

Studi experimental penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite terhadap kinerja dan emisi gas buang mesin tipe TV-1

Sahrul Alam^{1*}, Marthen Palaboran², Syafiuddin Parenrengi³

^{1,2,3}Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar
Jl. Daeng Tata Raya Parangtambung Makassar 90224
*Corresponding author: 1823040018@student.unm.ac.id

Abstract

This research is a laboratory experimental research using a TV-1 type testing engine. This study aims to determine the performance and exhaust emissions of a four-stroke motorcycle on pertalite fuel and fuel with a mixture of clove oil. The composition of the clove oil mixture used in the study. this is as much as 5 %, 10 %, 15 %, 20 % and 25 % into pertalite fuel in units of milliliters (ml). Data collection uses observation techniques using observation tables to record the research results obtained. Data analysis techniques used descriptive analysis in the form of tables and graphs to present the research results. As for the research results from the analysis of engine performance, it was found that there was an increase in engine performance at low rpm with the addition of clove oil to pertalite fuel while for high rpm the greatest power was obtained on pure pertalite fuel. But for fuel consumption, the lowest consumption was found in the composition of 5% clove oil mixture. Whereas for exhaust emissions, the addition of clove oil to pertalite fuel for CO gas emissions can reduce emissions, namely the 10 % clove oil mixture. For HC gas emissions, namely in a mixture of 5 % and 10 % clove oil. As for CO₂ emissions, it can be seen that the higher the composition of the clove oil mixture, the emissions also decrease and the highest CO₂ emissions are in the 5 % clove oil mixture.

Keywords: fuel; pertalite; clove oil; engine performance; exhaust emissions.

Abstrak

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium yang menggunakan mesin uji tipe TV-1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan emisi gas buang motor empat langkah pada bahan bakar pertalite dan bahan bakar dengan campuran minyak cengkeh. Komposisi campuran minyak cengkeh yang digunakan dalam penelitian. ini sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% kedalam bahan bakar pertalite dalam satuan mili liter (ml). Pengumpulan data menggunakan teknik observasi menggunakan tabel observasi untuk mencatat hasil-hasil penelitian yang didapatkan. Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif berupa tabel dan grafik untuk menyajikan hasil penelitian. Adapun hasil penelitian dari analisis kinerja mesin didapatkan adanya peningkatan kinerja mesin pada rpm rendah dengan penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite sedangkan untuk rpm tinggi daya terbesar didapatkan pada bahan bakar pertalite murni. Tetapi untuk konsumsi bahan bakar didapatkan konsumsi paling rendah pada komposisi campuran minyak cengkeh 5%. Sedangkan pada emisi gas buang penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite untuk emisi gas CO yang dapat menurunkan emisi yaitu pada campuran minyak cengkeh 10%. Untuk emisi gas HC yaitu pada campuran minyak cengkeh 5% dan 10%. Sedangkan untuk emisi gas CO₂ terlihat semakin tinggi komposisi campuran minyak cengkeh maka emisi juga semakin menurun dan emisi CO₂ paling tinggi berada pada campuran minyak cengkeh 5%.

Kata kunci: bahan bakar; pertalite; minyak cengkeh; kinerja mesin; emisi gas buang.

Pendahuluan

Pemanasan global (*global warming*) merupakan suatu fenomena alam yang diakibatkan oleh naiknya temperatur udara di Bumi. Pemanasan global saat ini telah mengakibatkan kenaikan air pada permukaan laut yang menyebabkan tenggelamnya pulau-pulau kecil atau kota yang sudah rata dengan pantai, munculnya berbagai macam penyakit dimuka bumi, terjadinya cuaca ekstrim seperti (badai, kekeringan yang disebabkan oleh kemarau yang panjang, longsor dan banjir yang terjadi dimana-mana) dan akan mempengaruhi produktivitas pertanian karena kekurangan ketersediaan air, cuaca yang sulit di prediksi sehingga dapat mengancam kelangsungan hidup manusia [1]. Faktor penyebab pemanasan global salah satunya adalah emisi gas buang kendaraan utamanya kendaraan yang menggunakan bahan bakar fosil karena merupakan salah satu sumber penghasil polutan gas CO₂, CO, NO_x, HC dan gas lainnya [2].

Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang terbuat dari fosil yang kemudian diolah menjadi berbagai bentuk produk turunan salah satunya adalah bahan bakar minyak (BBM) pertalite. Saat ini penggunaan bahan bakar pertalite masih menjadi sumber energi utama untuk mengoperasikan kendaraan khususnya kendaraan yang menggunakan pembakaran dalam. Tetapi dengan penggunaan bahan bakar pertalite secara terus menerus akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan, kesehatan dan juga ketersediaan bahan baku pembuatan bahan bakar pertalite.

Berdasarkan data Kementerian ESDM menyatakan bahwa ketersediaan cadangan minyak bumi di Indonesia tersisa sekitar 4,7 miliar barel dan diprediksi akan habis pada tahun 2028 atau tujuh tahun dari sekarang [3]. Oleh sebab itu berbagai teknologi dikembangkan untuk meminimalisir penggunaan bahan bakar minyak yang berbahan baku fosil misalnya pengembangan bahan bakar nabati (bio solar, bioetanol dan biogas) serta

pengembangan bahan bakar alternatif yang bersumber dari energi terbarukan [4].

Bahan bakar alternatif yaitu bahan bakar yang dikembangkan sesuai potensial di suatu daerah ataupun di suatu negara. Bahan bakar alternatif yang potensial di Indonesia adalah minyak atsiri karena merupakan produsen utama beberapa minyak *esensial* seperti minyak lada (*pepper oil*), minyak cengkeh (*cloves oil*) dan minyak lainnya yang diperoleh dari tumbuhan [5].

Minyak cengkeh merupakan jenis minyak atsiri yang memiliki kualitas yang baik dibandingkan jenis minyak atsiri lainnya. Minyak cengkeh dapat larut dalam bahan bakar bensin karena berdasarkan hasil analisis terhadap komponen penyusunnya yang banyak mengandung atom oksigen sehingga dapat meningkatkan pembakaran bahan bakar dalam mesin [6]. Penggunaan minyak cengkeh yang dipadukan dengan bahan bakar pertalite juga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar serta meningkatkan nilai oktan bahan bakar [7].

Berdasarkan uraian diatas maka dianggap perlu untuk melakukan penelitian terkait penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite terhadap kinerja dan emisi gas buang motor empat langkah karena dapat meningkatkan kinerja mesin dan dapat mengurangi emisi gas buang pada pembakaran mesin. Selain itu penelitian ini juga merupakan langkah untuk mengembangkan bahan bakar alternatif dengan memanfaatkan energi terbarukan. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menemukan campuran bahan bakar yang optimal untuk meningkatkan kinerja mesin dan menurunkan emisi gas buang pada mesin/kendaraan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen laboratorium. Formulasi penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite yaitu 0% (pertalite murni), 5% (95% pertalite + 5% minyak cengkeh), 10% (90% pertalite +

10% minyak cengkeh), 15% (85% pertalite + 15% minyak cengkeh), 20% (80% pertalite + 20% minyak cengkeh) dalam satuan milli liter (ml) per satu liter (1000) ml. Rasio kompresi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 10:1 dengan titik pengapian 16° sebelum piston berada pada titik mati atas (TMA). Pengambilan data kinerja dan emisi gas buang dilakukan pada setiap putaran engine (rpm) 1 400, 1500, 1600, 1700 dan 1800 dengan beban mesin sebesar 3 kilogram (kg).

Alat penelitian

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Mesin uji	Sebagai media untuk melakukan percobaan
2	Gelas ukur	Untuk mengukur volume campuran pertalite dan minyak cengkeh
3	Selang	Untuk mengosongkan tangki bahan bakar
4	Stopwatch	Untuk menghitung waktu selama percobaan
5	Chassis dynamometer	Untuk mengukur daya, torsi dan putaran poros yang dihasilkan oleh mesin
6	Exhaust gas analyzer	Untuk mengukur kadar emisi gas buang

Jenis mesin yang digunakan

Mesin uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *Variable Compression Ratio (VCR) Engine Set Up*. Mesin VCR merupakan mesin skala laboratorium yang didesain khusus dengan rasio kompresi yang dapat diubah tanpa menghentikan mesin dan tanpa mengubah geometri ruang bakar karena memiliki blok silinder miring yang dirancang untuk pengujian performa dan pembakaran pada mesin [8]. Adapun spesifikasi mesin uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:



Gambar 1. Mesin bensin tipe TV-1

Tabel 2. Spesifikasi mesin uji

No	Spesifikasi Mesin
1	Tipe mesin 4 Langkah, SOHC
2	Jumlah silinder 1 Silinder
3	Panjang langkah 110 mm
4	Diameter langkah 87,5 mm
5	Volume silinder 661 cc
6	Panjang <i>connecting rod</i> 234 mm
7	Daya maksimum 3.5 kw pada rpm 1500
8	Jangkauan kecepatan 1200-1800 rpm
9	Jangkauan rasio kompresi 6:1-10:1
10	Variasi waktu penginjeksian 0-25 ⁰ BTDC

Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Kinerja Mesin

Daya efektif (BHP)

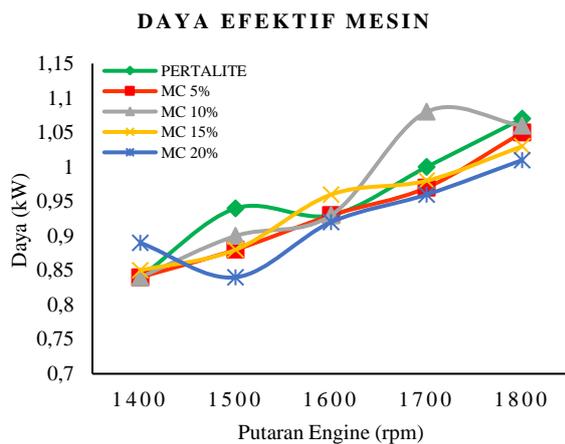
Daya efektif (*Brake Horse Power*) merupakan daya yang dihasilkan dari poros output mesin yang dihitung berdasarkan laju kerja tiap satuan waktu. Nilai daya sebanding dengan gaya yang dihasilkan dan kecepatan linearnya, atau sebanding dengan torsi poros dan kecepatan sudutnya. Untuk menghitung daya mesin dapat diperoleh dengan rumus [9].

$$bhp = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60} \quad (1)$$

T = Torsi (N.m)

n = Putaran Poros Engine (rps)

Berdasarkan hasil pengujian penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite didapatkan daya efektif mesin, sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Pengujian daya efektif

Data gambar 2 menunjukkan bahwa daya mesin pada setiap campuran bahan bakar cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya rpm mesin. Pada rpm 1400 penggunaan bahan bakar campuran pertalite dengan minyak cengkeh (MC) cenderung mengalami peningkatan daya di bandingkan penggunaan bahan bakar pertalite murni, terlihat daya tertinggi pada rpm 1400 yaitu bahan bakar dengan campuran minyak cengkeh 20% yang memperoleh daya sebesar 0,89 Kw sedangkan daya terendah berada pada bahan bakar pertalite murni, bahan bakar pertalite dengan campuran minyak cengkeh 5% dan minyak cengkeh 10% dengan daya sebesar 0,84 kW.

Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan minyak cengkeh kedalam bahan bakar pertalite maka akan meningkatkan daya mesin. Penelitian ini juga berkaitan dengan penelitian yang dilakukan [10], yang juga melakukan penelitian penambahan minyak cengkeh

pada bahan bakar pertalite di rpm 2000 rendah yang menemukan bahwa semakin banyak minyak cengkeh yang ditambahkan kedalam bahan bakar pertalite, maka torsi dan daya mesin akan meningkat.

Hasil penelitian juga menunjukkan pada rpm 1800 daya tertinggi berada pada bahan bakar pertalite murni dengan daya sebesar 1,07 Kw yang disusul pada bahan bakar pertalite dengan campuran minyak cengkeh 10% sebesar 1,05 Kw dan daya terendah berada pada bahan bakar pertalite dengan campuran minyak cengkeh 20% yang memperoleh daya sebesar 1,01 Kw. Analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa pada rpm tinggi 1800 pada mesin uji yang digunakan terlihat bahwa semakin tinggi campuran minyak cengkeh kedalam bahan bakar pertalite maka daya mesin akan cenderung mengalami penurunan daya.

Hal tersebut disebabkan karena terjadi campuran kaya sehingga pembakaran kurang sempurna dalam ruang bakar yang menyebabkan penurunan daya pada mesin [11]. Penelitian [12] dengan penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite dengan campuran yang sama pada penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan bilangan oktan pada setiap presentasi penambahan minyak cengkeh. Sehingga nilai oktan yang tinggi menyebabkan terjadinya penurunan daya mesin akibat titik pengapian pada rpm tinggi akan lebih maju sedangkan bahan bakar lebih sulit terbakar atau memerlukan waktu dan tekanan yang tinggi dalam proses pembakaran.

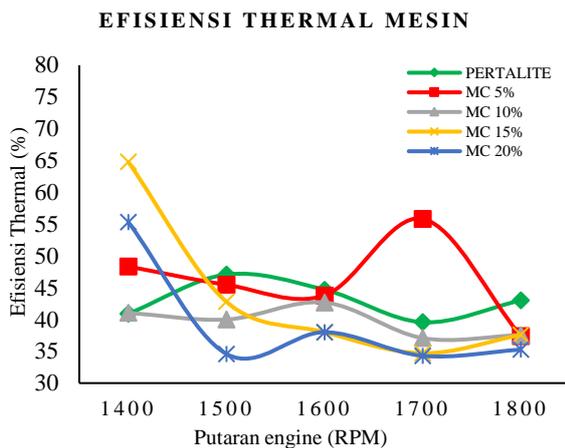
Efisiensi thermal (η_{th})

Efisiensi thermal dapat diartikan sebagai besarnya pemanfaatan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar menjadi kerja mekanis [13]. Dapat juga dikatakan sebagai persentase kerja engine yang didapat dari energi yang dimasukkan kedalam ruang bakar [14]. Efisiensi thermal dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\eta_{th} = \frac{bhp}{Q \cdot m_{bb}} \quad (2)$$

- bhp = daya poros mesin (kW)
 m_{bb} = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)
 Q = nilai kalor bahan bakar (J/kg)

Berdasarkan hasil analisis efisiensi thermal pada semua jenis bahan bakar yang digunakan, maka di dapatkan gambaran efisiensi thermal mesin sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil Pengujian efisiensi thermal

Data gambar 3 menunjukkan bahwa efisiensi thermal pada semua jenis bahan bakar cenderung mengalami penurunan efisiensi thermal seiring bertambahnya rpm mesin. Terlihat bahwa pada penggunaan bahan bakar pertalite murni di rpm rendah 1400 memiliki efisiensi thermal terendah sebesar 40,91% dan pada campuran bahan bakar pertalite dengan minyak cengkeh cenderung mengalami peningkatan efisiensi thermal seiring bertambahnya komposisi minyak cengkeh dengan efisiensi thermal tertinggi berada pada campuran bahan bakar pertalite dengan minyak cengkeh pada komposisi 15% dengan efisiensi sebesar 64,78%. Sedangkan pada rpm tinggi 1800 efisiensi thermal tertinggi berada pada bahan bakar pertalite murni sebesar 43,01% dan pada campuran bahan bakar pertalite dengan minyak cengkeh cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya komposisi minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite sehingga didapatkan efisiensi thermal terendah berada pada campuran minyak cengkeh 20% dengan efisiensi thermal sebesar 35,27%.

Hal tersebut terjadi karena pada rpm rendah penggunaan bahan bakar pertalite murni dengan campuran minyak cengkeh menyebabkan meningkatnya kandungan oksigen dalam bahan bakar semakin meningkat, meningkatnya kandungan oksigen dalam bahan bakar akan menyebabkan peningkatan kualitas pembakaran menjadi lebih baik [15]. Sedangkan pada putaran tinggi rpm 1800 mengakibatkan efisiensi thermal campuran bahan bakar pertalite dan minyak cengkeh menurun. Hal tersebut diakibatkan karena minyak cengkeh masih memiliki kandungan air yang tinggi sehingga pada rpm tinggi dengan konsumsi bahan bakar yang bertambah juga mengakibatkan kadar air yang masuk keruang bakar juga akan meningkat sehingga memengaruhi kecepatan pembakaran [16]. Peningkatan kadar uap air pada bahan bakar akan mengurangi panas pada mesin yang menyebabkan kecepatan pembakaran pada ruang bakar mesin akan semakin berkurang [17].

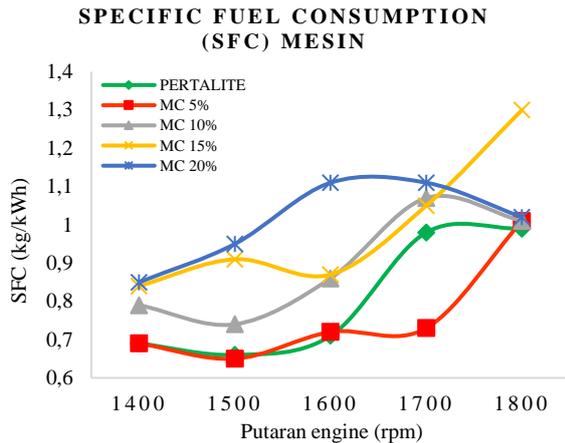
Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) merupakan ukuran pemakaian bahan bakar oleh suatu engine yang diukur dalam satuan massa bahan bakar per satuan keluaran daya, atau juga dapat didefinisikan sebagai laju aliran bahan bakar yang dipakai oleh motor untuk menghasilkan tenaga [18]. Konsumsi bahan bakar spesifik dapat dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$Sfc = \frac{m_{bb}}{bhp} \quad (3)$$

m_{bb} = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

bhp = daya motor (Kw)



Gambar 4. Hasil pengujian konsumsi bahan bakar spesifik

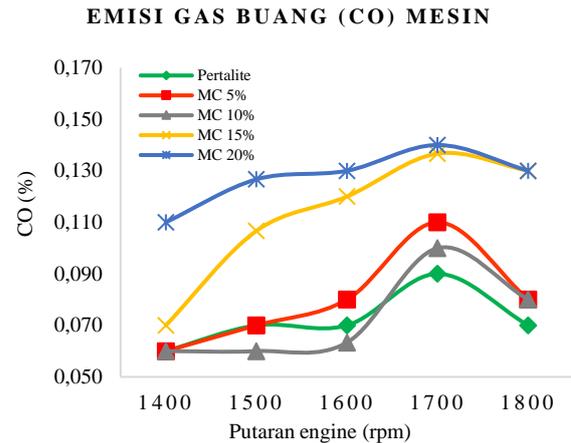
Terlihat bahwa konsumsi bahan bakar spesifik pada semua jenis bahan bakar akan cenderung meningkat seiring bertambahnya rpm mesin. Konsumsi bahan bakar spesifik pada bahan bakar dengan campuran minyak cengkeh cenderung akan meningkat seiring bertambahnya komposisi minyak cengkeh pada bahan bakar peralite. Campuran bahan bakar dengan minyak cengkeh yang mendekati konsumsi bahan bakar peralite murni berada pada campuran bahan bakar dengan minyak cengkeh 5%.

Pada gambar 4 terlihat di rpm 1700 bahan bakar dengan minyak cengkeh 5% mengalami penurunan konsumsi bahan bakar. Hal tersebut disebabkan karena pada mesin mengalami campuran bahan bakar dan udara yang miskin melewati AFR *stoichiometric* sehingga terjadi peningkatan efisiensi thermal yang tinggi dan penurunan daya mesin.

B. Analisis emisi gas buang

Gas karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) merupakan emisi gas buang yang berbahaya bagi tubuh manusia karena jika masuk kedalam paru-paru akan masuk pada peredaran darah sehingga menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan tubuh [19]. Berdasarkan hasil penelitian maka didapatkan emisi gas buang CO pada semua jenis bahan bakar yang digunakan, sebagaimana terlihat pada gambar berikut:



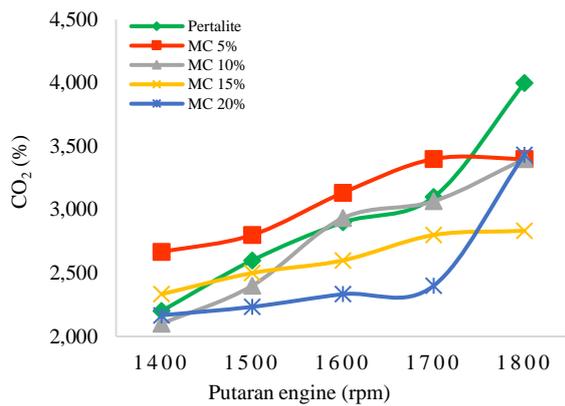
Gambar 5. Emisi gas buang karbon monoksida (CO)

Emisi gas buang CO terlihat semakin meningkat seiring bertambahnya rpm mesin sampai pada rpm 1700 dan akan menurun kembali pada rpm 1800 dan penggunaan bahan bakar dengan campuran minyak yang dapat menurunkan emisi gas buang CO adalah campuran minyak cengkeh 10% pada rpm 1400-1600 dan kembali meningkat pada rpm 1700 melampaui bahan bakar peralite murni. Sedangkan bahan bakar peralite dengan campuran minyak cengkeh 5%, 10% dan 20% memiliki emisi gas CO yang lebih tinggi dari bahan bakar peralite murni. Hal tersebut terjadi karena terjadi campuran yang kaya pada mesin sehingga terjadi pembakaran yang kurang sempurna. Karbon monoksida dapat dihasilkan dari proses pembakaran yang kurang sempurna dan disebabkan karena campuran bahan bakar dengan udara yang terlalu kaya [20].

Gas karbon dioksida (CO₂)

Gas karbon dioksida (CO₂) merupakan gas buang yang tidak berwarna dan tidak berbau, mudah larut dalam air. Gas CO₂ adalah salah gas yang dapat menyebabkan pemanasan global jika tumbuhan semakin berkurang tetapi gas CO₂ juga dapat bermanfaat untuk tumbuhan karena dapat membantu proses fotosintesis. Adapun hasil uji emisi gas CO₂ sebagai berikut:

EMISI GAS BUANG (CO₂) MESIN



Gambar 6. Emisi gas buang karbon dioksida (CO₂)

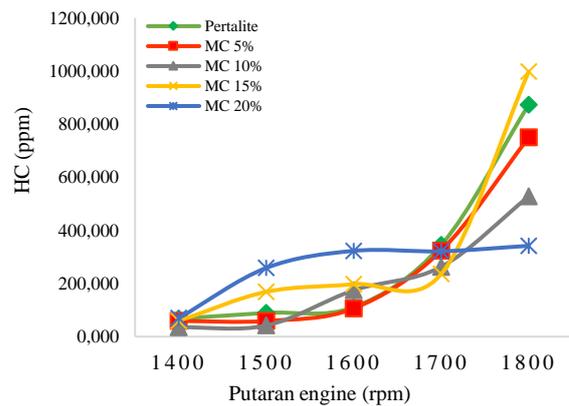
Berdasarkan hasil pengujian terlihat adanya peningkatan emisi gas CO₂ seiring bertambahnya rpm mesin. Emisi gas CO₂ yang paling tinggi berada pada bahan bakar peralite dengan campuran minyak cengkeh 5% dan bahan bakar peralite murni. Sedangkan untuk bahan bakar peralite dengan campuran minyak cengkeh 10%, 15% dan 20% memiliki emisi gas CO₂ dibawah emisi gas CO₂ bahan bakar peralite murni.

Hal tersebut terjadi karena pada bahan bakar peralite murni dan bahan bakar peralite dengan campuran minyak cengkeh 5% terjadi pembakaran yang lebih baik sehingga emisi gas CO₂ akan meningkat. Pembakaran yang lebih baik pada ruang bakar akan mengeluarkan emisi CO₂ yang semakin tinggi [21]. Selain proses pembakaran yang sempurna faktor lain yang dapat menurunkan emisi gas CO₂ pada konsentrasi campuran minyak cengkeh yang tinggi disebabkan karena semakin banyaknya oksigen yang ada dalam bahan bakar sehingga gas CO yang mudah bereaksi dengan unsur lain dapat berubah menjadi gas CO₂ karena bereaksi dengan oksigen [22].

Gas hidrokarbon (HC)

Emisi gas hidrokarbon adalah salah satu gas buang kendaraan yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia utamanya saluran pernapasan dan tenggorokan.

EMISI GAS BUANG (HC) MESIN



Gambar 7. Emisi gas buang hidrokarbon (HC)

Berdasarkan hasil pengujian terlihat emisi gas HC akan meningkat seiring bertambahnya rpm mesin. Hasil analisis data didapatkan bahwa semakin tinggi komposisi campuran bahan bakar peralite dengan minyak cengkeh maka emisi gas HC akan semakin meningkat. Terlihat pada gambar 5 berturut-turut emisi gas HC meningkat di rpm 1400-1600 pada campuran bahan bakar peralite dengan minyak cengkeh di komposisi 20% dan 15%. Sedangkan campuran bahan bakar peralite dengan minyak cengkeh 5% dan 10% pada rpm 1400-1500 memiliki emisi gas HC yang rendah dibanding gas HC pada bahan bakar peralite.

Hal tersebut terjadi karena seiring bertambahnya komposisi minyak cengkeh pada bahan bakar peralite akan terjadi campuran yang kaya sehingga menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan meningkatkan emisi gas HC mesin. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa pada komposisi campuran minyak cengkeh yang tinggi akan mengurangi efisiensi thermal mesin. Temperatur dinding-dinding ruang bakar/mesin yang rendah akan meningkatkan nilai emisi gas HC akibat kebutuhan panas tidak mencukupi sehingga tidak mampu melakukan pembakaran secara sempurna [23].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada rpm rendah 1400

seiring bertambahnya komposisi penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite maka kinerja mesin juga akan cenderung meningkat. Tetapi pada rpm tinggi 1800 kinerja mesin juga cenderung akan menurun seiring bertambahnya minyak cengkeh kedalam bahan bakar pertalite. Untuk konsumsi bahan bakar didapatkan konsumsi paling rendah pada campuran minyak cengkeh 5%. Sedangkan pada emisi gas buang penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar pertalite untuk emisi gas CO yang dapat menurunkan emisi yaitu pada campuran minyak cengkeh 10%. Untuk emisi gas HC yaitu pada campuran minyak cengkeh 5% dan 10%. Sedangkan untuk emisi gas CO₂ terlihat semakin tinggi komposisi campuran minyak cengkeh maka emisi juga semakin menurun dan emisi CO₂ paling tinggi berada pada campuran minyak cengkeh 5%.

Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih kepada seluruh civitas akademi jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar yang turut berpartisipasi dan membantu dalam penelitian ini khususnya para pembimbing dan penanggung pada penulisan tugas akhir yang dilakukan oleh penulis. Ucapan terima kasih juga kepada kepala laboratorium, laboran dan pengurus laboratorium *internal combustion* Departement Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memfasilitasi dalam proses pengambilan data untuk penelitian ini.

Referensi

- [1] Cahyo, W. E. 2010. Pengaruh Pemanasan Global Terhadap Lingkungan Bumi. *Berita Dirgantara*, Vol. 8(2), 28–31.
- [2] Kurnia, A dan Sudarti. 2021, Efek Rumah Kaca Oleh Kendaraan Bermotor. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, Vol. 4(2), 1-9. Doi: 10.33059/gravitasi.jpfs.v4i02.4518.
- [3] Wiratmaja, I. G. dan Elisa, E. 2020. Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, Vol. 8(1), 1–8. Doi: 10.23887/Jptm.V8i1.27298.
- [4] Mafruddin, M., Irawan, D., Pratama, R. Y., & Pratama, E. D. (2021). Pengaruh temperatur biogas dan waktu penyalaan terhadap kinerja motor bakar menggunakan sistem dual fuel pertamax-biogas. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(1).
- [5] Kadarohman, A. 2009. Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar. *Jurnal Pengajaran MIPA*, Vol. 14(2), 121-142.
- [6] Irawan, B. 2017. Perhitungan Energi Pembakaran Bahan Bakar didalam Silinder Mesin Bensin, In Seminar Nasional Teknologi Terapan (MESIN) Politeknik Negeri Malang, Vol. 3(1), 13-16.
- [7] Alfian, D. G. C dkk. 2020. Uji Performa Gasoline Engine Menggunakan Bioaditif Cengkeh Dengan Bensin Berkadar Oktan 90. *Journal Of Science and Applicative Technology*, Vol. 4(1), 49-53. Doi: 10.35472/Jsat.V4i1.243.
- [8] Efendi, A. 2022. Ozonisasi dan Ionisasi B30 Terhadap Getaran dan Kebisingan pada Mesin Diesel Tipe TV-1. Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [9] Rahman, M. D dkk. 2017. Pengaruh Ukuran Katup Terhadap Torsi Dan Daya Pada Sepeda Motor Honda Supra Fit. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, Vol. 5(3), 45-54. Doi: 10.23887/jjtm.v5i3.20283.
- [10] Lazrisyah, S dkk. 2022. Pengaruh Penambahan Minyak Cengkeh Pada Bahan Bakar Ron 90 Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, Vol. 7(2), 48–53.
- [11] Saifulloh, M. M dan Sudarmanta, B. 2013. Karakterisasi Unjuk Kerja

- Mesin Diamond Type di 800 Sistem Injeksi Bertingkat Berbahan Bakar Biodiesel Kemiri Sunan Dengan Perubahan Camshaft Fuel Pump, In Seminar Nasional Pascasarjana XI-ITS, Surabaya.
- [12] Pratama, A. W dan Aziz, A. 2021. Analisis Pengaruh Campuran Bahan Bakar Pertalite Dengan Bioaditif Minyak Cengkeh Terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar Motor 4 Langkah. *Journal Mechanical and Manufacture Technology (JMMT)*, Vol. 2(2), 74-81. Doi: 10.35891/jmmt.v2i2.2703.
- [13] Sianturi, T. A. 2020. Pengaruh Bahan Bakar Pertamina Dengan Campuran Etanol 5%, 10%, 15% Terhadap Prestasi Sepeda Motor 150 CC Manual. *Jurnal Ilmiah Simantek*, Vol. 4(2), 78-92.
- [14] Aji, A dkk. 2018. Studi Eksperimental Pengaturan Waktu Pengapian Pada Mesin 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar E25. *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, Vol. 17(2), 33-38.
- [15] Nugroho, A. S. 2015. Pengaruh Campuran Metanol Terhadap Prestasi Mesin. *Prosiding SNATIF Ke -2 Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus*, 441-446.
- [16] Aji, A dkk. 2018. Studi Eksperimental Pengaturan Waktu Pengapian Pada Mesin 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar E25. *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, Vol. 17(2), 33-38.
- [17] Suarta, I. 2011. Pengaruh Kadar Air Pada Etanol Terhadap Bentuk dan Cepat Rambat Api Dalam Hele Shaw Cell. *Doctoral Dissertation*, Universitas Brawijaya, Malang.
- [18] Razi, M dkk. 2019. Pengaruh Derajat Pengapian Terhadap Kinerja Motor Bakar 6 Langkah Berbahan Bakar Etanol. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 10(3), 299-308. Doi: 10.21776/ub.jrm.2019.010.03.10.
- [19] Damara, D. Y dkk. 2017. Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO) di Sekitar Jl. Pemuda Akibat Kegiatan Car Free Day Menggunakan Program Caline 4 dan Surfer (Studi Kasus: Kota Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6(1), 1-14.
- [20] Mara, I. M dkk. 2019. Analisis Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar Etanol. *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 9(1), 45-57. Doi: 10.29303/Dtm.V0i0.258.
- [21] Mara, I. M dkk. 2018. Analisis Emisi Gas Buang dan Daya Sepeda Motor Pada Volume Silinder Diperkecil. *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. (8)1, 8-13. Doi: 10.29303/Dtm.V8i1.154.
- [22] Akhbar, T. 2013. Bahan Bakar Premium Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Honda Vario Tecno 110 CC. *Automotive Engineering Education Journals*, Vol. 5(2), 1-11.
- [23] Munthe, I. 2019. Perbandingan Emisi Gas Buang Mesin Berteknologi VVT-I dan Non VVT-I. *PISTON (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU)*, Vol. 4(1), 13-21.