

**OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI
OPASITAS BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN
DIESEL *COMMONRAIL***

Ditunjukkan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh:

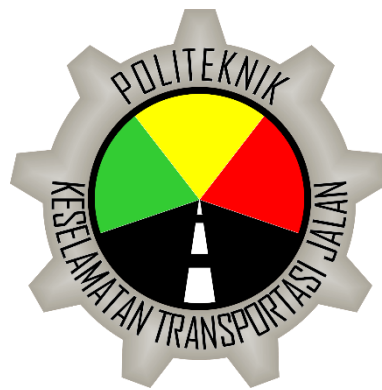
Ananta Salman Hadito

21021033

**PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
TAHUN 2025**

**OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI
OPASITAS BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN
DIESEL *COMMONRAIL***

Ditunjukkan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh:
Ananta Salman Hadito
21021033

**PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
TAHUN 2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI OPASITAS BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN DIESEL *COMMONRAIL*

OPTIMIZATION OF THERMOELECTRIC-BASED COOLING AND OPACITY REDUCTION SYSTEM IN COMMONRAIL DIESEL ENGINE

Disusun oleh:

Ananta Salman Hadito

21021033

Telah disetujui oleh:

Pembimbing



Dr. Setya Wijayanta, S.Pd.T., M.T.

NIP. 198105222008121001

Tanggal 13 Juni 2025

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI OPASITAS BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN DIESEL *COMMONRAIL*

OPTIMIZATION OF THERMOELECTRIC-BASED COOLING AND OPACITY REDUCTION SYSTEM IN COMMONRAIL DIESEL ENGINE

Disusun oleh:

Ananta Salman Hadito

21021033

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal : 13 Juni 2025

Ketua Sidang

(Dr. ERY MUTHORIQ, S.T., M.T.)

NIP. 198307042009121004

Penguji 1

(Dr. SETYA WIJAYANTA, S.Pd.T., M.T.)

NIP. 19810522200812002

Penguji 2

(Drs. GUNAWAN, M.T.)

NIP. 196212181989031006

Tanda Tangan



Tanda Tangan



Tanda Tangan



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomotif



Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T.

NIP. 198307042009121004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ananta Salman Hadito

Notar : 21021033

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Ontomotif

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI OPASITAS BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN DIESEL *COMMONRAIL*"** merupakan bagian dari penelitian Dosen Pembimbing yang berjudul "**PENGEMBANGAN PENDINGIN SEPATU REM DAN PEREDUKSI EMISI GAS BUANG BERBASIS *PELTIER* DENGAN MEMANFAATKAN SISTEM BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) PADA ENGINE DIESEL *COMMONRAIL* SEBAGAI PENYERAP PANAS PADA *PELTIER*"**. Selain itu tidak ada karya ilmiah atau penelitian lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik pada suatu Lembaga Pendidikan Tinggi. Tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/Lembaga pendidikan lain, kecuali secara tertulis disitasi dalam laporan ini dan disebutkan sumbernya pada daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini bebas dari unsur plagiasi dan apabila laporan Tugas Akhir ini di kemudian hari terbukti terdapat plagiasi dari hasil karya penulis lain dengan sengaja, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik atau sanksi hukum yang berlaku

Tegal, Rabu 11 Juni 2025

Yang Menyatakan



Ananta Salman Hadito

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Sholawat serta salam semoga tetap tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW. Dalam momentum penuh kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan apresiasi yang mendalam atas dukungan dan bimbingan yang tak ternilai selama proses penyusunan skripsi dengan judul "**OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI OPASITAS BERBASIS THERMOELECTRIC PADA MESIN DIESEL COMMONRAIL**". Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.SiT.,M.T. selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq M.T. selaku Ketua Progam Studi Teknologi Rekayasa Otomotif.
3. Bapak Dr. Setya Wijayanta, S.Pd.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang tanpa Lelah memberikan bimbingan, dukungan dan arahan yang sangat berarti bagi penulis.
4. Ayah, Ibunda, dan Adik saya tercinta, atas semua do'a, dukungan, dan motivasi yang selalu menjadi semangat bagi penulis sampai saat ini.
5. Notar 22011056 yang senantiasa membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Rekan-rekan angkatan XXXII dan adik tingkat progam studi Teknologi Rakayasa Otomotif, serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini mungkin memiliki kekurangan. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam perkembangan teknologi, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Tegal,

Yang menyatakan,



Ananta Salman Hadito

INTISARI

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia menjadi salah satu penyebab tingginya tingkat pencemaran udara, khususnya dari emisi gas buang mesin diesel yang mengandung partikel berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem pendingin dan pemanas bahan bakar untuk mereduksi opasitas gas buang pada mesin diesel *commonrail* dengan menggunakan 2 modul *Thermo Electric Cooler* (TEC). Pengoptimalan sistem dengan melakukan penelitian terhadap model *heat exchanger* (tidak beralur dan beralur) dikombinasikan dengan variasi dimensi radiator sebagai media pelepas kalor.

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan *engine stand* mesin diesel *commonrail* Toyota 2KD-FTV, menggunakan bahan bakar solar dextrite (CN 51). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *heat exchanger* beralur mampu meningkatkan suhu bahan bakar secara signifikan karena peningkatan efisiensi penyerapan panas, pemanasan bahan bakar berkontribusi terhadap penurunan viskositas dan densitas bahan bakar, yang berdampak pada pembakaran pada ruang bakar yang lebih sempurna sehingga dapat menurunkan opasitas gas buang. Pada penelitian pemanasan bahan bakar tertinggi terjadi pada *heat exchanger* tidak beralur dikombinasikan dengan radiator 1 pada debit 0,14 lpm mencapai 46,1°C yang dapat mereduksi opasitas sebesar 17,6%.

Radiator dengan dimensi lebih besar juga memberikan pendinginan lebih baik sehingga mampu menyerap sisi panas TEC dengan lebih baik, memungkinkan sistem pendingin pada TEC bekerja lebih optimal. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pendingin berbasis TEC yang menggunakan model *heat exchanger* beralur dan tidak beralur dikombinasikan dengan radiator tipe 2 dapat menghasilkan pendingin yang lebih baik dibandingkan dengan radiator tipe 1 pada 3 variasi debit bahan bakar. Pada penelitian terkait pendinginan pada TEC 1 dan TEC 2 dengan menggunakan *heat exchanger* beralur dikombinasikan radiator tipe 2 pada debit 0,27 lpm menghasilkan temperatur minimum yang paling optimal, mencapai -5,8°C (TEC 1) dan -3,3°C (TEC 2). Penggunaan sistem yang tepat dapat digunakan sebagai solusi untuk mereduksi emisi pada mesin diesel, serta mendukung pengembangan teknologi otomotif ramah lingkungan

Kata kunci : *Thermoelectric Cooler* (TEC), *Heat Exchanger*, Radiator, Mesin Diesel *Commonrail*, Opasitas.

ABSTRACT

The increasing number of motorized vehicles in Indonesia is one of the causes of high levels of air pollution, especially from diesel engine exhaust emissions containing harmful particles. This research aims to optimize the fuel cooling and heating system to reduce the opacity of exhaust gases in commonrail diesel engines using 2 Thermo Electric Cooler (TEC) modules. System optimization by conducting research on heat exchanger models (non-grooved and grooved) combined with variations in radiator dimensions as a heat release medium.

The method used is an experiment with a Toyota 2KD-FTV commonrail diesel engine stand, using dexlite diesel fuel (CN 51). The results showed that the grooved heat exchanger variation was able to increase the fuel temperature significantly due to increased heat absorption efficiency, fuel heating contributed to a decrease in fuel viscosity and density, which had an impact on combustion in a more complete combustion chamber so as to reduce the opacity of exhaust gases. In the study, the highest fuel heating occurred in the non-grooved heat exchanger combined with radiator 1 at a discharge of 0.14 lpm reaching 46.1 ° C which can reduce opacity by 17.6%.

Radiators with larger dimensions also provide better cooling so that they can absorb the hot side of the TEC better, allowing the cooling system on the TEC to work more optimally. This research shows that TEC-based cooling systems using grooved and non-grooved heat exchanger models combined with type 2 radiators can produce better cooling than type 1 radiators at 3 variations of fuel discharge. In related research, cooling of TEC 1 and TEC 2 using a grooved heat exchanger combined with a type 2 radiator at a discharge of 0.27 lpm produces the most optimal minimum temperature, reaching -5.8°C (TEC 1) and -3.3°C (TEC 2). The use of the right system can be used as a solution to reduce emissions in diesel engines, and support the development of environmentally friendly automotive technology.

Kata kunci : *Thermoelectric Cooler (TEC), Heat Exchanger, Radiator, Mesin Diesel Commonrail, Opasitas.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
INTISARI.....	v
<i>ABSTRACT</i>.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Batasan Masalah	4
I.4 Tujuan	4
I.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Penelitian Relevan	6
II.2 Mesin Diesel.....	13
II.2.1 Mesin Diesel Konvensional.....	13
II.2.2 Mesin Diesel Commonrail	14
II.3 Sistem Pembakaran	14
II.4 Sistem Bahan Bakar Pada Mesin Internal Combustion Engine	15
II.4.1 Sistem Bahan Bakar Diesel Konvensional (Mekanik).....	15
II.4.2 Sistem Bahan Bakar Secara Elektronik.....	18
II.5 Perpindahan Panas (Heat Transfer)	26
II.6 Komponen Sistem Produksi Opasitas	28
II.6.1 Thermoelektrikcooler (TEC)	28
II.6.2 Heat Exchanger.....	32
II.6.3 Radiator.....	34
II.7 Sistem Optimasi TEC.....	36
BAB III METODE PENELITIAN	37

III.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
III.2	Jenis Penelitian.....	38
III.3	Alat dan Bahan penelitian.....	38
III.4	Prosedur Penelitian	47
III.5	Kalibrasi Alat Ukur	49
III.5.1	Kalibrasi Flow Sensor	49
III.5.2	Kalibrasi Thermocouple	51
III.5.3	Kalibrasi Watt Meter.....	52
III.6	Teknik Pengumpulan Data	53
III.7	Teknik Pengolahan dan Analisa Data (Metode Variabel).....	54
BAB IV	PEMBAHASAN	56
IV.1	Pengaruh Heat Exchanger Terhadap Opasitas	56
IV.2	Pengaruh Radiator Terhadap Sistem TEC 1	64
IV.3	Pengaruh Radiator Terhadap Sistem TEC 2	72
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	78
V.1	Kesimpulan	78
V.2	Saran	79
	DAFTAR PUSTAKA	80
	DAFTAR LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Langkah Kerja Sistem Pembakaran.....	15
Gambar II. 2 Sistem bahan bakar diesel konvensional	15
Gambar II. 3 komponen fuel filter.....	17
Gambar II. 4 Pompa injeksi VE diesel konvensional	18
Gambar II. 5 Sistem bahan bakar diesel common rail	19
Gambar II. 6 Elektrik fuel pump diesel common rail.....	21
Gambar II. 7 Fuel filter commonrail	21
Gambar II. 8 high pressure fuel pump diesel common rail	23
Gambar II. 9 Fuel rail disel common rail	24
Gambar II. 10 Injector	25
Gambar II. 11 ECM totota 2KD.....	26
Gambar II. 12 TEC 1-12706.....	28
Gambar II. 13 Skema elemen TEC.....	29
Gambar II. 14 Cara kerja TEC.....	30
Gambar II. 15 Keseimbangan energi TEC.....	31
Gambar II. 16 Heat exchanger.....	34
Gambar II. 17 Radiator	36
Gambar III. 1 Skema prangkat eksperimen	39
Gambar III. 2 Heat Exchanger Tidak Beralur dan Beralur	40
Gambar III. 3 Radiator Tipe 1 dan Tipe 2.....	41
Gambar III. 4 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar III. 5 Skema Kalibrasi Sensor flow meter	49
Gambar III. 6 Proses Kalibrasi Sensor Flow Meter	50
Gambar III. 7 Kalibrasi Sensor Thermocouple.....	51
Gambar III. 8 Kalibrasi Watt Meter	52
Gambar III. 9 Teknik pengumpulan data.....	54
Gambar IV. 1 Hasil Pereduksi Opasitas dengan Pemanasan Bahan Bakar 56	
Gambar IV. 2 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi Heat Exchanger dengan Radiator Tipe 1 (BBM Keluar).....	59
Gambar IV. 3 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi Heat Exchanger dengan Radiator Tipe 2 (BBM Keluar).....	60

Gambar IV. 4 Grafik Time Seris Delta T Variasi Heat Exchanger dengan Radiator Tipe 1	61
Gambar IV. 5 Grafik Time Seris Delta T Variasi Heat Exchanger dengan Radiator Tipe 2	62
Gambar IV. 6 Temperatur Minimum TEC 1.....	65
Gambar IV. 7 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi radiator dengan Heat Exchanger Tidak Beralur (TEC 1)	67
Gambar IV. 8 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi radiator dengan Heat Exchanger Beralur (TEC 1)	68
Gambar IV. 9 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi Radiator dikombinasikan dengan Heat Exchanger Tidak Beralur (BBM Masuk).....	69
Gambar IV. 10 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi Radiator kombinasi dengan Heat Exchanger Beralur (BBM Masuk)	70
Gambar IV. 11 Temperatur Minimum TEC 2.....	72
Gambar IV. 12 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi radiator dengan Heat Exchanger Tidak Beralur (TEC 2)	74
Gambar IV. 13 Grafik Time Seris Pengaruh Variasi radiator dengan Heat Exchanger Beralur (TEC 2)	75

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian relevan	9
Tabel III. 1 Jadwal penelitian	37
Tabel III. 2 Alat dan bahan penelitian	41
Tabel III. 3 Kalibrasi Sensor Flow Meter Menggunakan Stepdown.....	50
Tabel III. 4 Hasil Kalibrasi Thermocouple.....	51
Tabel III. 5 Hasil Kalibrasi Watt Meter	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pembuatan Alat Penelitian.....	87
Lampiran 2 Pengecekan Alat Ukur.....	87
Lampiran 3 Skema Alat Penelitian	88
Lampiran 4 Pengambilan Data	89
Lampiran 5 Sertifikat Kalibrasi Smoke Tester	90
Lampiran 6 Hasil pemanasan bahan bakar terhadap opasitas	91
Lampiran 7 Data Pengaruh Heat Exchanger dengan Radiator Tipe 1 BBM Keluar	94
Lampiran 8 Data Pengaruh Heat Exchanger dengan Radiator Tipe 2 BBM Keluar	96
Lampiran 9 Delta T Heat Exchanger dikombinasikan dengan Radiator Tipe 1	98
Lampiran 10 Delta T Heat Exchanger dikombinasikan dengan Radiator Tipe 2	100
Lampiran 11 Hasil Temperatur Minimum TEC 1	102
Lampiran 12 Hasil Pengaruh Radiator Terhadap Heat Exchanger Tidak Beralur Terhadap Temperatur Minimum TEC 1	103
Lampiran 13 Hasil Pengaruh Radiator Terhadap Heat Exchanger Beralur Terhadap Temperatur Minimum TEC 1	105
Lampiran 14 Hasil Pengaruh Radiator Terhadap Heat Exchanger Tidak Beralur Terhadap BBM Masuk.....	107
Lampiran 15 Hasil Pengaruh Radiator Terhadap Heat Exchanger Beralur Terhadap BBM Masuk.....	109
Lampiran 16 Hasil Temperatur Minimum TEC 2	111
Lampiran 17 Pengaruh Radiator Terhadap Temperatur Minimim TEC 2 HE Tidak Beralur.....	112
Lampiran 18 Pengaruh Radiator Terhadap Temperatur Minimim TEC 2 HE Beralur	114