

## PENGARUH JENIS BAHAN BAKAR GASOLIN TERHADAP PRESTASI, PEMBAKARAN, GETARAN, KEBISINGAN, DAN EMISI GAS BUANG PADA MESIN TYPE TV-1

Andi Erwin Eka Putra<sup>1</sup>, Nasruddin Aziz<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Laboratorium Motor Bakar, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Hasanuddin, Indonesia  
<sup>1</sup>erwinep@eng.unhas.ac.id

### ABSTRAK

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia didominasi oleh sepeda motor. Rasio kompresi sepeda motor yang diproduksi saat ini adalah di atas 9 : 1. Type bahan bakar bensin yang ada di pasaran mempunyai nilai bilangan oktan 88, 90, dan 92. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis prestasi mesin, kinerja pembakaran, emisi gas buang yang dihasilkan, getaran dan kebisingan yang terjadi dari jenis bahan bakar bensin dengan rasio kompresi 10 : 1. Penelitian ini menggunakan mesin bensin dengan 1 silinder dan 4 langkah, alat ukur suara (*sound level meter*) untuk mengukur kebisingan, pengukuran getaran dilakukan menggunakan alat VibexpertII menggunakan mode percepatan, pengukuran emisi gas buang menggunakan AGS-688. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah daya efektif dari ketiga jenis bahan bakar cenderung konstan dan SFC terkecil adalah bahan bakar dengan bilangan oktan 92 (ON 92). Selain itu, kinerja pembakaran ON 92 juga cenderung stabil, namun getaran dan kebisingan lebih tinggi. Sedangkan emisi CO dan HC dari ketiga jenis bahan bakar cenderung konstan.

**Kata kunci:** Daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik, tekanan silinder, pelepasan panas, getaran, kebisingan, emisi gas buang.

### ABSTRACT

[**Title: The effect of fuel type of gasoline on performance, combustion, noise and vibration and emissions on engine type TV-1.**] The growth of vehicles in Indonesia is dominated by motorcycles. The current compression ratio of the motorcycle is above 9 : 1. Types of gasoline on the market have octane number of 88, 90, 92. The purpose of this study is to analyze engine and combustion performance, noise and vibration, and emissions from gasoline type with a compression ratio of 10 : 1. This study was used engine with 1 cylinder and 4 strokes, sound level meter to measure noise, VibexpertII with acceleration mode for vibration measurement, AGS-688 for exhaust emission test. The test results showed that the break power of all fuels tends to be constant and the smallest SFC is an octane number of 92 (ON 92). The combustion performance of ON 92 also tends to be stable, but noise and vibration of ON 92 are higher. CO and HC emissions of all fuel tend to be constant.

**Keywords:** Break power, Specific fuel consumption, cylinder pressure, heat release, vibration, noise, emission

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor terus berkembang seiring dengan perkembangan ekonomi. Menurut data Badan Pusat Statistik, Penambahan kendaraan bermotor 2018 di Indonesia mencatat rata-rata 6% dan didominasi oleh sepeda motor yang berkisar 100 juta unit dan mobil penumpang berkisar 15 juta unit [1]. Kedua jenis kendaraan tersebut umumnya menggunakan bahan bakar bensin.

Bahan bakar bensin yang umum dipasarkan oleh Pertamina adalah pertamax, pertalite, dan premium. Pertamax terdiri dari pertamax racing dengan bilangan oktana (ON) minimal 100 dan direkomendasikan untuk kendaraan dengan rasio kompresi (RK) mesin lebih dari 13 : 1, pertamax turbo dengan ON minimal 98, dan pertamax dengan ON minimal 92 untuk RK 10 : 1 sampai 11 : 1 atau kendaraan dengan teknologi *Electronic Fuel Injection (EFI)*. Pertalite dengan ON minimal 90

direkomendasikan penggunaannya untuk kendaraan dengan RK 9 : 1 sampai 10 : 1 dan Premium dengan ON minimal 88 untuk RK di bawah 9 : 1 [2].

Saat ini, sepeda motor yang dipasarkan di Indonesia mempunyai RK di atas 9 : 1, dengan sepeda motor yang masih beroperasi dengan RK rendah berkisar 30 juta kendaraan [3].

Pemakaian bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax telah diinvestigasi terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang dari mesin 4 tak, 150 cc, satu silinder pada beban maksimal dengan 1000 – 2500 rpm. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa torsi dan daya mesin tertinggi diperoleh pada penggunaan bahan bakar premium (ON 88) berturut-turut di 2000 rpm dan 2500 rpm. Pemakaian bahan bakar spesifik (*Spesific Fuel Consumpsion, SFC*) tertinggi terjadi pada bahan bakar pertamax (ON 92) pada putaran 1000 rpm. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O) dominan teridentifikasi pada gas buang jika hidrokarbon (HC) terbakar sempurna, sebaliknya karbon monoksida (CO) meningkat ketika HC masih terdeteksi di di gas buang [4]

Rasio kompresi (RK) 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1 dan 9 : 1 juga telah diuji pada mesin bensin 4 silinder. Hasil yang diperoleh adalah peningkatan RK meningkatkan efisiensi termal dan nilai CO dan HC menurun seiring dengan peningkatan RK [5].

Sebuah mesin bensin yang beroperasi akan menghasilkan getaran yang diakibatkan oleh kecepatan mesin, beban, viskositas oli dan sifat bahan bakar yang digunakan. Getaran yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya kebisingan pada kendaraan. Getaran dan kebisingan dapat mempengaruhi ketidaknyamanan penumpang dan dapat merusak persepsi pelanggan terhadap kualitas mesin. Akustik mesin merupakan faktor penting dalam meningkatkan kepatuhan kendaraan terhadap peraturan kebisingan yang diterapkan di seluruh dunia.

Penelitian tentang getaran dan kebisingan yang terjadi pada mesin bensin juga telah diinvestigasi. Mesin bensin 4 silinder dan 4 langkah dengan variasi putaran 1000 – 2000 rpm dengan beban mesin 15 dan 20% telah dianalisis getaran dan kebisingan yang dihasilkan. Dari hasil analisis getaran memperlihatkan bahwa peningkatan kecepatan dan beban mesin berefek pada penurunan getaran dan kebisingan yang signifikan [6]

Sharma et all (2019) menyatakan bahwa karakteristik pembakaran mesin mempengaruhi kebisingan dan getaran mesin yang terjadi selain dari kontribusi dari komponen mesin yang bergerak, sedangkan karakteristik pembakaran tergantung pada parameter operasi mesin seperti jenis bahan bakar, beban dan kecepatan mesin, waktu percikan, dan lain-lain [7].

Karakteristik pembakaran mesin seperti tekanan dan temperatur silinder pada setiap perubahan sudut engkol untuk menentukan saat mulai terbakar dan tekanan maksimum di dalam silinder telah diteliti [8]. Penelitian karakteristik pembakaran seperti penentuan saat percikan, saat pengapian, durasi pembakaran, Tekanan indikasi efektif rata-rata, efisiensi termal indikasi juga telah diinvestigasi [9]. Laju pelepasan panas dari proses pembakaran juga telah dianalisis pada kondisi pengoperasian dan rekayasa bahan bakar tertentu [10, 11].

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan penelitian ini adalah menganalisis prestasi mesin, kinerja pembakaran, emisi gas buang yang dihasilkan, getaran dan kebisingan yang terjadi dari bahan bakar bensin jenis premium (ON 88), pertalite (90), dan pertamax (ON 92) dengan rasio kompresi 10 : 1.

## 2. METODE

Penelitian ini berlangsung dari bulan September sampai bulan Desember 2020, yang dilaksanakan pada laboratorium Motor Bakar, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Model mesin bensin yang digunakan adalah tipe vertikal 1 silinder (TV-1) dengan jumlah langkah 4 dengan spesifikasi diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi mesin bensin tipe TV-1

Diameter Silinder	87.5 mm
Panjang Langkah	110 mm
Rasio Kompresi	6:1 – 10:1
Daya Maksimum	4.5 kW
Kecepatan	1200–1800 rpm

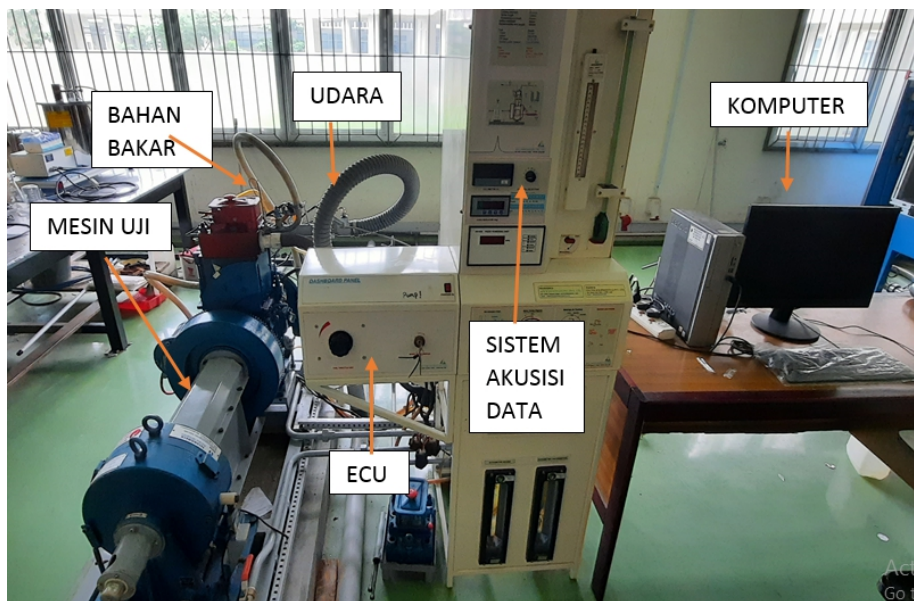
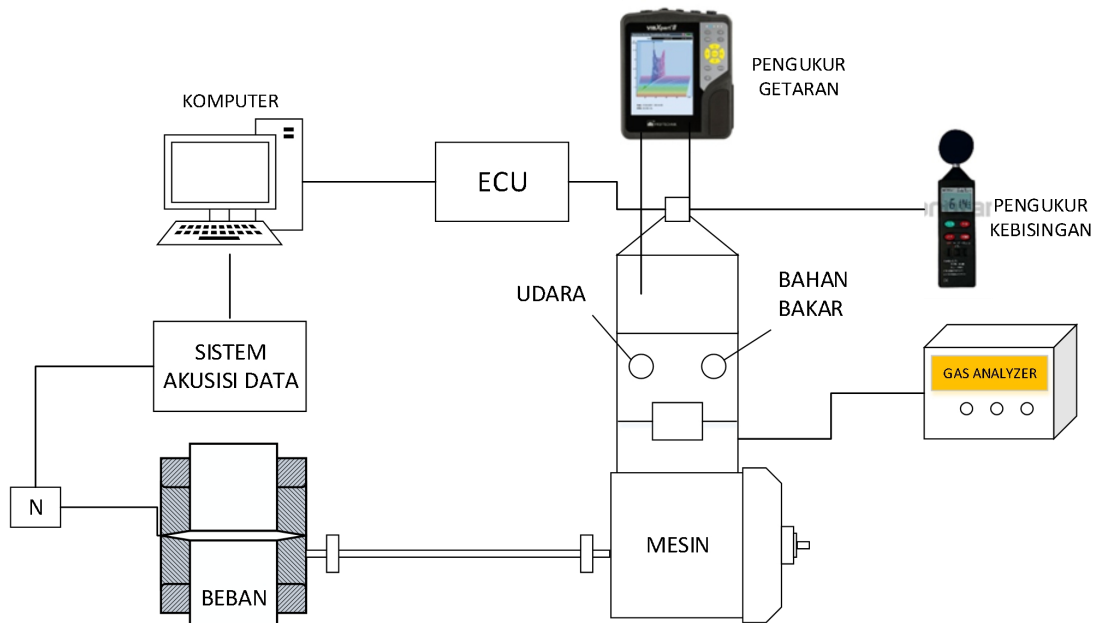
Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar bensin dengan bilangan oktan 88 (ON 88), ON 90, dan ON 92 yang selanjutnya dilakukan pengujian nilai kalor dengan menggunakan *bomb calorimeter* dan massa jenis sebelum dimasukkan ke dalam mesin uji. Mesin dioperasikan dalam kondisi *idle* selama 4-5 menit. Kondisi operasi dicapai secara

bertahap dengan meningkatkan bukaan throttle sampai putaran 1200 rpm kemudian 1400, 1600, hingga 1800 rpm pada rasio kompresi 10 : 1 dengan beban 5 kg.

Pengukuran getaran dilakukan menggunakan alat VibexpertII menggunakan mode percepatan. Pengambilan data dilakukan pada 3 titik pada silinder yaitu radial vertikal, axial, dan radial horisontal. Pengukuran kebisingan dilakukan menggunakan alat sound meter, pengukuran

kebisingan dilakukan dengan jarak sound level meter dari mesin sejauh satu meter dan setinggi dada (95 cm) sesuai dengan standar ergonomika. Pengukuran emisi gas buang menggunakan AGS-688 dengan parameter CO, CO<sub>2</sub>, HC. Pengukuran dilakukan pada setiap kondisi.

Adapun mesin bensin tipe TV-1 yang digunakan diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Alat Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

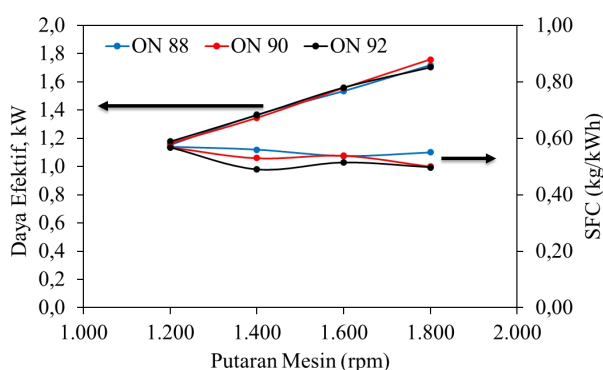
Massa jenis bahan bakar diuji dengan metode ASTM D4052 yang diperlihatkan pada table 2 sesuai dengan yang disyaratkan dalam Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan gas bumi [12]. Nilai kalor dan massa jenis bahan bakar ini sebagai parameter awal dalam menentukan prestasi mesin.

Tabel 2. Nilai kalor dan massa jenis bahan bakar

Bahan Bakar	Nilai Kalor (kJ/kg)	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )
Premium	39.692	724
Pertalite	40.926	736
Pertamax	42.202	743

#### Daya Efektif (*Break Power, BP*) dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption, SFC*)

Daya efektif (BP) adalah merupakan fungsi dari torsi dan kecepatan sudut sehingga pada gambar 2 terlihat semakin meningkat dengan bertambahnya putaran mesin. Sedangkan, daya efektif (BP) yang dihasilkan dari semua jenis bahan bakar pada setiap putaran mesin adalah cenderung konstan. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada ON 92 yang terendah. Hal ini sesuai dengan rekomendasi penggunaan ON 92 di RK 10 : 1 [2]. Selain itu, SFC juga dipengaruhi oleh nilai kalor dari bahan bakar tersebut, dimana nilai kalor yang rendah membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak untuk mencapai kinerja mesin [13]



Gambar 2. Daya efektif dan konsumsi bahan bakar spesifik pada rasio kompresi 10 dan beban 5 kg

#### Kinerja Pembakaran

Pada bahan bakar bensin yang berbeda bilangan oktan mengakibatkan perlambatan awal pembakaran (*start of combustion, SOC*). Pada gambar 3 memperlihatkan SoC untuk ON 90 lebih lambat dibandingkan kedua bahan bakar lainnya pada putaran mesin 1200 dan 1400 rpm. Sedangkan pada putaran 1600 dan 1800 rpm, ON 92 cenderung lebih lambat dan terjadi pada 21° dan 19° sebelum titik mati atas (TMA).

Jarak antara SoC ke 10% fraksi massa bahan bakar terbakar (FMT) disebut dengan *ignition delay* atau periode keterlambatan pembakaran yang juga merupakan awal pembakaran. Pada titik 10 % merupakan fase perambatan api dimana campuran bahan bakar dan udara akan terbakar pada beberapa tempat di dalam silinder. Nyala percikan api busi akan merambat dengan kecepatan tinggi sehingga seolah-olah campuran udara dan bahan bakar terbakar sekaligus.

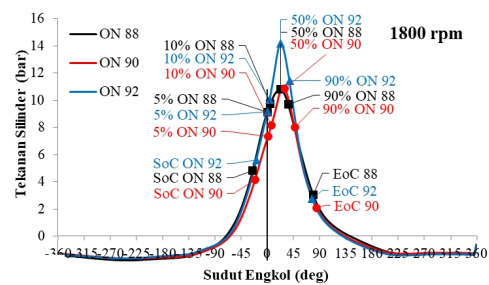
Jarak 10% sampai 50% disebut periode pembakaran cepat atau pembakaran tak terkendali. Pada tahap ini dimana bahan bakar yang di injeksikan selama periode selama periode penundaan sebelumnya, pada periode pembakaran tak terkendali ini dimana laju pembakaran sebagian besar bergantung pada pusaran udara untuk membawa suplai udara segar. Pada periode ini dipengaruhi durasi periode penundaan *ignition delay*. Pada umumnya, durasi penundaan yang besar antara dimulainya bahan bakar di injeksikan dan saat pengapian nyata terjadi, menyebabkan laju kenaikan tekanan yang sangat tinggi, sedangkan durasi penundaan yang kecil mengakibatkan laju peningkatan tekanan yang lebih bertahap [14 - 16]. Pada gambar 3 juga terlihat bahwa 10% dari FMT semua bahan bakar terjadi setelah TMA dimana ON 88 terjadi pada 5° setelah TMA dan ON 92 menurun hingga 2 - 4° setelah TMA dengan meningkatnya putaran mesin. Peningkatan tekanan pada 10% FMT ini adalah sebesar 50% dari tekanan SoC untuk bahan bakar ON 88, dan 45% untuk ON 90 dan 92.

Pada 50 % dari FMT merupakan fase pembakaran puncak dimana akibat pembakaran di dalam silinder maka terjadi kenaikan tekanan silinder. Untuk memperoleh tenaga yang besar maka tekanan akan mencapai maksimum setelah TMA [14 - 16].

Tekanan maksimum pada semua bahan bakar terjadi disekitar 21 – 28 derajat sudut engkol setelah TMA. Tekanan maksimum untuk ON 88 sebesar 9,8 bar

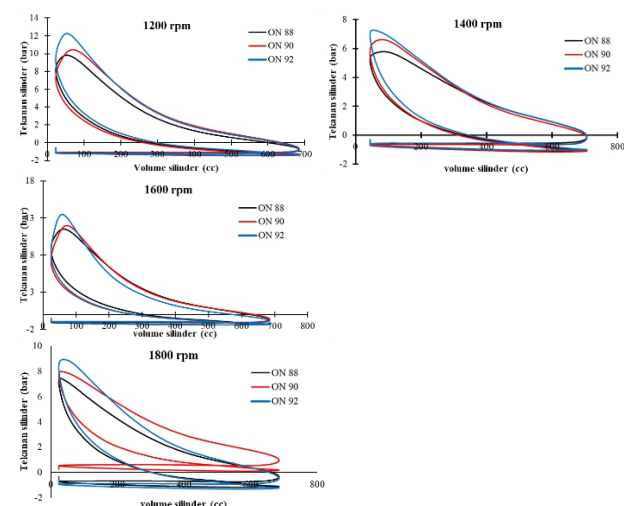
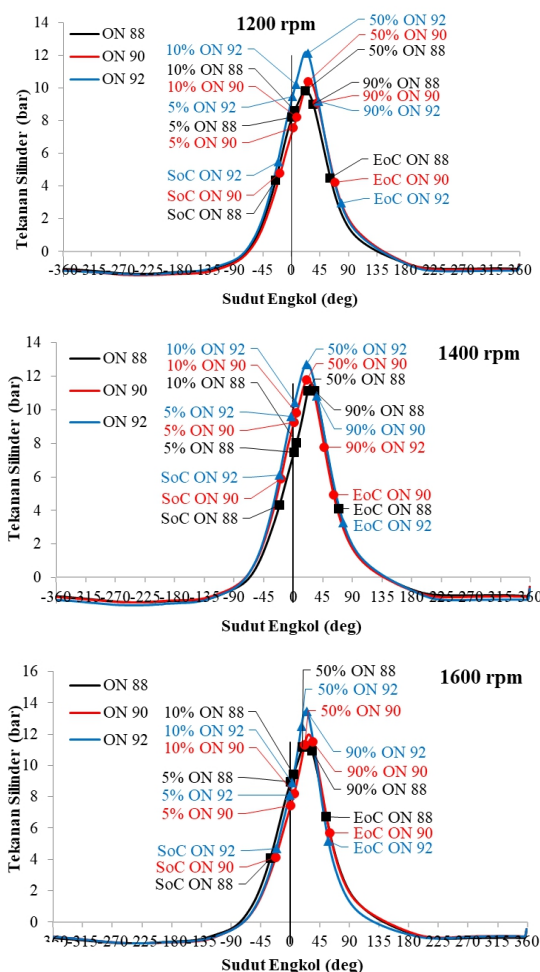
pada putaran 1200 rpm dan meningkat menjadi 11,5 bar pada putaran 1400 rpm dan cenderung menurun pada putaran 1600 dan 1800 rpm. Demikian juga dengan ON 90 yang cenderung meningkat sampai putaran 1600 rpm dan menurun di putaran 1800 rpm. Sedangkan ON 92 terus meningkat hingga mencapai 14,2 bar pada putaran 1800 rpm.

Dari 50 % sampai titik 90% FMT disebut pembakaran terkendali, pada akhir tahap kedua tekanan dan temperatur sangat tinggi sehingga bahan bakar langsung terbakar ketika masuk ruang bakar dan kenaikan tekanan selanjutnya dapat dikendalikan dengan cara mekanik murni dengan laju penginjeksian. Dari 90 % FMT sampai *end of combustion* (EOC) disebut pembakaran lanjutan (*after burning*) dimana pada fase ini terjadi pembakaran bahan bakar yang belum terbakar. [14 - 16]



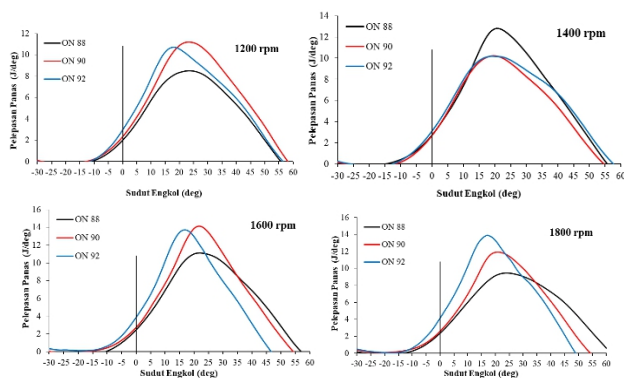
Gambar 3. Proses pembakaran pada setiap putaran mesin

Pada saat yang sama terjadi produksi panas akibat reaksi kimia yang menghasilkan proses langkah kerja seperti yang diperlihatkan pada gambar 4. Energi panas yang dilepaskan hilang melalui dinding silinder dan kepala piston, selanjutnya piston bergerak turun memperbesar volume ruang bakar sehingga tekanan silinder menurun drastis. Kemudian titik EOC merupakan fase akhir proses pembakaran.



Gambar 4. Hubungan antara tekanan silinder dengan volume silinder

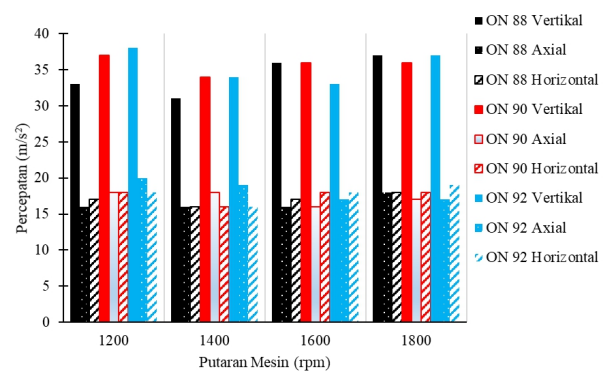
Pelepasan panas bersih yang terjadi selama proses pembakaran diperlihatkan pada gambar 5, umumnya terjadi sebelum terjadi tekanan silinder maksimum. Pelepasan panas selaras dengan kecenderungan tekanan maksimum dimana pada ON 88 pada meningkat hingga putaran mesin 1400 rpm sebesar 12,8 J/derajat sudut engkol dan kemudian menurun. ON 90 meningkat hingga putaran mesin 1600 rpm sebesar 14,1 J/derajat sudut engkol dan ON 92 meningkat hingga putaran mesin 1800 sebesar 13,9 J/derajat sudut engkol.



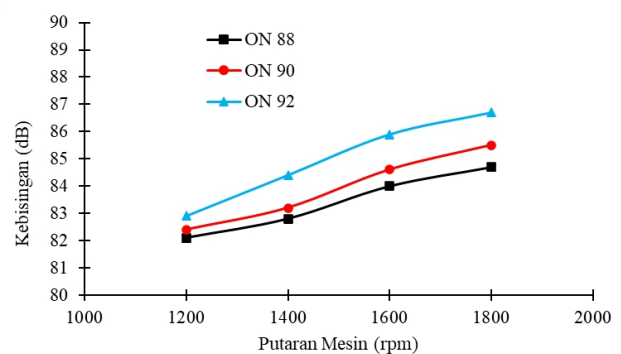
Gambar 5. Pelepasan panas bersih pada setiap putaran mesin

Gambar 6 menunjukkan hubungan getaran maksimum yang terjadi pada tiga titik pengukuran terhadap putaran mesin untuk ketiga jenis gasoline. Pada titik pertama pengukuran getaran dilakukan pada arah radial vertikal yang bertujuan untuk mengukur getaran pada arah gerak bolak-balik piston di dalam silinder dan fluktuasi tekanan pembakaran di dalam silinder searah vertikal. Titik pengukuran kedua getaran pada arah axial bertujuan untuk mengukur getaran pada titik saling tegak lurus antara arah vertikal dan horizontal. Titik ketiga pengukuran getaran dilakukan pada arah radial horizontal dimana titik ini mengukur getaran pada piston yang menyentuh dinding silinder. Getaran maksimum paling besar terjadi pada arah radial vertikal, dimana ON 92 cenderung lebih tinggi pada putaran mesin yang rendah (1200 – 1400 rpm) dan ON 88 cenderung lebih tinggi pada putaran 1600 – 1800 rpm.

Karakteristik getaran mesin membuat analisis dinamis dan ekstraksi tandanya jauh lebih sulit. Getaran mekanis yang diinduksi pada mesin dapat mengganggu pengamatan pembakaran. Misalnya, dampak penutupan katup sering menghasilkan getaran frekuensi tinggi yang jatuh di dalam pemrosesan sinyal. Dampak penutupan katup bergantung pada jarak bebasnya, yang mengontrol kecepatan kenaikannya di atas poros. Dengan demikian, dampak tersebut terjadi pada intensitas yang berbeda, sehingga dapat mengganggu dalam pengamatan kondisi pembakaran pada spektrum [17].



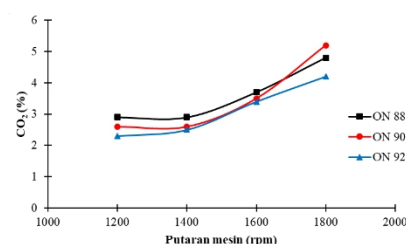
a. Getaran maksimum yang terjadi pada mesin

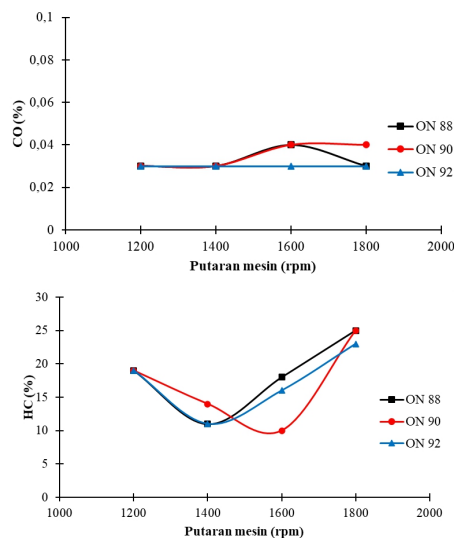


b. Kebisingan maksimum pada mesin

Gambar 6. Getaran dan kebisingan maksimum yang terjadi pada setiap putaran mesin

Bunyi pada mesin terjadi karena perbedaan tekanan pembakaran dalam silinder dengan tekanan udara atmosfer referensi, sehingga menghasilkan kebisingan dengan satuan decibel [18]. Kebisingan pada mesin bensin cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Selain itu, Bahan bakar ON 92 memperlihatkan nilai kebisingan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kedua bahan bakar lainnya. Hal yang mempengaruhi peningkatan kebisingan tersebut yaitu tekanan silinder dalam proses pembakaran, yang bergantung pada kecepatan, mode pembakaran, dan beban [7].





Gambar 7. Emisi gas buang pada setiap putaran mesin

Gambar 7 memperlihatkan emisi CO<sub>2</sub>, CO, dan HC yang dihasilkan dari setiap putaran mesin dan variasi bahan bakar. Nilai CO<sub>2</sub> memperlihatkan kenaikan dengan semakin besar nilai putaran mesin, demikian juga bahwa bahan bakar turut berpengaruh. Hal tersebut terjadi akibat meningkatnya konsumsi bahan bakar yang digunakan [19]. Sedangkan nilai CO cenderung konstan di 0.03 – 0.04% untuk semua bahan bakar pada setiap putaran mesin. Nilai bahan bakar yang tidak terbakar diperlihatkan dari nilai HC dimana ON 88 dan ON 92 menghasilkan HC terendah pada putaran 1400 rpm dan ON 90 terjadi pada putaran mesin 1600 rpm.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian dan ulasan pada hasil dan pembahasan, maka hasil yang diperoleh diperlihatkan bahwa nilai daya efektif dari ketiga jenis gasolin cenderung konstan dan maksimal 1.7 kW pada putaran mesin 1800. Kinerja pembakaran meliputi tekanan dan volume silinder serta pelepasan panas bersih memperlihatkan ON 92 cenderung stabil pada setiap putaran mesin. Sebaliknya, getaran maksimum dan kebisingan pada ON 92 cenderung lebih tinggi. Sedangkan emisi CO dan HC dari ketiga jenis bahan bakar cenderung konstan dan hanya berubah oleh variasi putaran mesin.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2018" Kamis 10 Desember 2020. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>
- [2] Pertamina, "BBM Retail" Kamis 10 Desember 2020. [Online]. Available: <https://pertamina.com/id/fuel-retail>
- [3] D. Wahyu, Y. Rosa, "Sebuah Solusi Pada Engine Berkompresi Rendah Agar Sesuai dengan BBM Non Subsidi", ROTASI, Vol. 23, No. 2, pp. 1-9, April 2021.
- [4] B. Sugiarto, C. S. Wibowo, A. Zikra, A. Budi, T. Mulya, M. Muchar, "Comparison of the gasoline fuels with octane number variations 88, 92 and 98 on the performance of 4 strokes single cylinder 150 CC spark-ignition engine", AIP Conference Proceedings 2062, 020018, 2019.
- [5] M. K. Allawi, "The Effect of Compression Ratio upon the Performance and Emission of spark ignition engine", International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), Vol. 5, Issue 3, pp 2454-4698, July 2016
- [6] Erdiwansyah, M. S. M. Sani, R. Mamat, J. M. Zikri, N. F. D. Razak, and Munawir, "Experimental investigation of vibrations and noise characterization for spark ignition engine", IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1262, 012014, 2019.
- [7] N. Sharma, C. Patel, N. Tiwari, A. K. Agarwal, "Experimental Investigations of Noise and Vibration Characteristics of Gasoline/Methanol Blend Fuelled Gasoline Direct Injection Engine and Their Relationship with Combustion Characteristics", Applied Thermal Engineering, Vol. 158, 113754, 25 July 2019.
- [8] Rosid, "Analisa Proses Pembakaran pada Motor Bensin 113.5 cc dengan simulasi Ansys", Jurnal Teknologi, Vol. 8, No. 2, Juli 2016.
- [9] B. Q. He, X. Chen, C. L. Lin, H. Zhao, "Combustion characteristics of a gasoline engine with independent intake port injection and direct injection systems for n-butanol and gasoline", Energy Conversion and Management, Vol. 124, 556 - 565, 2019
- [10] A. Setiawan, B. Wahono, O. Lim, "A Study of Combustion Characteristics of Two Gasoline-Biodiesel Mixtures on RCEM Using Various

Fuel Injection Pressures", *Energies*, 13, 3265, 2020.

- [11] P. Bedar, K. Santosh, G. N. Kumar, "Combustion analysis of cylinder pressure, NHRR, MGT and CHRR of twin cylinder CRDI engine", *AIP Conference Proceedings*, 2316, 030033, 2021.
  
- [12] Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak jenis bensin 90 yang dipasarkan di dalam negeri, No. 0486.K/10/DJM.S/2017, 2017
- [13] S. Iliev, "A comparison of ethanol and methanol blending with gasoline using a 1-D engine model," *Procedia Eng.*, vol. 100, no. January, pp. 1013–1022, 2015.
- [14] W. W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, London: Pearson Education Limited, Second edition, 2014.
- [15] J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Education, 2018
- [16] A. Pudjanarsa, D. Nursuhud, *Mesin Konversi Energi*, Edisi 3. Yogyakarta, Andi Publisher, 2013.
- [17] A. T. Alisaraei, A. Mahdavian, "Fault detection of injectors in diesel engines using vibration time-frequency analysis", *Applied Acoustics*, Vol. 143, pp 48 – 58, 1 January 2019.
- [18] N. K. Siavasha, et all, "Acoustic analysis of a single cylinder diesel engine using biodiesel fuel blends", *Energy Procedia* 75, pp 893 – 899, 2015.
- [19] D. Alexandru, D. Ilie, T. Dragos, "Evaluation of performance and emissions characteristics of methanol blend (gasohol) in a naturally aspirated spark ignition engine", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 252, 012086, 2017