

**EVALUASI DAMPAK PENGGUNAAN GAS LPG SEBAGAI
BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA MESIN BENSIN
TERHADAP PERFORMA DAN PENGHEMATAN BAHAN
BAKAR**

SKRIPSI

OLEH

**IRVAN HENDRAWAN SURYA DINATA
188130089**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 12/5/26

Access From (repository.uma.ac.id)12/5/26

HALAMAN JUDUL

**EVALUASI DAMPAK PENGGUNAAN GAS LPG SEBAGAI
BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA MESIN BENSIN
TERHADAP PERFORMA DAN PENGHEMATAN BAHAN
BAKAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH

**IRVAN HENDRAWAN SURYA DINATA
188130089**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

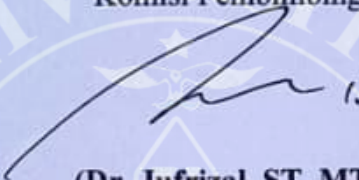
Document Accepted 12/5/26

Access From (repository.uma.ac.id)12/5/26

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : EVALUASI DAMPAK PENGGUNAAN GAS LPG
SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA
MESIN BENSIN TERHADAP PERFORMA DAN
PENGHEMATAN BAHAN BAKAR
Nama Mahasiswa : IRVAN HENDRAWAN SURYA DINATA
NIM : 188130089
Fakultas : TEKNIK MESIN

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Dr. Jufrizal, ST, MT)
Pembimbing I




(Dr. Eng. Supriatno, ST, MT)
Dekan Fakultas Teknik




(Dr. Nwandi, ST, MT)
Ket. Prodi Teknik Mesin

Tanggal Lulus: 11 Agustus 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Agustus 2025



Irvan Hendrawan Surya Dinata
Irvan Hendrawan Surya Dinata
NPM : 188130089

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irvan Hendrawan Surya Dinata
NPM : 188130089
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Evaluasi Dampak Penggunaan Gas Lpg Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Mesin Bensin Terhadap Performa Dan Penghematan Bahan Bakar”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis, pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan, Indonesia

Pada Tanggal : 11 Agustus 2025

Yang menyatakan


(Irvan Hendrawan Surya Dinata)
188130089

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggunaan bahan bakar gas LPG sebagai alternatif pengganti Pertalite pada mesin bensin pompa air 6,5 HP, dengan fokus pada aspek performa dan efisiensi bahan bakar. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi putaran mesin: minimum, rata-rata, dan maksimum. Hasil menunjukkan bahwa pada RPM maksimum, LPG mampu menghasilkan debit air sebesar 0,00941 m³/s, lebih tinggi dibandingkan Pertalite (0,00879 m³/s). Efisiensi termal LPG mencapai 0,58%, sedikit lebih unggul dibandingkan Pertalite yang sebesar 0,57% pada kondisi yang sama. Konsumsi bahan bakar spesifik LPG lebih rendah (3,92 mg/J) dibandingkan Pertalite (4,39 mg/J), dan biaya operasional LPG lebih hemat, yaitu Rp6.175/jam dibandingkan Pertalite Rp12.252/jam. Dengan hasil ini, LPG terbukti dapat menjadi alternatif ekonomis dan kompetitif dalam penggunaan mesin pompa air pertanian.

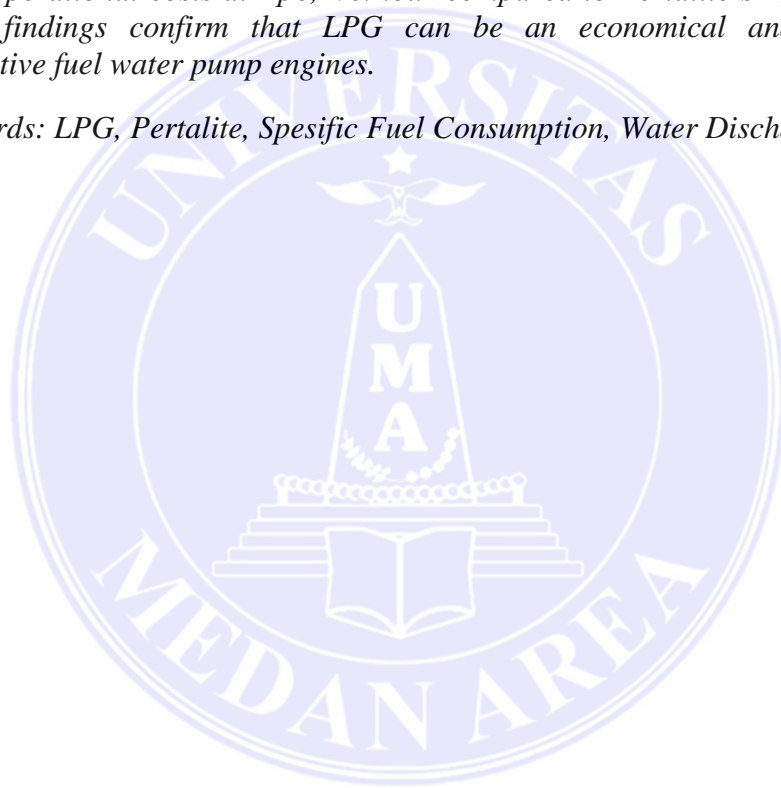
Kata Kunci: LPG, Pertalite, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, Debit Air



ABSTRACT

This study aims to evaluate the impact of using LPG gas fuel as an alternative to Pertalite in a 6.5 HP gasoline engine water pump, focusing on performance and fuel efficiency. Testing was conducted under three engine speed conditions: minimum, average, and maximum. Results showed that at maximum RPM, LPG produced a water discharge rate of 0.00941 m³/s, higher than Pertalite at 0.00879 m³/s. Thermal efficiency for LPG reached 0.58%, slightly surpassing Pertalite's 0.57% under the same condition. LPG also had a lower specific fuel consumption (3.92 mg/J) compared to Pertalite (4.39 mg/J), with lower operational costs at Rp6,175/hour compared to Pertalite's Rp12,252/hour. These findings confirm that LPG can be an economical and competitive alternative fuel water pump engines.

Keywords: LPG, Pertalite, Spesific Fuel Consumption, Water Discharger



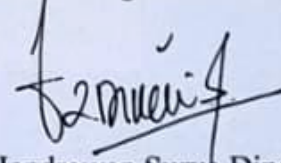
RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, pada tanggal 17 Oktober 1998, putra dari pasangan Almarhum Bapak Abdul Mukhlis dan Ibu Maryati Novrida. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara.

Penulis memulai pendidikan di SD SWASTA YAYASAN PENDIDIKAN ISLAM NUR FADHILAH MEDAN. Pada tahun 2004 dan tamat tahun 2010, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP NEGERI 38 MEDAN dan tamat pada tahun 2013, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA SWASTA YAYASAN PENDIDIKAN HARAPAN MEKAR 1 MEDAN dan selesai pada tahun 2016. Lalu ditahun 2018 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Medan Area Fakultas Teknik Mesin.

Sampai dengan skripsi ini penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin di Universitas Medan Area.

Medan, 11 Agustus 2025



Irvan Hendrawan Surya Dinata
NPM : 188130089

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala karunia yang telah diberikan sehingga penulis skripsi ini bisa diselesaikan. Tema yang dalam penelitian ini adalah motor bakar dengan judul **“Evaluasi Dampak Penggunaan Gas LPG sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Mesin Bensin terhadap Performa dan Penghematan Bahan Bakar”**.

Adapun tujuan proposal penelitian ini adalah salah satu syarat untuk mahasiswa dalam menyelesaikan studinya di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Penulis memahami bahwa tanpa dorongan, doa dan bimbingan dari semua pihak, akan sangat sulit untuk menyelesaikan proposal penelitian ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dorongan dan kontribusinya kepada:

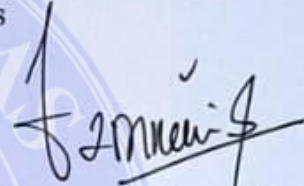
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc. Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Iswandi, S.T., M.T Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr. Jufrizal, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Teristimewa untuk Ayahanda Almarhum Abdul Mukhlis dan Ibunda Maryati Novrida sebagai orang tua saya yang selalu mendukung dan memberikan semangat saya hingga menjadi seorang Sarjana.
6. Kepada teman-teman seperjuangan Teknik Mesin 2018.
7. Semua pihak yang belum tertulis diatas, yang telah banyak membantu.

Atas bantuan dan bimbingan, dukungan dan fasilitas yang telah diberikan kepada penulis. Penulis berharap semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini jauh masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 11 Agustus 2025

Penulis



Irvan Hendrawan Surya Dinata

NIM : 188130089



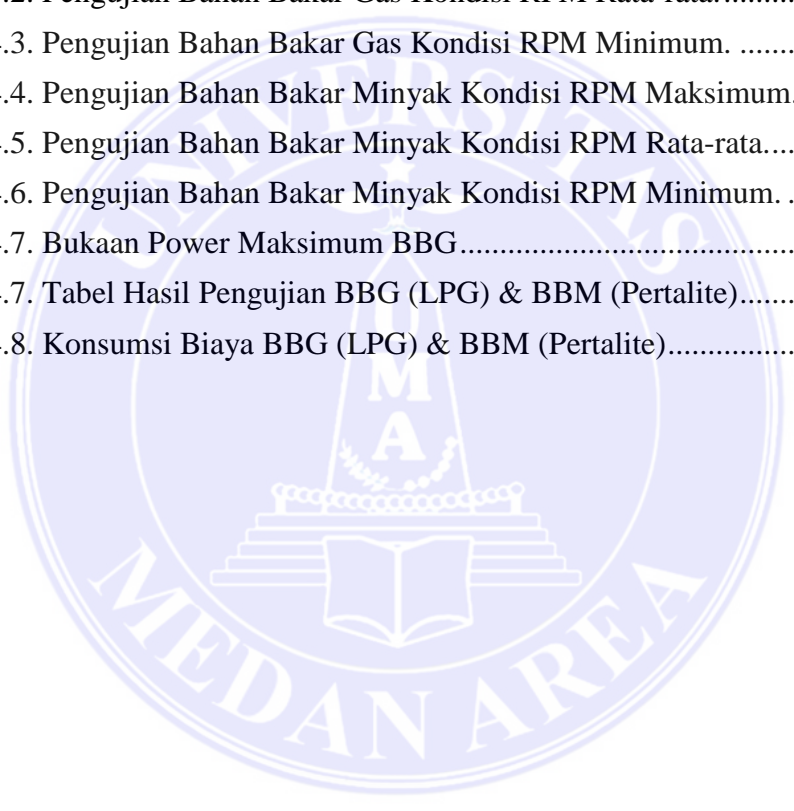
DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Hipotesis Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Bahan Bakar LPG	5
2.1.1. Pembakaran Bahan Bakar	5
2.1.2. Keunggulan Bahan Bakar Gas dan Bensin	7
2.1.3. Komposisi dan Sifat Kimia LPG	8
2.2. Motor Bakar	9
2.2.1. Motor Bensin 4 Langkah.....	10
2.2.2. Karburator	10
2.2.3. Konverter Kit Bahan Bakar Gas	12
2.3. Pompa.....	13
2.3.1. Klasifikasi Pompa Berdasar Cara Memindahkan Fluidanya	14
2.4. Langkah Pemasangan Konverter.....	14
2.5. Parameter Kinerja Mesin Bensin Pompa Air.....	16
2.5.1. Putaran Mesin	17
2.5.2. Debit Air.....	18
2.5.3. Daya Hidrolik Pompa.....	18

2.5.4. Total Head Pompa.....	19
2.5.5. Daya Input Bahan Bakar	21
2.5.6. Efisiensi Thermal	21
2.5.7. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (<i>Barel Specific Fuel Consumption</i>)	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1. Tempat dan Waktu	24
3.1.1. Tempat.....	24
3.1.2. Waktu	24
3.2. Alat dan Bahan.....	25
3.2.1. Alat.....	25
3.2.2. Bahan.....	29
3.3. Skema Pengujian.....	30
3.4. Langkah - langkah Pengujian.....	30
3.5. Diagram Alir Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Hasil	33
4.1.1. Data Hasil Pengujian Bahan Bakar Gas (BBG).....	34
4.1.2. Data Hasil Pengujian Bahan Bakar Minyak (BBM)	36
4.1.3. Perhitungan Performa Mesin.....	40
4.1.3. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	43
4.2. Pembahasan.....	48
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1. Simpulan	50
5.2. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN A DATA LENGKAP HASIL PENGUJIAN	56
LAMPIRAN B DOKUMENTASI PENGUJIAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik LPG	8
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian	24
Tabel 3.2. Spesifikasi Mesin	26
Tabel 3.2. Variable Yang Diamati Pada Penelitian.....	31
Tabel 4.1. Pengujian Bahan Bakar Gas Kondisi RPM Maksimum.	34
Tabel 4.2. Pengujian Bahan Bakar Gas Kondisi RPM Rata-rata.	35
Tabel 4.3. Pengujian Bahan Bakar Gas Kondisi RPM Minimum.	36
Tabel 4.4. Pengujian Bahan Bakar Minyak Kondisi RPM Maksimum.	37
Tabel 4.5. Pengujian Bahan Bakar Minyak Kondisi RPM Rata-rata.....	38
Tabel 4.6. Pengujian Bahan Bakar Minyak Kondisi RPM Minimum.	39
Tabel 4.7. Bukaan Power Maksimum BBG.....	40
Tabel 4.7. Tabel Hasil Pengujian BBG (LPG) & BBM (Pertalite).....	44
Tabel 4.8. Konsumsi Biaya BBG (LPG) & BBM (Pertalite).....	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Cara Kerja Motor 4 Langkah.	10
Gambar 2.2. Mekanisme Aliran Udara Masuk Bercampur Dengan Bahan Bakar 11	
Gambar 2.3. Potongan Desain Converter Kit BBG	12
Gambar 3.1. Konverter Kit LPG	25
Gambar 3.2. Mesin Bensin Pompa Air	25
Gambar 3.3. <i>Stopwatch</i>	26
Gambar 3.4. Regulator Gas LPG	27
Gambar 3.4. <i>Tachometer</i>	27
Gambar 3.5. Gelas Ukur BBM.....	28
Gambar 3.6. <i>Thermometer Infrared</i>	28
Gambar 3.7. Timbangan.....	29
Gambar 3.8. Wadah Mengukur Debit Air.....	29
Gambar 3.5. Gas LPG	30
Gambar 3.6. Skematik Pengujian Konverter Kit	30
Gambar 4.1. Grafik Debit Air	45
Gambar 4.2. Grafik Total Head Pompa	46
Gambar 4.3. Grafik Efisiensi Termal	47
Gambar 4.4. Grafik <i>Brake Spesific Full Consumption</i>	47

DAFTAR NOTASI

Q	=	Debit air (L/detik).
V	=	Volume air yang ditampung dalam satuan liter.
t	=	Waktu pengisian volume tersebut dalam detik.
P_h	=	Daya Hidrolik Out Pompa
P_{air}	=	Massa Jenis Air (1000 kg/m^3)
g	=	Percepatan Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
Q	=	Debit Air (m^3/s)
H_{total}	=	Total Head Pompa (m)
$(Z_{buang} - Z_{hisap})$	=	Perbedaan ketinggian saluran hisap dan saluran buang (0,15m)
$Z_{kerugian}$	=	Total kerugian head dalam sistem pemipaan ($H_{mayor} + H_{minor}$)
Q	=	Output air rata-rata (m^3/s)
A	=	Luas penampang pipa (m^2)
f	=	Faktor gesek Darcy-Weisbach (0,02)
$L_{ekivalen}$	=	Panjang pipa ekivalen
D	=	Diameter dalam pipa (m)
K_{elbow}	=	Koefisien kerugian minor elbow 90° (0,9)
$\eta_{thermal}$	=	Rasio antara daya hidrolik output pompa dengan daya input bahan bakar.
P_h	=	Daya yang diberikan air oleh pompa.
P_{input}	=	Energi yang terkandung dalam bahan bakar yang terbakar.
$\eta_{thermal}$	=	Rasio antara daya hidrolik output pompa dengan daya input bahan bakar.
BSFC	=	<i>Brake Specific Fuel Consumption</i>
M_b	=	Massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg) selama t (detik)
$p_{hidrolik}$	=	Daya hidrolik yang diberikan air oleh pompa
T	=	Waktu yang dibutuhkan oleh motor untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak M_b , kg (detik)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan komoditi utama bagi masyarakat yang memiliki mesin bensin untuk menjalankan usaha di bidang pertanian. BBM bersubsidi saat ini menjadi permasalahan yang membebani biaya operasional pertanian terlebih bagi petani yang menggunakan mesin pompa air dengan kapasitas 6.5 HP hal ini disebabkan karena sebagian besar biaya operasional yang harus dikeluarkan adalah untuk membeli bahan bakar. Dampak dari bergantungnya petani terhadap BBM diikuti pula dengan meningkatnya harga BBM. Akibatnya, terjadi inefisiensi biaya operasional dalam petani yang menggunakan mesin pompa air dan diwaktu yang bersamaan pula, tekanan pada petani untuk tidak menaikkan harga hasil tani akan semakin membebani biaya operasional pertanian (Puppung, 1986).

Liquified Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, berasal dari minyak bumi yang dicairkan dan merupakan salah satu bahan bakar yang berpotensi untuk menggantikan atau mengurangi penggunaan BBM sebagai bahan bakar motor pompa air seperti yang telah dinyatakan beberapa studi tentang bahan bakar gas bahwa LPG dapat digunakan pada motor kendaraan darat seperti mobil, sepeda motor dan mesin pompa air yang telah menggunakan motor bakar bensin atau diesel dikarenakan dengan energi LPG yang setara BBM yang memiliki angka oktan setara 120 (Mahesh

Babu Talupa, Rao, Kumar, & Praven, 2017).

Penelitian mengenai aplikasi LPG untuk motor pompa air diperlukan untuk mendukung implementasi Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006. Lingkup penelitian meliputi analisa dari segi teknis dan biaya. Analisa dari segi teknis dilakukan dengan membandingkan kinerja LPG dan BBM jenis pertalite pada motor yang digunakan. Perbandingan tersebut meliputi: suhu motor, suhu gas buang dan konsumsi bahan bakar. Analisa dari segi biaya meliputi perbandingan konsumsi biaya operasional dan belanja *converter kit*. Hal ini diperlukan sebagai bahan pertimbangan bagi para petani untuk menggunakan LPG sebagai bahan bakar alternatif.

Salah satu kelebihan yang dapat diandalkan penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif untuk motor bakar adalah bilangan oktan yang lebih tinggi dibandingkan bensin. Bilangan oktan merupakan parameter dari kualitas bahan bakar bensin, yang menunjukkan daya tahan bahan bakar terhadap *autoignition* (Borman & Ragland, 1998)

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan secara teknis antara penggunaan LPG dengan bensin pertalite pada motor bensin 6,5 HP, menghitung penghematan (efisiensi) yang dapat dicapai dari penggunaan LPG dibandingkan bensin pertalite dalam satu kali proses bertani dan mengungkapkan keuntungan dari penggunaan LPG secara biaya dibandingkan dengan bensin pertalite untuk kegiatan operasional pertanian (Baruno, Kinerja LPG pada Motor Bakar 6,5 HP sebagai Bahan Bakar Alternatif Perahu Penangkap Ikan, 2014)

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan LPG terhadap performa mesin pompa air jika dibandingkan dengan bahan bakar Pertalite?
2. Apakah penggunaan gas LPG dapat menghasilkan penghematan bahan bakar yang signifikan?
3. Bagaimana estimasi biaya konversi dan operasional menggunakan gas LPG dibandingkan dengan bensin?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis performa mesin pompa air berbahan bakar LPG dibandingkan dengan bahan bakar Pertalite.
2. Mengukur efisiensi penggunaan bahan bakar LPG berdasarkan debit air yang dihasilkan dan konsumsi bahan bakar.
3. Membandingkan total biaya operasional penggunaan LPG dan Pertalite dalam berbagai kondisi beban kerja mesin.

1.4. Hipotesis Penelitian

1. Penggunaan gas LPG pada Mesin bensin sebagai bahan bakar alternatif diharapkan akan menghasilkan penghematan bahan bakar yang signifikan dibandingkan dengan bensin konvensional.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan alternatif bahan bakar ekonomis untuk petani dan pelaku industri kecil berbasis mesin pompa air
2. Menjadi referensi teknis untuk peralihan dari bahan bakar minyak ke gas dalam rangka efisiensi energi dan pengurangan emisi.
3. Memberikan gambaran perbandingan biaya dan efisiensi mesin antara LPG dan Peralite untuk pemilihan bahan bakar yang lebih tepat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bahan Bakar LPG

Gas LPG (*Liquified Petroleum Gas*) adalah salah satu bahan bakar yang layak digunakan sebagai bahan bakar energi. LPG adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Komponen utama LPG terdiri dari hidrokarbon ringan berupa Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}), serta sejumlah kecil Etana (C_2H_6) dan Pentana (C_5H_{12}). (Arjianto & Usman, 2015).

Pengujian dengan menggunakan motor diesel dengan menggunakan elpiji dari berbagai Negara dengan komposisi yang berbeda. Variasi komposisi mempengaruhi emisi yang dihasilkan, tingginya kandungan butan dapat menurunkan *nitric oxides* (NO_x) dan tingginya propane dapat menurunkan *carbon monoxide* (CO), serta terjadinya perubahan temperatur gas buang dan efisiensi pembakaran (Asnawi & Setiawan, 2017)

2.1.1. Pembakaran Bahan Bakar

Pembakaran dapat diartikan sebagai reaksi kimia yang berlangsung cepat antara oksigen dan elemen-elemen mudah terbakar yang terdapat dalam bahan bakar, di bawah kondisi suhu dan tekanan tertentu (Yeliana & Wibawa, 2004). Pada mesin bensin, proses pembakaran dimulai dengan percikan api listrik yang dihasilkan oleh busi. Percikan ini terjadi beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA), setelah piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) dan mengompresi campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar.

Unsur utama yang terdapat dalam bahan bakar umumnya adalah karbon, hidrogen, dan dalam jumlah kecil, sulfur (belerang). Ketika pembakaran terjadi, energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas. Sebagai hasil dari proses ini, terbentuk gas sisa pembakaran yang dikenal sebagai gas buang. Gas buang ini terdiri dari beberapa komponen seperti karbon dioksida (CO_2), nitrogen dioksida (NO_2), uap air (H_2O), sulfur dioksida (SO_2), dan karbon monoksida (CO).

1. Pembakaran Sempurna

Pembakaran sempurna merupakan proses di mana seluruh unsur yang dapat terbakar dalam bahan bakar bereaksi secara maksimal, menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O), tanpa menyisakan sisa bahan bakar yang tidak terbakar. Dalam mesin bensin, proses ini dimulai ketika busi memercikkan bunga api listrik. Percikan ini memicu pembakaran pada campuran udara dan bahan bakar di sekitarnya, lalu api menyebar ke seluruh bagian ruang bakar hingga seluruh campuran tersebut terbakar habis secara merata.

2. Pembakaran Tidak Sempurna

Pembakaran yang tidak berlangsung secara sempurna dapat memicu terjadinya gejala yang dikenal sebagai detonasi. Detonasi ini muncul karena proses pembakaran tidak terjadi secara serempak, bahkan sebelum langkah kompresi mesin selesai artinya busi belum sempat memercikkan bunga api, namun sudah terjadi pembakaran spontan. Gejala ini ditandai dengan terjadinya pengapian mendadak di bagian akhir campuran udara dan bahan bakar. Saat sebagian campuran sudah terbakar, tekanan yang dihasilkan mendorong sisa campuran yang belum terbakar, menyebabkan peningkatan suhu. Jika suhu ini

melebihi ambang titik nyala otomatis, maka campuran yang belum terbakar itu akan terbakar sendiri secara tiba-tiba.

2.1.2. Keunggulan Bahan Bakar Gas dan Bensin

1. Bahan Bakar Gas

Salah satu jenis bahan bakar alternatif yang memungkinkan untuk menggantikan bahan bakar minyak terutama yang akan digunakan untuk kendaraan bermotor adalah bahan bakar gas.

- a. Menghemat penggunaan bahan bakar pada motor bakar.
- b. Meningkatkan tenaga motor bakar.
- c. Dapat merawat mesin menjadi lebih awet dan halus.
- d. Mengurangi polusi dari mesin motor bakar.
- e. Tingkat polusi udara lebih rendah.
- f. Tidak merubah mesin kendaraan karena gas hanya disalurkan ke box filter udara dan atau ke intake manifold.

2. Bahan Bakar Bensin

Keunggulan mesin berbahan bakar bensin adalah:

- a. Spesifikasi teknis mesin mudah dipahami. Mesin dan bagian komponen mesin yang rusak dapat diketahui gejalanya. Dari segi perawatan berkala pun jauh lebih mudah dan murah.
- b. Suara mesin lebih halus.
- c. Mesin lebih responsif untuk berakselerasi.
- d. Pilihan mobil berbahan bakar bensin relatif banyak.

2.1.3. Komposisi dan Sifat Kimia LPG

LPG merupakan gas tidak berwarna yang berasal dari dari minyak bumi. Bahan bakar LPG dari motor terdiri dari campuran propan dan butan. Pada tekanan atmosfer LPG merupakan gas. Dalam kendaraan bermotor bahan bakar ini digunakan dalam bentuk cair. LPG memiliki nilai oktan 112, memungkinkan untuk diterapkan pada mesin dengan perbandingan kompresi yang lebih tinggi sehingga memberikan efisiensi thermal yang lebih tinggi. Biaya operasional mesin LPG lebih rendah dan memiliki karakteristik ramah lingkungan. LPG mengandung lebih rendah CO dari pada bensin atau pada mesin diesel lebih sedikit mengeluarkan gas CO₂ yang penyebab utama pemanasan global selama pembakaran. LPG meningkatkan daya tahan mesin dan meningkatkan umur komponen sistem pembuangan (Tasic, Pogorevc, & Brajlilh, 2011). Karakteristik dari LPG dan bahan bakar lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Karakteristik LPG

NO	Karakteristik	Premium	LPG	CNG
1	Komposisi	C ₈ H ₁₈	C ₃ H ₈	CH ₄
2	Densitas	752 kg/m ³	1.5 kg/m ³	0.6 kg/m ³
3	Berat Molekul	114.8 kg/mol	44.9 kg/mol	17.51 kg/mol
4	Nilai Kalor	45950 kJ/mol	46360 kJ/mol	47478 kJ/mol
5	AFR Stoikiometri	14.57	15.6	16.15
6	Temperatur penyalaan min	360°C	460°C	521.4°C
7	Kecepatan nyala	20-40 m/s	0.82 m/s	0.66 m/s
8	Angka oktan	88	110	130

LPG (*Liquified Petroleum Gas*) adalah campuran dari berbagai hidrokarbon ringan yang terdiri dari :

1. Propana (C₃H₈): Merupakan komponen utama LPG, memiliki sifat mudah terbakar dengan nilai kalor tinggi.
2. Butana (C₄H₁₀): Berfungsi sebagai komponen tambahan yang juga memiliki nilai kalor tinggi.
3. Senyawa Lain: LPG juga dapat mengandung sedikit propilena (C₃H₆), butilena (C₄H₈), dan senyawa hidrokarbon lainnya dalam jumlah kecil.

Komposisi LPG dapat bervariasi tergantung pada sumbernya dan kebutuhan pasar. Umumnya, perbandingan propana dan butana dalam LPG diatur berdasarkan kondisi iklim dan suhu lingkungan. Misalnya, proporsi propana lebih tinggi di daerah beriklim dingin karena titik didihnya yang lebih rendah dibandingkan butana (Hashem, Al-Dawody, & Sarris, 2023).

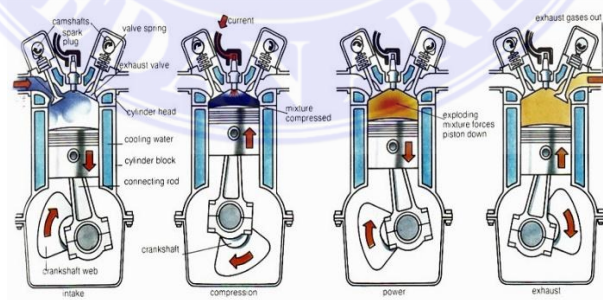
2.2. Motor Bakar

Motor bakar adalah jenis mesin penggerak yang memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin pembakaran luar adalah mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah. Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar

keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan-bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan banan bakar murah (Basyirun, Winarno, & Karnowo, 2008).

2.2.1. Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakarnya memerlukan 4 langkah piston atau dua kali putaran poros engkol. Secara kasar atau garis besarnya, cara kerja motor bensin 4 tak adalah pertama-tama gas yang merupakan campuran bahan bakar dengan udara yang dihasilkan dari karburator dihisap masuk ke dalam silinder kemudian dimampatkan dan dibakar atau kompresi. Karena panas, gas tersebut mengembang dan karena ruang terbatas maka tekanan didalam silinder atau ruang bakar naik dan tekanan ini mendorong piston diteruskan ke poros engkol akan berputar atau langkah usaha dan akhirnya dibuang (Wiryawan, G, & K, 2014)

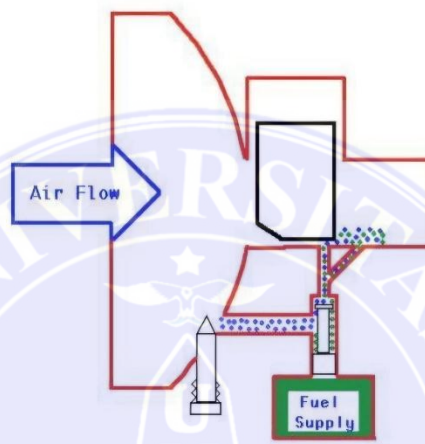


Gambar 2.1. Cara Kerja Motor 4 Langkah.

2.2.2. Karburator

Pada dasarnya karburator bekerja menggunakan Prinsip Bernoulli,

semakin cepat udara bergerak maka semakin kecil tekanan statis-nya namun makin tinggi tekanan dinamis-nya. Tarikan *handle* gas pada sepeda motor atau pedal gas pada mobil hanya berfungsi untuk mengatur bukaan *throttle*. Besar-kecilnya bukaan *throttle* inilah yang mengendalikan jumlah aliran udara yang bisa masuk ke ruang bakar melewati karburator.



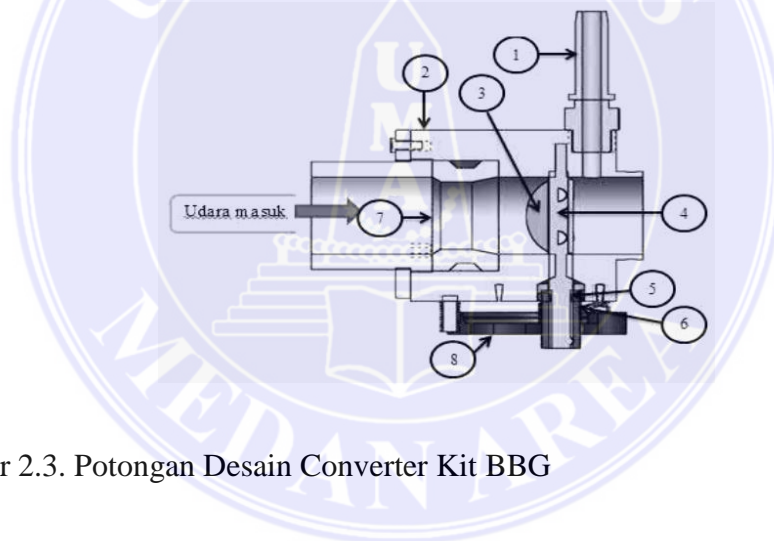
Gambar 2.2. Mekanisme Aliran Udara Masuk Bercampur Dengan Bahan Bakar

Aliran udara yang melewati karburator ini membuat tekanan statis menurun, sehingga bahan bakar bisa naik dari mangkuk karburator dan bercampur dengan udara hingga akhirnya masuk ke dalam ruang bakar. Sebelum masuk ke ruang bakar, campuran udara dengan bahan bakar melewati *intake manifold* yang berfungsi untuk menyalurkan kabut (udara + bahan bakar) agar bisa sampai di ruang bakar. Di ruang bakar inilah akhirnya energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar dikonvesikan menjadi energi gerak piston (Kambrany, A, & N, 2014).

2.2.3. Konverter Kit Bahan Bakar Gas

Konverter kit adalah rangkaian komponen yang memungkinkan mesin bensin beroperasi menggunakan bahan bakar gas seperti LPG (*Liquified Petroleum Gas*) atau CNG (*Compressed Natural Gas*). Konverter kit dirancang untuk menggantikan atau melengkapi sistem bahan bakar bensin, sehingga mesin dapat berfungsi dengan bahan bakar alternatif yang lebih bersih dan lebih murah.

Konverter kit memiliki beberapa komponen utama yang bekerja untuk memastikan pengoperasian mesin yang efisien dan aman dengan bahan bakar gas. Berikut gambar dan penjelasan tentang komponen-komponen tersebut:



Gambar 2.3. Potongan Desain Converter Kit BBG

Berikut keterangan bagian-bagian pada gambar diatas ialah:

1. Neple berfungsi sebagai penyalur gas LPG yang masuk ke mixer BBG, diameter lubang dalam neple 5 mm.
2. Bodi dari converter kit/mixer BBG.
3. *Throttle valve* sebagai pengatur masuknya udara yang akan bercampur dengan gas LPG sebelum masuk ke ruang bakar.

4. Poros *Throttle valve* berfungsi sebagai tempat dudukan *Throttle valve* dan mengatur gerakanya *Throttle valve* sesuai pada tarikan kabel gas.
5. Karet seal sebagai pencegah kebocoran gas pada *mixer*.
6. Pegas sebagai pengembali tuas gas.
7. Lubang venturi tempat masuknya udara bebas, diameter venturi 28 mm.
8. Tuas gas sebagai pengatur membuka dan menutupnya *throttle valve*.

2.3. Pompa

Pompa adalah mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara memberikan energi mekanik pada pompa yang kemudian diubah menjadi energi gerak fluida. Beberapa hal penting pada karakteristik pompa adalah:

1. *Head* (H)

Head adalah energi angkat atau dapat digunakan sebagai perbandingan antara suatu energi pompa per satuan berat fluida. Pengukuran dilakukan dengan mengukur beda tekanan antara pipa isap dengan pipa tekan, satuannya adalah meter.

2. Kapasitas (Q)

Kapasitas adalah jumlah fluida yang dialirkan persatuan waktu (m^3/s).

3. Putaran (n)

Putaran adalah dinyatakan dalam rpm dan diukur dengan tachometer.

4. Daya (P)

Daya dibedakan atas 2 macam, yaitu daya dengan poros yang diberikan motor listrik dan daya air yang dihasilkan pompa.

5. Momen Puntir (T)

Momen puntir diukur dengan memakai motor listrik arus searah, dilengkapi dengan pengukur momen.

6. Efisiensi (η)

Efisiensi pompa adalah perbandingan antara daya air yang dihasilkan pompa dengan daya poros dari motor listrik.

2.3.1. Klasifikasi Pompa Berdasar Cara Memindahkan Fluidanya

Menurut cara memindahkan fluidanya (Pudjanarsa & Nursuhud, 2013), pompa dapat dibedakan atas:

1. *Positive Displacement Pump (Displacement Pump)*

Displacement Pump adalah pompa dengan volume ruangan yang berubah secara periodik dari besar ke kecil atau sebaliknya. Pada waktu pompa bekerja, energi yang dimasukkan ke fluida adalah energi potensial sehingga fluidanya berpindah dari volume per volume.

2. *Non-Positive Displacement Pump (Dynamic Pump)*

Pada pompa jenis *dynamic*, volume ruangnya tidak berubah. Waktu pompa bekerja, energi yang dimasukkan ke dalam fluida adalah energi kinetik sehingga perpindahan fluida terjadi akibat adanya perubahan kecepatan.

2.4. Langkah Pemasangan Konverter

1. Mengganti selang saluran gas LPG

Lepaskan saluran selang bahan bakar bensin, lalu ganti dengan selang gas LPG yang berukuran kecil. Alternatif lain, bisa juga dilakukan dengan melepas

tutup bagian bawah karburator dan menyimpannya bersama pelampung. Namun, metode kedua ini kurang efisien karena jika ingin kembali menggunakan bensin sebagai bahan bakar, pelampung harus dipasang kembali.

Yang penting pastikan karburator sudah kosong/tidak berisi bensin, jika menggunakan cara langsung menyambungkan selang ke karburator yg tidak dilepas pelampungnya.

2. Pemasangan regulator bertekanan tinggi

Pasanglah regulator tekanan tinggi (high pressure regulator) pada salah satu ujung selang, yang berfungsi untuk mengatur dan menstabilkan aliran gas dari tabung LPG. Regulator ini kemudian disambungkan ke tabung elpiji guna memastikan suplai gas yang aman dan sesuai tekanan yang dibutuhkan oleh sistem. Pastikan semua sambungan terpasang dengan kuat dan tidak ada kebocoran sebelum digunakan.

3. Pemasangan Konverter Kit

Secara bersamaan, sambungkan ujung selang yang satunya lagi ke saluran masuk bahan bakar yang terhubung ke karburator, khususnya bagi karburator yang pelampungnya tidak dilepas. Namun, jika pelampung telah dilepas, sambungan selang dapat diarahkan langsung ke ruang pembakaran mesin. Umumnya, titik sambungan ini terletak di bagian atas karburator, dan perlu dipastikan bahwa koneksi tersebut terpasang rapat untuk menghindari kebocoran serta menjamin aliran gas berjalan lancar.

Setelah seluruh komponen terpasang dan tersambung dengan baik, mesin siap untuk dijalankan. Sebagai catatan penting saat proses pengoperasian, buka

tuas gas sedikit saja — jangan langsung penuh — dan atur keran pada regulator gas secara perlahan. Apabila mesin tidak langsung menyala setelah satu atau dua kali distarter, tingkatkan bukaan regulator secara bertahap, karena kemungkinan suplai bahan bakar gas masih belum mencukupi. Perhatikan suara dan getaran mesin sesaat setelah menyala. Jika suplai gas terlalu sedikit, mesin bisa mati kembali. Sebaliknya, jika suplai gas berlebihan, biasanya akan terdengar suara mesin yang tidak stabil dan getaran yang kasar. Dalam kondisi seperti ini, sesuaikan bukaan regulator hingga suara mesin terdengar halus dan getarannya terasa stabil.

2.5. Karakteristik Pada Performa Pompa Sentrifugal

Karakteristik pada pompa mengacu pada performa pompa saat beroperasi berdasarkan tiga karakteristik penting yaitu tekanan atau head, kerugian gesekan, dan aliran sepanjang sistem pemompaan. Performa mesin bensin pompa air adalah ukuran kemampuan mesin dalam mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik yang digunakan untuk memompa air secara efisien. Parameter performa ini meliputi kecepatan putaran mesin (RPM), debit air (m^3/s), daya hidrolis, efisiensi termal, dan konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC). Performa yang baik ditunjukkan oleh debit air yang tinggi, efisiensi termal yang besar, dan konsumsi bahan bakar yang rendah untuk setiap satuan energi keluaran (Septiani, Rozi, & Kiono, 2023).

Uji performa dilakukan pada tiga kondisi operasional mesin yang berbeda, yaitu saat mesin berada pada putaran maksimum, rata-rata, dan minimum. Setiap pengujian dicatat secara berkala pada interval waktu tertentu (setiap 5 menit)

selama durasi pengujian total selama 35 menit. Pengamatan dan pencatatan dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan data yang diperoleh akurat dan dapat digunakan dalam analisis lanjutan, terutama untuk menghitung efisiensi dan konsumsi bahan bakar.

2.5.1. Putaran Mesin

Putaran mesin merupakan parameter dasar yang mencerminkan seberapa cepat mesin beroperasi. RPM mengindikasikan jumlah putaran poros mesin dalam satu menit. Semakin tinggi nilai RPM, semakin besar pula tenaga yang dihasilkan oleh mesin, dan biasanya semakin tinggi pula konsumsi bahan bakarnya.

Dalam pengujian ini, putaran mesin diamati dan dicatat dalam tiga kondisi, yaitu.

1. RPM Maksimum, yaitu saat mesin bekerja pada kecepatan tertingginya.
2. RPM Rata-rata, yaitu kondisi kerja mesin yang paling umum atau stabil, mencerminkan beban kerja harian.
3. RPM Minimum, yaitu kondisi mesin saat bekerja dengan beban yang sangat ringan, atau saat sedang idle.

Pada RPM diperoleh menggunakan alat tachometer yang mampu mendeteksi putaran mesin secara *real time*. Parameter ini penting untuk mengetahui apakah mesin dapat mempertahankan kestabilan kerja dengan bahan bakar yang digunakan serta sebagai dasar dalam menentukan kondisi pengujian lainnya.

2.5.2. Debit Air

Debit air adalah parameter yang menunjukkan seberapa banyak air yang berhasil dipompa oleh mesin dalam satuan waktu. Dalam konteks mesin pompa air, debit merupakan output nyata dari sistem yang menjadi ukuran utama performa mesin. Semakin besar debit air, maka semakin besar pula kerja mekanis yang dihasilkan mesin.

Untuk mendapatkan nilai debit (Soewarno, 1912), digunakan rumus:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

Q = Debit air (L/detik).

V = Volume air yang ditampung dalam satuan liter.

t = Waktu pengisian volume tersebut dalam detik.

Volume air biasanya diukur menggunakan wadah standar seperti ember atau tabung ukur berkapasitas 20 liter, sedangkan waktu diukur dengan stopwatch. Pengukuran debit air dilakukan pada setiap interval 5 menit untuk mendapatkan variasi output mesin pada masing-masing kondisi RPM. Nilai debit air inilah yang nantinya digunakan sebagai dasar untuk menghitung efisiensi bahan bakar mesin.

2.5.3. Daya Hidrolik Pompa

Daya hidrolik merupakan daya yang secara teoritis diberikan air oleh pompa, dihitung berdasarkan energi potensial dan laju aliran (Cengel & Cimbala,

2014). Berikut dibawah ini daya hidrolik out pompa yang diberikan air oleh pompa dapat dihitung dengan rumus:

$$P_h = P_{air} \times g \times Q \times H_{total} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

P_h = Daya Hidrolik Out Pompa

P_{air} = Massa Jenis Air (1000 kg/m³)

g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/s²)

Q = Debit Air (m³/s)

H_{total} = Total Head Pompa (m)

2.5.4. Total Head Pompa

Total head adalah jumlah dari perbedaan ketinggian, head tekanan, dan kerugian head. Karena pompa mengalirkan air dari sumber ke saluran buang, kita akan menghitung head total yang diatasi oleh pompa. (Munsong, Young, & Okhisii, 2009).

$$H_{total} = (Z_{buang} - Z_{hisap}) + Z_{kerugian} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$(Z_{buang} - Z_{hisap})$ = Perbedaan ketinggian saluran hisap dan saluran buang (0,15m)

$Z_{kerugian}$ = Total kerugian head dalam sistem pemipaan ($H_{mayor}+H_{minor}$)

Untuk mengukur kecepatan aliran:

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- Q = Output air rata-rata (m³/s)
- A = Luas penampang pipa (m²)

Kerugian head mayor (H_{mayor}), kerugian akibat gesekan sepanjang pipa mengasumsikan aliran turbulen penuh dan menggunakan Darcy-Weisbach (f) nilai f yang representatif untuk pipa halus. Untuk pipa PVC dan aliran air, f dapat diasumsikan sekitar 0,02 (White, 2011).

$$H_{\text{mayor}} = f \times \frac{L_{\text{ekivalen}}}{D} \times \frac{v^2}{2.g} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

- f = Faktor gesek Darcy-Weisbach (0,02)
- L_{ekivalen} = Panjang pipa ekivalen
- D = Diameter dalam pipa (m)
- V = Kecepatan aliran (m/s)

Kerugian Head minor, kerugian akibat sambungan, belokan, dll.

$$H_{\text{minor}} = K_{\text{elbow}} \times \frac{v^2}{2.g} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

- K_{elbow} = Koefisien kerugian minor elbow 90° (0,9)
- Jumlah elbow = 2 (satu di hisap, satu di buang)

2.5.5. Daya Input Bahan Bakar

Daya input bahan bakar adalah energi yang terkandung dalam bahan bakar yang terbakar (Pulkrabek, 2015).

Berikut dibawah ini daya input bahan bakar dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{input} = \frac{\text{Konsumsi Bahan Bakar} \times \text{LHV bahan bakar}}{\text{Waktu pengujian}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Konsumsi bahan bakar = Konsumsi bahan bakar selama pengujian (kg)

LHV bahan bakar = Nilai kalor bakar bawah (LHV) (MJ/kg dikonversi ke J/kg)

2.5.6. Efisiensi Thermal

Efisiensi termal mesin adalah ukuran kemampuan mesin dalam mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanik atau daya hidrolis yang bermanfaat. Efisiensi ini dihitung dengan membandingkan daya output yang dihasilkan pompa (dalam bentuk daya hidrolis) dengan daya input yang berasal dari pembakaran bahan bakar (Heywood, 1988). Berikut dibawah ini rumus efisiensi thermal untuk mengukur rasio antara daya hidrolis output pompa dengan daya input bahan bakar sebagai berikut:

$$\eta_{thermal} = \frac{P_h}{P_{input}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

$\eta_{thermal}$ = Rasio antara daya hidrolik output pompa dengan daya input bahan bakar.

P_h = Daya yang diberikan air oleh pompa.

P_{input} = Energi yang terkandung dalam bahan bakar yang terbakar.

2.5.7. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Barel Specific Fuel Consumption*)

BSFC mengukur berapa banyak bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan daya. Karena daya mesin belum diketahui secara langsung, kita bisa menghitung BSFC berdasarkan output air (diasumsikan output air berbanding lurus dengan daya mesin untuk perbandingan). Atau, lebih relevan, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (BSFC) jika kita tahu daya poros mesin.

Menurut (Mulyaningsih & Marjito, 2006), *Barel Specific Fuel Consumption* (BSFC) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BSFC = \frac{M_b (kg)}{P_{hidrolik}(watt) \times t (detik)} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

BSFC = *Brake Specific Fuel Consumption*

M_b = Massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg) selama t (detik)

$p_{hidrolik}$ = Daya hidrolik yang diberikan air oleh pompa

T = Waktu yang dibutuhkan oleh motor untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak M_b , kg (detik)

Untuk perbandingan penghematan biaya operasional (Rumus Perbandingan Steel and Torrie), konsumsi bahan bakar secara ekonomi dalam

penelitian ini adalah untuk perkalian antara berat bahan bakar (kg) yang dikonsumsi dengan harga bahan bakar tiap kg (Rp/kg) yang kemudian dibagi dengan lama waktu konsumsi (t) (Baruno, Iskandar, Imron, & Mawardi, 2014), dengan rumus sebagai berikut:

$$SFC_{Ekonomi} = \frac{mbb \times \text{harga (BBM atau BGG)}}{t} \text{ (Rp/jam) } \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- $SFC_{Ekonomi}$ = Konsumsi bahan bakar secara ekonomi (Rp/menit)
- mbb = Berat bahan bakar yang dikonsumsi (kg)
- harga BB = - Harga BB Peralite (Rp10.000/liter / (770 kg/m³) = Rp 12.987/kg (berdasarkan permen ESDM Nomor 218.K/MG.01/MEM.M/2022)
- Harga LPG (berdasarkan Nomor: 064.Pers/KM.01.03/SJI/2025, HET: Rp 6.000/kg per-tabung 3 kg)
- t = Waktu pengujian yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar (jam)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Medan Area, Jalan Kolam No. 1 Medan Estate / Jalan Gedung PBSI, Medan 20223.

3.1.2. Waktu

Penelitian dilakukan selama 6 bulan dengan jadwal kegiatan penelitian dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

Aktivitas	2024-2025																							
	Bulan Ke-I				Bulan Ke-II				Bulan Ke-III				Bulan Ke-IV				Bulan Ke-V				Bulan Ke-VI			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■	■																						
Penulisan Proposal			■	■																				
Seminar Proposal							■	■																
Proses Penelitian									■	■	■	■												
Pengelolaan & penyelesaian data laporan													■	■	■	■								
Seminar Hasil																							■	■
Evaluasi dan persiapan sidang																								■
Sidang sarjana																								■

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

a) Konverter Kit LPG

Mengonversi mesin bensin menjadi dual-fuel sehingga bisa menggunakan LPG selain bensin.3.1.



Gambar 3.1. Konverter Kit LPG

b) Mesin Motor Bensin

Spesifikasi Mesin yang digunakan untuk uji penelitian dan gambar mesin

3.2.



Gambar 3.2. Mesin Bensin Pompa Air

Berikut dibawah ini spesifikasi mesin yang akan digunakan dalam pengujian bahan bakar alternatif menggunakan gas pada mesin bensin pompa air,

dapat dilihat pada tabel 3.2:

Tabel 3.2. Spesifikasi Mesin

Merk	:	KOSOKU KGP80
Mesin	:	Silinder Tunggal, 4 Tak Berpendingin Udara
Dimensi	:	3,15 x 365 x 335
Isi Silinder	:	168CC
Perbandingan Kompresi	:	7,56 : 1
Daya Keluaran Maksimum	:	6.5HP/3600rpm
Torsi Maksimum	:	1.35 mm/2500rpm
Sistem Pengapian	:	Capasitor Discharge Ignition (CDI)
Sistem Penyalaan	:	Recoil Starter/Tarik Kapasitas
Bahan Bakar	:	3.6 Liter
Kapasitas Oli	:	0.6 Liter
Berat Bersih	:	16 Kg

c) *Stopwatch*

Stopwatch berfungsi untuk mengukur waktu saat pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. *Stopwatch*

d) Regulator Gas LPG

Regulator digunakan untuk mengubah tekanan tinggi dari tangki menjadi tekanan yang sesuai untuk injeksi ke mesin, berikut gambar 3.4.



Gambar 3.4. Regulator Gas LPG

e) *Tachometer*

Tachometer berfungsi untuk memberikan pembacaan yang akurat mengenai kecepatan rotasi poros mesin dalam satuan rotasi per menit (rpm).



Gambar 3.4. *Tachometer*

f) *Bejana Ukur BBM*

Gelas Ukur Bahan Bakar Minyak (BBM) atau tangki bahan bakar adalah bagian komponen dari kendaraan dan mesin berfungsi sebagai penyimpan bahan bakar yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin saat penelitian.



Gambar 3.5. Gelas Ukur BBM

g) *Thermometer Infrared*

Thermometer Infrared digunakan sebagai alat untuk memantau suhu mesin, suhu ruang dan suhu udara hisap guna membandingkan suhu operasi antara penggunaan BBM dan LPG untuk menilai efisiensi pembakaran.



Gambar 3.6. *Thermometer Infrared*

h) Timbangan

Timbangan berfungsi menimbang jumlah bahan bakar sebelum dan sesudah mesin dioperasikan dalam waktu tertentu, peneliti dapat menghitung seberapa banyak BBM maupun LPG yang digunakan selama proses pemompaan. Data ini kemudian dikorelasikan dengan volume air yang dipompa dan durasi pengoperasian untuk menilai efisiensi konsumsi bahan bakar.



Gambar 3.7. Timbangan

i) Wadah/Ember

Fungsi wadah atau ember dalam pengukuran debit air pada pompa air adalah mengetahui volume air yang tertampung dalam ember dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisinya, maka debit air dapat dihitung dengan membagi volume air tersebut dengan waktu yang diperlukan. Proses ini merupakan metode sederhana namun efektif untuk menentukan seberapa besar aliran air yang mampu dihasilkan oleh pompa dalam satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam liter per detik (L/s) atau meter kubik per detik (m^3/s).



Gambar 3.8. Wadah Mengukur Debit Air

3.2.2. Bahan

a) Gas LPG

Gas LPG (*Liquified Petroleum Gas*) adalah salah satu bahan bakar yang layak digunakan sebagai bahan bakar energi. LPG adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam.



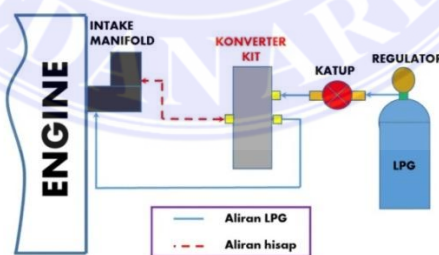
Gambar 3.5. Gas LPG

b) Bahan Bakar Minyak (BBM)

BBM digunakan sebagai sumber energi untuk menjalankan mesin yang akan di uji.

3.3. Skema Pengujian

Berikut skematik instalasi pengujiannya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.6. Skematik Pengujian Konverter Kit

3.4. Langkah - langkah Pengujian

Untuk mengevaluasi dampak penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif pada mesin bensin, serangkaian pengujian perlu dilakukan. Pengujian ini

bertujuan untuk mengukur performa mesin, efisiensi bahan bakar, dan emisi gas buang sebelum dan setelah konversi ke LPG. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang sistematis:

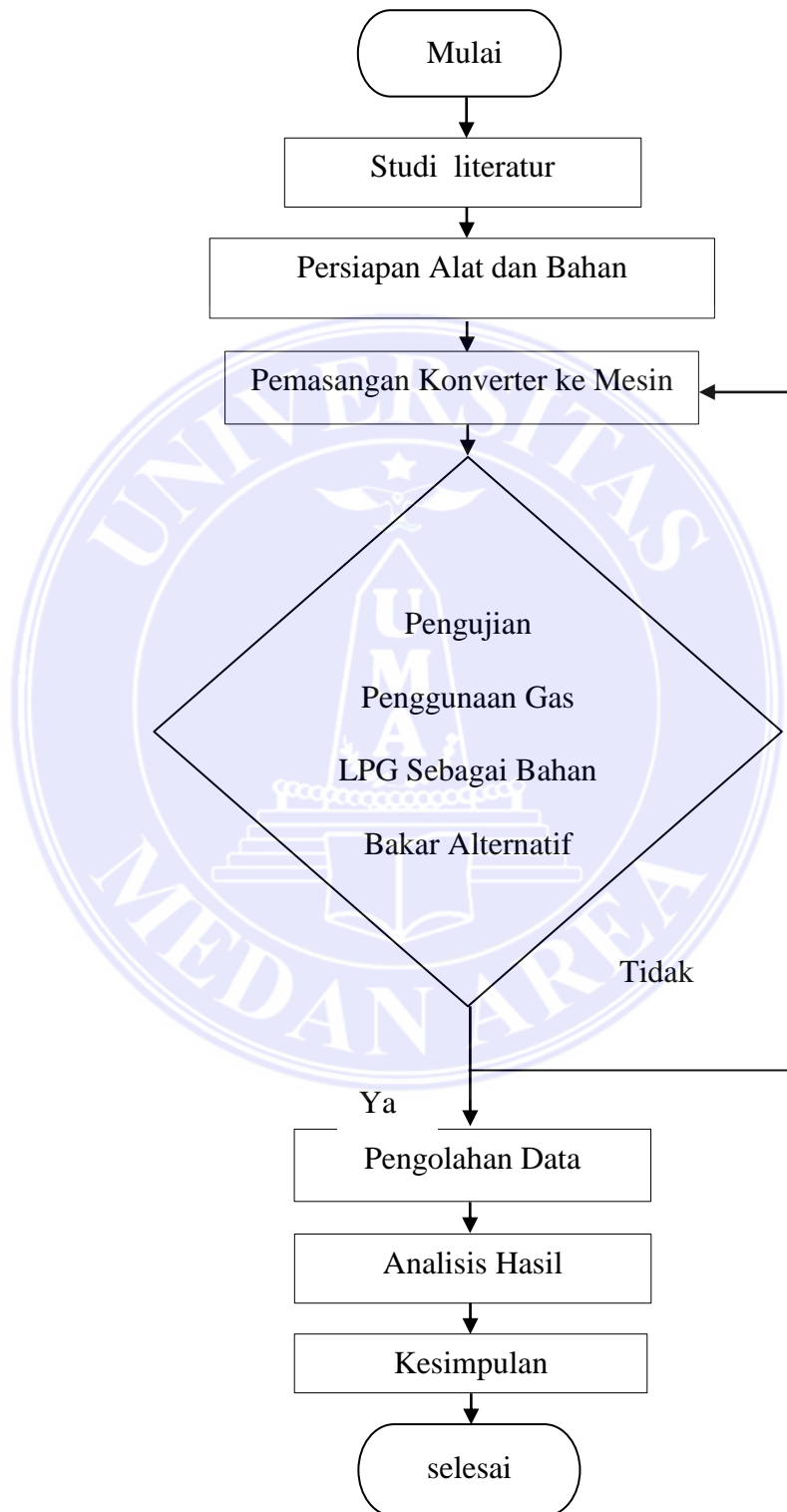
- 1) Saluran inlet dihubungkan dengan selang gas ke regulator LPG pada tabung LPG. Pada saat saluran outlet pada konverter kit terbuka, LPG yang sebelumnya sudah mengisi ruang kosong pada konverter kit akan mengalir melalui saluran outlet ini.
- 2) Saluran outlet dihubungkan dengan selang gas ke intake manifold mesin diesel, di area dekat dengan ruang bakar. LPG yang keluar melalui saluran outlet konverter kit akan bercampur dengan udara di area intake manifold dekat ruang bakar.
- 3) Jadi proses masuknya LPG ke dalam ruang bakar mesin diesel bersamaan dengan masuknya udara pada saat langkah hisap. Setelah langkah hisap selesai, pegas di dalam katup vakum pada konverter kit akan kembali ke posisi awal sehingga lengan membran juga akan kembali pada posisinya yaitu menutup saluran outlet.

Tabel 3.2. Variable Yang Diamati Pada Penelitian

Variabel	Satuan	Metode Pengukuran	Instrumen
Konsumsi Bahan Bakar	t/liter	Perhitungan waktu dan bahan bakar	Full Consumption Meter
Biaya Bahan Bakar	Rp	Perhitungan biaya berdasarkan konsumsi	Tidak ada alat khusus, menggunakan data harga bahan bakar

3.5. Diagram Alir Penelitian

Untuk gambar diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan performa dan efisiensi mesin pompa air ketika dijalankan menggunakan dua jenis bahan bakar yang berbeda, yaitu bahan bakar gas (BBG) dalam bentuk LPG dan bahan bakar minyak (BBM) berupa Pertalite. Pengujian dilakukan secara terkontrol dan terstruktur untuk memperoleh data yang valid dan dapat dianalisis secara kuantitatif. Mesin diuji dalam tiga kondisi putaran berbeda: putaran maksimum, rata-rata, dan minimum, yang masing-masing merepresentasikan kondisi kerja berat, sedang, dan ringan.

Durasi pengujian ditetapkan selama 35 menit dan dibagi menjadi interval pengamatan setiap 5 menit. Selama setiap interval tersebut, dilakukan pencatatan terhadap putaran mesin (RPM), debit air yang dihasilkan oleh pompa, serta konsumsi bahan bakar. Nilai RPM diperoleh melalui alat tachometer digital, sedangkan debit air diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi volume air tertentu, yaitu 20 liter dalam setiap siklus. Untuk konsumsi bahan bakar, dilakukan penimbangan bahan bakar sebelum dan sesudah pengujian menggunakan timbangan digital berpresisi. Perhitungan konsumsi BBG dilakukan berdasarkan selisih berat tabung LPG, sedangkan untuk BBM dihitung dari selisih berat gelas ukur berisi Pertalite.

4.1.1. Data Hasil Pengujian Bahan Bakar Gas (BBG)

1. Pengujian pada Kondisi RPM Maksimum

Pada pengujian RPM maksimum dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1. Pengujian Bahan Bakar Gas Kondisi RPM Maksimum.

Interval Waktu (Menit)	Putaran (RPM) Maks	Konsumsi Bahan Bakar Gas (Kg)	Debit Air (Ltr/dtk)	Suhu Mesin (°C)
0-5	3442		20 L (2,18 D) = 9,17 Liter/Detik	31,0 Suhu mesin awal
5-10	3443		20 L (1,86 D) = 10,75 Liter/Detik	84,2 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
10-15	3380	7,55 Kg (Berat awal) -	20 L (1,95 D) = 10,25 Liter/Detik	26,7 Suhu ruang
15-20	3335	6,95 Kg (Berat akhir) = 600 gr (0,6 Kg)	20 L (2,18 D) = 9,17 Liter/Detik	26,7 Suhu udara hisap
20-25	3330		20 L (2,38 D) = 8,4 Liter/Detik	89,9 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
25-30	3339		20 L (2,34 D) = 8,54 Liter/Detik	26,7 Suhu ruang
30-35	3338		20 L (2,08 D) = 9,61 Liter/Detik	26,7 Suhu udara hisap
Average RPM	3372,4			

Pada kondisi RPM maksimum, mesin pompa air diuji dengan beban kerja penuh. Putaran mesin dalam kondisi ini berkisar pada angka ± 3370 RPM. Berdasarkan hasil pengukuran, mesin yang menggunakan bahan bakar gas (BBG – LPG) mencatat nilai rata-rata putaran sebesar 3372,4 RPM, dari sisi konsumsi bahan bakar, LPG tercatat mengonsumsi 0,6 Kg, konsumsi BBG sedikit lebih

tinggi, debit air yang dihasilkan juga relatif lebih besar, yaitu 9,41 liter/detik.

2. Pengujian pada Kondisi RPM Rata-rata

Pada pengujian RPM Rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2. Pengujian Bahan Bakar Gas Kondisi RPM Rata-rata.

Interval Waktu (Menit)	Putaran (RPM) Rata-rata	Konsumsi Bahan Bakar Gas (Kg)	Debit Air (Ltr/dtk)	Suhu Mesin (°C)	
0-5	2605		20 L (3,68 D) = 5,43 Liter/Detik	31,0	Suhu mesin awal
5-10	2606		20 L (2,80 D) = 7,14 Liter/Detik	83,2	Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
10-15	2602	6,95 Kg (Berat awal) -	20 L (4,02 D) = 4,97 Liter/Detik	28,2	Suhu ruang
15-20	2605	6,50 Kg (Berat akhir)	20 L (3,82 D) = 5,23 Liter/Detik	28,2	Suhu udara hisap
20-25	2608	= 450 gr (0,45 Kg)	20 L (3,50 D) = 5,71 Liter/Detik	96,7	Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
25-30	2608		20 L (3,46 D) = 5,78 Liter/Detik	28,6	Suhu ruang
30-35	2603		20 L (3,04 D) = 6,57 Liter/Detik	28,6	Suhu udara hisap
Average RPM	2605,3				

Pada kondisi RPM rata-rata, mesin diuji dalam kondisi kerja stabil yang mencerminkan beban kerja menengah atau operasional normal dalam penggunaan sehari-hari. Putaran mesin tercatat pada nilai rata-rata 2605,3 RPM untuk LPG, nilai RPM sangat kecil menunjukkan bahwa bahan bakar dapat menjaga kestabilan kerja mesin dengan baik. Pada kondisi ini, mesin dengan BBG mengonsumsi 0,45 Kg bahan bakar dengan debit air rata-rata 5,83 liter/detik.

3. Pengujian pada Kondisi RPM Minimum

Pada pengujian RPM Minimum dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3. Pengujian Bahan Bakar Gas Kondisi RPM Minimum.

Interval Waktu (Menit)	Putaran (RPM) Min	Konsumsi Bahan Bakar Gas (Kg)	Debit Air (Ltr/dtk)	Suhu Mesin (°C)
0-5	1745		20 L (4,61 D) = 4,33 Liter/Detik	32,4 Suhu mesin awal
5-10	1763		20 L (4,57 D) = 4,43 Liter/Detik	53,9 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
10-15	1858	7,75 Kg (Berat awal) -	20 L (4,32 D) = 4,62 Liter/Detik	31,6 Suhu ruang
15-20	1860	7,55 Kg (Berat akhir) =	20 L (4,42 D) = 4,52 Liter/Detik	31,6 Suhu udara hisap
20-25	1861	200 gr (0,2 Kg)	20 L (4,90 D) = 4,08 Liter/Detik	58,9 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
25-30	1859		20 L (4,92 D) = 4,06 Liter/Detik	31,6 Suhu ruang
30-35	1858		20 L (4,99 D) = 4,00 Liter/Detik	31,6 Suhu udara hisap
Average RPM	1829,1			

Pada kondisi RPM minimum, mesin diuji dengan beban paling ringan, mencerminkan kondisi idle atau penggunaan skala kecil. Mesin dengan BBG mencatat nilai RPM rata-rata 1829,1, pada kondisi ini, konsumsi bahan bakar BBG tercatat sebesar 0,2 Kg, dan mesin yang menggunakan BBG menghasilkan debit air rata-rata sebesar 4,29 liter/detik.

4.1.2. Data Hasil Pengujian Bahan Bakar Minyak (BBM)

Pengujian mesin bensin menggunakan BBM pertalite sebagai perbandingan dari hasil uji BBG. berikut dibawah ini data pengujian mesin bensin.

1. Pengujian pada Kondisi RPM Maksimum

Pada pengujian RPM Maksimum dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4. Pengujian Bahan Bakar Minyak Kondisi RPM Maksimum.

Interval Waktu (Menit)	Putaran (RPM) Maks	Konsumsi BBM (Kg)	Debit Air (Ltr/dtk)	Suhu Mesin (°C)
0-5	3439		20 L (2,25 D) = 8,88 Liter/Detik	30,1 Suhu mesin awal
5-10	3440		20 L (2,09 D) = 9,56 Liter/Detik	83,9 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
10-15	3377	0,82 Kg (Berat BBM (0,77) + Berat gelas ukur (0,05)) -	20 L (2,52 D) = 7,93 Liter/Detik	28,2 Suhu ruang
15-20	3338	0,27 Kg (Berat akhir) =	20 L (2,78 D) = 7,19 Liter/Detik	28,2 Suhu udara hisap
20-25	3365	550 gr (0,55 Kg)	20 L (2,13 D) = 9,38 Liter/Detik	87,7 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
25-30	3343		20 L (1,95 D) = 10,256 Liter/Detik	28,2 Suhu ruang
30-35	3339		20 L (2,39 D) = 8,36 Liter/Detik	28,2 Suhu udara hisap
Average RPM	3377,3			

Catatan : Massa jenis Pertalite $715-770 \text{ Kg/m}^3$, maka massa 1 liter pertalite adalah (pertalite (770 Kg/m^3) x Volume (1L : 1 dm^3 : $0,001 \text{ m}^3$) = $0,77 \text{ Kg}$. Jika massa jenis pertalite 770 Kg/m^3 .

Pada kondisi RPM maksimum, putaran mesin dalam kondisi ini berkisar pada angka ± 3370 RPM. Berdasarkan hasil pengukuran, mesin yang menggunakan bahan bakar minyak (BBM – Pertalite) menghasilkan $3377,3$ RPM. Hal ini menunjukkan bahwa kedua bahan bakar mampu mengoperasikan mesin dengan kecepatan tinggi yang hampir setara. Dari sisi konsumsi bahan bakar,

pertalite mengonsumsi 0,55 Kg dengan debit air rata-rata 8,75 liter/detik dalam periode pengujian yang sama.

2. Pengujian pada Kondisi RPM Rata-rata

Pada pengujian RPM Rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5. Pengujian Bahan Bakar Minyak Kondisi RPM Rata-rata.

Interval Waktu (Menit)	Putaran (RPM) Rata-rata	Konsumsi BBM (Kg)	Debit Air (Ltr/dtk)	Suhu Mesin (°C)
0-5	2610		20 L (3,32 D) = 6,02 Liter/Detik	30,9 Suhu mesin awal
5-10	2603		20 L (3,75 D) = 5,39 Liter/Detik	79,4 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
10-15	2615	0,82 Kg (Berat 1L BBM (0,77) + Berat gelas ukur (0,05)) - 0,44 Kg (Berat akhir) = 380 gr (0,38 Kg)	20 L (3,08 D) = 6,49 Liter/Detik	28,4 Suhu ruang
15-20	2605		20 L (3,16 D) = 6,32 Liter/Detik	28,4 28,4 Suhu udara hisap
20-25	2601		20 L (3,14 D) = 6,36 Liter/Detik	92,7 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
25-30	2605		20 L (3,36 D) = 5,95 Liter/Detik	28,4 Suhu ruang
30-35	2609		20 L (3,27 D) = 6,11 Liter/Detik	28,4 Suhu udara hisap
Average RPM	3377,3			

Catatan : Massa jenis Pertalite 715-770 Kg/m³, maka massa 1 liter pertalite adalah (pertalite (770 Kg/m³) x Volume (1L : 1 dm³ : 0,001 m³) = 0,77 Kg. Jika massa jenis pertalite 770 Kg/m³.

Pada kondisi RPM rata-rata, putaran mesin tercatat pada nilai rata-rata

2606,9 RPM untuk Peralite. Perbedaan nilai RPM sangat kecil, yang menunjukkan bahwa kedua bahan bakar dapat menjaga kestabilan kerja mesin dengan baik. Pada tabel diatas menunjukkan mesin yang menggunakan BBM mengonsumsi 0,38 Kg dengan debit air 6,08 liter/detik. Dari data tersebut terlihat bahwa meskipun konsumsi BBM lebih rendah, nilai debit air yang dihasilkan juga hanya sedikit lebih tinggi dibanding LPG.

3. Pengujian pada Kondisi RPM Minimum

Pada pengujian RPM Minimum dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6. Pengujian Bahan Bakar Minyak Kondisi RPM Minimum.

Interval Waktu (Menit)	Putaran (RPM) Min	Konsumsi Bahan Bakar Minyak (Kg)	Debit Air (Ltr/dtk)	Suhu Mesin (°C)
0-5	1762		20 L (3,21 D) = 6,23 Liter/Detik	30,4 Suhu mesin awal
5-10	1833		20 L (4,47 D) = 4,47 Liter/Detik	55,6 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
10-15	1841	0,82 Kg (Berat BBM (0,77) + Berat gelas ukur (0,05)) -	20 L (4,83 D) = 4,14 Liter/Detik	28,0 Suhu ruang
15-20	1849	0,53 Kg (Berat akhir) =	20 L (4,91 D) = 4,07 Liter/Detik	28,0 Suhu udara hisap
20-25	1849	290 gr (0,29 Kg)	20 L (4,18 D) = 4,78 Liter/Detik	75,5 Perubahan suhu mesin dalam 5 menit
25-30	1852		20 L (4,41 D) = 4,53 Liter/Detik	28,0 Suhu ruang
30-35	1849		20 L (3,95 D) = 5,06 Liter/Detik	28,0 Suhu udara hisap
Average RPM	1833,6			

Catatan : Massa jenis Pertalite $715-770 \text{ Kg/m}^3$, maka massa 1 liter pertalite adalah (pertalite (770 Kg/m^3) x Volume (1L : $1 \text{ dm}^3 : 0,001 \text{ m}^3$) = $0,77 \text{ Kg}$. Jika massa jenis pertalite 770 Kg/m^3 .

Pada kondisi RPM minimum, mesin diuji dengan beban paling ringan, mencerminkan kondisi idle atau penggunaan skala kecil. Mesin dengan, BBM mencapai $1833,6 \text{ rpm}$. Pada kondisi ini, konsumsi bahan bakar BBM sebesar $0,29 \text{ Kg}$ dengan debit air $4,75 \text{ liter/detik}$.

4.1.3. Perhitungan Performa Mesin

Setelah dilakukan pengujian maka didapatkan debit air, suhu inlet & outlet, putaran rpm, dan konsumsi bahan bakar untuk kondisi putaran maksimum, rata-rata, dan minimum.

Berikut dibawah ini putaran maksimum Bahan Bakar Gas (BBG) digunakan sebagai parameter pada proses perhitungan untuk mengetahui performa yang mencakup daya output, efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin bensin pompa air.

Dimana data putaran maksimum dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4.7. Bukaan Power Maksimum BBG

Pengamatan	Nilai Koefisien
Output air rata-rata	$9,41 \text{ liter/detik} = 0,00941 \text{ m}^3/\text{detik}$
RPM rata-rata	$3372,4$
Konsumsi LPG	$0,6 \text{ kg}$
Waktu	$35 \text{ menit} = 2100 \text{ detik}$
Suhu akhir mesin	$113 \text{ }^\circ\text{C}$

1) Perhitungan Debit Air

Semakin besar debit air, maka semakin besar pula kerja mekanis yang dihasilkan mesin. Untuk mendapatkan nilai debit (Soewarno, 1912), menggunakan persamaan 2.1:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{20 \text{ liter}}{2,12 \text{ detik}} = 9,41 \text{ liter/detik}$$

$$= \frac{9,41 \text{ liter/detik}}{1000} = 0,00941 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Kecepatan Aliran

Untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran menggunakan persamaan 2.4:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,00941 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00456 \text{ m}^2} = 2,0636 \text{ m/s}$$

3) Kerugian Head Mayor (H_{mayor}) dan Head Minor (H_{minor})

Kerugian akibat gesekan sepanjang pipa mengasumsikan aliran turbulen penuh dan menggunakan Darcy-Weisbach (f) nilai f yang representatif untuk pipa halus, menggunakan persamaan 2.5:

$$H_{\text{mayor}} = 0,02 \times \frac{4,78 \text{ m}}{0,0762 \text{ m}} \times \frac{2,0651 \text{ m/s}^2}{(2 \times 9,81)^2} = 0,2727 \text{ m}$$

Lalu, untuk kerugian Head minor, kerugian akibat sambungan dan belokkan, menggunakan persamaan 2.6:

$$H_{\text{minor}} = 0,9 \times \frac{(2,0636 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \times 2 = 0,3913 \text{ m}$$

Kemudian untuk mengetahui total kerugian Head (H_{lose}) dengan menambahkan hasil dari $H_{\text{minor}} + H_{\text{mayor}}$:

$$H_{\text{lose}} = 0,3913 \text{ m} + 0,2727 \text{ m} = 0,6640 \text{ m}$$

4) Total Head Pompa ($Head_{\text{total}}$)

Total head adalah jumlah dari perbedaan ketinggian, head tekanan, dan kerugian head. Karena pompa mengalirkan air dari sumber ke saluran buang dengan rumus persamaan 2.3:

$$H_{\text{total}} = 0,15 \text{ m} + 0,6640 = 0,8140 \text{ m}$$

5) Daya Hidrolik *Out* Pompa dan Daya Input Bahan Bakar

Daya hidrolik merupakan daya yang secara teoritis diberikan air oleh pompa dan Daya Input Bahan Bakar adalah energi yang terkandung dalam bahan bakar yang terbakar, keduanya sangat penting sebagai parameter untuk mengetahui efisiensi termal pada pompa, daya hidrolik *out* pompa dapat dihitung berdasarkan energi potensial dan laju aliran menggunakan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,00941 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,8140 \text{ m} \\ &= 76,49 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian, daya input bahan bakar adalah energi yang terkandung dalam bahan bakar yang terbakar, dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7:

$$P_{\text{input}} = \frac{0,6 \times (46,25 \times 10^6 \text{ J/kg})}{2100 \text{ detik}} = \frac{27750000 \text{ J}}{2100 \text{ detik}} = 13214,3 \text{ Watt}$$

Setelah mengetahui nilai daya hidrolis out pompa dan daya input bahan bakar kemudian untuk mencari efisiensi thermal menggunakan persamaan 2.8:

$$\eta_{\text{thermal}} = \frac{76,49 \text{ Watt}}{13214,3 \text{ Watt}} = 0,005788 = 0,58 \%$$

4.1.3. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Nilai konsumsi diukur dalam satuan kilogram agar dapat digunakan dalam perhitungan efisiensi energi dan biaya secara seragam antara BBG dan BBM.

Menurut (Mulyaningsih & Marjito, 2006), *Barel Specific Fuel Consumption* (BSFC) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2:

$$\text{BSFC} = \frac{0,6 \text{ kg}}{76,49 \text{ Watt} \times 2100 \text{ detik}} \times 100,000 = 3,92 \text{ mg/J}$$

Selanjutnya, menghitung biaya per unit output air atau biaya per unit daya hidraulik untuk setiap bahan bakar pada setiap bukaan power, kemudian membandingkannya dengan persamaan 2.10:

$$\text{SFC}_{\text{Ekonomi}} = \frac{0,60 \text{ kg} \times 6.000}{0,583 \text{ jam}} = \text{Rp } 6.171/\text{jam}$$

Dengan menghitung biaya per jam operasional dan biaya per 1000 liter output air untuk perbandingan yang lebih informatif.

Dimana harga bahan bakar:

- Harga LPG : Rp 18.000/3 kg = Rp 6000/kg (No: 064.Pers/KM.01.03/SJI/2025)
- Harga Pertalite : Rp 10.000 / liter (No: 218.K/MG.01/MEM.M/2022)

- 1) Konsumsi LPG: 0,6 kg (putaran maksimum)
- 2) Biaya per 35 menit: $0,6 \text{ kg} \times \text{Rp } 6.000/\text{kg} = \text{Rp } 3.600$
- 3) Biaya per jam: $\text{Rp } 3.600/0,5833 \text{ jam} = \text{Rp } 6.171$
- 4) Output air per 35 menit: $9,41 \text{ liter/detik} \times 2100 \text{ detik} = 19761 \text{ liter}$
- 5) Biaya per 1000 liter output air: $(\text{Rp } 3.600/19761 \text{ liter}) \times 1000 = \text{Rp } 182,18/1000 \text{ liter}$

Berdasarkan hasil perhitungan pengujian bahan bakar LPG dengan rpm maksimum menghasilkan daya output yang lebih tinggi sebesar 76,49 Watt dan efisiensi termal 0,58 % serta biaya yang dikeluarkan Rp 6.171/jam. Dari hasil ini menunjukkan bahwa pada beban tinggi, LPG bisa memberikan performa yang kompetitif dengan biaya yang murah.

Selanjutnya untuk perhitungan debit air, total head, efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar LPG pada rpm Rata-rata, Minimum dan bahan bakar Pertalite pada rpm Maksimum, Rata-rata, dan Minimum akan dilakukan dengan software Ms. Excel 2010 pada tabel 4.7 dan 4.8 dibawah:

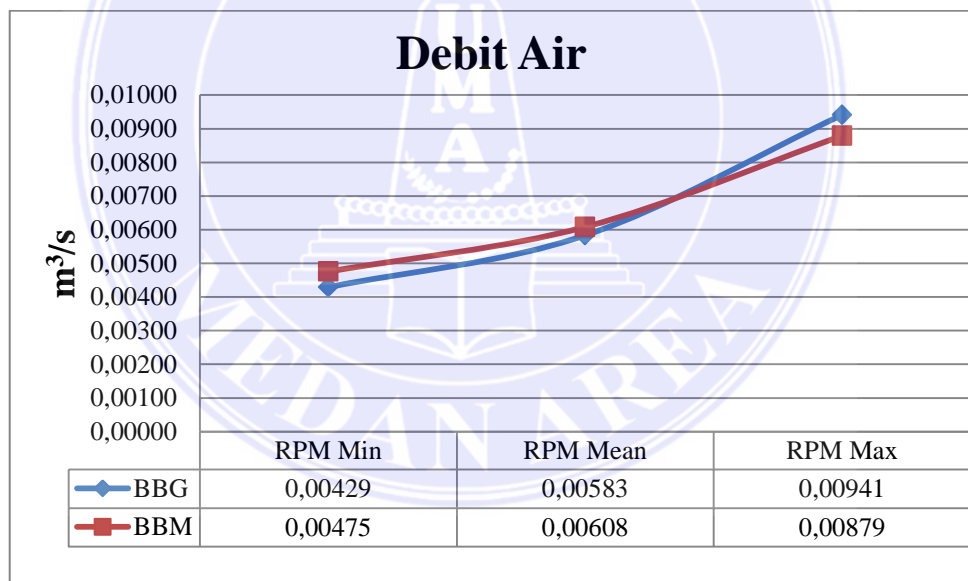
Tabel 4.7. Tabel Hasil Pengujian BBG (LPG) & BBM (Pertalite)

NO	Pengujian (2100 d)	BBG			BBM		
		RPM					
		Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
1	Debit air (m^3/s)	0,00429	0,00583	0,00941	0,00475	0,00608	0,00879
2	Kecepatan Aliran (m/s)	0,9415	1,2797	2,0651	1,0431	1,3345	1,9293
3	Head _{total} (m)	0,2880	0,4050	0,8140	0,3229	0,4282	0,7365
4	Efisiensi Termal (%)	0,19	0,24	0,58	0,26	0,33	0,57
5	BSFC (mg/J)	11,5	9,66	3,92	9,71	7,18	4,39

Tabel 4.8. Konsumsi Biaya BBG (LPG) & BBM (Pertalite)

Parameter Biaya	BBG- Min	BBG- Mean	BBG- Max	BBM- Min	BBM- Mean	BBM- Max
Biaya per - 35 Menit (Rp)	1.740	2.700	3.600	3.867	5.067	7.333
Biaya per – 1 jam (Rp)	2.983	4.629	6.171	6.629	8.687	12.572
Biaya per – 1000 liter ouput air (Rp)	193,14	220,53	182,18	387,67	396,85	397,26

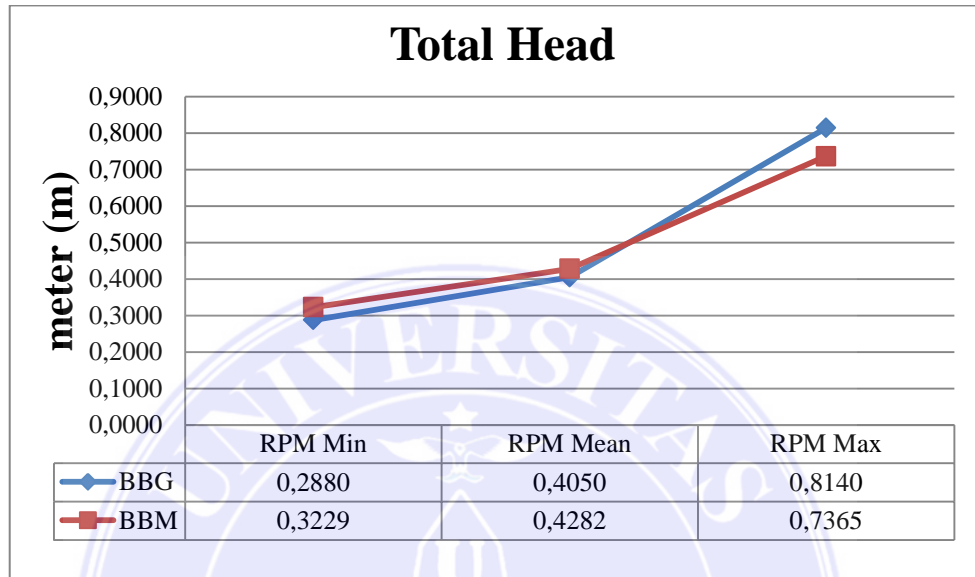
Pada tabel pengujian diatas menampilkan performa mesin bensin pompa air 6,5 HP dengan dua jenis bahan bakar, yaitu LPG (BBG) dan Pertalite (BBM), pada tiga kondisi RPM: minimum, rata-rata, dan maksimum. Jika dilihat dalam bentuk grafik dibawah:



Gambar 4.1. Grafik Debit Air

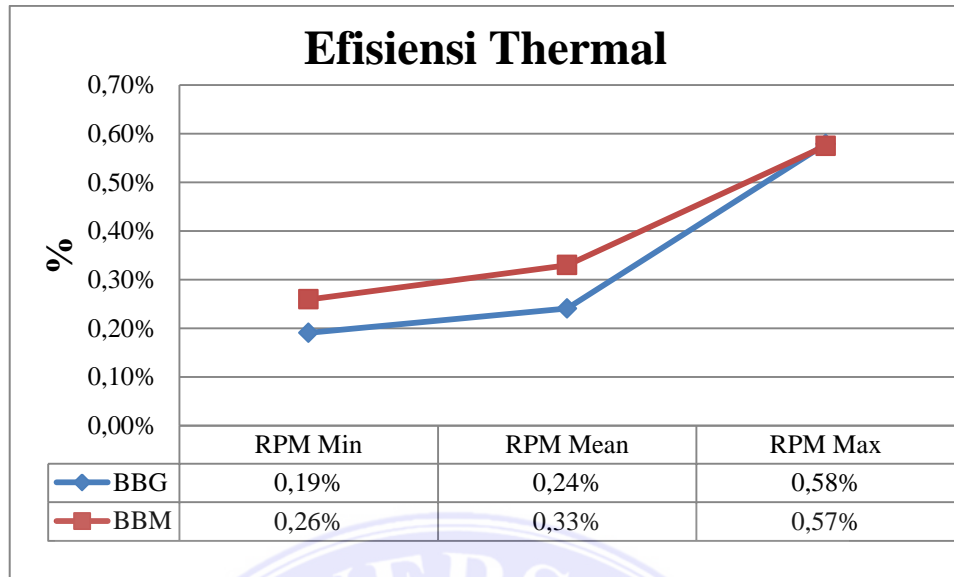
Grafik debit air diatas menunjukkan bahwa pada semua kondisi RPM, BBM menghasilkan debit air sedikit lebih tinggi dibandingkan BBG, kecuali pada RPM maksimum. Pada RPM minimum, BBG mencatat debit 0,00429 m³/s, sedangkan BBM 0,00475 m³/s. Pada RPM rata-rata, BBG 0,00583 m³/s, BBM 0,00608 m³/s.

Namun pada RPM maksimum, BBG unggul dengan 0,00941 m³/s dibandingkan BBM yang hanya 0,00879 m³/s, menunjukkan keunggulan BBG saat mesin bekerja penuh.



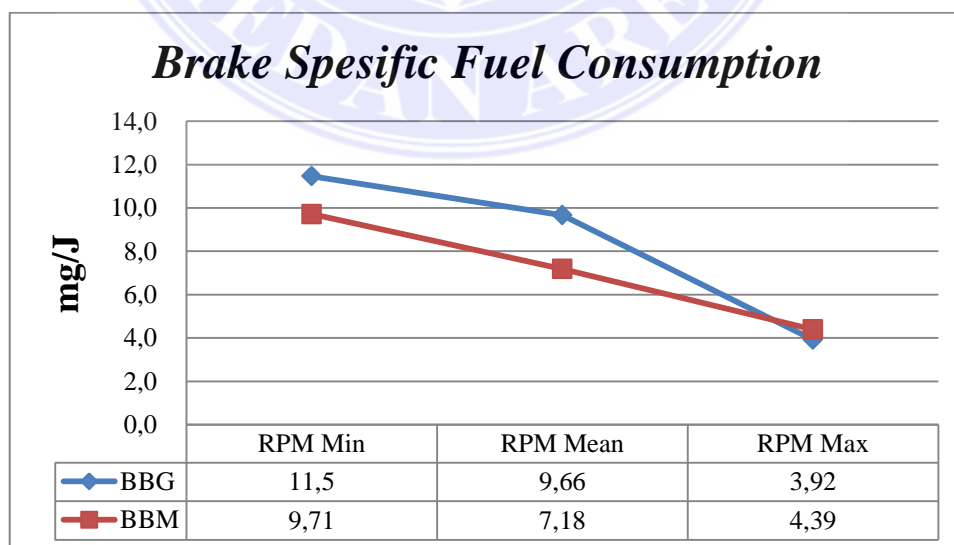
Gambar 4.2. Grafik Total Head Pompa

Head total mengukur tinggi tekanan aliran air. Pada grafik 4.2 di atas menunjukkan BBG mencatat head 0,2880 m putaran minimum, 0,4050 m putaran rata-rata, dan 0,8140 m putaran maksimum, sementara BBM lebih tinggi pada RPM minimum dan rata-rata (0,3229 m dan 0,4282 m), tapi lebih rendah di RPM maksimum (0,7365 m). Ini berarti LPG memberi dorongan air tertinggi saat mesin bekerja maksimal.



Gambar 4.3. Grafik Efisiensi Termal

Pada grafik diatas efisiensi termal BBM lebih baik pada RPM minimum 0,26% dan rata-rata 0,33% dibandingkan BBG 0,19% dan 0,24%. Namun, BBG mencatat efisiensi tertinggi pada RPM maksimum sebesar 0,58%, sedikit lebih tinggi dari BBM 0,57%. Ini menunjukkan LPG lebih optimal untuk beban kerja berat.



Gambar 4.4. Grafik *Brake Specific Full Consumption*

BSFC menunjukkan jumlah bahan bakar per unit energi yang dihasilkan. Nilai lebih rendah berarti lebih efisien. BBG menunjukkan BSFC terbaik di RPM maksimum 3,92 mg/J dibandingkan BBM 4,39 mg/J, namun BBM unggul pada RPM minimum 9,71 mg/J dan rata-rata 7,18 mg/J dibandingkan BBG 11,5 mg/J dan 9,66 mg/J.

4.2. Pembahasan

Pada hasil pengujian menampilkan performa mesin bensin pompa air 6,5 HP dengan dua jenis bahan bakar, yaitu LPG (BBG) dan Pertalite (BBM), pada tiga kondisi RPM: minimum, rata-rata, dan maksimum.

Pada RPM minimum, BBG mencatat debit air sebesar 0,00429 m³/s, kecepatan aliran 0,9415 m/s, head total 0,2880 m, dan efisiensi termal 0,19%. Nilai BSFC (konsumsi bahan bakar spesifik) sebesar 11,5 mg/J dan biaya konsumsi bahan bakar Rp 2.983. Sementara itu, BBM pada kondisi yang sama mencatat debit air 0,00475 m³/s, kecepatan aliran 1,0431 m/s, head total 0,3229 m, efisiensi termal 0,26%, BSFC 9,71 mg/J, dan biaya sebesar Rp 6.629. Ini menunjukkan bahwa BBM lebih efisien secara termal, namun BBG lebih hemat biaya.

Pada RPM rata-rata, BBG mencatat debit air 0,00583 m³/s, kecepatan aliran 1,2797 m/s, head total 0,4050 m, efisiensi termal 0,24%, BSFC 9,66 mg/J, dan biaya Rp 4.629. Di sisi lain, BBM menunjukkan debit air 0,00608 m³/s, kecepatan aliran 1,3345 m/s, head total 0,4282 m, efisiensi termal 0,33%, BSFC 7,18 mg/J, dan biaya Rp 8.687. Lagi-lagi, BBM menunjukkan efisiensi termal dan performa lebih baik, namun LPG tetap unggul dalam penghematan biaya.

Pada RPM maksimum, BBG mencatat debit air 0,00941 m³/s, kecepatan aliran 2,0651 m/s, head total 0,8140 m, efisiensi termal tertinggi yaitu 0,58%, BSFC 3,92 mg/J, dan biaya konsumsi Rp 6.171. BBM pada kondisi yang sama mencatat debit air 0,00879 m³/s, kecepatan aliran 1,9293 m/s, head total 0,7365 m, efisiensi termal 0,57%, BSFC 4,39 mg/J, dan biaya Rp 12.572. Pada kondisi ini, LPG tidak hanya lebih hemat biaya, tetapi juga memiliki efisiensi termal dan BSFC yang lebih baik, menunjukkan bahwa LPG lebih unggul pada beban tinggi.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

1. Mesin pompa air berbahan bakar LPG mampu menunjukkan performa yang stabil dan hampir sebanding dengan Pertalite di semua tingkat RPM. Terutama pada putaran maksimum (± 3372 RPM), LPG bahkan menghasilkan debit air yang lebih tinggi ($0,00941 \text{ m}^3/\text{s}$) dibanding Pertalite ($0,00879 \text{ m}^3/\text{s}$). Hal ini menunjukkan bahwa secara teknis, LPG mampu mempertahankan atau bahkan meningkatkan performa mesin pada beban kerja berat.
2. Efisiensi termal mesin yang menggunakan LPG tercatat paling tinggi pada putaran maksimum, yaitu sebesar 0,58%, sedikit lebih baik dibanding Pertalite 0,57%. LPG juga menunjukkan nilai BSFC yang lebih rendah pada RPM maksimum 3,92 mg/J dibanding Pertalite 4,39 mg/J, menandakan bahwa LPG lebih hemat bahan bakar dalam menghasilkan energi pada beban berat..
3. Dalam seluruh kondisi pengujian (RPM minimum, rata-rata, dan maksimum), LPG menghasilkan biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan Pertalite. Pada RPM maksimum, konsumsi ekonomi LPG hanya sekitar Rp 6.171/jam, sedangkan Pertalite mencapai Rp 12.572/jam. Ini membuktikan bahwa LPG lebih unggul dalam aspek penghematan biaya operasional, dan layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ekonomis untuk kegiatan pertanian skala kecil hingga menengah.

5.2. Saran

1. Berdasarkan efisiensi biaya dan performa yang kompetitif, disarankan agar para petani dan pelaku industri kecil mempertimbangkan penggunaan LPG sebagai bahan bakar utama pada mesin pompa air, khususnya untuk kegiatan irigasi pertanian skala kecil yang membutuhkan operasional harian dengan biaya rendah.
2. Meskipun performa mesin dengan LPG cukup stabil, diperlukan pemasangan konverter kit yang tepat dan perawatan berkala agar suplai gas tetap optimal dan tidak mengganggu performa mesin, terutama pada kondisi RPM rendah yang cenderung sensitif terhadap fluktuasi suplai bahan bakar.
3. Perlu dilakukan studi lanjutan mengenai dampak jangka panjang penggunaan LPG terhadap umur mesin dan emisi gas buang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arjianto, & Usman. (2015). Penggunaan Gas Sebagai Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Bermesin Injeksi. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*. Banjarmasin.
- Asnawi, & Setiawan, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Elpiji Sebagai Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 43-51.
- Baruno, B. (2014). Kinerja LPG pada Motor Bakar 6,5 HP sebagai Bahan Bakar Alternatif Perahu Penangkap Ikan. *Marine Fisheries*, 14.
- Baruno, B., Iskandar, B. H., Imron, M., & Mawardi, W. (2014). Kinerja LPG Pada Motor Bakar 6,5 HP Sebagai Bahan Bakar Alternatif Perahu Penangkapan Ikan. *Marine Fisheries*, 13-25.
- Basyirun, Winarno, & Karnowo. (2008). *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Pusat Penjamin Mutu Universitas Negeri Semarang.
- Borman, G. L., & Ragland, K. W. (1998). *Combustion Engineering*. United States of America: McGraw-Hill.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. New York: McGraw--Hill Education .
- Ganesan, V. (2004). *Internal Combustion Engines (2 ed.)*. New Delhi: McGraw-Hill Education.

Hashem, G. T., Al-Dawody, M. F., & Sarris, I. E. (2023). The characteristics of gasoline engines with the use of LPG: An experimental and numerical study. *International Journal of Thermofluids*, 1-14.

Heywood, J. B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill Education.

Kambrany, M. A., A, F., & N, F. (2014). Pengaruh Filter Udara Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pada Motor Matic. *PROTON*, 42-47.

Lumi, L. A., Pangalila, F. T., Pamikiran, R. C., A Masengi, K. W., Manopo, L., & Dien, H. F. (2023). Studi Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Gas dan Bahan Minyak pada Mesin Katinting. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 25-30.

Mahesh Babu Talupa, Rao, P. S., Kumar, S. P., & Praven, C. (2017). Alternative Fuels for Internal Combustion Engines: Overview of current research. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering (SSRG-IJME)*, 20-29.

Mulyaningsih, N., & Marjito, A. (2006). Pengaruh Perubahan Pemajuan Waktu Penyalaan Terhadap Motor Dual Fuel (Bensin-BBG). *Fak. Teknik Jurusan Mesin Univ. Tidar Magelang*, 209-221.

Munsong, B. R., Young, D. F., & Okhisii, T. H. (2009). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Iowa: John Wiley & Sons.

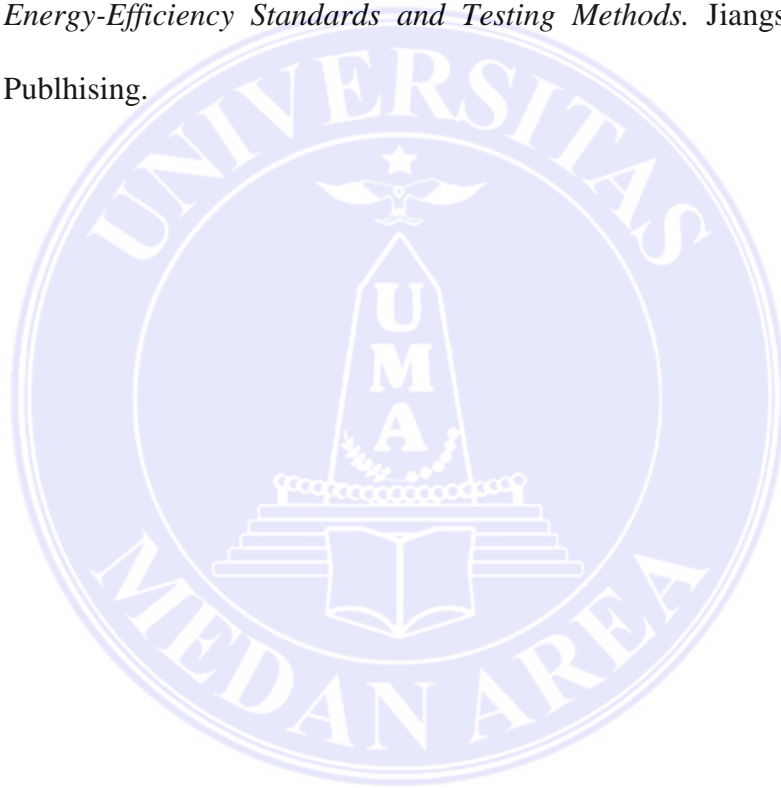
Nuarsa, I. M., Mara, I. M., & Riskon. (2012). Pengaruh Posisi Penyemprotan Bahan Gas LPG Pada Intake Manifold Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

- Pada Mesin Bensin Empat Langkah Satu Silinder (Honda supra x).
Dinamika Teknik Mesin, 55-61.
- Pudjanarsa, A., & Nursuhud, D. (2013). *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: C.V
Andi Offset.
- Pulkrabek, W. W. (2015). *Engineering Fundamentals Of The Internal
Combustion Engine*. Plateville: Prentice Hall.
- Puppung, P. L. (1986). Penggunaan LPG Sebagai Bahan Bakar Motor Bakar.
Lembaran Publikasi Lemigas, 30-39.
- Rohmat, Y. N. (2015). STUDI EKSPERIMEN KONVERSI LPG PADA
SEPEDA MOTOR BERBAHAN BAKAR BENSIN. *Jurnal Teknologi
Terapan*, 13.
- Septiani, Z. D., Rozi, K., & Kiono, B. F. (2023). Perbandingan Hasil Pengujian
Performa Pompa dan Perhitungan Teoritis Pada Karakteristik Pompa
Terhadap Kecepatan Putar Impeller. *Jurnal Teknik Mesin Universitas
Diponegoro*, 43-50.
- Soewarno. (1912). *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai
(Hidrometri)*. Bandung: NOVA.
- Tasic, T., Pogorevc, P., & Brajlilh, T. (2011). Gasoline And Lpg Exhaust
Emissions. *Advances in production engineering and management*, 87-94.
- White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics*. New York: McGraw-Hill.

Wiryanawan, P. N., G. W., & K. R. D. (2014). Penentuan Air Fuel Ratio (AFR) Aktual Pembakaran LPG Pada Celah Sempit Tipe Horizontalis. *Jurnal Teknik Mesin*, 45-51.

Yeliana, A., & Wibawa, N. P. (2004). Bahan Bakar dan Teknik Pembakaran. *Program Studi Teknik Mesin : Universitas Udayana*.

Yu, J., Zhang, T., & Qiang, Z. (2011). *Electrical Motor Product: International Energy-Efficiency Standards and Testing Methods*. Jiangsu: Woodhead Publishing.



LAMPIRAN A

DATA LENGKAP HASIL PENGUJIAN

1. Pengujian Bahan Bakar Gas (LPG)

No	Waktu	Debit air (Q)			H_{total}			Efisiensi Thermal			Brake Spesific Fuel Cosumption (BSFC)		
		BBG						$\eta_{thermal}$			BBG		
	m	m ³ /s			m			%			mg/J		
		Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
1	5	0,00433	0,00543	0,00917	0,2905	0,3710	0,7801	0,19%	0,20%	0,53%	11,2	10,84	4,07
2	10	0,00443	0,00714	0,01075	0,2971	0,5320	1,0160	0,20%	0,38%	0,81%	10,7	5,75	2,67
3	15	0,00462	0,00497	0,01025	0,3099	0,3351	0,9373	0,22%	0,16%	0,71%	9,8	13,12	3,03
4	20	0,00452	0,00523	0,00917	0,3031	0,3550	0,7801	0,21%	0,18%	0,53%	10,3	11,77	4,07
5	25	0,00408	0,00571	0,00840	0,2747	0,3943	0,6788	0,17%	0,22%	0,42%	12,6	9,70	5,11
6	30	0,00406	0,00578	0,00854	0,2735	0,4004	0,6965	0,17%	0,23%	0,44%	12,7	9,44	4,90
7	35	0,00400	0,00657	0,00961	0,2699	0,4735	0,8421	0,17%	0,31%	0,60%	13,0	7,02	3,60
RATA-RATA		0,00429	0,00583	0,00941	0,2880	0,4050	0,8140	0,19%	0,24%	0,58%	11,5	9,66	3,92

2. Pengujian Bahan Bakar Minyak (Pertalite)

No	Waktu	Debit air (Q)			Htotal			Efisiensi Thermal			Brake Spesific Fuel Cosumption (BSFC)		
		BBM						$\eta_{thermal}$			BBM		
	m	m ³ /s			m			%			mg/J		
		Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
1	5	0,00623	0,00602	0,00888	0,4409	0,4216	0,7409	0,45%	0,32%	0,57%	5,13	7,27	4,06
2	10	0,00447	0,00533	0,00956	0,2997	0,3629	0,8349	0,22%	0,24%	0,70%	10,51	9,54	3,34
3	15	0,00414	0,00649	0,00793	0,2784	0,4656	0,6212	0,19%	0,38%	0,43%	12,21	6,10	5,42
4	20	0,00407	0,00632	0,00719	0,2741	0,4493	0,5374	0,18%	0,36%	0,34%	12,62	6,50	6,91
5	25	0,00478	0,00636	0,00938	0,3212	0,4531	0,8093	0,25%	0,36%	0,66%	9,17	6,40	3,52
6	30	0,00453	0,00595	0,010256	0,3038	0,4153	0,9382	0,23%	0,31%	0,84%	10,23	7,46	2,77
7	35	0,00506	0,00611	0,00836	0,3419	0,4298	0,6737	0,29%	0,33%	0,49%	8,14	7,02	4,74
RATA-RATA		0,00475	0,00608	0,00879	0,3229	0,4282	0,7365	0,26%	0,33%	0,57%	9,71	7,18	4,39

LAMPIRAN B

DOKUMENTASI PENGUJIAN

1. Proses Pemasangan Konverter Kit Pada Mesin



2. Mengukur Suhu Mesin Saat Proses Pengujian



3. Mengukur Suhu Udara Hisap Mesin Saat Pengujian



4. Mengukur Kecepatan RPM Pada Mesin Saat Dilakukan Pengujian

