

TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN SISTEM TERINTREGASI AC DAN
PEREDUKSI OPASITAS GAS BUANG BERBASIS
***THERMOELECTRIC* DENGAN MEMANFAATKAN ALIRAN**
BBM PADA MESIN DIESEL

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh:

MUHAMMAD BAGAS FU'AD FAUZI

22.02.1022

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2026

TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN SISTEM TERINTREGASI AC DAN
PEREDUKSI OPASITAS GAS BUANG BERBASIS
***THERMOELECTRIC* DENGAN MEMANFAATKAN ALIRAN**
BBM PADA MESIN DIESEL

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh:

MUHAMMAD BAGAS FU'AD FAUZI

22.02.1022

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2026

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SISTEM TERINTEGRASI AC DAN PEREDUKSI OPASITAS GAS BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* DENGAN MEMANFAATKAN ALIRAN BBM PADA MESIN DIESEL

*DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED AIR-CONDITIONING SYSTEM
AND EXHAUST GAS OPACITY REDUCER BASED ON THERMOELECTRIC
TECHNOLOGY UTILIZING FUEL FLOW IN A DIESEL ENGINE*

Disusun oleh:

MUHAMMAD BAGAS FU'AD FAUZI

22.02.1022

Telah disetujui oleh:

Pembimbing



Tanggal 20 April 2026

Dr Setya Wijayanta, S.Pd.T.,M.T.
NIP.198105222008121002

HALAMAN PENGESAHAN

**(RANCANG BANGUN SISTEM TERINTREGASI AC DAN PEREDUKSI
OPASITAS GAS BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* DENGAN
MEMANFAATKAN ALIRAN BBM PADA MESIN DIESEL)**

*(DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED AIR-CONDITIONING SYSTEM
AND EXHAUST GAS OPACITY REDUCER BASED ON THERMOELECTRIC
TECHNOLOGY UTILIZING FUEL FLOW IN A DIESEL ENGINE)*

Disusun oleh:

MUHAMMAD BAGAS FU'AD FAUZI

22021022

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal : 21 Mei 2026

Ketua Sidang

Muhammad Iman Nur Hakim, S.T., M.T
NIP.199301042019021002

Penguji 1

Nanang Okta Widyandaru, M.Pd.
NIP.197805232003122001

Penguji 2

Dr Setya Wijayanta, S.Pd.T., M.T.
NIP.198105222008121002

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 : Muhammad Bagas Fu'ad Fauzi

Notar. : 22021022

Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomotif

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul "**RANCANG BANGUN SISTEM TERINTREGASI AC DAN PEREDUKSI OPASITAS GAS BUANG BERBASIS THERMOELECTRIC**DENGAN MEMANFAATKAN ALIRAN BBM PADA MESIN **DIESEL**" ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam laporan ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa Skripsi ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila laporan Skripsi ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Tegal, 11 Agustus 2025

Yang Menyatakan



Muhammad bagas Fu'ad Fauzi

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, petunjuk, serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta Salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita 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 **"RANCANG BANGUN SISTEM TERINTREGASI AC DAN PEREDUKSI OPASITAS GAS BUANG BERBASIS THERMOELECTRIC DENGAN MEMANFAATKAN ALIRAN BBM PADA MESIN DIESEL"**. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tulus kepada :

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.SiT.,MT. Selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq, M,T selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif.
3. Bapak Dr. Setya Wijayanta, S.Pd.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing.
4. Bapak, Ibuk, Kakak, dan Adik Tercinta atas semua doa, dukungan, dan motivasi yang selalu menjadi semangat bagi penulis sampai saat ini.
5. Rekan-rekan dan adik tingkat program Teknologi Rekayasa Otomotif, dan seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Tegal, 11 Agustus 2025

Yang Menyatakan



Muhammad Bagas Fu'ad Fauzi

HALAMAN PERSEMBAHAN



Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, karunia, dan ridho-Nya, tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Segala proses, kemudahan, dan kekuatan yang diberikanselama penyusunan tugas akhir ini merupakan bentuk kasih sayang-Nya yang tak terhingga. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, suri tauladan sepanjang zaman, yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman penuh ilmu pengetahuan dan cahaya keimanan.

Dengan penuh rasa syukur dan hormat, karya tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya tercinta, Bapak Mulyani dan Ibu Istirokah, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan semangat tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan hidup dan pendidikan saya. Terimakasih atas segala cinta, kesabaran, dan pengorbanan yang telah diberikan selama ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada kedua adik saya serta seluruh keluarga besar yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Saya juga menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing saya, Bapak Dr. Setya Wijayanta, M.T., yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan ilmu serta pengalaman berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini. Bimbingan, kesabaran, dan perhatian beliau sangat berarti bagi saya.

Ucapan terima kasih juga saya haturkan kepada orang terdekat saya yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses ini,

Saya persembahkan juga karya ini kepada pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga kebaikan dan dukungan kalian menjadi amal yang berlipat ganda.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Penelitian Relevan	5
II.2 <i>Air Conditioning</i>	13
II.3 Pemanasan Bahan Bakar	13
II.4 Perpindahan Panas Atau <i>Heat Transfer</i>	14
II.5 Mesin Diesel <i>Commonrail</i>	16
II.5.1 Sejarah <i>Commonrail</i>	16
II.5.2 Sistem Bahan Bakar <i>Commonrail</i>	17
II.6 Peltier.....	22
II.7 <i>Heatsink</i>	25
II.8 <i>Heat Exchanger</i> (HE)	26
II.9 <i>Fan</i>	27
II.10 Radiator	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
III.1 Tempat dan Waktu Penelitan.....	29

III.2	Jenis Penelitian	30
III.3	Prosedur Penelitian.....	30
III.4	Kalibrasi Alat Ukur	33
III.4.1	Kalibrasi Data <i>Logger Thermocouple</i>	33
III.4.2	Kalibrasi Flow Sensor	34
III.4.3	Kalibrasi Watt Meter	36
III.5	Teknik Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data.....	37
III.6	Bahan dan Penelitian Eksperimen	42
III.6.1	Skema Eksperimen.....	42
III.6.2	Desain Perancangan AC.....	44
III.6.3	Alat dan Bahan Penelitian	45
BAB IV	PEMBAHASAN.....	50
IV.1	Desain Sistem Terintegrasi AC dan Emisi Gas Buang Menggunakan <i>Thermoelectric Cooler</i>	50
IV.1.1	Konfigurasi Peletakan 5 Peltier	50
IV.1.2	Konfigurasi Peletakan 10 Peltier	52
IV.2	Pengaruh Variasi Tegangan pada Konfigurasi Peltier Terhadap Pendinginan	54
IV.2.1	Variasi Tegangan terhadap Pendinginan.....	54
IV.2.2	Variasi Daya Terhadap Suhu Minimum Kabin	61
IV.2.3	Analisis Coefficient of Performance (COP)	63
IV.2.4	Pengaruh Daya terhadap Pendinginan dan COP	65
IV.3	Pengaruh Variasi Tegangan pada Konfigurasi Peltier terhadap Emisi Gas Buang	66
IV.3.1	Variasi Tegangan terhadap Suhu In dan Out Bahan Bakar	66
IV.3.2	Pengaruh Variasi Tegangan terhadap Suhu Max dan Opasitas.....	73
IV.3.3	Pengaruh Delta T In Out BBM terhadap Opasitas	75
BAB V	PENUTUP.....	77
V.1	Kesimpulan	77
V.2	Saran	77
	DAFTAR PUSTAKA	79
	LAMPIRAN.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Sistem Bahan Bakar Commonrail	18
Gambar II. 2	Struktur Thermoelectric	22
Gambar II. 3	Skema Elemen Peltier	23
Gambar II. 4	Heat Sink.....	26
Gambar II. 5	Heat Exchanger.....	27
Gambar II. 6	Fan	27
Gambar II. 7	Radiator	28
Gambar III. 1	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar III. 2	Proses Kalibrasi Flow Meter.....	35
Gambar III. 3	Kalibrasi Watt Meter.....	36
Gambar III. 4	Teknik Pengumpulan Data	38
Gambar III. 5	Skema Eksperimen Penelitian.....	43
Gambar III. 6	Desain Perancangan AC.....	44
Gambar III. 7	Konfigurasi 5 TEC / Peltier	44
Gambar III. 8	Konfigurasi 10 TEC / Peltier	45
Gambar IV. 1	Desain Konfigurasi Peletakan 5 Peltier	50
Gambar IV. 2	Desain Konfigurasi Peletakan 10 Peltier	52
Gambar IV. 3	Peletakan Thermocouple di Peltier.....	54
Gambar IV. 4	Grafik Temperatur Dingin Variasi Tegangan 7 V.....	55
Gambar IV. 5	Grafik Temperatur Dingin Variasi Tegangan 8 V.....	55
Gambar IV. 6	Grafik Temperatur Dingin Variasi Tegangan 9 V.....	56
Gambar IV. 7	Grafik Temeperatur Dingin Variasi Tegangan 10 V	56
Gambar IV. 8	Grafik Temperatur Dingin Variasi Tegangan 11 V.....	57
Gambar IV. 9	Grafik Temperatur Dingin Variasi Tegangan 12 V.....	58
Gambar IV. 10	Grafik Temperatur Dingin Variasi Tegangan 20 V.....	58
Gambar IV. 11	Grafik Pengaruh Daya Terhadap Suhu Minimum Kabin	61
Gambar IV. 12	Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap COP	63
Gambar IV. 13	Grafik Pengaruh Daya Terhadap COP dan Suhu Minimum Kabin	65
Gambar IV. 14	Peletakan Thermocouple di Suhu In dan Out BBM	67
Gambar IV. 15	Grafik Suhu In Out BBM Tegangan 7 V	68

Gambar IV. 16	Grafik Suhu In Out BBM Tegangan 8 V	68
Gambar IV. 17	Grafik Suhu In Out BBM Tegangan 9 V	69
Gambar IV. 18	Grafik Suhu In Out BBM Tegangan 10 V	69
Gambar IV. 19	Grafik Suhu In Out BBM Tegangan 11 V	70
Gambar IV. 20	Grafik Suhu In Out BBM Tegangan 12 V	70
Gambar IV. 21	Grafik Suhu In Out BBM Tegangan 20 V	71
Gambar IV. 22	Grafik Delta T Perbandingan Suhu In Out BBM	72
Gambar IV. 23	Grafik Pengaruh Variasi Tegangan terhadap Suhu Out Maksimal dan Opasitas	73
Gambar IV. 24	Grafik Pengaruh Delta T Suhu In Out terhadap Opasitas	75

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1	Penelitian Relevan	7
Tabel II. 2	Perbedaan Penelitian	10
Tabel III. 1	Waktu Penelitian.....	29
Tabel III. 2	Hasil Kalibrasi Thermocouple Arduino	34
Tabel III. 3	Hasil Kalibrasi Flow Sensor	35
Tabel III. 4	Hasil Kalibrasi Watt Meter.....	37
Tabel III. 5	Alat dan Bahan Penelitian	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Dokumentasi Persiapan Alat	83
Lampiran 2.	Dokumentasi Pengambilan Data	83
Lampiran 3.	Tabel Data Time Series Temperatur Dingin.....	84
Lampiran 4.	Data Suhu Lingkungan.....	98
Lampiran 5.	Data Tegangan dan Ampere.....	99
Lampiran 6.	Tabel Data Time Series In Out Bahan Bakar	101
Lampiran 7.	Sertifikasi Kalibrasi Smoke Tester	106
Lampiran 8.	Hasil Pemanasan Bahan Bakar Terhadap Opasitas	107
Lampiran 9.	Delta T In dan Out Bahan Bakar.....	109

INTISARI

Penggunaan *Air Conditioner* (AC) konvensional pada kendaraan mengandalkan *freon* sebagai refrigeran yang memiliki nilai *Global Warming Potential* (GWP) hingga 510 kali lebih tinggi dibandingkan CO₂, sehingga berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Di samping itu, mesin diesel *common rail* menghasilkan emisi gas buang dengan tingkat opasitas yang tinggi sebagai akibat dari proses pembakaran yang tidak sempurna. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem terintegrasi AC berbasis *Thermoelectric Cooler* (TEC) sebagai alternatif pendinginan kabin yang ramah lingkungan, sekaligus sebagai pereduksi opasitas gas buang dengan memanfaatkan aliran bahan bakar pada mesin diesel.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan pada *engine stand* mesin diesel *common rail* Toyota 2KD berbahan bakar solar dexlite dengan prototipe kabin berskala 1:4. Sistem dirancang dengan memanfaatkan sisi dingin modul TEC1-12706 untuk pendinginan kabin, sementara sisi panas TEC digunakan untuk memanaskan bahan bakar melalui *heat exchanger*. Dua konfigurasi peletakan modul peltier diujikan, yaitu konfigurasi 5 modul peltier yang disusun sejajar dengan variasi tegangan 7–12 V, serta konfigurasi 10 modul peltier yang disusun secara menumpuk pada tegangan 20 V dengan pembagian 8 V pada sisi atas dan 12 V pada sisi bawah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi 5 modul peltier sejajar menghasilkan kinerja pendinginan kabin yang lebih optimal, dengan suhu terendah sebesar 27,3°C pada tegangan 10 V dan daya 109,14 W, serta nilai *Coefficient of Performance* (COP) tertinggi sebesar 0,00351 pada tegangan 9 V. Sementara itu, konfigurasi 10 modul peltier menumpuk terbukti lebih efektif dalam memanaskan bahan bakar hingga mencapai temperatur 46,8°C, yang berdampak pada penurunan opasitas gas buang secara signifikan dari 94,2% menjadi 77,1% melalui peningkatan kualitas proses pembakaran.

Kata Kunci: *Thermoelectric Cooler*, Peltier, AC Kendaraan, Opasitas Gas Buang, Mesin Diesel *Common Rail*, *Heat Exchanger*

ABSTRACT

The use of conventional Air Conditioner (AC) in vehicles relies on freon as a refrigerant, which has a Global Warming Potential (GWP) value up to 510 times higher than CO₂, thereby posing a significant negative impact on the environment. Furthermore, common rail diesel engines produce exhaust emissions with high opacity levels as a result of incomplete combustion. Based on these issues, this study aims to design and develop an integrated AC system based on Thermoelectric Cooler (TEC) as an environmentally friendly cabin cooling alternative, while simultaneously functioning as an exhaust gas opacity reducer by utilizing fuel flow in a diesel engine.

This study employed an experimental method conducted on a Toyota 2KD common rail diesel engine stand using dextrite diesel fuel with a 1:4 scale cabin prototype. The system was designed by utilizing the cold side of the TEC1-12706 module for cabin cooling, while the hot side of the TEC was used to heat the fuel through a heat exchanger. Two peltier module placement configurations were tested, namely a configuration of 5 peltier modules arranged in parallel with voltage variations of 7–12 V, and a configuration of 10 peltier modules arranged in a stacked manner at 20 V, divided into 8 V on the upper side and 12 V on the lower side.

The results indicate that the configuration of 5 parallel peltier modules produced more optimal cabin cooling performance, with the lowest temperature reaching 27.3°C at a voltage of 10 V and a power of 109.14 W, as well as the highest Coefficient of Performance (COP) value of 0.00351 at 9 V. Meanwhile, the configuration of 10 stacked peltier modules proved more effective in heating the fuel up to a temperature of 46.8°C, which resulted in a significant reduction in exhaust gas opacity from 94.2% to 77.1% through an improvement in combustion quality.

Keywords: *Thermoelectric Cooler, Peltier, Vehicle Air Conditioner, Exhaust Gas Opacity, Common Rail Diesel Engine, Heat Exchanger*