

**UJI KOMPARASI PENGARUH PENAMBAHAN *DIETYL ETHER* DAN
BUTANOL PADA BAHAN BAKAR PERTALITE TERHADAP EMISI
GAS BUANG MESIN BENSIN**



LAPORAN PENELITIAN

Sebagai Salah Satu Bentuk Pengalaman Tri Dharma Perguruan Tinggi

Oleh :

Nama	NIPY
1. Firman Lukman Sanjaya, M.T	09.016.296
2. Syarifudin, S.T, M.T	09.012.264
3. Faqih Fatkhurrozak, M.T	09.016.297

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN

POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA

KOTA TEGAL

Agustus 2021

SK Direktur Nomor : 098.05/PHB/V/2021 Tanggal 21 Mei 2021
Surat perjanjian / Kontrak Pelaksanaan Kegiatan
Penelitian Nomor : 042.16/P3M.PHB/V/2021 Tanggal 6 Mei 2021

HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN PENELITIAN

UJI KOMPARASI PENGARUH PENAMBAHAN *DIETYL ETHER* DAN
BUTANOL PADA BAHAN BAKAR PERTALITE TERHADAP EMISI
GAS BUANG MESIN BENSIN

Sebagai Salah Satu Bentuk Pengalaman Tri Dharma Perguruan Tinggi

Oleh :

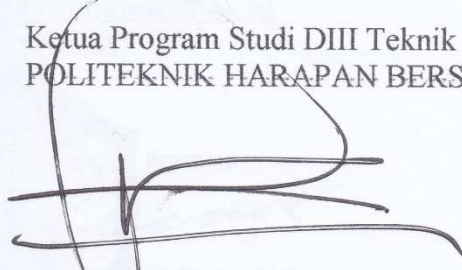
Nama	NIPY
1. Firman Lukman Sanjaya, M.T	09.016.296
2. Syarifudin, S.T, M.T	09.012.264
3. Faqih Fatkhurrozak, M.T	09.016.297

Tegal, Agustus 2021

Menyetujui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA

Ketua P3M
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA


M. Taufik Qurohman, M.Pd.
NIPY. 08.015.265

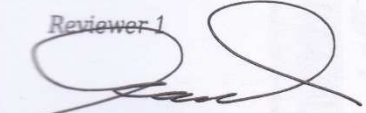

Kusnadi, M.Pd
NIPY. 04.015.217

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**

- 1. Judul** : UJI KOMPARASI PENGARUH PENAMBAHAN DIETYL ETHER DAN BUTANOL PADA BAHAN BAKAR PERTALITE TERHADAP EMISI GAS BUANG MESIN BENSIN GL 160 MENGGUNAKAN ALAT UJI GAS ANALYZER
- 2. Ketua Peneliti**
- a. Nama Lengkap : Firman Lukman Sanjaya, ST, MT
 - b. NIDN : 0630069202
 - c. NIPY : 09.016.296
 - d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - e. Program Studi : DIII Teknik Mesin
 - f. Alamat e-mail :
- 3. Jumlah Anggota** : 4
- Nama Anggota 1 : Faqih Fatkhurrozak, ST, MT
 - Nama Anggota 2 : Syarifudin, ST, MT
 - Nama Mahasiswa 1 : Nunung Haryanti
 - Nama Mahasiswa 2 : Nunung Haryanti
- Biaya Penelitian** : Rp. 2,971,000

Tegal, Agustus 2021

Reviewer 1


Syarifudin, S.T. M.T

NIPY. 09.012.264

Menyetujui,
Ketua Prodi DIII Teknik Mesin
Politeknik Harapan Bersama


M. TAUFIK OUROHMAN, M. Pd

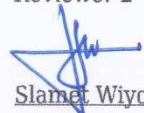
NIPY. 08.015.265

Mengetahui,
Wakil Direktur
Politeknik Harapan Bersama


apt. Heru Nurcahyo, S.Farm., M.Sc


NIPY. 10.007.038

Reviewer 2


Slamet Wiyono, S.Pd., M. Eng


NIPY. 08.015.222

Ketua Tim Pelaksana
Penelitian


Firman Lukman Sanjaya, ST, MT

NIPY. 09.016.296

Mengesahkan,
Ketua P3M
Politeknik Harapan Bersama


Kusnadi, M.Pd

NIPY. 04.015.217

PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa :

1. Penelitian ini tidak pernah dibuat oleh peneliti lain dengan tema, judul, isi, metode, objek penelitian yang sama.
2. Penelitian ini bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi.
3. Dalam penelitian ini juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Tegal, Agustus 2021



Ketua Tim Peneliti

Firman Lukman Sanjaya, M.T
NIDN. 0630069202

Anggota 1

Syarifudin, S.T, M.T
NIDN. 0627068803

Anggota 2

Faqih Fatkhurrozak, M.T
NIDN. 0616079002

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada kami Tim Peneliti Dosen program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal untuk melaksanakan penelitian sebagai salah satu bentuk pengalaman Tri Dharma Perguruan Tinggi. Penelitian yang dilaksanakan berjudul “Uji Komparasi Pengaruh Penambahan Dietyl Ether Dan Butanol Pada Bahan Bakar Pertalite Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Bensin”. Kegiatan penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini perkenankan kami menyampaikan terimakasih kepada:

1. Nizar Suhendra, S.E, MPP. selaku Direktur Politeknik Harapan Bersama Tegal.
2. Kusnadi, M.Pd. Selaku ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Harapan Bersama Tegal.
3. Berbagai pihak yang tidak kami sebutkan satu persatu yang telah membantu terlaksananya kegiatan penelitian ini.

Kegiatan penelitian ini semoga bisa tercapai tujuan yang diinginkan, kiranya perlu dilakukan kegiatan penelitian setiap persemester untuk memantau dan mengembangkan ketrampilan dosen pendidik di Prodi Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal.

Tegal, Agustus 2021
Ketua Peneliti

Firman Lukman Sanjaya, S.T, M.T
NIDN. 0630069202

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Telaah Literatur / Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	7
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Bahan Penelitian	13
3.2 Alat Penelitian	13
3.3 Variabel Penelitian	13
3.4 Prosedur Penelitian	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Analisa Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO	15
4.2 Analisa Hasil Pegnujian Emisi Gas Buang HC	16
4.3 Analisa Hasil Pegnujian Emisi Gas Buang CO ₂	17
4.4 Analisa Hasil Pegnujian Kandungan O ₂ pada Emisi Gas Buang	18
4.5 Luaran Penelitian yang Terpenuhi	19

BAB V KESIMPULAN	20
DAFTAR PUSTAKA	21

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Penggunaan bahan bakar disel dengan campuran variasi Biodisel Diethyl Ether terhadap emisi HC	4
Gambar 2.2 Penggunaan bahan bakar disel dengan campuran variasi Biodisel Diethyl Ether terhadap emisi CO	5
Gambar 2.3 Grafik emisi CO (a) dan HC (b) mesin bensin berbahan bakar campuran bensin dan butanol.....	6
Gambar 2.4 Diagram P-V siklus otto	9
Gambar 3.1 Eksperimental Set-Up	14
Gambar 4.1 Hasil pengujian emisi CO menggunakan bahan bakar Campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin.....	15
Gambar 4.2 Hasil pengujian emisi HC menggunakan bahan bakar Campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin.....	16
Gambar 4.3 Hasil pengujian emisi CO ₂ menggunakan bahan bakar Campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin.....	17
Gambar 4.4 Hasil pengujian kandungan O ₂ menggunakan bahan bakar Campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin.....	18
Gambar 4.5 Submission jurnal pada Infotekmesin PNC	19

ABSTRAK

Jumlah kendaraan sepeda motor meningkat setiap tahunnya sehingga meningkatkan polusi udara yang berbahaya. Solusinya adalah mengganti bahan bakar fosil menjadi bahan bakar alternatif seperti alkohol. *Diethyl Ether* (DEE) dan Butanol adalah alkohol yang sering digunakan karena memiliki kandungan oksigen yang tinggi sehingga emisi CO dan HC dapat direduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengobservasi penggunaan bahan bakar pertalite-DEE dan Pertalite-butanol terhadap emisi gas buang mesin bensin 160 cc. Penelitian ini menggunakan volume bahan bakar 100 ml dengan prosesntasi campuran bahan bakar DEE maupun Butanol 5%, 10% dan 15% dari total volume bahan bakar. Pengujian emisi gas buang menggunakan alat ukur *Gas Analyzer*. Hasil pengujian menunjukkan penambahan butanol maupun DEE pada pertalite dapat mereduksi emisi gas buang mesin bensin. Penambahan butanol dan DEE pada pertalite mereduksi emisi CO tertinggi 72% pada B15 dan 87% pada DEE15 dibanding pertalite murni. Selain itu, emisi HC juga menurun drastis sebesar 67% pada B15 dan 73% pada DEE15 dibanding pertalite murni. Sedangkan emisi gas buang CO₂ meningkat sebesar 17% pada DEE15 dan 11% pada B15. Kandungan oksigen pada emisi gas buang mesin meningkat seiring dengan penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar pertalite yaitu sebesar 8% pada DEE15 dan 6% pada B15 dibanding pertalite murni.

Kata kunci : DEE, Butanol, Emisi Gas Buang, Mesin Bensin

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah kendaraan sepeda motor meningkat setiap tahunnya. Hal ini mengakibatkan polusi udara semakin tinggi dan dapat berbahaya bagi kesehatan manusia maupun makhluk hidup. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan cara mengontrol emisi gas buang sepeda motor dengan menggunakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan ^[1]. Beberapa bahan bakar alternatif yang sering digunakan adalah senyawa turunan dari alkohol seperti *Dietyl Ether* (DEE) dan Butanol ^{[2], [3]}.

Dietyl Ether merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang memiliki angka oktan yang tinggi sehingga dapat menahan tekanan tinggi saat langkah kompresi. Hal ini mengakibatkan performa mesin meningkat ^[4]. Selain itu, kandungan oksigen yang tinggi pada *Dietyl Ether* meningkatkan proses oksidasi bahan bakar sehingga pembakaran lebih sempurna dan mereduksi emisi *Carbon Monoxide* (CO) dan *Hydrocarbons* (HC) ^[5]. Butanol juga merupakan bahan bakar alternatif yang sering digunakan sebagai pengganti bahan bakar bensin karena butanol diproduksi dari tumbuh-tumbuhan yang dapat diperbaharui. Selain itu, butanol memiliki sifat fisik yang lebih baik dari bensin. Nilai oktan yang tinggi pada butanol mengakibatkan bahan bakar mampu menerima tekanan tinggi pada saat langkah kompresi. Hal ini mengakibatkan peningkatan torsi dan daya mesin ^[6]. Butanol juga mampu mereduksi emisi gas buang hasil pembakaran mesin karena tingginya kadar oksigen meningkatkan proses pembakaran yang lebih sempurna pada ruang bakar ^[7].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Basha J.B., dkk., (2020) ^[8] tentang penggunaan DEE sebagai bahan aditif dalam bahan bakar solar. Penelitian ini menunjukkan emisi HC lebih rendah daripada bahan bakar solar murni. Penambahan DEE pada bahan bakar solar dapat memperbaiki oksidasi hidrokarbon dan dapat menurunkan suhu aktifitas pembakaran karbon secara signifikan. Seokhwan lee dan tae young kim (2017) ^[9] juga melakukan penelitian

menggunakan DEE yang dicampurkan pada bahan bakar solar dengan mesin diesel. Penelitian menunjukkan bahwa emisi HC dan CO menurun seiring dengan penambahan DEE pada bahan bakar diesel. Hal ini disebabkan DEE mempunyai sifat penyalaan api otomatis lebih baik daripada bahan bakar diesel. Selain itu, DEE juga memiliki kandungan oksigen yang tinggi sehingga DEE dapat membakar bahan bakar lebih sempurna pada ruang bakar. Sedangkan menurut Yunqian Li, dkk., (2016) ^[10], pada penelitiannya menjelaskan bahwa penambahan butanol pada bahan bakar meningkatkan panas laten penguapan sehingga campuran bahan bakar mampu menguap lebih baik di dalam ruang bakar. Hal ini mempercepat pembakaran dalam ruang bakar sehingga efisiensi termal mesin meningkat. Penjelasan ini sejalan dengan penelitian Yuanxu Li, dkk., (2018) ^[11], bahwa penambahan butanol pada bahan bakar meningkatkan performa mesin. Menurut Yussof, dkk (2017) ^[12], juga menjelaskan bahwa butanol sebagai campuran bahan bakar bensin memberikan dampak stabilitas proses pembakaran sehingga emisi CO dan HC dapat direduksi. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar oksigen pada butanol.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini mengobservasi emisi gas buang mesin bensin GL 160 berbahan bakar campuran pertalite – DEE dan Pertalite - Butanol dengan komposisi campuran 95/5, 90/10, dan 95/15 dengan variasi putaran mesin.

1.2 Perumusan Masalah

Peningkatan volume kendaraan bermotor menyebabkan peningkatan polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia. *Diethyl Ether* dan Butanol secara umum dapat dijadikan sebagai campuran bahan bakar pertalite. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian untuk menganalisis dan mengkomparasi bagaimana emisi gas buang mesin bensin GL 160 menggunakan bahan bakar pertalite - *Diethyl Ether* dan pertalite – Butanol?

1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental pada mesin bensin bensin GL 160. Bahan bakar yang digunakan adalah campuran pertalite – Diethyl ether dan pertalite - butanol dengan prosentase alkohol 5%, 10% dan 15% dari total volume campuran bahan bakar. Mesin yang digunakan yaitu mesin bensin 4 langkah 160 cc dengan putaran mesin 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm. Pengambilan data emisi gas buang dilakukan pada kendaraan secara statis dengan menggunakan alat uji *Gas Analyzer*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkomparasi pengaruh diethyl ether dan butanol pada bahan bakar pertalite terhadap emisi gas buang mesin bensin menggunakan alat uji *Gas Analyzer*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

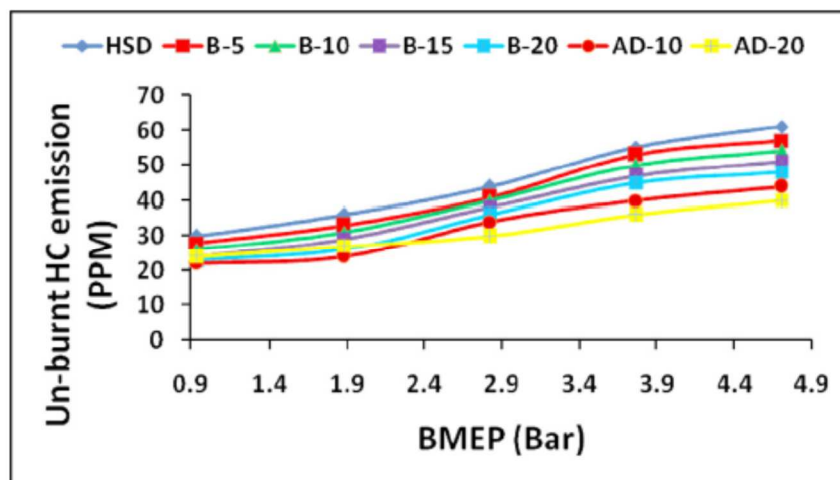
1. Mendapatkan data emisi gas buang mesin bensin 160 cc dengan variasi campuran bahan bakar.
2. Menjadi rekomendasi campuran bahan bakar yang sesuai bagi pengguna mesin bensin 160 cc.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telaah Literatur/Pustaka

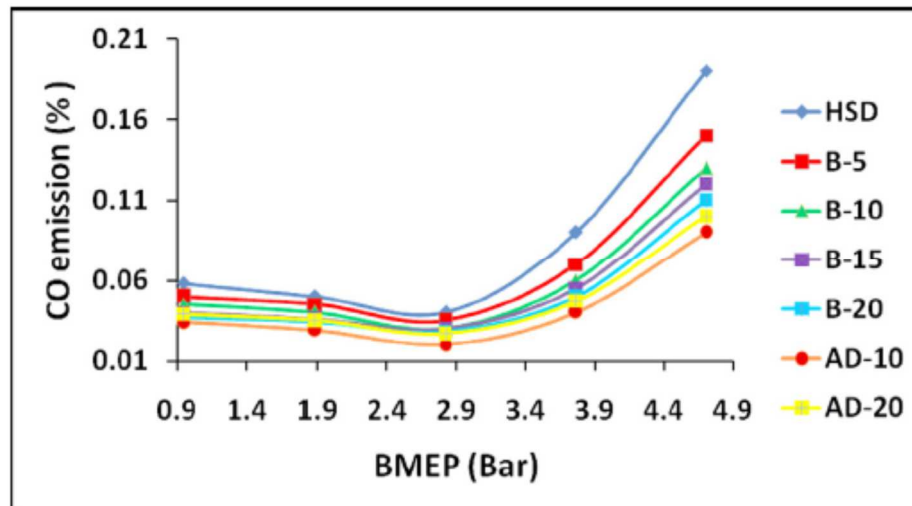
2.1.1 Emisi Gas Buang HC Dan CO Mesin Menggunakan Bahan Bakar Campuran Diethyl Ether (DEE)



Gambar 2.1 Penggunaan bahan bakar disel dengan campuran variasi Biodisel - Diethyl Ether terhadap emisi HC ^[13].

Gambar 2.1 memaparkan hasil pengujian menggunakan mesin diesel dengan putaran mesin 1600 rpm. Pada penelitian ini bahan bakar biodiesel Mahua dibuat dengan cara esterifikasi dilanjutkan dengan transesterifikasi sedangkan DEE dibeli dari vendor lokal. Setelah produksi B100 (MOME), campuran dibuat dengan memvariasikan kuantitas campuran B100 bersama dengan diesel sulfur tinggi (HSD) berdasarkan volume menggunakan tabung ukur, pipet, dan pengaduk magnet yaitu., B-5 (5% MOME + 95% solar), B-10 (10% MOME + 90% solar), B-15 (15% MOME + 85% solar), dan B-20 (20% MOME + 80% solar) B- 20 campuran selanjutnya dicampur dengan 10% dan 20% DEE untuk mendapatkan AD-10 dan AD-20, masing-masing. Diamati bahwa emisi HC menurun seiring dengan bertambahnya prosesntase DEE dalam campuran Biodisel Mahua. Hal ini disebabkan campuran Biodiesel Mahua dengan DEE memiliki indeks cetane yang lebih tinggi daripada diesel murni dan juga

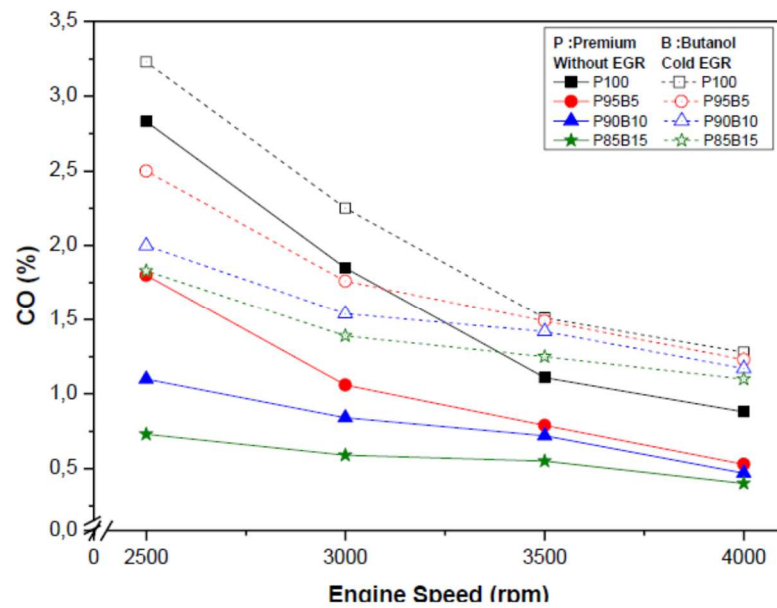
campuran Biodiesel Mahua mengandung lebih banyak jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna ^[13].



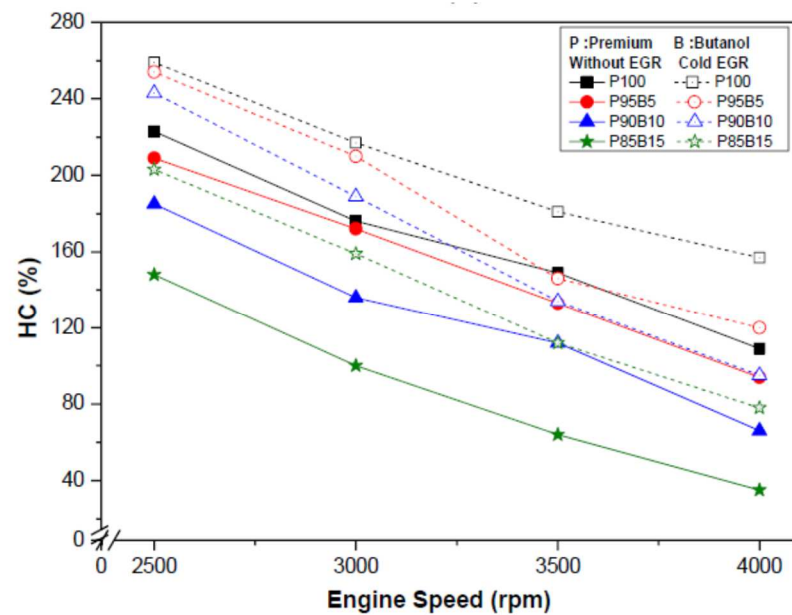
Gambar 2.2 Penggunaan bahan bakar diesel dengan campuran variasi Biodiesel - Diethyl Ether terhadap emisi CO ^[13].

Gambar 2.2 memaparkan hasil pengujian menggunakan mesin diesel dengan putaran mesin 1600 rpm. Pada penelitian ini bahan bakar biodiesel Mahua dibuat dengan cara esterifikasi dilanjutkan dengan transesterifikasi sedangkan DEE dibeli dari vendor lokal. Setelah produksi B100 (MOME), campuran dibuat dengan memvariasikan kuantitas campuran B100 bersama dengan diesel sulfur tinggi (HSD) berdasarkan volume menggunakan tabung ukur, pipet, dan pengaduk magnet yaitu., B-5 (5% MOME + 95% solar), B-10 (10% MOME + 90% solar), B-15 (15% MOME + 85% solar), dan B-20 (20% MOME + 80% solar) B- 20 campuran selanjutnya dicampur dengan 10% dan 20% DEE untuk mendapatkan AD-10 dan AD-20, masing-masing. Deviasi karbon monoksida (CO) dalam kondisi pembebanan variabel ditunjukkan pada Gambar 2.2. HSD memiliki nilai emisi CO maksimum untuk semua kondisi pembebanan sedangkan campuran MOME memiliki tingkat emisi yang lebih rendah daripada HSD. Selain itu, AD-10 memiliki emisi CO terendah di semua kondisi pembebanan. Hal ini karena lebih banyak kuantitas oksigen yang ada di Biodiesel Mahua dengan DEE menghasilkan oksidasi campuran yang sempurna sehingga menghasilkan pembakaran yang efisien ^[13].

2.1.2 Emisi Gas Buang CO dan HC mesin menggunakan campuran Butanol



(a)



(b)

Gambar 2.3 Grafik emisi CO (a) dan HC (b) mesin bensin berbahan bakar campuran bensin dan butanol [1].

Penambahan butanol pada campuran bahan bakar bensin menurunkan emisi CO dan HC. Pada penelitian Sanjaya, dkk (2019) ^[1], menjelaskan bahwa semakin tinggi prosentase butanol pada campuran bahan bakar bensin semakin

menurunkan kadar emisi CO dan HC. Penurunan emisi CO dan HC tertinggi terjadi pada penambahan butanol 15%. Hal ini disebabkan kandungan oksigen yang tinggi pada butanol sehingga meningkatkan “*Efect Leaning*” pada campuran bahan bakar. Efect Leaning merupakan peningkatan kadar oksigen pada campuran bahan bakar sehingga proses pembakaran lebih sempurna dan mereduksi emisi CO dan HC.

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Mesin Bensin

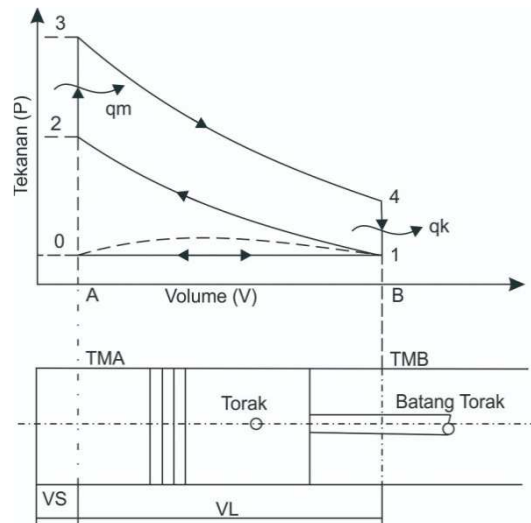
Mesin bensin merupakan salah satu dari mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang menghasilkan tenaga panas dari dalam mesin itu sendiri. Sumber tenaga mesin hanyalah merubah bahan bakar menjadi energi gerak berputar. Campuran bahan bakar dan udara di kabutkan mengalir ke dalam silinder. Campuran ini akan diledakkan di dalam silinder, menciptakan pengembangan panas yang akan menghasilkan tekanan. Piston terdorong turun dalam silinder oleh tendangan balik akibat ledakan diruang bakar hingga mampu memutar poros engkol. Bahan bakar adalah sebuah sumber energi kimia. Seberapa banyak bahan bakar yang mampu dibakar secara efektif di dalam mesin sangat berhubungan dengan hasil output tenaganya. Campuran bahan bakar dan udara memiliki bahan bakar yang terlalu basah, maka mesin tidak akan berjalan normal. Hal ini menyebabkan tenaga yang dihasilkan lebih kecil. Cara terbaik untuk menghasilkan tenaga yang bagus adalah dengan pencampuran bahan bakar dan udara yang ideal yaitu dengan perbandingan kompresi 8-21:1. Perbandingan kompresi tersebut memiliki nilai lebih kecil daripada perbandingan kompresi mesin diesel yaitu 12-24:1. Hal tersebut menyebabkan mesin bensin memiliki getaran mesin lebih kecil apabila dibandingkan dengan mesin diesel. Selain itu, mesin bensin memiliki bobot yang lebih ringan daripada mesin diesel pada daya output yang sama. Akselerasi mesin bensin terbukti lebih baik daripada mesin diesel ^[14].

Mesin bensin pada siklus Otto terdapat dua jenis mesin yaitu 2 langkah (*two stroke*) dan mesin 4 langkah (*four stroke*). Mesin 2 langkah hanya membutuhkan satu kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus di

dalam silinder. Langkah usaha (kerja/daya) dihasilkan pada setiap putaran poros engkol. Proses kompresi pada motor dua langkah terjadi dua kali setiap putaran. Kompresi pertama berlangsung di dalam bak engkol, di mana campuran udara-bahan bakar ditarik ke dalam bak engkol dan selanjutnya dikompresi melalui gerakan engkol dan masuk ke ruang bakar. Kompresi kedua berlangsung di dalam silinder dan ruang bakar sehingga dihasilkan tekanan tinggi untuk menyalakan campuran udara-bahan bakar dengan bantuan busi. Motor empat langkah membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus di dalam silinder. Dengan kata lain, setiap silinder membutuhkan empat langkah torak pada da putaran poros engkol untuk melengkapi siklusnya. Sementara yang dimaksud langkah adalah gerakan piston dari TMA (Titik Mati Atas) atau *TDC (Top Death Center)* sampai TMB (Titik Mati Bawah) atau *BDC (Bottom Death Center)* maupun sebaliknya dari TMB ke TMA^[14].

2.1.2 Konsep Pembakaran Mesin Bensin

Pembakaran dalam motor bensin terjadi akibat adanya campuran bahan bakar-udara yang dikompresikan dan percikan api busi sesuai dengan timing pengapiannya. Energi panas dari hasil proses pembakaran akan dirubah menjadi energi mekanik dalam bentuk pergerakan piston naik turun (translasi). Dari tiap-tiap langkah piston dan setiap proses yang terjadi di dalam silinder dapat menyebabkan perubahan tekanan dan volume. Hubungan piston dengan tekanan yang terjadi dinyatakan dalam diagram tekanan terhadap volume atau diagram P-V. Diagram P – V siklus Otto ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Diagram P-V siklus Otto

Adapun siklus ini adalah sebagai berikut:

1. Langkah 0 – 1 adalah langkah hisap, dimana awal langkah hisap tekanan (P) di dalam silinder sama dengan tekanan udara luar (atmosfir). Selama langkah hisap tekanan di dalam silinder lebih rendah daripada tekanan atmosfer. Pada akhir langkah hisap tekanan naik kembali karena sifat kelembaman udara yang masuk ke dalam silinder.
2. Langkah 1 – 2 adalah langkah kompresi, selama langkah kompresi tekanan dan temperatur campuran bahan bakar dan udara semakin meningkat mencapai ± 7 atm. Beberapa saat sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA), campuran bahan bakar dan udara terkompresi dan dinyalakan oleh percikan bunga api dari busi, mendadak tekanan dan temperatur meningkat.
3. Langkah 2 – 3 adalah dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan. Pembakaran terjadi dengan cepat sekali, suhu gas naik, sedangkan dalam waktu yang relatif pendek volume gas hanya berubah sedikit, tekanan meningkat maksimum ± 28 atm.
4. Langkah 3 – 4 adalah proses ekspansi, yang terjadi secara isentropic. Gas mengalami pengembangan (ekspansi) dimana gas bertekanan tinggi mendorong piston dan tekanannya semakin menurun (volume gas membesar maka tekanan menurun).

5. Langkah 4 – 1 adalah langkah pengeluaran kalor pada volume konstan. Tekanan menurun sesuai dengan tekanan atmosfer sebagian besar ($\pm 70\%$) gas pembakaran telah dikeluarkan.
6. Langkah 1 – 0 adalah proses tekanan konstan. Merupakan proses sisa gas pembakaran didesak keluar oleh piston. Karena kecepatan gerak piston terjadilah kenaikan tekanan sedikit di atas 1 atm.

2.1.3 Bahan Bakar

Hasil dari proses pembakaran yang sempurna berdampak pada ekonomis bahan bakar, tenaga yang dihasilkan dan emisi gas buang yang rendah. Bahan bakar yang digunakan pada motor bensin biasanya menggunakan premium dan pertamax. Keduanya memiliki kandungan angka oktan yang berbeda, pertamax memiliki kandungan angka oktan yang lebih tinggi dibanding premium. Nilai oktan (*octane number*) atau tingkatan dari bahan bakar adalah mengukur bahan bakar bensin terhadap anti *knock characteristic*.

2.1.4 Pertalite

Pertalite merupakan bahan bakar minyak (BBM) jenis yang diproduksi Pertamina. Jika dibandingkan dengan premium, pertalite memiliki kualitas bahan bakar lebih sebab memiliki kadar *Research Octan Number* (RON) 90 di atas premium yang hanya RON 88. Berdasarkan uji tes antara pertalite dan premium maka dapat dikatakan bahwa penggunaan bahan bakar pertalite akan membuat kendaraan dalam pemakaian BBM lebih irit. Sebab, lebih iritnya pertalite disebabkan karena pertalite memiliki RON yang lebih tinggi. Pertalite sangat direkomendasikan untuk jenis kendaraan dengan kompresi antara 9,1 hingga 10,1, terutama bagi kendaraan bermotor yang telah menggunakan teknologi yang setara dengan *Catalytic Converters* (pengubah katalitik) dan *Electronic Fuel Injection* (EFI)^[15].

2.1.5 Butanol

Butanol dapat digunakan sebagai bahan bakar di mesin pembakaran dalam dengan kadar maksimal 50%. Karena rantai hidrokarbonnya lebih panjang, maka pada umumnya bersifat non-polar, tidak larut dalam air dan titik nyalanya tinggi, serta mempunyai tekanan uap rendah (0,3 psi). Butanol lebih mirip bensin daripada etanol. Butanol dapat diproduksi dari biomassa (disebut "biobutanol") sama seperti bahan bakar fosil (sebagai "petrobutanol"), tetapi biobutanol dan petrobutanol memiliki ciri-ciri kimia yang sama. Butanol yang diperoleh dari biomassa dapat digunakan di mesin bensin tanpa modifikasi apapun. Biobutanol dapat juga dibuat dengan bantuan energi matahari, yaitu melalui alga (disebut bahan bakar solalgal) dan diatom. Nilai oktan dari butanol mirip dengan bensin tetapi lebih rendah daripada etanol dan metanol. Butanol mempunyai angka RON (*Research Octane Number* atau angka oktan) sebesar 98. Butanol digunakan sebagai bahan aditif pada bensin tetapi tidak bisa digunakan sebagai bahan bakar dalam bentuk murninya karena mempunyai titik beku sebesar 25,5 °C, sehingga akan menjadi gel dan membeku pada suhu ruangan^[16].

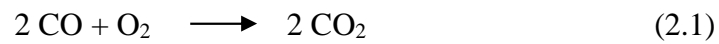
2.1.6 Diethyl Ether

Dietil eter merupakan cairan polar yang dapat bercampur dengan air. Dietil eter adalah salah satu dari kelompok "alkohol fusel", yang memiliki lebih dari dua atom karbon dan mudah larut dalam air. Dietil eter mempunyai panas laten penguapan yang sangat rendah sehingga dapat menurunkan ignition delay dari compreessin diesel machine dibandingkan etanol dan metanol^[2].

2.1.7 Emisi Gas Buang

Hasil pengujian emisi gas buang pada motor bensin menggunakan alat *gas analyzer* bertujuan untuk mengetahui nilai emisi CO (%V), CO₂ (%V), HC (ppm) dan kandungan O₂ (%V) pada gas buang. Hasil pengujian ditunjukkan melalui grafik hubungan antara campuran butanol dengan CO, CO₂, HC, O₂, dan NO_x. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna karena kurangnya oksigen dalam ruang bakar atau kurangnya waktu siklus dalam

pembakaran. Secara teoritis CO tidak akan terjadi bila perbandingan udara bahan bakar lebih besar dari 16 : 1 (campuran miskin). Persentasi CO meningkat dalam keadaan stasioner dan berkurang terhadap kecepatan, konsentrasi CO rendah pada saat kecepatan konstan. CO dapat diubah menjadi CO₂ dengan oksidasi :



dimana reaksi ini termasuk reaksi lambat maka tidak dapat merubah semua CO menjadi CO₂. Konsentrasi CO dalam gas buang ditentukan oleh AFR dan bervariasi dengan perubahan AFR. Gas karbondioksida (CO₂) merupakan gas buang yang tidak berwarna dan tidak berbau, mudah larut dalam air. Gas CO₂ yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global karena hutan yang mempunyai kemampuan menyerap CO₂ saat ini sudah semakin berkurang.

Pada prinsipnya CO₂ berbanding terbalik dengan gas buang karbon monoksida (CO), apabila CO₂ tinggi maka CO akan rendah, karena dalam proses pembakaran yang hampir sempurna CO₂ harus tinggi dan O₂ rendah, akan tetapi CO₂ yang tinggi hasil pembakaran dapat dicegah dengan melakukan penghijauan untuk menyerap CO₂. Bensin adalah senyawa hidrokarbon (HC), jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat bersembunyi dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot tinggi. Apabila emisi HC tinggi, menunjukkan ada 3 kemungkinan penyebabnya yaitu *Catalytic Converter* (CC) yang tidak berfungsi, AFR (*Air Fuel Ratio*) yang tidak tepat (terlalu kaya) atau bensin tidak terbakar dengan sempurna di ruang bakar^[17].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Berikut bahan yang digunakan dalam penelitian :

1. Bahan bakar Pertalite
2. Butanol
3. Diethyl Ether
4. Botol blending
5. Majun
6. Perlengkapan pencatatan data

3.2 Alat Penelitian

1. Gas Analyzer
2. Mixer homogen
3. Tachometer
4. Sepeda motor 4 langkah GL 160

3.3 Variable Penelitian

3.3.1 Variabel tetap

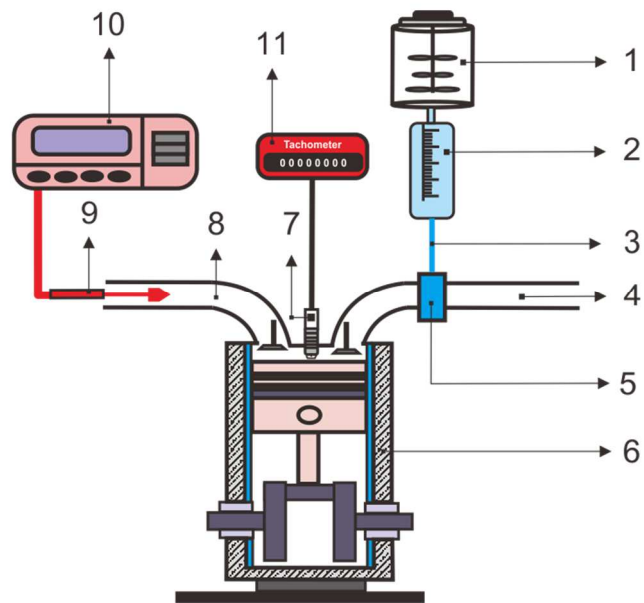
1. Volume silinder mesin (160cc)
2. Volume bahan bakar 100ml

3.3.2 Variabel bebas

1. Putaran mesin : 2000, 3000, dan 4000 rpm
2. Komposisi bahan bakar pertalite dan DEE : 95ml pertalite+5ml DEE, 90ml pertalite+10ml DEE, 85ml pertalite+15ml DEE.
3. Komposisi bahan bakar pertalite dan butanol : 95ml pertalite+5ml butanol, 90ml pertalite+10ml butanol, 85ml pertalite+15ml butanol.

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian menggunakan Sepeda motor dengan spesifikasi 4 langkah 160cc dan dioperasikan dengan variasi putaran mesin sebesar 2000, 3000, dan 4000 rpm. Bahan bakar disiapkan dengan komposisi campuran pertalite – butanol dan pertalite - DEE sebesar 95/5, 90/10, 85/15 berbasis volume. Sebelum pengujian, bahan bakar dicampur menggunakan mixer agar homogen. Pengukuran emisi gas buang dilakukan menggunakan alat *Gas Analyzer*. Pembacaan emisi gas buang dilakukan menjelang volume bahan bakar 100ml habis. Data hasil pengujian dijadikan sebagai bahan analisa emisi. Pengolahan data akan dilakukan dengan bantuan ms. Exel 2010 dan software origin pro untuk menampilkan trend grafik emisi.



Gambar 3.1 Eksperimental Set-Up

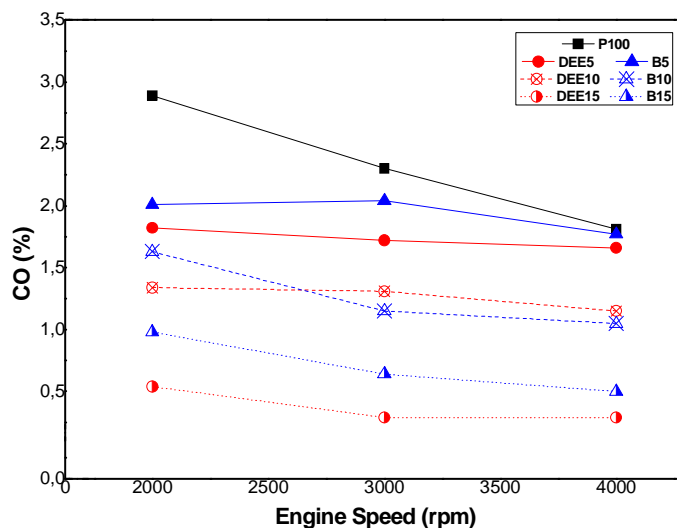
Keterangan:

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. Mixer Bahan Bakar | 1. Busi |
| 2. Burret | 2. <i>Exhaust Manifold</i> |
| 3. Selang Bahan Bakar | 3. <i>Stick Gas Analyzer</i> |
| 4. <i>Intake Manifold</i> | 4. <i>Gaz Analyzer</i> |
| 5. Karburator | 5. <i>Tachometer</i> |
| 6. Mesin GL 160 | |

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO (*Carbon Monoxide*)

Penelitian konsumsi bahan bakar ini dilakukan pada mesin bensin 4 langkah pada bahan bakar campuran pertalite-butanol dan pertalite-*diethyl ether* dengan variasi kecepatan mesin. Eksperimen ini bertujuan untuk mengamati pengaruh penambahan butanol dan DEE pada pertalite terhadap emisi gas buang CO pada kondisi mesin tersebut. Hasil pengujian pada tiap variasi kecepatan mesin dibandingkan satu dengan yang lainnya untuk mendapatkan nilai emisi CO terbaik. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.1.



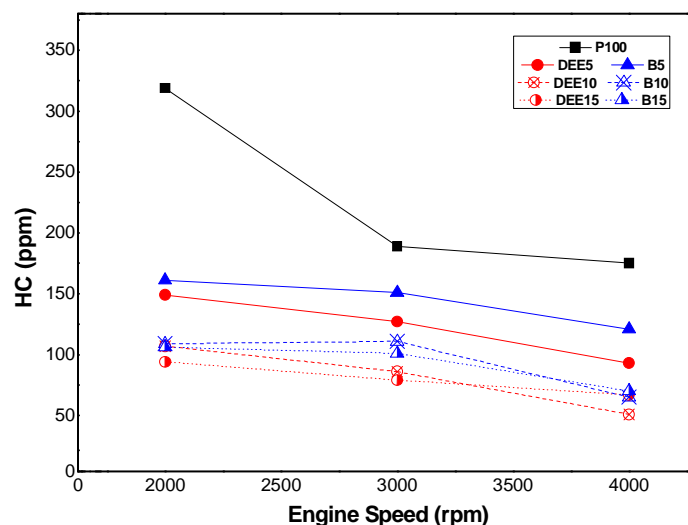
Gambar 4.1 Hasil pengujian emisi CO menggunakan bahan bakar campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin

Gambar 4.1 memaparkan nilai emisi gas buang CO mesin bensin menggunakan bahan bakar pertalite-butanol dan pertalite-DEE pada variasi kecepatan mesin. Secara umum penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar pertalite mereduksi emisi CO. Dari hasil pengujian, penambahan butanol 15% (B15) pada pertalite menurunkan emisi CO tertinggi sebesar 72% pada kecepatan mesin 4000 rpm dibanding pertalite murni. Namun, penambahan DEE 15% (DEE15) pada pertalite menurunkan emisi CO lebih tinggi hingga 87% pada

kecepatan mesin 3000 rpm dibanding pertalite murni. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Butanol maupun DEE pada pertalite mampu mereduksi emisi CO mesin bensin. Hal ini karena kandungan oksigen yang tinggi pada bahan bakar campuran (DEE dan Butanol) meningkatkan proses oksidasi bahan bakar sehingga proses pembakaran lebih sempurna dan mereduksi emisi CO [18][19].

4.2 Analisa Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC (*Hydro Carbon*)

Penelitian konsumsi bahan bakar ini dilakukan pada mesin bensin 4 langkah pada bahan bakar campuran pertalite-butanol dan pertalite-*diethyl ether* dengan variasi kecepatan mesin. Eksperimen ini bertujuan untuk mengamati pengaruh penambahan butanol dan DEE pada pertalite terhadap emisi gas buang CO pada kondisi mesin tersebut.



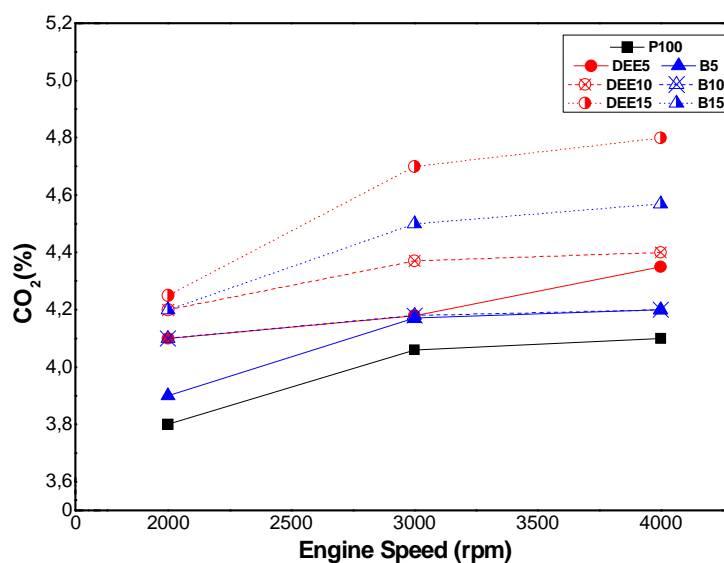
Gambar 4.2 Hasil pengujian emisi HC menggunakan bahan bakar campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin

Gambar 4.1 menjelaskan emisi gas buang HC mesin bensin menggunakan bahan bakar pertlite-butanol dan pertalite-DEE pada variasi kecepatan mesin. Secara umum penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar pertalite mereduksi emisi HC. Penurunan emisi HC tertinggi pada campuran DEE 10% pada pertalite (DEE10) hingga 73% pada kecepatan mesin 4000 rpm dibanding

pertalite murni. Sedangkan penambahan butanol 15% pada pertalite (B15) pun tidak kalah dalam mereduksi emisi HC hingga 67% pada kecepatan putaran mesin 2000 rpm dibanding pertalite murni. Bahan bakar alkohol seperti DEE dan Butanol mampu mereduksi emisi HC karena kandungan oksigen yang tinggi sehingga kecepatan rambat pembakaran meningkat dan membuat bahan bakar terbakar sempurna. Hal ini mengakibatkan emisi HC tereduksi^[20].

4.3 Analisa Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO₂ (Carbon Dioxide)

Penelitian ini menggunakan bahan bakar pertalite yang dicampur dengan alkohol Butanol dan DEE dengan variasi kecepatan mesin 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm. Penelitian ini mengobservasi pengaruh penambahan alkohol terhadap emisi CO₂ mesin bensin.



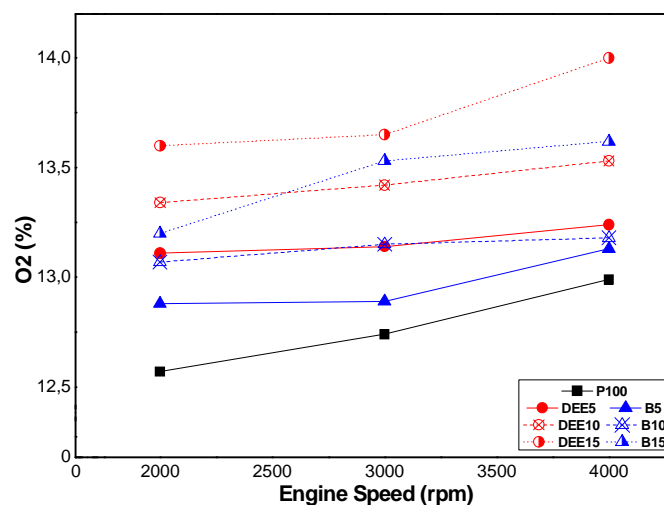
Gambar 4.3 Hasil pengujian emisi CO₂ menggunakan bahan bakar campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin

Gambar 4.1 memaparkan emisi gas buang CO₂ mesin bensin menggunakan bahan bakar pertalite-butanol dan pertalite-DEE pada variasi kecepatan mesin. Penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar pertalite meningkatkan kandungan CO₂ pada emisi gas buang mesin bensin. Peningkatan emisi CO₂ tertinggi pada campuran bahan bakar pertalite dan DEE 15% (DEE15) hingga 17% pada kecepatan mesin 4000 rpm dibandingkan pertalite murni. Namun,

penambahan butanol pun meningkatkan emisi CO₂ hingga 11% dengan penambahan butanol 15% (B15) pada semua variasi kecepatan mesin dibanding pertalite murni. Peningkatan emisi CO₂ diakibatkan tingginya prosentase oksigen pada butanol dan DEE yang bereaksi dengan atom karbon yang tidak terbakar selama proses pembakaran sehingga pembentukan CO₂ lebih tinggi^{[12][19]}. Tingginya nilai CO₂ pada gas buang menunjukkan proses pembakaran di dalam ruang bakar lebih baik.

4.4 Analisa Hasil Pengujian Kandungan O₂ (*Oxygen*) pada Emisi Gas Buang

Penelitian ini mengobservasi pengaruh penggunaan butanol dan DEE pada bahan bakar pertalite terhadap kandungan O₂ pada emisi gas buang dengan variasi kecepatan mesin.



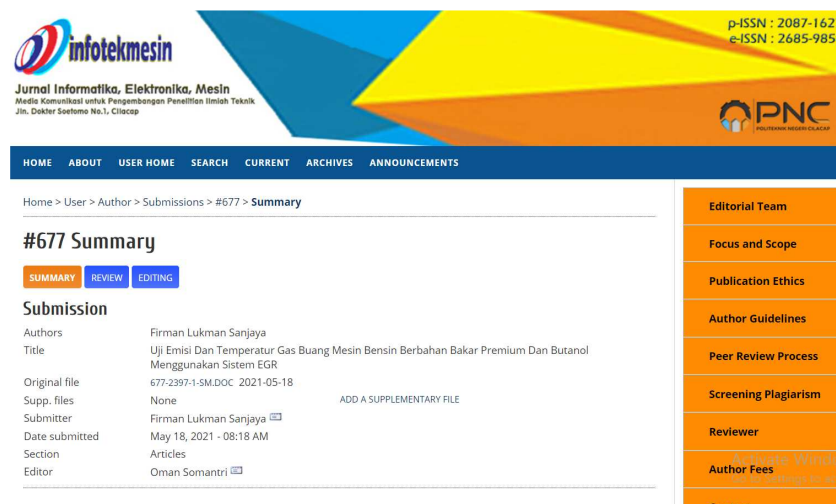
Gambar 4.4 Hasil pengujian emisi O₂ menggunakan bahan bakar campuran pertalite-DEE-Butanol dengan variasi kecepatan mesin

Gambar 4.4 menunjukkan pemaparan hasil pengujian campuran bahan bakar pertalite dengan butanol dan DEE. Hasil pengujian menunjukkan kandungan oksigen pada emisi gas buang mengalami peningkatan pada setiap campuran bahan bakar. Peningkatan tertinggi terjadi pada campuran bahan bakar pertalite dan DEE 15% (DEE15) hingga 8% dibanding pertalite murni pada kecepatan mesin 2000 rpm. Penambahan butanol 15% (B15) pada pertalite juga mengalami

peningkatan kandungan oksigen pada emisi gas buang walaupun tidak lebih tinggi dari penambahan DEE yaitu hanya 6% pada kecepatan mesin 3000 rpm dibanding pertalite murni. Penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar meningkatkan prosentase oksigen di dalam ruang bakar sehingga pembakaran di dalam silinder mengalami peningkatan. Oksigen yang berlebih dari hasil pembakaran akan dikeluarkan sebagai gas buang sehingga konsentrasi O₂ mengalami peningkatan^[21].

4.5 Luaran Penelitian yang Terpenuhi

Luaran dalam penelitian ini adalah publikasi artikel ilmiah. Dalam hal ini, artikel ilmiah sudah di submit pada Jurnal INFOTEKMESIN Politeknik Negeri Cilacap dengan akreditasi SINTA 3 (terlampir).



Gambar 4.5 Submission jurnal pada Infotekmesin PNC

BAB V

KSEIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar pertalite mereduksi emisi CO masing- masing 72% dan 87% dibanding pertalite murni.
2. Bahan bakar pertalite yang ditambahkan butanol dan DEE dapat mereduksi paling tinggi emisi HC masing- masing 67% dan 73% dibanding pertalite murni.
3. Emisi gas buang CO₂ meningkat setelah bahan bakar pertalite ditambahkan dengan butanol dan DEE. Peningkatan tertinggi terjadi pada DEE15 sebesar 17% dan B15 sebesar 11% dibanding dengan pertalite murni
4. Kandungan oksigen pada emisi gas buang mesin meningkat seiring dengan penambahan butanol dan DEE pada bahan bakar pertalite. Peningkatan tertinggi kandungan oksigen sebesar 8% pada campuran bahan bakar DEE15 dan pada penambahan butanol peningkatan oksigen tertinggi pada campuran B15 sebesar 6% dibanding pertalite murni.

5.2 Saran

Penelitian berikutnya adalah menggabungkan bahan bakar alternatif lain dari golongan alkohol yang dapat diperbaharui dan memiliki spesifikasi yang mirip dengan bahan bakar bensin. Dalam proses pengujian harus mementingkan kondisi dari mesin tersebut. Hal ini karena kondisi mesin pun sangat mempengaruhi hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sanjaya, F. L., 2020, "Brake spesific fuel consumption , brake thermal efficiensy , dan emisi gas buang mesin bensin EFI dengan sistem EGR berbahan bakar premium dan butanol," *Turbo*, vol. 9, no. 2, pp. 170–176.
- [2] Fatkhurrozak, F., Sanjaya, F. L., Syarifudin, and Syaiful, 2020, "Pengaruh Diethyl Ether Terhadap Torsi dan Daya Mesin Diesel Injeksi Langsung Berbahan Bakar Solar Campuran Jatropa," *Infotekmesin*, vol. 11, no. 2, pp. 137–140.
- [3] Elfasakhany, A., and Mahrous, A. F., 2016, "Performance and emissions assessment of n-butanol–methanol–gasoline blends as a fuel in spark-ignition engines," *Alexandria Eng. J.*, vol. 55, no. 3, pp. 3015–3024.
- [4] Fatkhurrozak, F and Syaiful, 2019, "Effect of Diethyl Ether (DEE) on Performances and Smoke Emission of Direct Injection Diesel Engine Fueled by Diesel and Jatropa Oil Blends with Cold EGR System," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 494, no. 1.
- [5] Mohebbi, M., Reyhanian, M., Hosseini, V., Said, M. F. M., and Aziz, A. A., 2018, "The effect of diethyl ether addition on performance and emission of a reactivity controlled compression ignition engine fueled with ethanol and diesel," *Energy Convers. Manag.*, vol. 174, no. March, pp. 779–792.
- [6] Sanjaya, F. L., 2020, "Pengaruh Penambahan Butanol sebagai Campuran Bahan Bakar Premium terhadap Torsi dan Daya Mesin Bensin dengan Sistem EGR," vol. 1, no. 1, pp. 7–10.
- [7] Sanjaya, F. L., Syaiful, and Sinaga, D., 2019, "Effect of Premium-Butanol Blends on Fuel Consumption and Emissions on Gasoline Engine with Cold EGR System," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, pp. 11–17.
- [8] Basha, J. S. *et al.*, 2020, "An emission control strategy in a low capacity single cylinder compression ignition engine powered with DEE blended fuels," *Mater. Sci. Energy Technol.*, vol. 3, pp. 770–779.
- [9] Lee, S., and Kim, T. Y., 2017, "Performance and emission characteristics of a DI diesel engine operated with diesel/DEE blended fuel," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 121, pp. 454–461.
- [10] Li, Y., *et al.*, 2016, "Combustion, performance and emissions characteristics of a spark-ignition engine fueled with isopropanol-n-butanol-ethanol and gasoline blends," *Fuel*, vol. 184, pp. 864–872.
- [11] Li, Y., Ning, Z., Lee, C. fon F., Yan, J., and Lee, T. H., 2019, "Effect of acetone-butanol-ethanol (ABE)–gasoline blends on regulated and unregulated emissions in spark-ignition engine," *Energy*, vol. 168, pp. 1157–1167.
- [12] Yusoff, M. N. A. M., *et al.*, 2017, "Performance and emission characteristics of a

spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 57, no. September, pp. 23–38.

- [13] Raman, R., and Kumar, N., 2020, “Performance and emission characteristics of twin cylinder diesel engine fueled with mahua biodiesel and DEE,” *Transp. Eng.*, vol. 2, no. August, p. 100024, 2020.
- [14] Heywood, John B.L., 1988, “*Internal Combustion Engine Fundamental*”, New York: McGraw-Hill, Inc.
- [15] Nazir M., 2015. “Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Dengan Radiator Sebagai Upaya Meningkatkan Kinerja Mesin Bensin”. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin PROTON. Universitas Widyagama Malang* Vol. 2, No. 2, (23 – 27).
- [16] Atsumi S, dkk., 2008. “Jalur non-fermentasi untuk sintesis alkohol rantai tinggi bercabang sebagai biofuel”, *Nature*, 451 (7174): 86-89.
- [17] Wei, H., Zhu, T., Shu, G., Tan, L., Wang, Y., 2012, “Gasoline Engine Exhaust Gas Recirculation – A Review”, *Applied Energy* 99, pp. 534–544.
- [18] Li, Y., Ning, Z., Lee, D.F., Yan, J., Lee, T.H., 2018, “Effect of Acetone-Butanol-Ethanol (ABE)–Gasoline Blends on Regulated and Unregulated Emissions In Spark-Ignition Engine”, *Energy*.
- [19] Zaharin, M.S.M., Abdullah, N.R., Masjuki, H.H., Ali, H.H, Najafi, G., Yusaf, T., 2018, “Evaluation on Physicochemical Properties of Iso-Butanol Additives In Ethanol-Gasoline Blend on Performance And Emission Characteristics of A Spark-Ignition Engine”, *Applied Thermal Engineering* 144, pp. 960–971
- [20] Sharudin, H.,, Abdullah, N.R., Najafi, G., Mamat, R., Masjuki, H.H., 2107, “Investigation of The Effects of Iso-Butanol Additives on Spark Ignition Engine Fuelled With Methanol-Gasoline Blends”, *Applied Thermal Engineering* 114, pp. 593–600.
- [21] Feng, R., Fu, J., Yang, J., Wang, Y., Li, Y., Deng, B., Liu, J., Zhang, D., 2015, “Combustion and Emissions Study on Motorcycle Engine Fueled With Butanol-Gasoline Blend”, *Renewable Energy* 81, pp. 113-122.

Lampiran 1. Justikasi Anggaran Penelitian

Justikasi Anggaran

1. Bahan Habis Pakai				
Keterangan	Justifikasi Pemakaian	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Material 1	Bahan Bakar Pertalite	30 liter	Rp 7.650	Rp 229.500
Material 2	Butanol	3 liter	Rp 100.000	Rp 300.000
Material 3	Diethyl Ether	3 liter	Rp 100.000	Rp 300.000
Material 4	Filter Gas Analyzer	15 pcs	Rp 30.000	Rp 450.000
Material 5	Galon bahan bakar	3 buah	Rp 20.000	Rp 60.000
Material 6	Oli Kendaraan	3 botol	Rp 44.000	Rp 132.000
Material 7	Busi	3 Buah	Rp 25.000	Rp 75.000
Material 8	ATK (Pulpen, Pensil, Spidol, Materai dll)	1 set	Rp 134.500	Rp 134.500
Sub Total (Rp)				Rp 1.681.000
2. Perjalanan dan Konsumsi				
Keterangan	Justifikasi Perjalanan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Perjalanan	Perjalanan Pengumpulan data	4 pp	Rp 50.000	Rp 200.000
Konsumsi 1	Snack (4 hari)	4 dus	Rp 15.000	Rp 240.000
Konsumsi 2	Makan Siang (4 hari)	4 box	Rp 25.000	Rp 400.000
Sub Total (Rp)				Rp 840.000
3. Penunjang				
Keterangan	Justifikasi Perjalanan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
Jurnal	Jurnal Terakreditasi Sinta 3	1 Jurnal	Rp 300.000	Rp 300.000
Penunjang 1	Laporan hasil	3 Paket	Rp 50.000	Rp 150.000
Sub Total (Rp)				Rp 450.000
Jumlah Total				Rp 2.971.000

Lampiran 2. Organisasi Penelitian

ORGANISASI PENELITIAN

1. Ketua :
Nama : Firman Lukman Sanjaya, S.T, M.T
NIPY : 09.016.329
NIDN : 990677251
Pangkat/Golongan : III/b
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Jabatan Struktural : Koord. Akademik Prodi DIII Teknik Mesin
Bidang Ilmu : Teknik Mesin
Unit Kerja : Program Studi DIII Teknik Mesin
Politeknik Harapan Bersama
Pengalaman Penelitian :
Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Mesin Bensin 4 Langkah Berbahan Bakar Campuran Pertelite Dan Butanol Menggunakan Alat Uji Emisi *Gas Analyzer* (2020)
2. Anggota :
Nama : Syarifudin, S.T, M.T
NIPY : 09.012.136
NIDN : 0627068803
Pangkat/Golongan : III/b
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Jabatan Struktural : Koord. SPMI Program Studi DIII Teknik Mesin
Bidang Ilmu : Teknik Mesin
Unit Kerja : Program Studi DIII Teknik Mesin
Politeknik Harapan Bersama
Pengalaman Penelitian :
 - a. Uji Daya Motor Kelly Sebagai Tenaga Penggerak Mobil Listrik Politeknik Harapan Bersama Tegal (2016).

b. Perancangan Sepeda Motor Sebagai Tenaga Putar Pompa Air Irigasi
Petani Desa Banjaratma Kabupaten Brebes (2016).

3. Anggota :

Nama : Faqih Fatkhurrozak, M.T

NIPY : 09.016.297

NIDN : 0616079002

Pangkat/Golongan : III/b

Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

Jabatan Struktural : Dosen Teknik Mesin

Bidang Ilmu : Teknik Mesin

Unit Kerja : Program Studi DIII Teknik Mesin
Politeknik Harapan Bersama

Pengalaman Penelitian :

Lampiran 3. Organisasi Penelitian

Pembagian Tugas Penelitian

No	Nama	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (Jam/Minggu)	Uraian Tugas
1	Firman Lukman sanajaya, S.T, M.T (Ketua Tim Penelitian)	Politeknik Harapan Bersama	Teknik Mesin	5 Jam	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengkoordinasi proses pengambilan data, pengumpulan data, analisis data, penyusunan interpretasi data, dan penyusunan laporan penelitian. ➤ Mengkoordinasi persiapan instrumen penelitian, perlengkapan penelitian, dan instrumen penunjang. ➤ Mengkoordinasi penyusunan laporan akhir penelitian, publikasi hasil penelitian dalam jurnal nasional terakreditasi. ➤ Bertanggung jawab terhadap hasil pelaporan penelitian.
2	Angota Tim Penelitian 1. Syarifudin, S.T, M.T 2. Faqih Fatkhurrozaq, M.T	Politeknik Harapan Bersama	Teknik Mesin	5 Jam	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Membantu ketua dalam proses pengambilan data, pengumpulan data, analisis data, penyusunan interpretasi data, dan penyusunan laporan penelitian. ➤ Membantu ketua dalam persiapan instrument penelitian, perlengkapan penelitian, dan instrument penunjang. ➤ Membantu ketua dalam penyusunan laporan akhir penelitian, publikasi hasil penelitian dalam jurnal nasional terakreditasi. ➤ Turut bertanggung jawab terhadap hasil pelaporan penelitian.

Lampiran 4. Proses Pengambilan Data Penelitian





SURAT KEPUTUSAN
DIREKTUR POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA
NOMOR: 098 .05/PHB/V/2021

TENTANG
PENERIMA PENDANAAN HIBAH KOMPETITIF PENELITIAN DAN
PENGABDIAN MASYARAKAT OLEH INSTITUSI
BAGI DOSEN POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA
TAHUN ANGGARAN 2020/2021 SEMESTER GENAP

- Menimbang : a. bahwa untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pelaksanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat bagi Dosen di Politeknik Harapan Bersama, maka perlu menetapkan kebijakan dalam bidang pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat;
- b. bahwa untuk tertib administrasi keuangan dalam pendanaan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, maka perlu ditetapkan tahapan penyerahan pendanaan oleh institusi untuk hibah kompetitif penelitian dan pengabdian masyarakat kepada Dosen Politeknik harapan Bersama;
- c. bahwa nama-nama yang tercantum dalam lampiran telah lolos kualifikasi untuk menerima pendanaan hibah kompetitif dari Institusi;
- d. berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud pada huruf a dan b, dipandang perlu menetapkan Surat Keputusan Direktur Politeknik Harapan Bersama;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 78, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 4301);
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2004 tentang Perubahan Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2001 tentang Yayasan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 115, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 4430);
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 157, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 4586);
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Negara Republik Indoneisa Tahun 2012 Nomor 5336);

5. Peraturan Pemerintah..

5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 5500);
 6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 47);
 7. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 128/D/0/2002 tentang Pemberian Ijin Penyelenggaraan Program-Program Studi dan Pendirian Politeknik Harapan Bersama di Tegal yang Diselenggarakan oleh Yayasan Pendidikan Harapan Bersama di Tegal;
 8. Keputusan Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia Nomor: AHU-2674.AH.01.04 Tahun 2012 tentang pengesahan Yayasan Pendidikan Harapan Bersama (Tambahan Berita Negara Republik Indonesia Tanggal 20/6-2014 No. 49);
 9. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor: 231/KPT/I/2018 tentang Yayasan Pendidikan Harapan Bersama sebagai Badan Penyelenggara Politeknik Harapan Bersama;
 10. Surat Keputusan Yayasan Pendidikan Harapan Bersama Nomor 114.05/YPHB/XII/2020 tentang Statuta Politeknik Harapan Bersama;
- Memperhatikan :** Surat Pemberitahuan Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Nomor: 064.03/P3M.PHB/III/2021 tentang pengajuan dan penerimaan proposal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Harapan Bersama Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021.

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan :** Surat Keputusan Direktur Politeknik Harapan Bersama tentang Penerima Pendanaan Oleh Institusi Untuk Hibah Kompetitif Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Bagi Dosen Politeknik Harapan Bersama Tahun Anggaran 2020/2021.
- Pertama :** Menetapkan nama yang tercantum dalam lampiran Keputusan ini sebagai Penerima Pendanaan Oleh Institusi Untuk Hibah Kompetitif Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Bagi Dosen Politeknik Harapan Bersama Tahun Anggaran 2020/2021.
- Kedua :**
1. Pemberian bantuan dana penelitian minimal Rp. 2.000.000,- (Dua juta rupiah) per judul;
 2. Pemberian bantuan dana pengabdian kepada masyarakat minimal Rp. 2.000.000,- (Dua juta rupiah) per judul);
 3. Pembayaran dilakukan dengan 2 (dua) tahap, yaitu:
 - a. Pembayaran tahap I sebesar 60% dari total dana yang didapatkan setelah menyerahkan proposal dan perjanjian yang telah ditandatangani oleh Direktur Politeknik Harapan Bersama;
 - b. Pembayaran Tahap II sebesar 30% dari total dana yang didapatkan setelah menyerahkan laporan hasil; dan
 - c. 10% dari total dana yang didapatkan diserahkan kepada P3M.



- Ketiga : Dosen yang melaksanakan Penelitian dan/atau Pengabdian Kepada Masyarakat wajib menyerahkan laporan hasil kepada Direktur dan Wakil Direktur I melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M), meliputi:
- Laporan penelitian sebanyak 2 (dua) eksemplar;
 - Softcopy Jurnal;
 - Softcopy.
- Keempat : Semua produk hasil penelitian dan pengabdian masyarakat termasuk Paten menjadi hak milik Politeknik Harapan Bersama.
- Kelima : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila di kemudian hari terdapat kekeliruan akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di: Tegal
Pada tanggal: 31 Mei 2021
Direktur

Nizar Suhendra, S.E., MPP
NIPY.08.020.008

Lampiran: Surat Keputusan Direktur Politeknik
Harapan Bersama

Tentang : Penerima Pendanaan Oleh Institusi
Untuk Hibah Kompetitif Penelitian dan
Pengabdian Masyarakat Bagi Dosen
Politeknik Harapan Bersama Tahun
Anggaran 2020/2021 Semester Genap

Nomor : 098 .05/PHB/V/2021

Tanggal : 31 Mei 2021

42	Firman Lukman Sanjaya, S.T., M.T. Faqih Fatkhurrozak, S.T., M.T. Syarifudin, S.T., M.T. Nunung Haryanti	Uji Komparasi Pengaruh Penambahan <i>Dietyl Ether</i> Dan Butanol Pada Bahan Bakar Peralite Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Bensin Gl 160 Menggunakan Alat Uji Gas Analyzer	DIII Teknik Mesin	Penelitian	Rp. 2,971,000
43	Faqih Fatkhurrozak, S.T., M.T. Firman Lukman Sanjaya, S.T., M.T. Ahmad Faoji, M.T.	Analisis Pengaruh Tegangan Listrik Dan Waktu Pencelupan Proses <i>Elektroplating</i> Terhadap Kekerasan Permukaan Dan Ketebalan Baja St 41	DIII Teknik Mesin	Penelitian	Rp. 2,814,000
44	Syaefani Arif Romadhon, M. Pd. lin Indrayanti, M. Pd. M. Taufik Qurohman, M. Pd.	Analisis Efektifitas Penerapan Metode SQ3R Pada Proses Pembelajaran Reading Mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama	DIII Teknik Mesin	Penelitian	Rp. 2,514,000
45	Andri Widianto, M. Si. Dewi Kartika, S.E, M.Ak. Aryanto, S.E., M.Ak. Elang Bimantoro Thorik Firmansyah	Pemanfaatan <i>Macro Vba Microsoft Excell</i> Dalam Pembuatan Bukti Penerimaan Barang Bagi Siswa/I SMA 1 Pangkah Kabupaten Tegal	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,775,000
46	Ida Farida, S.E., M.Si. Arifia Yasmin, S.E., M.Si., Ak, CA. Aryanto, S.E., M.Ak. Naila Hanum, S.E., M.ACC. Ihza Nursusanti Nurseha Ardi Amilatus Salsa	Pembukuan Berbasis Android Sebagai Bekal Untuk Menjadi <i>Entrepreneurship</i> Setelah Lulus SMK Di SMK Negeri Dukuhturi Tegal	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,750,000
47	Hetika, S.Pd, M.Si. Ririh Sri Harjanti, S.E, M.M. Dewi Kartika, S.E, M. Ak. Arief Zul Fauzi, M. Pd. Akmalus Sidqi	Meningkatkan Ketrampilan Pembelajaran Daring Bagi Guru SMK Muhammadiyah Adiwerna	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,775,000
48	Arief Zul Fauzi, M.Pd. Dani Fitria Brilianti, M.Pd. Bahri Kamal, S.E, M.M. Hilda Paramadina Puspaningrum	Pelatihan Kemampuan Teknik Berbicara <i>Voice Over (VO)</i> Untuk Mahasiswa Program Studi D-III Akuntansi Politeknik Harapan Bersama	DIII Akuntansi	PKM	Rp. 2,750,000

Uji Emisi Dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin Berbahan Bakar Premium Dan Butanol Menggunakan Sistem EGR

Firman Lukman Sanjaya^{1*}, Syarifudin², Faqih Fatkhurrozak³

^{1,2,3} Program Studi DIII Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama Tegal

^{1,2,3} Jln.Mataram No. 9, Pesurungan Lor, Kota Tegal, 52147, Indonesia

firman.lukman@poltektegal.ac.id¹, syarifudin@poltektegal.ac.id²,

faqih.fatkhurrozak@poltektegal.ac.id³

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk:

Direvisi:

Diterima:

Butanol Adalah Alkohol Yang Dapat Digunakan Pengganti Bahan Bakar Bensin. Hal Ini Karena Karakteristik Butanol Yang Mirip Dengan Bahan Bakar Bensin Seperti Angka Oktan Dan Kandungan Oksigen Yang Tinggi Sehingga Butanol Mampu Memperbaiki Proses Pembakaran Dan Emisi Gas Buang. Penelitian Ini Mengobservasi Emisi Dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin Menggunakan Sistem Egr. Bahan Bakar Yang Digunakan Adalah Campuran Premium (P) Dan Butanol (B) Dengan Prosesntase Butanol 5%, 10% Dan 15%. Pengujian Ini Menggunakan Sistem Egr Pada Mesin Bensin 4 Langkah Dengan Kecepatan Mesin Konstan 3000 Rpm Pada Setiap Variasi Campuran Bahan Bakar. Emisi Gas Buang Diukur Dengan Alat Ukur *Gas Analyzer* Dan Temperatur Gas Buang Menggunakan *Thermocople* Yang Terhubung Pada Knalpot. Hasil Pengujian Menunjukkan Penurunan Tertinggi Emisi Co Dan Hc Pada Campuran P85b15 Sebesar 68,11% Dan 37,50% Dibanding P100. Emisi Co₂ Dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin Meningkatkan Masing-Masing 48,84% Dan 4,92% Dibanding Premium Murni. Penggunaan *Cold Egr* Secara Umum Meningkatkan Emisi Gas Buang Mesin. Namun, Temperatur Gas Buang Menurun Ketika Mesin Menggunakan *Cold Egr*.

Abstract

Keywords:

Butanol;

Gasoline Engine;

EGR;

Emissions and Exhaust Gas

Temperature;

Butanol is alcohol that can be used as a substitute for gasoline fuel. This is because the characteristics of butanol are similar to gasoline fuels such as the high octane number and oxygen content so that butanol can improve the combustion process and exhaust gas emissions. This research observes the emission and exhaust temperature of gasoline engines with the EGR system. The fuel used is a mixture of premium fuel (P) and Butanol (B) with 5%, 10% and 15% tase processes. This test uses the EGR system on a 4 stroke gasoline engine with a constant engine speed of 3000 rpm for each variation of the fuel mixture. The exhaust emission is measured using a Gas Analyzer and the exhaust gas temperature using a Thermocople which is connected to the exhaust. The test results showed the highest reduction CO and HC emissions in the P85B15 mixture of 68.11% and 37.50% compared to P100. CO₂ emission and exhaust gas temperature engine increased respectively 48.84% and 4.92% compared to pure premium. The use of cold EGR generally increases emissions. However, the exhaust gas temperature decreases when the engine uses cold EGR.

*Penulis korespondensi:

1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan dan populasi manusia. Hal ini mengakibatkan tingginya penggunaan bahan bakar fosil dan semakin menipisnya kessediaannya di alam. Selain itu, masalah lain yang muncul adalah polusi udara yang memberi dampak negatif pada kesehatan manusia. Solusi masalah ini adalah penggunaan bahan bakar alternatif yang dapat diproduksi dari alam dan tidak merusak alam [1].

Butanol merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari bahan-bahan nabati sehingga dapat diperbaharui [2]. Selain itu, butanol menghasilkan pembakaran sempurna sehingga gas hasil pembakaran lebih ramah lingkungan. Hal ini karena butanol mengandung oksigen lebih tinggi dibandingkan bahan bakar bensin. Pembakaran sempurna dikarenakan oleh tingginya kandungan oksigen yang membantu proses oksidasi dalam pembakaran sehingga kecepatan rambat api meningkat dan bahan bakar terbakar sempurna [3][4]. Namun, emisi NO_x (*Nitrogen Oxide*) meningkat pada penambahan butanol yang disebabkan tingginya temperatur pada ruang bakar mengenai campuran nitrogen dan oksigen pada saat proses pembakaran [5]. Solusi pengurangan emisi NO_x adalah penggunaan sistem EGR (*Exhaust Gas Resirculation*). Sistem EGR beroperasi dengan menyalurkan kembali sebagian sisa gas hasil pembakaran dari knalpot ke silinder [6]. Penggunaan sistem EGR dapat menurunkan temperatur gas buang mesin. Temperatur gas buang mesin dapat dijadikan indikasi terbentuknya emisi NO_x [7].

Beberapa peneliti memaparkan bahwa bahan bakar bensin yang dicampur dengan butanol dapat memberikan keuntungan. Menurut Yuanxu Li, dkk. (2018) [8] penggunaan butanol mampu meningkatkan proses oksidasi dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran lebih sempurna. Hal ini karena tingginya kandungan oksigen oleh butanol. Zheng, dkk. (2017) [9] juga sependapat bahwa butanol mampu menstabilkan proses pembakaran sehingga emisi gas buang dapat perbaiki. Tetapi, peningkatan emisi terjadi pada NO_x . Menurut Haiqiao Wei, dkk. (2012) [10] dan Li Tie, dkk. (2017) [11] emisi NO_x dapat dikurangi dengan menggunakan sistem EGR. Sistem EGR menyalurkan kembali sebagian sisa gas hasil pembakaran dari kalpot ke silinder sehingga gas tersebut dapat menggantikan sebagian udara segar yang masuk ke ruang bakar. Proses tersebut menurunkan kandungan oksigen dalam silinder sehingga panas spesifik meningkat dan temperatur pembakaran menurun [12] [13].

2. Metode

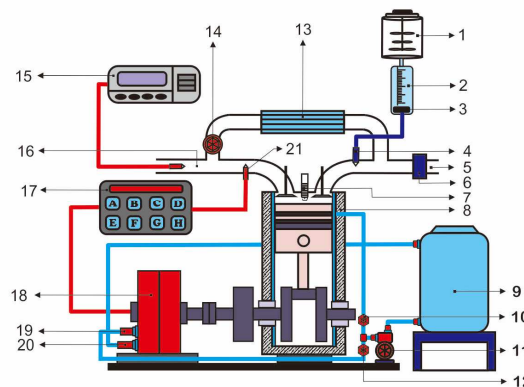
Penelitian ini menggunakan mesin bensin dengan sistem suply bahan bakar EFI dan spesifikasi mesin dipaparkan pada Tabel 1. Pengujian menggunakan campuran bahan bakar Premium (P) dan Butanol (B) dengan prosentase 5% (P95B5), 10% (P90B10) dan 15% (P85B15) dari total volume campuran bahan bakar. Karakteristik bahan bakar premium dan butanol ditampilkan pada Tabel 2. Penelitian ini bertujuan untuk mengobservasi emisi dan temperatur gas buang mesin bensin. Pengukuran tingkat emisi CO, HC, dan CO_2 menggunakan alat *Gas analyzer* Stargass 898 (15). Termokople (21) dipasang pada *Exhaust manifold* (16) yang berfungsi untuk mengukur temperatur gas buang yang dihasilkan mesin dan ditampilkan pada display termokopel (A-C-D-E) (17). Sebagian gas buang disirkulasikan kembali oleh EGR (13) ke *intake manifold* (5) dan tercampur oleh udara segar yang masuk dalam silinder. Kecepatan mesin konstan yaitu 3000 rpm. Gambar 1. menunjukkan susunan dan alur pengujian mesin bensin.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tipe Mesin	Besnin
2	Produksi	Toyota
3	Jumlah Silinder	4
4	Kapasitas	Mesin 1798 cc
5	Jumlah Katup	8 Katup (SOHC)
6	Daya Maksimum	94 Hp – 5000 rpm
7	Torsi Maksimum	155 Nm – 3200 rpm
8	Sistem Bahan Bakar	EFI

Tabel 2. Karakteristik Bahan Bakar

No	Karakteristik	Premium	Butanol
1	Angka Oktan (RON)	88	98,3
2	Massa Jenis 15°C (Kg/m ³)	744	815
3	Nilai Kalor (MJ/Kg)	42,7	33,3
4	Kadar Air (%V)	0,003	>5
5	Viskositas (mm ² /s) pada 40°C	0,22	2,63

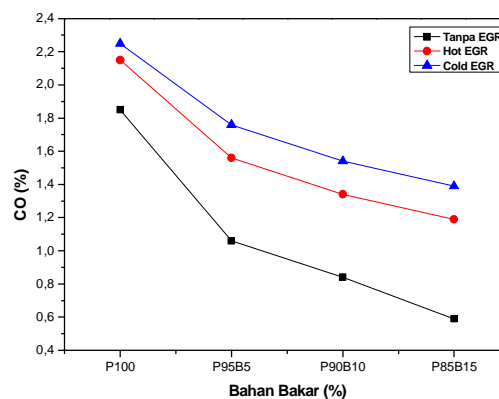


Gambar 1. *Experimental Set-Up*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Emisi Karbon Monoksida (CO)

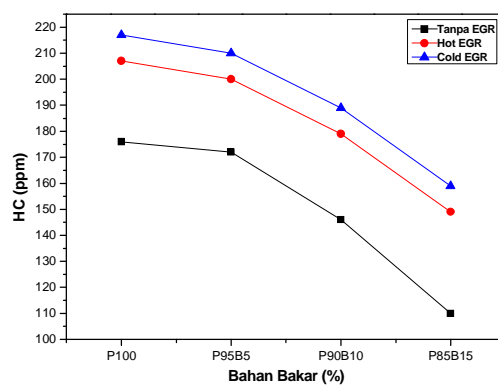
Gambar 2. menunjukkan hasil pengujian campuran bahan bakar premium dan butanol pada mesin bensin dengan sistem EGR. Penggunaan butanol dapat mereduksi emisi CO karena tingginya kandungan oksigen pada butanol yang meningkatkan proses oksidasi dalam ruang bakar [14]. Selain itu, kecepatan nyala api meningkat sehingga proses pembakaran lebih sempurna [4]. Emisi CO mengalami penurunan tertinggi terjadi pada campuran bahan bakar P85B15 sebesar 68,11% dibanding P100. Namun, penggunaan sistem EGR meningkatkan emisi CO. Sistem EGR mensirkulasikan kembali sebagian gas buang ke silinder sehingga campuran bahan bakar dan udara menjadi heterogen yang menjadikan proses pembakaran tidak sempurna dan meningkatkan emisi CO [3]. Penggunaan *cold* EGR meningkatkan emisi lebih tinggi daripada *hot* EGR. Sistem *cold* EGR meningkatkan emisi CO tertinggi hingga 135,59% dibanding tanpa EGR.



Gambar 2. Hasil uji emisi CO

3.2 Emisi Hidro Karbon (HC)

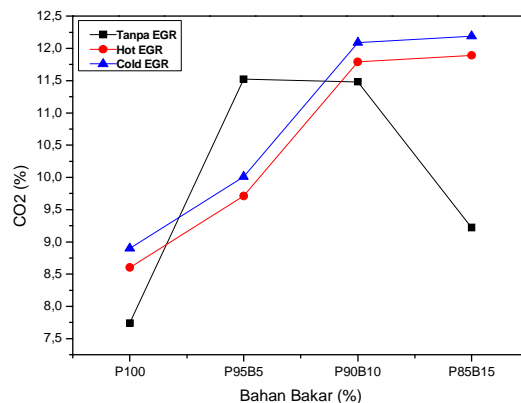
Gambar 3. memaparkan hasil uji emisi HC ini dilakukan pada mesin bensin dengan atau tanpa *hot/cold* EGR dengan campuran premium dan butanol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa emisi HC menurun seiring dengan bertambahnya prosentase butanol pada bahan bakar premium. Hal ini karena butanol meningkatkan kadar oksigen dalam ruang bakar sehingga kecepatan rambat nyala api meningkat dan menyebabkan pembakaran lebih sempurna [15] [16]. Campuran P85B15 menurunkan emisi HC tertinggi sebanyak 37,50% dibandingkan P100. Penggunaan sistem EGR meningkatkan emisi HC karena sebagian gas sisa hasil pembakaran disalurkan kembali ke silinder sehingga proses oksidasi menjadi buruk dan menyebabkan pelepasan panas pada proses pembakaran lebih rendah. Hal ini menyebabkan proses pembakaran tidak sempurna dan meningkatkan emisi HC. Penggunaan *cold* EGR meningkatkan emisi HC lebih tinggi dibanding *hot* EGR [17] [18]. Sistem *cold* EGR meningkatkan emisi HC tertinggi hingga 44,55% dibanding tanpa EGR.



Gambar 3. Hasil uji emisi HC

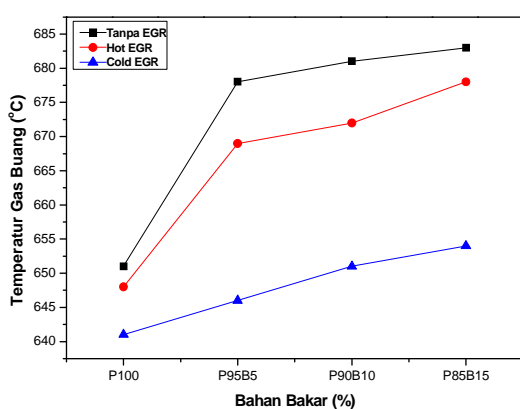
3.3 Emisi Karbondioksida (CO₂)

Uji Emisi CO₂ ini dilakukan pada mesin bensin dengan atau tanpa *hot/cold* EGR pada campuran premium dan butanol. Gambar 4. merupakan grafik hasil uji emisi CO₂ dan dari grafik tersebut dapat dipaparkan bahwa secara umum penambahan butanol meningkatkan emisi CO₂. Campuran P95B5 menyebabkan peningkatan CO₂ tertinggi sebesar 48,84% dibanding dengan P100. Tingginya prosentase oksigen pada butanol bereaksi pada atom karbon yang tidak terbakar selama proses pembakaran sehingga pembentukan emisi CO₂ lebih tinggi. Emisi CO₂ yang tinggi mengindikasikan bahwa proses pembakaran lebih baik [4] [15]. Penggunaan EGR dapat meningkatkan emisi CO₂ karena EGR mensirkulasikan kembali sebagian gas buang keruang bakar dan gas tersebut berupa CO₂ dan H₂O. Hal ini dapat meningkatkan emisi CO₂ yang keluar dari ruang bakar [13]. Peningkatan tertinggi terjadi pada bahan bakar P85B5 dan penggunaan *cold* EGR sebesar 32,21% dibanding tanpa EGR

Gambar 4. Hasil uji emisi CO₂

3.4 Temperatur Gas Buang

Gambar 5. memaparkan hasil uji Temperatur gas buang mesin bensin dengan atau tanpa hot/cold EGR. Secara umum, temperatur gas buang mesin meningkat seiring dengan bertambahnya prosentase butanol pada bahan bakar premium. Hal ini disebabkan tingginya nilai panas laten penguapan butanol sehingga temperatur langkah kompresi meningkat [3]. Selain itu, butanol merupakan bahan bakar teroksidasi sehingga kecepatan rambat nyala api dan temperatur dalam ruang bakar meningkat [15] [19]. Peningkatan temperatur gas buang tertinggi terjadi pada campuran bahan bakar P85B15 sebesar 4,92% dibanding P100. Namun, Temperatur gas buang dapat perbaiki dengan sistem EGR. Gas sisa hasil pembakaran yang disalurkan kembali ke silinder oleh EGR menurunkan temperatur puncak silinder sehingga temperatur gas buang lebih rendah. Penggunaan cold EGR mampu menurunkan EGR lebih efektif daripada hot EGR [17] [20]. Penurunan temperatur gas buang tertinggi terjadi pada bahan bakar P95B5 dengan menggunakan cold EGR sebesar 4,72% dibanding tanpa EGR.



Gambar 5. Hasil uji temperatur gas buang

4. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan penggunaan bahan bakar premium dengan penambahan butanol menurunkan emisi gas buang. Penurunan emisi CO dan HC tertinggi pada bahan bakar P85B15 masing-masing sebesar 68,11% dan 37,50% dibanding P100. Namun, emisi CO₂ dan temperatur gas buang mesin bensin meningkat masing-masing 48,84% dan 4,92% dibanding premium murni. Penggunaan cold EGR secara umum meningkatkan emisi gas buang mesin. Namun, temperatur gas buang menurun sebesar 4,72% ketika mesin menggunakan cold EGR.

Daftar Pustaka:

- [1] F. L. Sanjaya, "Pengaruh Penambahan Butanol sebagai Campuran Bahan Bakar Premium terhadap Torsi dan Daya Mesin Bensin dengan Sistem EGR," vol. 1, no. 1, pp. 7–10, 2020, doi: 10.35970/accurate.v1i1.175.
- [2] S. Syarifudin and S. Syaiful, "Pengaruh Penggunaan Energi Terbarukan Butanol Terhadap Penurunan Emisi Jelaga Mesin Diesel Injeksi Langsung Berbahan Bakar Biodiesel Campuran Solar Dan Jatropa," *Infotekmesin*, vol. 10, no. 1, pp. 18–22, 2019, doi: 10.35970/infotekmesin.v10i1.20.
- [3] F. L. Sanjaya, S. Syaiful, and N. Sinaga, "Effect of butanol on performances and exhaust gas emissions of gasoline engine with egr system," *Int. J. Innov. Eng. Technol.*, vol. 13, no. 4, pp. 117–125, 2019.
- [4] M. N. A. M. Yusoff, N.W.M. Zulkifli, H.H. Masjuki, M.H. Harith, A.Z. Syahir, M.A. Kalam, M.F. Mansor, A. Azham, L.S. Khuong, "Performance and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 57, no. September, pp. 23–38, 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.09.004.
- [5] J. Cha, J. Kwon, Y. Cho, and S. Park, "The effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on combustion stability, engine performance and exhaust emissions in a gasoline engine," *KSME Int. J.*, 2001, doi: 10.1007/BF03185686.
- [6] S. Syarifudin, S. Syaiful, and E. Yohana, "Effect of butanol on fuel consumption and smoke emission of direct injection diesel engine fueled by jatropa oil and diesel fuel blends with cold EGR system," *SHS Web Conf.*, vol. 49, p. 02010, 2018, doi: 10.1051/shsconf/20184902010.
- [7] L. Chen, T. Li, T. Yin, and B. Zheng, "A predictive model for knock onset in spark-ignition engines

- with cooled EGR,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 87, pp. 946–955, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.08.002.
- [8] Y. Li, Z. Ning, C. fon F. Lee, J. Yan, and T. H. Lee, “Effect of acetone-butanol-ethanol (ABE)–gasoline blends on regulated and unregulated emissions in spark-ignition engine,” *Energy*, vol. 168, pp. 1157–1167, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.12.022.
- [9] Z. Chen, Y. Zhang, X. Wei, Q. Zhang, Z. Wu, and J. Liu, “Thermodynamic process and performance of high n-butanol/gasoline blends fired in a GDI production engine running wide-open throttle (WOT),” *Energy Conversion and Management*, vol. 152, pp. 57–64, 2017, doi: 10.1016/j.enconman.2017.09.037.
- [10] H. Wei, T. Zhu, G. Shu, L. Tan, and Y. Wang, “Gasoline engine exhaust gas recirculation - A review,” *Appl. Energy*, vol. 99, no. X, pp. 534–544, 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.05.011.
- [11] T. Li, T. Yin, and B. Wang, “Anatomy of the cooled EGR effects on soot emission reduction in boosted spark-ignited direct-injection engines,” *Appl. Energy*, vol. 190, pp. 43–56, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.12.105.
- [12] D. Agarwal, S. K. Singh, and A. K. Agarwal, “Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on performance, emissions, deposits and durability of a constant speed compression ignition engine,” *Appl. Energy*, vol. 88, no. 8, pp. 2900–2907, 2011, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.01.066.
- [13] F. Fatkhurozak and S. Syaiful, “Effect of Diethyl Ether (DEE) on Performances and Smoke Emission of Direct Injection Diesel Engine Fueled by Diesel and Jatropha Oil Blends with Cold EGR System,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 494, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012005.
- [14] F. L. Sanjaya, S. Syaiful, and D. N. Sinaga, “Effect of Premium-Butanol Blends on Fuel Consumption and Emissions on Gasoline Engine with Cold EGR System,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, pp. 11–17, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012019.
- [15] M. S. M. Zaharin, N. R. Abdullah, H. H. Masjuki, O. M. Ali, G. Najafi, and T. Yusaf, “Evaluation on physicochemical properties of iso-butanol additives in ethanol-gasoline blend on performance and emission characteristics of a spark-ignition engine,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 144, pp. 960–971, 2018, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.08.057.
- [16] H. Sharudin, N. R. Abdullah, G. Najafi, R. Mamat, and H. H. Masjuki, “Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends,” *Appl. Therm. Eng.*, 2017, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.12.017.
- [17] A. S. Ayodhya, V. T. Lamani, P. Bedar, and G. N. Kumar, “Effect of exhaust gas recirculation on a CRDI engine fueled with waste plastic oil blend,” *Fuel*, vol. 227, no. X, pp. 394–400, 2018, doi: 10.1016/j.fuel.2018.04.128.
- [18] C. Hergueta, M. Bogarra, A. Tsolakis, K. Essa, and J. M. Herreros, “Butanol-gasoline blend and exhaust gas recirculation, impact on GDI engine emissions,” *Fuel*, vol. 208, pp. 662–672, 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.07.022.
- [19] G. Dhamodaran, G. S. Esakkimuthu, Y. K. Pochareddy, and H. Sivasubramanian, “Investigation of n-butanol as fuel in a four-cylinder MPFI SI engine,” *Energy*, vol. 125, pp. 726–735, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.02.134.
- [20] S. Verma, L. M. Das, S. C. Kaushik, and S. S. Bhatti, *The effects of compression ratio and EGR on the performance and emission characteristics of diesel-biogas dual fuel engine*, vol. 150. Elsevier Ltd, 2019.