membantu dalam proses penulisan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Demikian kata pengantar ini penulis sampaikan. Atas perhatian semua pihak, penulis mengucapkan terima kasih. Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Depok, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Literature Review</i>	7
2.2 <i>State of Art</i>	12
2.3 Mesin Diesel	12
2.3.1 Pengertian Mesin Diesel	13
2.3.2 Sistem Injeksi Bahan Bakar	13
2.4 <i>Strategi Injeksi Bahan Bakar</i>	14
2.4.1 <i>Multiple Injection</i>	15
2.4.2 <i>Dwell Time</i>	16
2.5 Pembakaran Dalam Silinder.....	17
2.5.1 <i>In-cylinder Pressure</i>	17
2.5.2 <i>In-cylinder Temperature</i>	18
2.5.3 <i>Heat Release Rate (HRR)</i>	19
2.6 Parameter Performa Mesin.....	20

2.6.1 <i>Indicated Specific Fuel Consumption (ISFC)</i>	20
2.6.2 <i>Indicated Mean Effective Pressure (IMEP)</i>	21
2.6.3 <i>Indicated Thermal Efficiency (ITE)</i>	22
2.7 ANSYS Forte	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2 <i>Engine Specifications</i>	26
3.3 <i>Sector Mesh</i>	27
3.3.1 <i>Engine Parameters</i>	27
3.3.2 <i>Mesh Parameters</i>	29
3.4 <i>Models</i>	31
3.4.1 <i>Transport and Turbulence Models</i>	31
3.4.2 <i>Spray Models</i>	32
3.5 <i>Initial Condition</i>	34
3.6 <i>Boundary Condition</i>	35
3.7 <i>Simulation Controls</i>	36
3.7.1 <i>Time Step</i>	37
3.7.2 <i>Chemistry Solver</i>	38
3.8 Variasi.....	38
3.9 Variabel Penelitian	39
3.9.1 Variabel Terikat	39
3.9.2 Variabel Bebas.....	40
3.9.3 Variabel Kontrol	40
3.10 <i>Mesh Convergence</i>	40
3.11 <i>Grid Independence</i>	42
3.12 <i>Grid Convergence Index (GCI)</i>	44
3.13 Validasi Simulasi.....	46
BAB 4 HASIL DAN ANALISIS	48
4.1 Analisis Putaran Mesin (RPM) dan Durasi Injeksi Utama (Main DOI)	48
4.1.1 Pengaruh RPM dan Durasi Injeksi Terhadap Parameter Performa	48
4.1.2 Visualisasi Distribusi <i>Droplet</i> Bahan Bakar pada Ruang Bakar	51
4.1.3 Visualisasi <i>Temperature, In Cylinder Pressure, Heat Release Rate (HRR)</i>	52
4.1.4 Penentuan Kondisi Optimum Strategi <i>Single Injection</i>	56

4.2 Analisis <i>Dwell Time</i> dan <i>Fuel Injection Quantity Ratio</i>	56
4.2.1 Pengaruh <i>Dwell Time</i> dan <i>Fuel Mass Ratio</i> Terhadap Parameter Performa	57
4.2.2 Visualisasi Distribusi <i>Droplet</i> pada Fase <i>Pilot Injection</i>	60
4.2.3 Visualisasi Distribusi <i>Droplet</i> pada Fase <i>Main Injection</i>	61
4.2.4 Visualisasi <i>Temperature, In Cylinder Pressure, Heat Release Rate (HRR) multiple injection</i>	62
4.2.5 Penentuan Kondisi Optimum Strategi <i>Multiple Injection</i>	66
4.3 Hasil Keseluruhan	66
BAB 5 PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	78
LAMPIRAN	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kaitan penelitian pada 3 jenis SDGs	3
Gambar 2.1 Siklus Sistem Mesin Diesel 4 Langkah	13
Gambar 2.2 Sistem Injeksi Bahan Bakar	14
Gambar 2.3 Multiple Injection	15
Gambar 2.4 Grafik <i>Dwell Time</i>	16
Gambar 2.5 In-cylinder Pressure	17
Gambar 2.6 In-cylinder Temperature	18
Gambar 2.7 <i>Heat Release Rate</i>	19
Gambar 2.8 ISFC	20
Gambar 2.9 IMEP	21
Gambar 2.10 <i>Indicated Thermal Efficiency</i>	22
Gambar 2.11 Ansys Forte <i>Student Version</i>	23
Gambar 3.1 Diagram Alir	25
Gambar 3.2 Cummins N14 <i>Diesel Engine</i>	26
Gambar 3.3 <i>Cylinder model</i>	28
Gambar 3.4 <i>Set Bowl Piston</i>	28
Gambar 3.5 <i>Engine parameter</i>	29
Gambar 3.6 <i>Topology Piston</i>	30
Gambar 3.7 Ilustrasi Posisi Piston pada Siklus <i>4-Stroke</i>	36
Gambar 3.8 Hasil <i>Mesh Convergence</i>	41
Gambar 3.9 Hasil <i>Grid Independence</i>	43
Gambar 3.10 Grafik Hasil <i>Grid Convergence Index (GCI)</i>	45
Gambar 3.11 Validasi Simulasi	46
Gambar 4.1 Pengaruh variasi RPM dan <i>Main DOI</i> terhadap parameter performa	49
Gambar 4.2 Visualisasi droplet bahan bakar <i>single injection</i>	51
Gambar 4.3 Visualisasi kontur temperatur pembakaran <i>single injection</i>	53
Gambar 4.4 Pengaruh variasi RPM dan <i>Main DOI</i> terhadap parameter performa	55
Gambar 4.5 Pengaruh variasi <i>dwell time</i> dan <i>fuel mass ratio</i> terhadap parameter performa	58

Gambar 4.6 Visualisasi droplet bahan bakar fase <i>pilot injection</i>	61
Gambar 4.7 Visualisasi droplet bahan bakar fase <i>main injection</i>	62
Gambar 4.8 Visualisasi kontur temperatur pembakaran <i>multiple injection</i>	63
Gambar 4.9 Pengaruh variasi RPM dan <i>Main DOI</i> terhadap parameter performa	65
Gambar 4.10 Perbandingan Kondisi Optimum <i>Single Injection</i> dan <i>Multiple Injection</i>	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Literature Review</i>	7
Tabel 2.2 <i>State of Art</i>	12
Tabel 3.1 <i>Engine Specifications</i>	27
Tabel 3.3 <i>Cell Count Mesh Parameters</i>	31
Tabel 3.4 <i>Turbulence Setup</i>	31
Tabel 3.5 <i>Injector Setup</i>	33
Tabel 3.6 <i>Injection Setup</i>	34
Tabel 3.7 <i>Initial Condition Setup</i>	34
Tabel 3.8 <i>Boundary Condition</i>	35
Tabel 3.9 <i>Simulation Controls Setup</i>	36
Tabel 3.10 <i>Time Step Setup</i>	37
Tabel 3.12 <i>Deviasi terhadap Data Referensi pada SOI –22,5 CAD</i>	41
Tabel 4.1 <i>Perbandingan Hasil Parameter Performa</i>	67