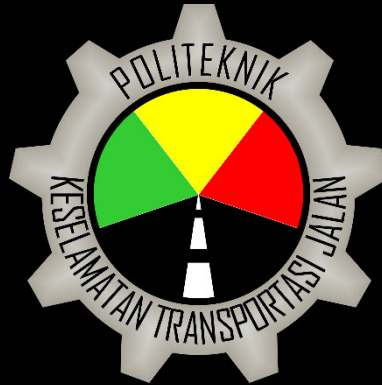


TUGAS AKHIR

OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI EMISI GAS BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN BENSIN KONVENSIONAL

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun oleh:

ERZA ZIDAN A'LAUDIN ZULFA

21021035

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN**

TEGAL

2025

TUGAS AKHIR

OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI EMISI GAS BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN BENSIN KONVENSIONAL

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun oleh:

ERZA ZIDAN A'LAUDIN ZULFA

21021035

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN**

TEGAL

2025

HALAMAN PERSETUJUAN

**OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI EMISI GAS
BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN BENSIN
KONVENSIONAL**

*OPTIMIZATION OF THERMOELECTRIC-BASED COOLING SYSTEMS AND
EXHAUST EMISSION REDUCTIONS IN CONVENTIONAL GASOLINE ENGINE*

Disusun oleh:

ERZA ZIDAN A'LAUDIN ZULFA

21021035

Telah disetujui oleh:

Pembimbing



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

NIP. 198105222008121002

Tanggal 16 Juni 2025

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI EMISI GAS BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN BENSIN KONVENSIONAL

*OPTIMIZATION OF THERMOELECTRIC-BASED COOLING SYSTEMS AND
EXHAUST EMISSION REDUCTIONS IN CONVENTIONAL GASOLINE ENGINE*

Disusun oleh:

ERZA ZIDAN A'LAUDIN ZULFA

21021035

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji :

Pada tanggal : 13 Juni 2025

Ketua Sidang

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

NIP. 198307042009121004

Tanda Tangan



Penguji 1

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

NIP. 198105222008121002

Tanda Tangan

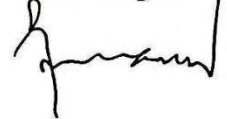


Penguji 2

Drs. Gunawan, M.T.

NIP. 196212181989031006

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 : Erza Zidan A'laudin Zulfa

Notar : 21021035

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Otomotif

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**OPTIMASI SISTEM PENDINGIN DAN PEREDUKSI EMISI GAS BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN BENSIN KONVENSIONAL**" merupakan bagian dari penelitian Dosen Pembimbing yang berjudul "**PENGEMBANGAN SISTEM PENDINGIN SEPATU REM TROMOL BERBASIS *PELTIER* DENGAN MEMANFAATKAN SISTEM BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) PADA *ENGINE* KONVENSIONAL 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, 13 Januari 2025

Yang Menyatakan



Erza Zidan A'laudin Zulfa

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami 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 dan 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 EMISI GAS BUANG BERBASIS *THERMOELECTRIC* PADA MESIN BENSIN KONVENSIONAL**". Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.Si.T., 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 telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir.
4. Ayah, Ibu, dan Adik tercinta, atas semua do'a, dukungan, dan motivasi yang selalu menjadi semangat bagi penulis sampai saat ini.
5. Semua 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, 23 Juni 2025

Yang menyatakan,



Erza Zidan A'laudin Zulfa

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 diberikan selama penyusunan tugas akhir ini merupakan bentuk kasih sayang-Nya yang tak terhingga. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, suri teladan 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 Dwi Zaini Imron Susilo dan Ibu Etik Rahmawati, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan semangat tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan hidup dan pendidikan saya. Terima kasih 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 semua 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 TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTIASARI	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	3
I.3. Batasan Masalah	4
I.4. Tujuan Penelitian	4
I.5. Manfaat Penelitian.....	4
I.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1. Penelitian Relevan.....	6
II.2. Sistem Bahan Bakar ICE pada Mesin Bensin	16
II.2.1 Mesin Bensin EFI (<i>Electric Fuel Injection</i>).....	16
II.2.2 Mesin Bensin Konvensional (Karburator)	20
II.3. Emisi Gas Buang	24
II.4. <i>Thermoelectric</i> atau <i>Peltier</i>	25
II.5. <i>Heat Transfer</i> atau Perpindahan Panas.....	27

II.6. Pemanasan Bahan Bakar	29
II.7. Radiator (RD)	31
II.8. <i>Heat Exchanger</i> (HE)	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
III.1 Tempat dan Waktu Penelitian	33
III.2 Jenis Penelitian	34
III.3 Prosedur Penelitian	35
III.4 Verifikasi dan Kalibrasi Alat Ukur	38
III.4.1 Verifikasi Hasil <i>Data Logger Thermocouple</i>	38
III.4.2 Kalibrasi Sensor <i>Flow Meter</i>	39
III.4.3 Kalibrasi <i>Watt Meter</i>	41
III.5 Teknik Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data	42
III.6 Bahan dan Peralatan Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
IV.1 Pengaruh Variasi <i>Heat Exchanger</i> terhadap Emisi Gas Buang	50
IV.1.1 Hasil Penelitian	50
IV.1.2 Analisis	56
IV.2 Pengaruh Variasi Radiator terhadap <i>Thermoelectric</i>	58
IV.2.1 Hasil Penelitian	58
IV.2.2 Analisis	65
BAB V PENUTUP	67
V.1 Kesimpulan	67
V.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian Relevan	9
Tabel II. 2 Perbedaan Penelitian	12
Tabel II. 3 Temperatur Panas Pada Penelitian Sebelumnya.....	31
Tabel III. 1 Jadwal Penelitian	33
Tabel III. 2 Alat dan Bahan Penelitian	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Sistem EFI	17
Gambar II. 2	Tangki Bahan Bakar.....	17
Gambar II. 3	Pompa Bahan Bakar	18
Gambar II. 4	Filter Bahan Bakar	19
Gambar II. 5	Aktuator	19
Gambar II. 6	Injektor	19
Gambar II. 7	Fuel Tank	21
Gambar II. 8	Fuel Filter	22
Gambar II. 9	Fuel Pump	22
Gambar II. 10	Karburator	23
Gambar II. 11	Charcoal Canister	24
Gambar II. 12	Struktur Peltier.....	25
Gambar II. 13	Parameter Peltier.....	27
Gambar II. 14	Radiator	31
Gambar II. 15	Heat exchanger	32
Gambar III. 1	Diagram Alir Penelitian	35
Gambar III. 2	Kalibrasi Flowmeter.....	37
Gambar III. 3	Kalibrasi data logger thermocouple.....	39
Gambar III. 4	Kalibrasi sensor flow meter	40
Gambar III. 5	kalibrasi watt meter	41
Gambar III. 6	Teknik Pengumpulan Data	42
Gambar III. 7	Skema Alat Penelitian.....	44
Gambar III. 8	Heat exchanger beralur	45
Gambar III. 9	Heat exchanger non alur	45
Gambar IV. 1	Grafik Temperatur OUT HE Alur & Non Alur RD Besar	50
Gambar IV. 2	Grafik Temperatur OUT HE Alur & Non Alur RD Kecil.....	51
Gambar IV. 3	Grafik Data Time Series Temperatur out Variasi HE dengan RD besar Laju Aliran 3 lpm	52
Gambar IV. 4	Grafik Data Time Series Temperatur out Variasi HE dengan RD besar Laju Aliran 7 lpm	52
Gambar IV. 5	Grafik Data Time Series Temperatur out Variasi HE dengan RD kecil Laju Aliran 3 lpm.....	52

Gambar IV. 6 Grafik Data Time Series Temperatur out Variasi HE dengan RD kecil Laju Aliran 7 lpm.....	52
Gambar IV. 7 Rata Rata CO pada Emisi Gas Buang	53
Gambar IV. 8 Rata Rata HC pada Emisi Gas Buang	53
Gambar IV. 9 Rata Rata Temperatur TEC 1 Variasi RD dengan HE Beralur	59
Gambar IV. 10 Rata Rata Temperatur TEC 2 Variasi RD dengan HE Beralur ...	59
Gambar IV. 11 Rata Rata Temperatur TEC 1 Variasi RD dengan HE non Alur .	60
Gambar IV. 12 Rata Rata Temperatur TEC 1 Variasi RD dengan HE non Alur .	61
Gambar IV. 13 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 1 Variasi RD dengan HE Alur Laju Aliran 3 Lpm	62
Gambar IV. 14 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 1 Variasi RD dengan HE Alur Laju Aliran 7 Lpm	62
Gambar IV. 15 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 2 Variasi RD dengan HE Alur Laju Aliran 3 Lpm	62
Gambar IV. 16 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 2 Variasi RD dengan HE Alur Laju Aliran 7 Lpm	62
Gambar IV. 17 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 1 Variasi RD dengan HE non Alur Laju Aliran 3 Lpm	63
Gambar IV. 18 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 1 Variasi RD dengan HE non Alur Laju Aliran 7 Lpm	63
Gambar IV. 19 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 2 Variasi RD dengan HE non Alur Laju Aliran 3 Lpm	63
Gambar IV. 20 Grafik Data Time Series Temperatur TEC 2 Variasi RD dengan HE non Alur Laju Aliran 7 Lpm	63
Gambar IV. 21 Grafik Data time series Temperatur IN Vairasi RD dengan HE Beralur	64
Gambar IV. 22 Grafik Data time series Temperatur IN Variasi RD dengan HE non alur.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Persiapan Alat Penelitian	73
Lampiran 2. Dokumentasi Pengambilan Data	73
Lampiran 3. Tabel Data Time Series Temperatur	74
Lampiran 4. Tabel Data Pengujian Emisi Gas Buang	82
Lampiran 5. Surat Keterangan Hasil Kalibrasi Gas Analyzer	86

INTISARI

Peningkatan emisi gas buang akibat kendaraan berbahan bakar fosil di Indonesia terus meningkat. *Thermoelectric cooling system* merupakan salah satu teknologi ramah lingkungan yang menghasilkan sisi dingin dan panas yang terus dikembangkan oleh para peneliti. Mobil *Internal combustion engine* (ICE) melibatkan aliran bahan bakar yang dapat diintegrasikan dengan *thermoelectric cooling system*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimasi kinerja *thermoelectric* (TEC) sebagai sistem pendingin dan pemanas bahan bakar untuk pereduksi emisi gas buang dengan variasi *heat exchanger* dan radiator. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan menggunakan 2 variasi *heat exchanger* yaitu beralur dan *non* alur serta 2 variasi radiator yaitu radiator kecil diameter 10 X 12 cm dan radiator besar diameter 24 x 12 cm. Laju aliran BBM dikontrol pada laju aliran 3 lpm dan 7 lpm. Emisi gas buang diukur menggunakan *gas analyzer* yang telah terkalibrasi pada tiap variasi.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa TEC dapat menghasilkan sisi dingin dan panas yang dipengaruhi oleh *heat exchanger* dan radiator. Temperatur panas yang dihasilkan TEC dapat mereduksi emisi gas buang dihasilkan, emisi gas buang dapat menurun seiring meningkatnya temperatur aliran bahan bakar. Penurunan emisi yang signifikan terdapat pada variasi radiator kecil pada *heat exchanger* alur karena menghasilkan temperatur panas paling tinggi yaitu 42°C. Dari temperatur tersebut dapat mereduksi emisi gas buang pada gas CO sebesar 17,96% dan gas HC sebesar 40,31% dari kondisi mesin normal. Pada penggunaan radiator besar dengan *heat exchanger* alur dapat menghasilkan temperatur dingin yang maksimal yang terdapat pada *heat exchanger* beralur sebesar -8,6°C pada TEC 1 dan -4,6°C pada TEC 2. Temperatur dingin terendah yang dihasilkan pada radiator kecil terdapat pada variasi *heat exchanger* beralur sebesar -1,1°C pada TEC 1 dan 0,4°C pada TEC 2.

Penggunaan variasi radiator dan *heat exchanger* dapat disesuaikan sesuai dengan penggunaan. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik variasi *heat exchanger* beralur dan *non* alur saat dialiri fluida bahan bakar bensin pada sistem *thermoelectric*.

Kata kunci : *thermoelectric*, *heat exchanger*, radiator, emisi gas buang

ABSTRACT

The increase in exhaust emissions from fossil fuel vehicles in Indonesia continues to rise. Thermoelectric cooling system is one of the environmentally friendly technologies that produces cold and hot sides that researchers continue to develop. An Automobile Internal combustion engine (ICE) involves a fuel flow that can be integrated with a thermoelectric cooling system. The purpose of this study is to optimize the performance of thermoelectric (TEC) systems as fuel cooling and heating systems for reducing exhaust gas emissions, utilizing a variety of heat exchangers and radiators. The research method employed was an experimental approach, utilizing two variations of heat exchangers (grooved and non-grooved) and two variations of radiators (small radiators with a diameter of 10 x 12 cm and large radiators with a diameter of 24 x 12 cm). The fuel flow rate is controlled at a flow rate of 3 lpm and 7 lpm. Exhaust emissions were measured using a gas analyzer for each variation.

The results of the study show that TEC can produce both cold and hot sides affected by heat exchangers and radiators. The heat produced by TEC can reduce the exhaust gas emissions produced, and exhaust gas emissions can decrease as the fuel flow temperature increases. A significant reduction in emissions is found in the small radiator variation in the groove heat exchanger because it produces the highest temperature of 42 °C. From this temperature, it can reduce exhaust gas emissions in CO by 17.96% and HC gas by 40.31% from normal engine conditions. In the use of large radiator with groove heat exchangers, it can produce the maximum cold temperature found in a grooved heat exchanger of -8.6 °C in TEC 1 and -4.6 °C in TEC 2. The lowest cold temperature produced in a small radiator is found in the grooved heat exchanger variation of -1.1°C in TEC 1 and 0.4°C C in TEC 2.

The use of radiator and heat exchanger variations can be adjusted according to usage. Further research is needed to determine the characteristics of the variation of grooved and non-grooved heat exchangers when flowing gasoline fuel fluid in a thermoelectric system.

Keywords: thermoelectric, heat exchanger, radiator, exhaust gas emissions