

**KARAKTERISTIK KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN 4-TAK PADA
VARIASI BEBAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP TEMPERATUR GAS
BUANG**



TUGAS AKHIR

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Kurikulum Guna Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Strata Satu (S1), Pada Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Tridinanti**

Disusun :

**Ivan Kusiawan
2302220504.P**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI
2025**

UNIVERSITAS TRIDINANTI FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI
TEKNIK MESIN



Tugas Akhir

KARAKTERISTIK KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN 4-
TAK PADA VARIASI BEBAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP
TEMPERATUR GAS BUANG

Disusun :

Ivan Kusiawan

2302220504.P

Mengetahui,
Program Studi Teknik Mesin
Ketua.

Heriyanto Kusmaryadi, ST., M.T

Diperiksa Dan Disetujui Oleh :
Pembimbing I

Martin Luther King, ST., MT

Pembimbing II

Ir. Sofwan Hariady, MT



Disahkan Oleh:
Dekan FT-UNANTI

Dr. Ani Firda, S.T., M.T

TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN 4-TAK PADA VARIASI BEBAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG

Disusun

Oleh :

Ivan Kusiawan

2302220504.P

Telah Diuji Dan Dinyatakan Lulus Dalam Ujian Sarjana Pada Tanggal, 25 Juli 2025

Tim Penguji,

Nama :

Tanda Tangan :

1. Ketua Penguji

Ir. Muhammad Lazim, MT


.....

2. Anggota Penguji II

Ir. H. M. Ali, MT


.....

3. Anggota Penguji III

Ir. Togar Po. Sianipar, MT


.....

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Nama : Ivan Kusiawan
Nmp : 2302220504.P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : **KARAKTERISTIK KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN 4-TAK PADA VARIASI BEBAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP TEMPERATUR GAS BUANG**. Adalah benar merupakan karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, dalam skripsi tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan ditemukan pelanggaran atas karya ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan skripsi dan gelar yang saya peroleh dari skripsi tersebut.

Palembang, Juli 2025

Yang Membua Pernyataan



Ivan Kusiawan

NIM : 2302220504.P

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- ❖ **"Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus dari rahmat Allah melainkan orang orang yang kufur."**
-QS Yusuf: 87

kupersembahkan kepada :

- **Nenekku tersayang**
- **Kedua orang tua yang tercinta**
- **Istriku tercinta dan tersayang yang selalu mendoakan**
- **Anak-anakku yang memberikan semangat**
- **Dosen dan guru-guruku**
- **Sahabat serta teman-temanku**
- **Almamaterku**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa motor bakar bensin 4-tak berbahan bakar Pertalite berdasarkan pengaruh variasi beban dan volume bahan bakar terhadap parameter kinerja termal, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), efisiensi termal, serta temperatur dan emisi gas buang. Pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan sistem dynamometer tipe rope brake dengan variasi beban sebesar 4 kg hingga 8 kg, dan tiga volume bahan bakar yaitu 50 ml, 60 ml, dan 70 ml. Parameter yang diukur meliputi torsi, putaran mesin, konsumsi bahan bakar, temperatur gas buang, serta kandungan emisi CO dan HC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan beban secara umum meningkatkan torsi dan daya motor serta menurunkan nilai SFC, yang menunjukkan efisiensi penggunaan bahan bakar yang lebih baik pada beban tinggi. Volume bahan bakar 50 ml menunjukkan performa termal paling efisien dengan nilai SFC dan emisi yang relatif lebih rendah dibandingkan volume lainnya. Temperatur gas buang meningkat secara linier terhadap kenaikan beban, dengan temperatur tertinggi tercatat pada volume bahan bakar 70 ml. Hasil emisi menunjukkan kandungan CO sebesar 3,11% dan HC sebesar 369 ppm, yang masih berada di bawah ambang batas baku mutu Permen LHK No. 8 Tahun 2023. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa performa optimal motor bakar dicapai pada kombinasi beban tinggi dan volume bahan bakar yang seimbang. Efisiensi termal dan lingkungan dapat ditingkatkan melalui pengaturan suplai udara dan bahan bakar yang lebih tepat. Penelitian ini memberikan dasar teknis bagi pengembangan sistem motor bakar efisien berbasis eksperimen laboratorium.

Kata kunci: motor bensin 4-tak, beban, volume bahan bakar, efisiensi termal, konsumsi bahan bakar spesifik, temperatur gas buang, emisi.

ABSTRACT

This research aims to analyze the performance of a 4-stroke gasoline engine fueled with Pertalite by examining the effect of varying load and fuel volume on thermal performance parameters, specific fuel consumption (SFC), thermal efficiency, as well as exhaust gas temperature and emissions. The experiment was conducted using a rope brake dynamometer system with load variations ranging from 4 kg to 8 kg and three fuel volumes: 50 ml, 60 ml, and 70 ml. Measured parameters included torque, engine speed, fuel consumption, exhaust gas temperature, and CO and HC emissions content. The results showed that increasing the load generally led to higher torque and engine power while reducing SFC values, indicating more efficient fuel use under higher loads. The 50 ml fuel volume demonstrated the most efficient thermal performance, with lower SFC and emission values compared to the other volumes. Exhaust gas temperature increased linearly with load, with the highest temperatures observed at the 70 ml fuel volume. Emission measurements indicated a CO content of 3.11% and HC content of 369 ppm, both of which fall below the threshold set by Indonesia's Ministry of Environment and Forestry Regulation No. 8 of 2023. It can be concluded that optimal engine performance is achieved through a combination of higher loads and balanced fuel volume. Both thermal and environmental efficiency can be improved through more precise control of air and fuel supply. This study provides a technical foundation for the development of efficient small-scale gasoline engine systems based on laboratory experiments.

Keywords: *4-stroke gasoline engine, load, fuel volume, thermal efficiency, specific fuel consumption, exhaust gas temperature, emissions.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. skripsi ini merupakan persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang. Dalam menyelesaikan skripsi ini, Penulis banyak menerima bimbingan dan bantuan dari semua pihak, dan pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada

1. Ibu Dr. Ani Firda, S.T., M.T., MM.selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti
2. Bapak Heriyanto Rusmaryadi, ST., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti
3. Bapak Martin Luther King, ST., MT, Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridinanti dan Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta saran dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini
4. Bapak Ir. Sofwan Hariady, MT Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberi masukan serta saran dalam penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Mesin Universitas Tridinanti Palembang.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Tridinanti Palembang, Angkatan 2023 yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih belum sempurna, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritikan dan saran. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat berguna bagi Mahasiswa, Khususnya Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Tridinanti Palembang.

Palembang, Juli 2025
Penulis

Ivan Kusiawan

DAFTAR ISI

JUDUL	I
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	IV
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	V
ABSTRAK	VI
ABSTRACT	VII
KATA PENGANTAR.....	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL	XII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.1. Teori dasar motor bakar 4-tak	Error! Bookmark not defined.
2.2. Parameter Kinerja Utama	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Torsi.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2. Daya	Error! Bookmark not defined.
2.2.3. <i>Specific Fuel Consumption (SFC)</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3. Efisiensi Termal (η).....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Analisis Termal Temperatur Gas Buang.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1. Berdasarkan Energi Termal pada Gas Buang.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2. Berdasarkan Energi Kimia Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
2.4.3. Laju Aliran Massa Gas Buang	Error! Bookmark not defined.

2.4.4. Debit Udara	Error! Bookmark not defined.
2.4.5. Laju Massa Udara dan Gas Buang	Error! Bookmark not defined.
2.5. Emisi Gas Buang	Error! Bookmark not defined.
2.5.1. Efisiensi Pembakaran	Error! Bookmark not defined.
2.6. Standar	Error! Bookmark not defined.
2.6.1. Baku Mutu Emisi	Error! Bookmark not defined.
BAB 3 METODE PENELITIAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.1. Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2. Jenis dan Pendekatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.4. Perakitan Alat Uji Motor Bakar	Error! Bookmark not defined.
3.5. Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.6. Jadwal Kegiatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
4.1. Eksperimen	Error! Bookmark not defined.
4.2. Perhitungan Torsi, Daya Efektif, dan Efisiensi Termal	Error! Bookmark not defined.
4.3. Perhitungan Torsi, Daya, dan Efisiensi (BBM 50 ml)	Error! Bookmark not defined.
4.3.1. Volume Bahan Bakar 50ml	Error! Bookmark not defined.
4.3.2. Volume Bahan Bakar 60 ml	Error! Bookmark not defined.
4.3.3. Volume Bahan Bakar 70 ml	Error! Bookmark not defined.
4.4. Analisis Termal	Error! Bookmark not defined.
4.4.1. Volume Bahan Bakar 50ml	Error! Bookmark not defined.
4.4.2. Volume Bahan Bakar 60ml	Error! Bookmark not defined.
4.4.3. Volume Bahan Bakar 70ml	Error! Bookmark not defined.
4.5. Hubungan Antara Beban dan Daya	Error! Bookmark not defined.
4.6. Hubungan Antara Beban Terhadap Efisiensi Termal	Error! Bookmark not defined.
4.7. Hubungan Antara Beban dan <i>Specific Fuel Consumption (SFC)</i>	Error! Bookmark not defined.

4.8. Hubungan Antara Beban Temperatur Gas Buang	Error! Bookmark not defined.
4.9. Profil Gas Buang	Error! Bookmark not defined.
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
5.1. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2. Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram P-V Siklus Otto Ideal	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2. Skema Pengukuran Torsi dengan Rope Brake Dynamometer ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2. Alat uji motor bakar.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1. Hubungan antara beban dan daya.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2. Hubungan antara beban terhadap efisiensi termal..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3. Hubungan antara beban terhadap efisiensi termal..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4. Hubungan antara beban temperatur gas buang	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5. Pengujian Emisi.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.2. Jadwal kegiatan penelitian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1. Data Hasil Experimen	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2. Data experimen dan perhitungan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3. Data analitik dan experimen.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4. Profil gas buang.....	Error! Bookmark not defined.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor bakar bensin 4-tak telah menjadi teknologi utama dalam berbagai aplikasi transportasi dan industri selama lebih dari satu abad. Perkembangan teknologi ini terus berfokus pada peningkatan efisiensi termal dan pengurangan emisi gas buang, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian oleh (Melin dkk., 2015) yang menganalisis strategi optimalisasi pembakaran. Dalam konteks pendidikan teknik mesin, pemahaman mendalam tentang karakteristik kinerja motor bakar menjadi semakin penting seiring dengan tuntutan kurikulum yang berbasis kompetensi praktis.

Temperatur gas buang (Exhaust Gas Temperature/EGT) telah diakui sebagai parameter kritis dalam evaluasi kinerja motor bakar. Menurut (Moreira & Carvalho, 2007), EGT tidak hanya mencerminkan efisiensi proses pembakaran tetapi juga berperan sebagai indikator dini untuk mendeteksi ketidaknormalan operasi mesin. Fenomena peningkatan EGT seiring dengan penambahan beban kerja, seperti yang diamati dalam studi pendahuluan penelitian ini (kenaikan hingga 14.02°C pada rentang beban 6-7 kg), memerlukan analisis lebih mendalam untuk memahami mekanisme transfer energi yang terjadi.

Di lingkungan laboratorium pendidikan, kebutuhan akan sistem pengujian yang komprehensif namun terjangkau menjadi tantangan tersendiri. (Dumitrache dkk., 2020) menekankan pentingnya pengembangan perangkat eksperimen yang mampu menyajikan hubungan kuantitatif antara parameter operasional dengan kinerja mesin. Hal ini sejalan dengan observasi di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas Tridinanti, dimana keterbatasan alat uji menjadi kendala dalam penyelenggaraan praktikum yang bersifat eksperimental.

Aspek lingkungan juga menjadi pertimbangan penting dalam penelitian ini. Data emisi gas buang dari pengujian pendahuluan menunjukkan kadar CO 3.11% dan HC 369 ppm, nilai yang berada di bawah ambang batas Permen LHK No. 8

Tahun 2023. Temuan ini konsisten dengan penelitian (Tymchyshyn dkk., 2022) tentang karakteristik emisi motor bakar bensin berkapasitas kecil. Namun, hubungan antara variasi beban kerja dengan profil emisi masih perlu dikaji lebih mendalam, khususnya dalam konteks pengembangan alat bantu pembelajaran.

Penelitian ini muncul sebagai respon terhadap beberapa tantangan tersebut, dengan tujuan menyajikan analisis komprehensif tentang karakteristik kinerja motor bakar bensin 4-tak di bawah variasi beban kerja. Pendekatan eksperimental yang digunakan diharapkan dapat memberikan kontribusi ganda: sebagai referensi akademis dalam memahami dinamika termal motor bakar, sekaligus sebagai dasar pengembangan perangkat praktikum yang efektif. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi jembatan antara teori termodinamika dengan aplikasi praktis di dunia pendidikan teknik mesin, serta memberikan wawasan baru dalam optimasi kinerja motor bakar skala laboratorium.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan kompleksitas fenomena termal dan mekanis yang diungkap dalam latar belakang, penelitian ini perlu merumuskan tiga pertanyaan kritis:

1. Bagaimana karakteristik torsi dan efisiensi motor bakar bensin 4-tak ketika diberi variasi beban kerja?
2. Bagaimana hubungan antara peningkatan beban kerja dengan perubahan temperatur gas buang pada motor bakar?

1.3. Tujuan Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah tersebut, penelitian ini dirancang dengan tiga tujuan utama

1. Menganalisis karakteristik torsi, daya, dan efisiensi motor bakar bensin 4-tak pada variasi beban kerja (4 kg hingga 8 kg).
2. Menentukan hubungan empiris antara beban kerja dan temperatur gas buang berdasarkan data eksperimen.

1.4. Batasan Masalah

Agar analisis tetap fokus dan terukur, ruang lingkup penelitian dibatasi pada empat aspek:

1. Motor yang digunakan adalah motor bensin 4-tak satu silinder dengan kapasitas tetap.
2. Variasi beban kerja dibatasi pada rentang 4 kg hingga 8 kg dengan interval 1 kg.
3. pengukuran temperatur gas buang dilakukan pada saluran pembuangan (5–10 cm dari ujung knalpot) menggunakan termokopel tipe K.
4. Analisis emisi gas buang hanya mencakup parameter CO dan HC.

1.5. Manfaat Penelitian

Temuan penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi tiga dimensi manfaat:

1. Bidang Akademik:

- Menyediakan data empiris tentang pengaruh beban kerja terhadap kinerja motor bakar, khususnya temperatur gas buang dan efisiensi.
- Menjadi referensi praktikum laboratorium konversi energi untuk mahasiswa teknik mesin.

2. Bidang Teknik:

- Memberikan rekomendasi operasional beban optimal untuk motor bakar bensin 4-tak berdasarkan efisiensi dan emisi.
- Memvalidasi kinerja motor bakar dalam kondisi pembebanan terkontrol.

3. Bidang Lingkungan:

- Membuktikan kepatuhan emisi gas buang motor uji terhadap regulasi lingkungan, mendukung praktik pembakaran yang lebih bersih.