



Perbandingan busi standar dan busi multi elektroda terhadap kinerja dan emisi gas buang pada mesin bensin

A comparative study of the performance and exhaust emissions for standard and multi electrode spark in SI engine

H. Ibrahim, A.H. Sebayang*, J. Sutrisno, B. Nurulita

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, 20155 Medan, Indonesia. HP. 08126526644

*E-mail: abdisebayang@yahoo.co.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 9 December 2019

Accepted 13 July 2020

Available online 1 October 2020

Keywords:

Busi

Multi ground elektroda

Performa

Emisi gas buang



Spark ignition in internal combustion engine was occurred from the spark of the electrode which is in the middle of the spark plug. The purpose of this study was to analyze the engine performance and exhaust emissions of a gasoline engine using standard spark plugs and multi-ground electrode spark plugs. Tests are carried out on four-stroke and four-cylinder gasoline engines without engine modification at 1500 to 4000 rpm. In addition, engine torque, brake specific fuel consumption and brake thermal efficiency and carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and hydrocarbon (HC) emissions are measured. From the results of the study, an increase in torque and power using a four-foot electrode spark plug by 0.599% was accompanied by an increase in the consumption of specific fuels 266.78 g/kWh compared to standard spark plugs. In addition, it was found that CO and HC emissions decreased, although CO₂ emissions increased compared to the use of standard spark plugs. Based on the results of the study, it can be concluded that the use of multi-ground electrode spark plugs can increase engine power and torque and reduce exhaust emissions.

Dinamika Teknik Mesin, Vol.10, No. 2 October 2020, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Mobil dan sepeda motor merupakan salah satu kendaraan yang sangat sering dipakai sebagai alat pengangkutan atau transportasi di perkotaan. Peningkatan jumlah pengguna kendaraan bermotor seperti sepeda motor dan mobil penumpang setiap tahunnya meningkat. Data dari Polda Sumatera Utara Direktorat Lalu Lintas Provinsi Sumatera Utara melalui badan pusat statistik Sumatera Utara jumlah peningkatan sepeda motor dari tahun 2004 hingga sampai 2013 tiap tahun rata-rata 11,2%, sedangkan peningkatan jumlah mobil penumpang sekitar 7,4%. (BPS, 2018).

Salah satu akibat peningkatan jumlah kendaraan ini adalah menipisnya persediaan bahan bakar karena banyaknya pemakaian bahan bakar, sedangkan sumber bahan bakar tidak bertambah (Dharma

dkk., 2017; Khoirul, 2018). Disamping itu, kualitas udara menurun disebabkan emisi gas buang kendaraan bermotor yang meningkat, sehingga berdampak terhadap perubahan iklim (Sebayang dkk., 2017; Sriyanto, 2018). Oleh karena itu, perlu solusi untuk mengatasi permasalahan ini. Salah satu solusi adalah dengan meningkatkan performa mesin kendaraan itu sendiri sehingga dapat menghemat bahan bakar dan bersih emisi. Salah satu cara untuk mendapatkan performa mesin yang baik dan rendah emisi adalah dengan cara memperbaiki sistem pembakaran bahan bakar.

Proses terjadinya pembakaran bahan bakar pada ruang pembakaran memerlukan percikan api agar terjadi pembakaran. Busi merupakan suatu alat yang dapat mengeluarkan percikan api melalui elektroda yang terdapat di tengahnya (Khoirul, 2018). Campuran bahan bakar dan udara terbakar karena mendapat percikan api dari busi sebelumakhir langkah kompresi. Bila percikan api yang dikeluarkan baik maka akan mempengaruhi pemakaian bahan bakar sehingga dapat meningkatkan performa mesin. Untuk menyempurnakan pembakaran diperlukan busi, seperti busi standar, busi iridium, busi platinum, busi resistor, busi resing dan busi multi *ground* elektroda.

Elektroda yang terdapat ditengah-tengah busi merupakan sumber percikan api yang dihasilkan busi, hal ini terjadi disebabkan adanya celah antara elektroda dan *ground* elektroda yang terdapat pada bagian bawah busi (Kustiawan dan Sarjito, 2016). Menurut Irawan (2017) jarak celah elektroda dengan *ground* elektroda mempunyai pengaruh terhadap besar dan kecilnya bunga api. Semakin lebar jarak celah semakin besar percikan bunga api, sebaliknya jika semakin kecil maka semakin kecil bunga api yang terjadi (Ginting, 2019).

Agar proses pembakaran mendekati sempurna maka jarak celah busi sangat diperhatikan. Jarak celah busi yang baik dapat menghasilkan pembakaran yang mendekati sempurna sehingga meningkatkan performa motor dan dapat menurunkan emisi gas buang (Ginting, 2019; Nurama dkk., 2014). Seiring dengan waktu lamanya pemakaian busi, maka terjadi penurunan performa mesin diikuti dengan peningkatan emisi gas buang. Selain itu, jumlah *ground* elektroda pada busi juga mempengaruhi terjadinya pembakaran bahan bakar.

Menurut Dharma dan Wahyudi (2015), performa suatu mesin dapat ditinjau dari pemakaian bahan bakar spesifik serta daya output yang dihasilkan mesin. Disamping itu, untuk dapat menggerakkan suatu beban diperlukan daya output engkol yang dapat dikatakan suatu daya output yang berguna. Sedangkan untuk menunjukkan efisiensi suatu mesin adalah seberapa banyak mesin tersebut mengkonsumsi bahan bakar spesifik untuk menghasilkan kerja (Mulyono dkk., 2014; Pardede dan Sitorus, 2013).

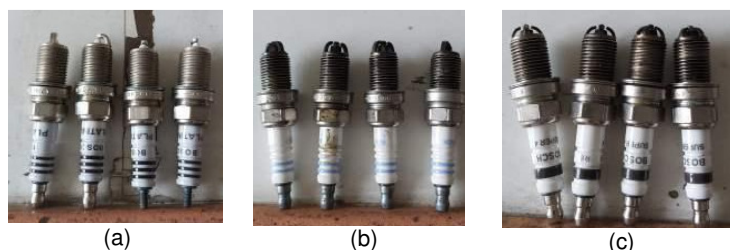
Disamping itu, terjadinya pembakaran bahan bakar yang bercampur dengan udara tidak berjalan dengan baik atau kata lain tidak sempurna, maka terdapat sisa pembakaran yang menghasilkan senyawa kimia yang merupakan emisi gas buang (Winarno, 2014). Jenis emisi gas buang dapat berupa senyawa beracun seperti karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), zat debu timbal (Pb) serta hidrokarbon (HC) (Mara dkk., 2018; Sebayang dkk., 2017). Bila pembakaran mesin yang baik, mendekati sempurna maka performa mesin meningkat sehingga dapat menurunkan emisi gas buang (Masum dkk., 2015).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan performa mesin bensin dengan menggunakan variasi busi. Busi standar, busi dua *ground* elektroda (busi elektroda kaki dua) dan busi empat *ground* elektroda (busi elektroda kaki empat) digunakan pada penelitian ini. Terakhir, emisi gas buang hasil pembakaran dievaluasi.

2. METODE PENELITIAN

Busi standar dan busi multi elektroda (gambar 1) dibeli di pasar penjualan peralatan onderdil kendaraan bermotor di kota Medan. Bahan bakar bensin komersial (Pertalite) yang dibeli dari Pertamina kota Medan dipilih sebagai bahan bakar bensin dasar. Bahan bakar ini memiliki jumlah oktan penelitian 90.

Penelitian performa mesin dilakukan pada mesin bensin, empat silinder, empat langkah, dan percikan api (SI). Dinamometer digabungkan dengan sistem mesin dan unit pengontrol. Spesifikasi mesin diberikan pada Tabel 1. Selain itu, emisi gas buang dianalisis menggunakan BOSCH BEA 350 seperti karbon monoksida, karbon dioksida, dan hidrokarbon. Rentang pengukuran dan keakuratan instrumen yang digunakan diberikan dalam tabel 2. Sementara itu, skema tata letak dari pengaturan eksperimental ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1. (a) Busi standar, (b) busi elektroda kaki dua, (c) busi elektroda kaki empat

2.1. Prosedur pengujian dan desain eksperimental

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan mesin mobil Suzuki Carry (*pick up*) type G15A dan menggunakan bahan bakar pertalite. Variasi parameter percobaan yang digunakan adalah jenis busi standar dan multi elektroda untuk mendapatkan performa mesin dan emisi gas buang. Sebelum percobaan, busi standar, busi multi elektroda dan bahan bakar disiapkan. Performa dan emisi gas buang dari mesin diteliti dengan menggunakan variasi busi multi elektroda dengan variasi kecepatan putaran mesin dan kemudian dibandingkan dengan performa mesin dan emisi gas buang dengan menggunakan busi standar.

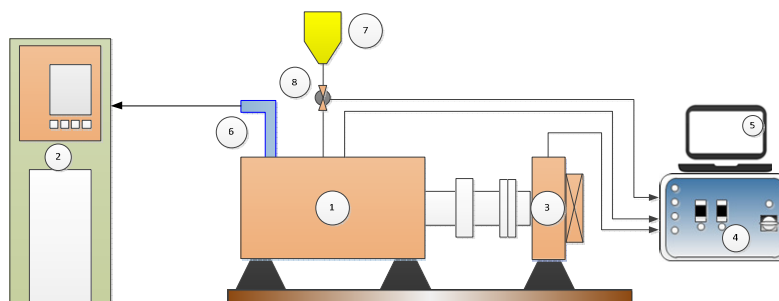
Kecepatan putaran mesin dan kapasitas aliran bahan bakar dicatat, sementara torsi, daya rem, konsumsi bahan bakar spesifik rem (*brake specific fuel consumption*, BSFC), dan efisiensi termal rem (*brake thermal efficiency*, BTE) dihitung. Setelah mesin bensin mencapai kondisi kerja yang stabil kemudian emisi gas buang dianalisa dengan menggunakan analisa gas buang. Semua percobaan dilakukan pada kondisi beban penuh. Tiga percobaan dilakukan untuk setiap percobaan dan nilai rata-rata setiap parameter ditentukan.

Tabel 1. Spesifikasi mesin yang diuji

Parameter mesin	Nilai
Nama mesin	Suzuki (G15A)
Tipe mesin	Siklus 4-langkah
Jumlah silinder	4 silinder
Jumlah katup	16
Isi silinder	1493 cc
Diameter x langkah	75 mm x 84,5 mm
Perbandingan kompresi	9,5 : 1
Torsi maksimum	126 N.m /3000 rpm
Tenaga maksimum	99 PS / 6000 rpm

Tabel 2. Spesifikasi alat analisa gas buang

Komponen emisi	Rentang pengukuran	Resolusi
Karbon monoksida	0 – 10% vol	0,001% vol
Karbon dioksida	0,00 – 18,00% vol	0,01% vol
Hidrokarbon	0 – 9999 ppm vol	1 ppm vol
Oksigen	0,00 – 22% vol	0,01% vol
Lambda (λ)	0,500 – 9,99	0,001
Notrogen oksida	0 – 5000 ppm vol	\leq ppm vol



Gambar 2. Diagram skematis dari mesin *spark ignition* percobaan, 1.mesin 4 silinder. 2. bosch(bea 350) analisa gas, 3. dinamometer, 4. kotak pengontrol/panel, 5. pc komputer, 6. knalpot gasbuang, 7. tangki bahan bakar, 8. flow meter bahan bakar

2.2. Perhitungan parameter kinerja mesin

Dalam penelitian ini, BSFC dan BTE dihitung sesuai dengan konsumsi bahan bakar dan tenaga rem. BSFC adalah parameter yang sangat berguna dari kinerja mesin karena menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya output mesin tertentu. BSFC dan BTE ditentukan menggunakan masing-masing dengan persamaan 1 dan 2 (Teoh dkk., 2015).

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \quad (1)$$

$$BTE = \frac{P_b \times 3600}{LHV \times \dot{m}_f} \quad (2)$$

Dengan BSFC adalah konsumsi bahan bakar spesifik (g/kWh), \dot{m}_f adalah laju aliran bahan bakar (kg/s), P_b adalah daya rem, BTE adalah efisiensi termal rem (%), LHV (44140 kJ/kg) adalah nilai kalor bawah bahan bakar.

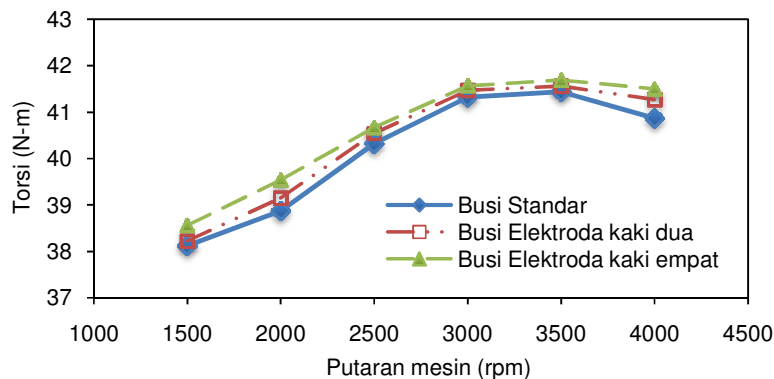
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan hubungan torsi untuk variasi elektroda busi pada berbagai variasi putaran mesin. Torsi pada putaran 3500 rpm untuk semua penggunaan busi multi *ground* elektroda meningkat masing-masing sebesar 41,56 Nm (busi elektroda kaki dua) dan 41,69 Nm (busi elektroda kaki empat) dibandingkan dengan busi standar 41,44 Nm. Peningkatan torsi pada busi elektroda kaki empat sebesar 0,599% lebih tinggi dari busi standar dan 0,311% dengan busi elektroda kaki dua. Hal ini dikarenakan, busi elektroda kaki empat yang mempunyai *ground* elektroda bercabang sehingga mampu meloncatkan api yang lebih besar dibanding dengan busi standar maupun busi elektroda kaki dua. Sementara itu, pada putaran 3000 rpm proses pembakaran bahan bakar lebih baik (mendekati ideal) serta tekanan pada ruang bakar meningkat sehingga menghasilkan torsi yang maksimum.

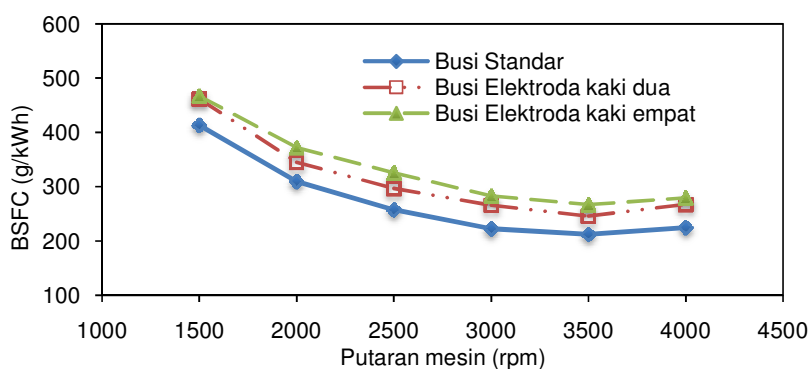
Gambar 4 menunjukkan BSFC untuk variasi elektroda busi pada berbagai variasi putaran mesin. Konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) yang terjadi pada 3500 rpm, dengan nilai 245,92 g/kWh (busi elektroda kaki dua), dan 266,78 g/kWh (busi elektroda kaki empat) meningkat dibandingkan dengan menggunakan busi standar (212,22 g/kWh). Hasil ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik lebih rendah menggunakan busi standar dibandingkan dengan busi elektroda kaki dua dan busi elektroda kakiempat. Ini karena kehilangan panas lebih rendah dibandingkan dengan busi elektroda kaki dua dan busi elektroda kaki empat, sehingga pemakaian bahan bakar lebih hemat. Selain itu, busi standar memiliki loncatan api yang lebih kecil dan mungkin merata dibandingkan dengan busi elektroda kaki empat maupun busi elektroda kaki dua.

Gambar 5 menunjukkan hubungan BTE untuk variasi elektroda busi pada berbagai variasi putaran mesin. BTE maksimum pada putaran mesin 3500 rpm untuk busi elektroda kaki dua dan busi elektroda kaki empat masing-masing adalah 33,17% dan 30,57%. BTE maksimum untuk busi standar adalah 38,43%. BTE menurun dengan meningkatnya jumlah kaki busi (*ground* elektroda). BTE pada busi standar lebih tinggi 25,72% dibandingkan dengan busi elektroda kaki empat dan 23,21% dibandingkan

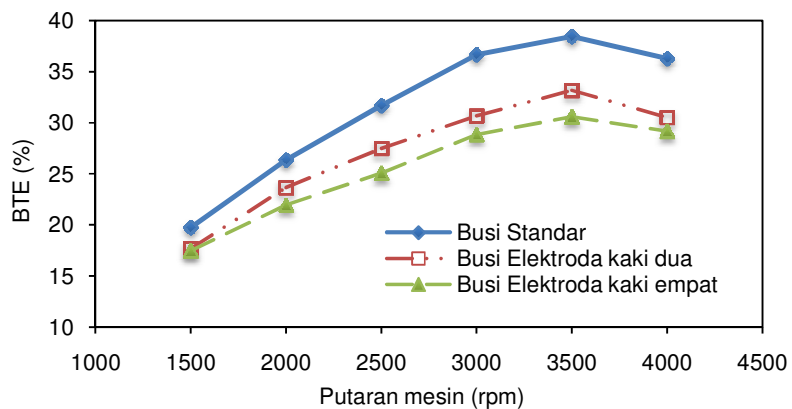
dengan busi elektroda kaki dua pada 3500 rpm, hal ini terjadi karena pengapian pada busi standar lebih merata dibandingkan dengan busi elektroda kaki dua maupun busi elektroda kaki empat. Disamping itu, pada putaran 3500 rpm pembakaran bahan bakar lebih baik atau ideal dibandingkan dengan menggunakan busi elektroda kakidua maupun busi elektroda kaki empat disebabkan percikan api pada busi tidak merata dan lebih besar.



Gambar 3. Hubungan Torsi terhadap putaran mesin



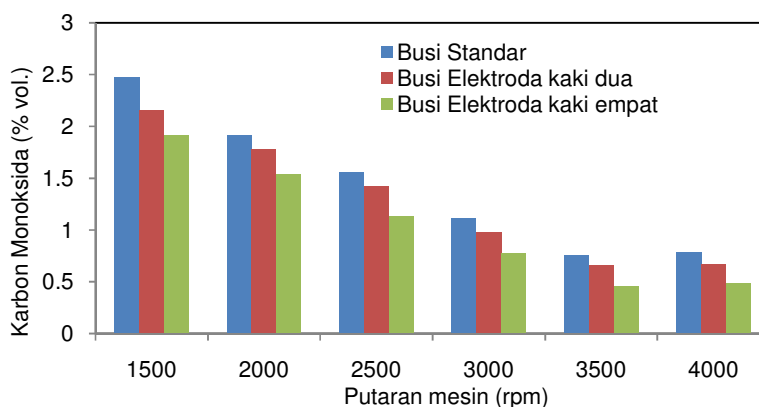
Gambar 4. Hubungan BSFC terhadap putaran mesin



Gambar 5. Hubungan BTE terhadap putaran mesin

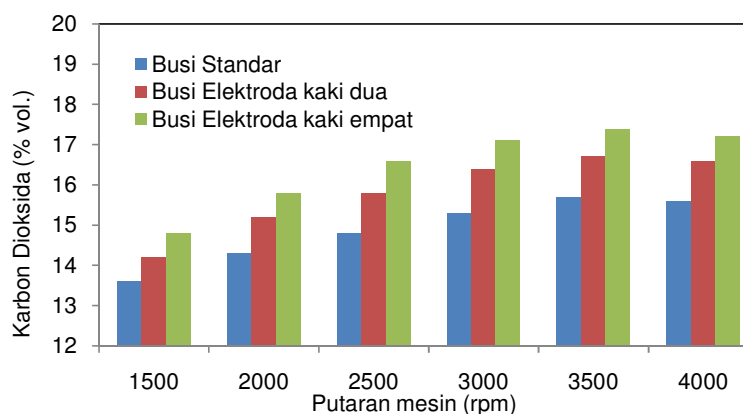
Gas CO dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna karena kekurangan oksigen, misalnya disebabkan campuran yang terlalu gemuk (kelebihan bahan bakar)(Aydın dan Sayın, 2014). Gambar 6

menunjukkan emisi CO untuk variasi kaki elektroda busi pada berbagai variasi putaran mesin. Emisi gas buang CO menurun dengan menggunakan busi elektroda kaki dua dan busi elektroda kaki empat dibanding dengan busi standar. Penurunan emisi CO yang terjadi pada putaran mesin 3500 rpm, adalah 0,66% vol. (busi elektroda kaki dua), dan 0,46% vol. (busi elektroda kaki empat) menurun dibandingkan dengan menggunakan busi standar (0,76% vol.). Emisi CO menurun rata-rata sebesar 28,75% ketika menggunakan busi elektroda kaki empat dibandingkan dengan busi elektroda kaki dua maupun busi standar. Emisi CO ini menurun karena temperatur sekeliling silinder meningkat karena percikan api yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan busi standar sehingga dapat mengurangi daerah *quenching*. Emisi CO juga berkurang ketika beban mesin meningkat karena meningkatnya rasio udara-bahan bakar dan menghasilkan pembakaran yang lebih baik.



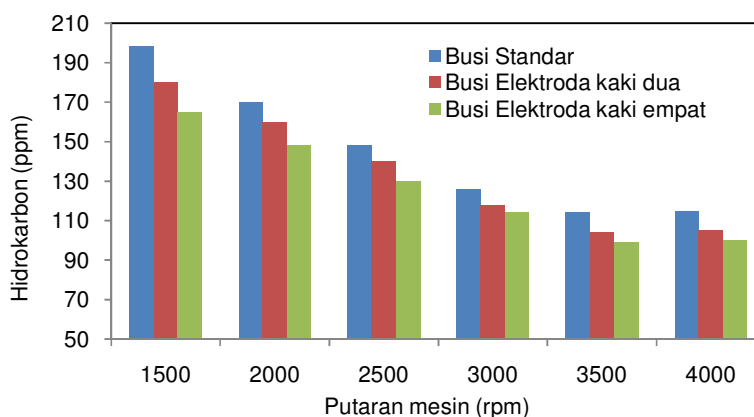
Gambar 6. Hubungan emisi CO terhadap putaran mesin

Pembakaran bahan bakar menghasilkan peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer, yang mengarah ke efek rumah kaca (Özener dkk., 2014). Oleh karena itu, penting untuk menganalisis emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar pada mesin bensin. CO₂ dihasilkan ketika jumlah oksigen yang ada dalam ruang pembakaran cukup untuk pembakaran sempurna atau pembakaran ideal. Namun, pada kenyataannya pembakaran sempurna jarang terjadi dan menghasilkan pembentukan CO sebagai salah satu produk sampingan. Variasi emisi CO₂ untuk busi standar dan busi multi *ground* elektroda (kaki dua dan empat) pada rentang putaran mesin dari 1500 hingga 4000 rpm ditunjukkan pada gambar 7. Emisi CO₂ yang terjadi pada 3500 rpm, adalah 16,7% vol. (busi elektroda kaki dua), dan 17,4% vol. (busi elektroda kaki empat) meningkat dibandingkan dengan menggunakan busi standar (15,7% vol.). Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO₂ pada busi elektroda kaki empat meningkat rata-rata 6,87% vol. dibandingkan dengan busi standar maupun busi elektroda kakidua sehingga pada saat pembakaran mengakibatkan peningkatan emisi CO₂.



Gambar 7. Hubungan emisi CO₂ terhadap putaran mesin

Gambar 8 menunjukkan emisi hidrokarbon (HC) untuk variasi kaki elektroda busi pada berbagai variasi putaran mesin. Emisi HC turun untuk penggunaan busi multi *ground* elektroda (kaki dua dan empat) dibandingkan dengan busi standart. Hal ini diperlihatkan pada gambar 8, HC terendah yang dihasilkan adalah 99 ppm untuk busi elektroda kaki empat dan 104 ppm untuk busi elektroda kakidua pada putaran mesin 3500 rpm. Namun, HC yang diproduksi oleh busi standar meningkat 114 ppm pada putaran yang sama. Percikan api pada busi memiliki efek yang signifikan terhadap penurunan emisi HC. Emisi HC turun rata-rata sebesar 11,97%, ketika menggunakan busi multi *ground* elektroda (kaki dua dan empat) dibandingkan dengan menggunakan busi standar.



Gambar 8. Hubungan emisi HC terhadap putaran mesin

4. KESIMPULAN

Selain bahan bakar, percikan api dari busi merupakan salah satu komponen terjadinya pembakaran di ruang bakar mesin bensin. Meratanya dan besarnya percikan api dari busi merupakan faktor utama dalam hasil pembakaran. Penggunaan busi multi *ground* elektroda (busi elektroda kaki empat) menghasilkan sedikit peningkatan pada torsi mesin, daya rem, dan BSFC namun menurunkan BTE. Di sisi lain, emisi CO dan HC menurun karena efek dari percikan api dibandingkan dengan busi standar. Emisi CO₂ meningkat untuk penggunaan busi elektroda kaki empat, hal ini karena besarnya percikan api dan meningkatkan temperatur silinder sehingga pembakaran bahan bakar lebih baik. Secara umum, ada peningkatan kinerja mesin dan penurunan emisi gas buang untuk busi elektroda kaki empat. Dengan demikian, busi elektroda kaki empat dapat meningkatkan kinerja mesin dan menurunkan emisi gas buang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial yang diberikan oleh Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, Politeknik Negeri Medan DIPA 2019, Medan, Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydin S., Sayin C., 2014, Impact of thermal barrier coating application on the combustion, performance and emissions of a diesel engine fueled with waste cooking oil biodiesel–diesel blends, *Fuel*, 136, 334-340.
- BPS, 2018, Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, Dikutip Agustus 2019, <https://sumut.bps.go.id/statictable/2015/2003/2031/2069/jumlah-kendaraan-bermotor-yang-terdaftar-unit-2004---2013.html>.
- Dharma S., Hassan M.H., Ong H.C., Sebayang A.H., Silitonga A.S., Kusumo F., Milano J., 2017, Experimental study and prediction of the performance and exhaust emissions of mixed *Jatropha curcas-Ceiba pentandra* biodiesel blends in diesel engine using artificial neural networks, *Journal of Cleaner Production*, 164, 618-633.
- Dharma U.S., Wahyudi T.H., 2015, Pengaruh volume ruang bakar sepeda motor terhadap prestasi mesin sepeda motor 4-langkah, Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 4.
- Ginting T., 2019, Pengaruh jarak celah busi terhadap daya mesin kijing innova bensin, *Jurnal Teknik Informatika Kaputama*, 3.

- Irawan D., 2017, Pengaruh jenis busi dan campuran bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar mobil EFI, *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 6, 27-36.
- Khoirul W., 2018, Analisa torsi motor bakar 4 langkah berbahan bakar LPG pada variasi jarak celah elektroda busi, *STATOR: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1, 100-103.
- Kustiawan F., Sarjito I., 2016. Analisa variasi busi terhadap performa motor bensin 4 langkah. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Mara I., Sayoga I., Yudhyadi I., Nuarsa I., 2018, Analisis emisi gas buang dan daya sepeda motor pada volume silinder diperkecil, *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 8, 8-13.
- Masum B., Masjuki H.H., Kalam M., Palash S., Habibullah M., 2015, Effect of alcohol–gasoline blends optimization on fuel properties, performance and emissions of a SI engine, *Journal of Cleaner Production*, 86, 230-237.
- Mulyono S., Gunawan G., Maryanti B., 2014, Pengaruh penggunaan dan perhitungan efisiensi bahan bakar premium dan pertamax terhadap unjuk kerja motor bakar bensin, *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 2.
- Nurama A., Fauzan A., Suryono S., 2014, Analisis pengaruh jarak celah elektroda busi terhadap performa motor bakar 4 langkah studi kasus pada motor bakar honda GX-160, *TEKNOSIA*, 1, 2-8.
- Özener O., Yüksek L., Ergenç A.T., Özkan M., 2014, Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics, *Fuel*, 115, 875-883.
- Pardede S.T., Sitorus T.B., 2013, Kinerja mesin sepeda motor satu silinder dengan bahan bakar premium dan etanol dengan modifikasi rasio kompresi, *e-Dinamis*, 4.
- Sebayang A.H., Masjuki H.H., Ong H.C., Dharma S., Silitonga A.S., Kusumo F., Milano J., 2017, Prediction of engine performance and emissions with *Manihot glaziovii* bioethanol – Gasoline blended using extreme learning machine, *Fuel*, 210, 914-921.
- Sriyanto J., 2018, Pengaruh tipe busi terhadap emisi gas buang sepeda motor, *Automotive Experiences*, 1, 64-69.
- Teoh Y., Masjuki H.H., Kalam M., How H., 2015, Comparative assessment of performance, emissions and combustion characteristics of gasoline/diesel and gasoline/biodiesel in a dual-fuel engine, *RSC Advances*, 5, 71608-71619.
- Winarno J., 2014, Studi emisi gas buang kendaraan bermesin bensin pada berbagai merk kendaraan dan tahun pembuatan, *Jurnal Teknik Mesin*, 1, 1-9.