



Influence of Compression Ratio on the Sinjai Engine Type Flexible Fuel Vehicle 150 CC with E70 Fuel on Performance and Exhaust Emissions

Pengaruh Rasio Kompresi pada Mesin Sinjai Tipe *Flexible Fuel Vehicle* 150 CC Berbahan Bakar E70 terhadap Performa dan Emisi Gas Buang

Hanapi Hasan^{1*}, Siman¹, Suprpto¹, Hasan Maksum², Martias²

Abstract

The depletion of global crude oil reserves and pollution have prompted research into alcohol as a fuel for gasoline motors focused on clean, renewable and sustainable energy systems. The purpose of the research is to get the best performance and exhaust emissions. This research uses Pertamina (E0) as standard fuel and mixed with ethanol to produce E70 bioethanol fuel. Tests using a waterbrake dynamometer at fully open throttle with engine speed from 2000 to 8000 rpm and increasing the standard compression ratio to a compression ratio of 12, 12.5, and 13. The results showed that the E70 increased torque and reduced exhaust emissions.

Keywords

Compression ratio, Bioethanol E70, Performance, Emissions

Abstrak

Penipisan cadangan minyak mentah global dan polusi telah mendorong penelitian alkohol sebagai bahan bakar untuk motor bensin yang difokuskan pada sistem energi yang bersih, terbarukan dan berkelanjutan. Tujuan dari penelitian untuk mendapatkan Performa dan emisi gas buang terbaik. Penelitian ini menggunakan bahan bakar Pertamina (E0) sebagai bahan bakar standar dan dicampur dengan etanol untuk menghasilkan bahan bakar bioetanol E70. Pengujian menggunakan waterbrake dynamometer pada kondisi fully open throttle dengan putaran mesin dari 2000 sampai 8000 rpm dan meningkatkan rasio kompresi standar menjadi rasio kompresi 12, 12,5, dan 13. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E70 meningkatkan torsi dan menurunkan emisi gas buang.

Kata Kunci

Rasio Kompresi, Bioetanol E70, Performa, Emisi

¹ Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Medan

Jalan Willem Iskandar Pasar V, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

² Jurusan Teknik Otomotif, Universitas Negeri Padang

Jalan Prof Dr Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*hanapi.hasan@unimed.ac.id

PENDAHULUAN

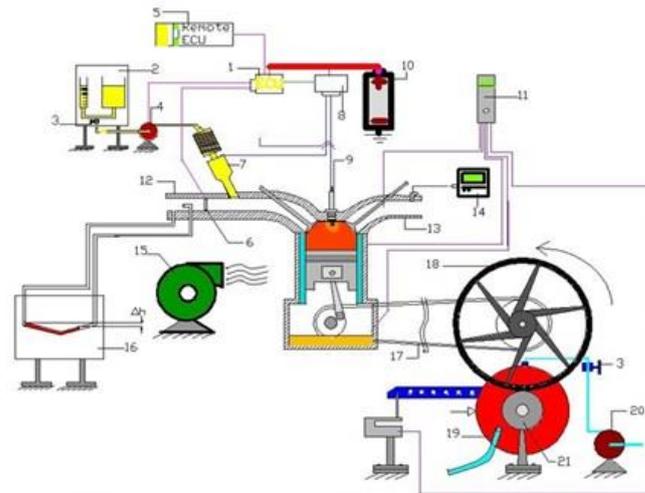
Penipisan cadangan minyak mentah global dan polusi telah mendorong penelitian alkohol sebagai bahan bakar untuk motor bensin yang difokuskan pada sistem energi yang bersih, terbarukan dan berkelanjutan[1]. Pembakaran bahan bakar fosil tidak hanya menghasilkan karbon dioksida, tapi juga emisi CO, HC dan NO_x. Polutan tersebut membahayakan kelangsungan hidup manusia dan semua ekosistem di Bumi[2]. Alkohol khususnya bahan bakar etanol dapat dihasilkan dari sumber terbarukan, seperti tongkol jagung, kulit singkong, ampas tebu, dan banyak jenis bahan limbah biomassa lainnya[3]. Etanol memiliki beberapa kelebihan dibanding bensin, seperti emisi CO yang rendah, emisi hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC), adanya senyawa organik volatil (VOC) dan anti *knocking* yang lebih baik serta memungkinkan penggunaan rasio kompresi mesin yang lebih tinggi[4].

Pada konsentrasi rendah, etanol dapat digunakan pada motor bensin tanpa modifikasi apapun. Sedangkan Etanol murni dapat digunakan di motor bensin namun memerlukan beberapa modifikasi pada mesin[1]. Beberapa perubahan yang bisa dilakukan dengan menggunakan bahan bakar bioetanol yaitu meningkatkan rasio kompresi mesin, memodifikasi sistem pemasukan bahan bakar dan waktu pengapian. Dalam penelitian Kumar et al [1] dengan campuran E10 dan E30 pada putaran rendah menunjukkan peningkatan torsi yang tidak signifikan dibandingkan dengan bensin murni, berbeda dengan campuran E70 dimana terjadi peningkatan yang sangat signifikan. Sedangkan untuk emisi CO, HC, dan NO_x campuran E70 lebih rendah daripada E30, E10 dan bensin murni. Penelitian Celik et al [4] dengan variasi rasio kompresinya dari 6: 1 sampai 10: 1 menggunakan campuran bioetanol konsentrasi 0% (E0), 25% (E25), 50% (E50), 75% (E75) dan 100% (E100). Menunjukkan penurunan emisi CO, CO₂ dan NO_x sedangkan emisi HC mengalami peningkatan. Untuk daya mesin optimal terdapat pada campuran E50 rasio kompresi 10: 1.

Jeuland et al [8] meneliti motor bensin yang dilengkapi turbocharger dengan memodifikasi sistem saluran bahan bakar, geometri silinder dan menaikkan rasio kompresi dari 9,5 menjadi 12,5 dan menggunakan etanol murni. Rasio kompresi 12,5 dipilih untuk mengoptimalkan efisiensi mesin. Pada beban penuh, torsi dan daya maksimum yang dihasilkan lebih besar 15% dibandingkan bahan bakar bensin. Hasil penelitian Costa et al [5] menunjukkan bahwa rasio kompresi yang lebih tinggi meningkatkan performa mesin di seluruh rentang kecepatan pengujian. Yucesu et al [11] dalam penelitiannya menemukan torsi mesin dengan rasio kompresi 11: 1 pada 2000 rpm mengalami peningkatan 8% dibandingkan dengan rasio kompresi 8: 1. Torsi campuran E60 menunjukkan kenaikan tertinggi sebesar 14% ketika rasio kompresi meningkat dari 8: 1 ke 13: 1. Topgul et al. [9] meneliti pengaruh campuran etanol (E0, E10, E20, E40 dan E60), ignition timing dan compression ratio terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang. Hasil penelitiannya menunjukkan peningkatan torsi pada semua campuran etanol. Untuk penurunan CO terbesar (32%) terjadi pada campuran E40 dengan rasio kompresi 9:1 dan penurunan HC terbesar (31%) terjadi pada campuran E60 dengan rasio kompresi 10:1.

METODE

Penelitian dilakukan dengan mesin Sinjai tipe *Flexible Fuel vehicle* 150 cc bahan bakar Pertamina (E0) dan campuran etanol 70% (bioetanol E70) menggunakan ECU Programmable. Pengujian menggunakan waterbrake dynamometer pada kondisi fully open throttle dengan putaran mesin dari 2000 sampai 8000 rpm dan meningkatkan rasio kompresi standar CR 11 menjadi rasio kompresi CR 12, 12,5, dan 13. Data pengujian yang diukur meliputi torsi, waktu konsumsi 25 ml bahan bakar serta temperatur operasional meliputi temperatur mesin, temperatur oli, temperatur gas buang dan emisi gas buang meliputi CO dan HC. Sedangkan parameter output yang dihitung antara lain daya/BHP, tekanan efektif rata-rata/BMEP, konsumsi bahan bakar/SFC dan efisiensi termal.



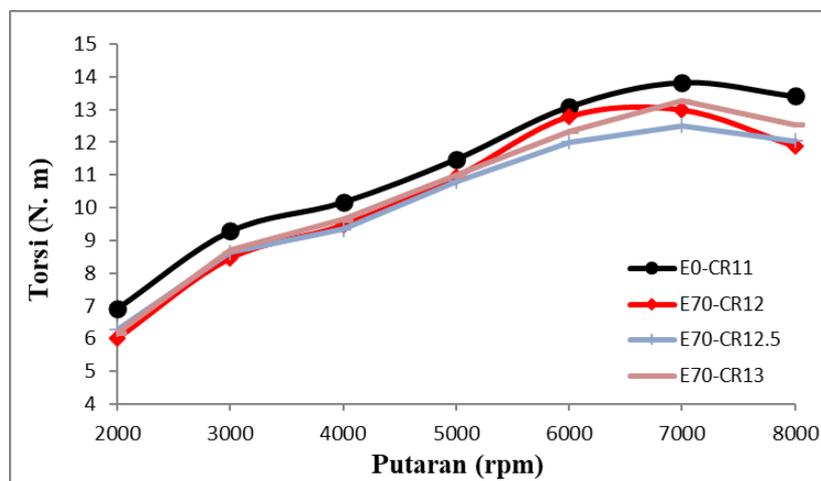
- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. ECU | 12. Intake manifold |
| 2. Meja gelas ukur | 13. Exhaust manifold |
| 3. Katup bahan bakar | 14. Gas analyzer |
| 4. Pompa bahan bakar | 15. Blower |
| 5. Remote ECU | 16. Meja V-manometer |
| 6. Katup kupu-kupu | 17. Chain |
| 7. Injektor | 18. Roda |
| 8. Trigger | 19. Waterbrake dynamometer |
| 9. Busi | 20. Pompa air |
| 10. Baterai | 21. Roller |
| 11. Monitor suhu-suhu sensor | |

Gambar 1. Skema Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Torsi

Dari pengujian yang telah dilakukan untuk variasi rasio kompresi, didapatkan data berupa torsi dari *engine* pada penggunaan bahan bakar Bioetanol E70 dengan ECU *programmable*. Pengukuran terhadap torsi dilakukan menggunakan waterbrake dynamometer yang telah diinstal dengan load cell yang sudah dilengkapi dengan akuisisi data, sehingga hasil dari pengujian dapat langsung terbaca di monitor berupa data torsi dengan satuan kgf.m, yang nantinya akan dikonversi dan diolah terlebih dahulu sebelum disajikan dalam bentuk grafik.

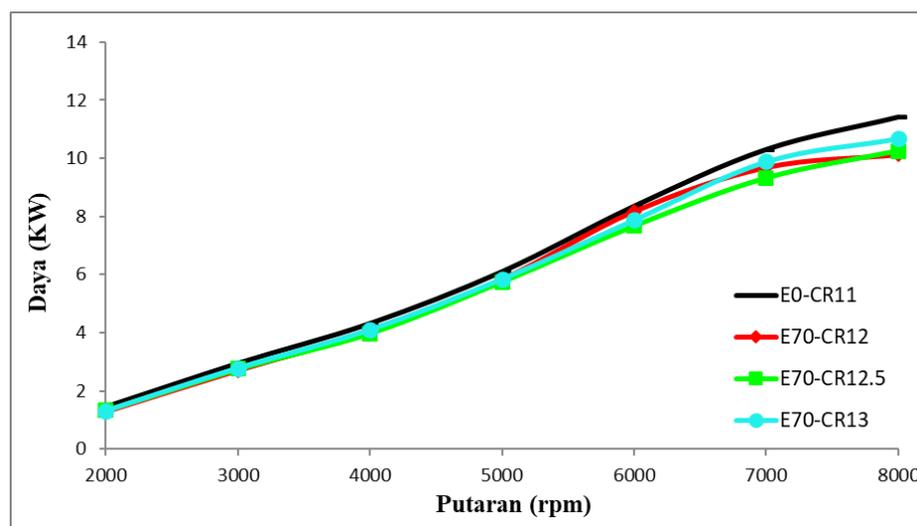


Gambar 2. Grafik Torsi Variasi Waktu Pengapian sebagai Fungsi Putaran mesin pada CR 12

Dari grafik diatas, terlihat adanya tren kenaikan torsi mulai dari putaran rendah hingga mencapai torsi maksimum pada putaran tertentu. kemudian torsi mengalami penurunan pada putaran lebih tinggi. Hal ini disebabkan, semakin tinggi putaran *mesin* maka turbulensi aliran yang masuk ke ruang bakar akan semakin tinggi dan menyebabkan pencampuran bahan bakar dan udara semakin baik serta perambatan api juga semakin cepat sehingga torsi akan meningkat. Setelah putaran mesin semakin tinggi maka akan semakin besar kerugian-kerugian yang terjadi, seperti kerugian berupa gesekan dan adanya pembakaran yang kurang sempurna. semakin tinggi putaran *mesin* maka friksi yang terjadi juga semakin besar. Selain itu pembakaran campuran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar juga memerlukan waktu. Ketika putaran tinggi, maka dimungkinkan pengapian yang terjadi tidak cukup cepat untuk membakar seluruh bahan bakar dalam ruang bakar, atau dengan kata lain semakin banyak sisa bahan bakar yang belum terbakar dalam ruang bakar. Dengan menaikkan rasio kompresi dari 12 sampai 13 maka torsi akan meningkat, hal ini sesuai dengan penelitian jeuland et al [8] dimana angka oktan yang tinggi mempunyai ketahanan yang kuat terhadap detonasi. Sehingga dapat mengoptimalkan unjuk kerja engine akibat peningkatan rasio kompresi.

Daya

Penghitungan terhadap daya yang dikeluarkan oleh engine terlebih dahulu harus mengetahui nilai torsi dan putaran dari poros engine. Data hasil penghitungan daya engine dapat ditunjukkan dalam gambar 3 berikut.



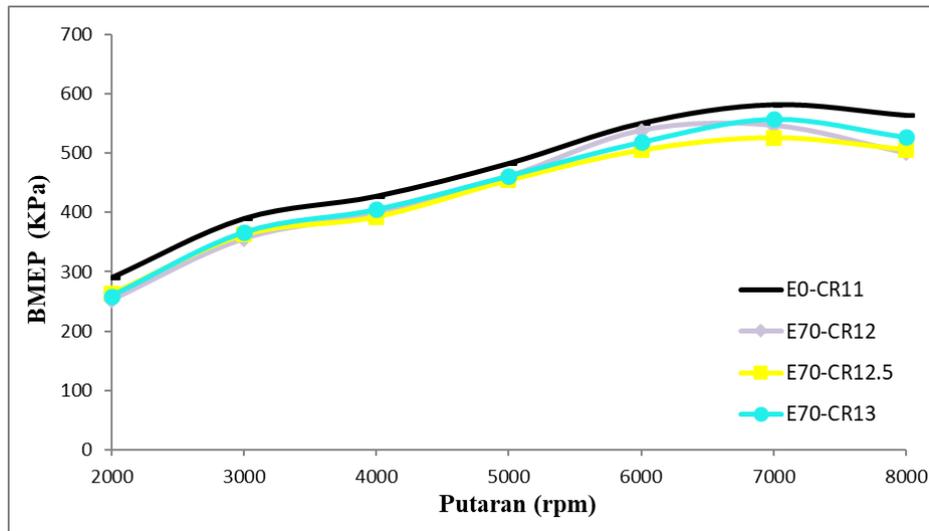
Gambar 3. Grafik Daya Variasi Rasio Kompresi sebagai Fungsi Putaran Mesin

Dari gambar 3 diatas ditunjukkan trendline yang merepresentasikan daya dari *engine* pada tiap rasio kompresi dan putaran mesin. Daya yang dihasilkan oleh engine pada semua variasi rasio kompresi akan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya putaran mesin dari 2000 rpm hingga 8000 rpm. Semakin cepat putaran dari engine, maka daya yang dihasilkan oleh engine akan semakin besar. Akan tetapi, pada putaran tertentu, nilai torsi menurun akibat adanya kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh meningkatnya gesekan, temperatur operasional, serta meningkatnya kemungkinan terjadinya pembakaran yang tidak sempurna. Hal ini akan mengakibatkan daya menurun. Daya akan menurun pada putaran tertentu dan pada umumnya pada putaran tinggi seperti yang terjadi pada grafik diatas. Pada putaran antara 7000 sampai 8000 rpm, walaupun tidak terjadi penurunan daya, grafiknya terlihat lebih landai dari trendline grafik antara 2000 rpm hingga 7000 rpm. Sama seperti pada torsi, peningkatan daya seiring bertambahnya rasio kompresi terjadi karena pada rasio kompresi yang lebih tinggi, tekanan yang terjadi di ruang bakar akan menjadi lebih tinggi dari rasio kompresi

standar yang besarnya 11:1. Karena tekanan yang lebih tinggi ini, pembakaran yang terjadi di ruang bakar akan memiliki tekanan yang lebih tinggi pula untuk menekan piston dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) pada langkah kerja engine, sehingga daya yang dihasilkan akan lebih tinggi.

Tekanan Efektif Rata-rata (bmep)

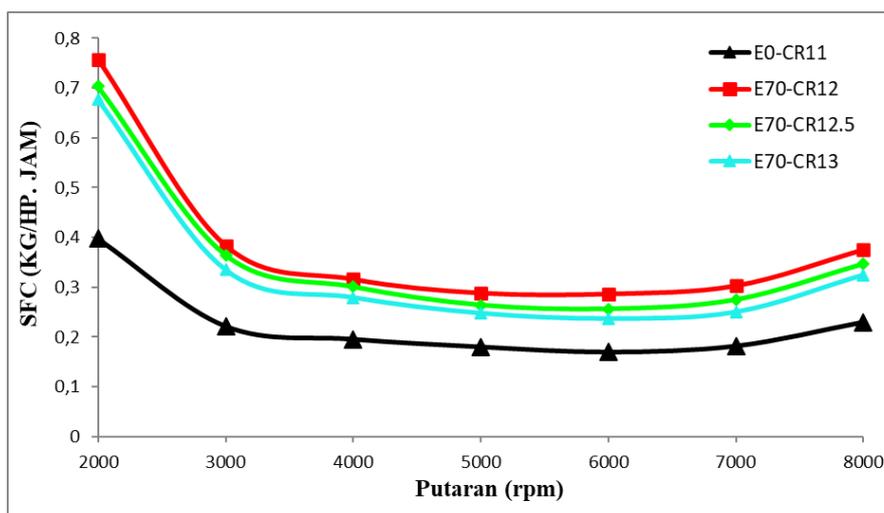
Penghitungan terhadap tekanan efektif rata-rata (bmep) pada engine dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui parameter-parameter seperti daya, luas penampang piston, panjang langkah piston, jumlah silinder dan putaran mesin (rpm). Data hasil penghitungan tekanan efektif rata-rata engine dapat ditunjukkan dalam gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik Bmep Variasi Rasio Kompresi sebagai Fungsi Putaran Mesin

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Penghitungan terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada engine dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui parameter-parameter seperti daya dan laju aliran massa bahan bakar. Data hasil penghitungan konsumsi bahan bakar engine dapat ditunjukkan dalam gambar 5 berikut.



Gambar 5 Grafik SFC Variasi Rasio Kompresi sebagai Fungsi Putaran mesin

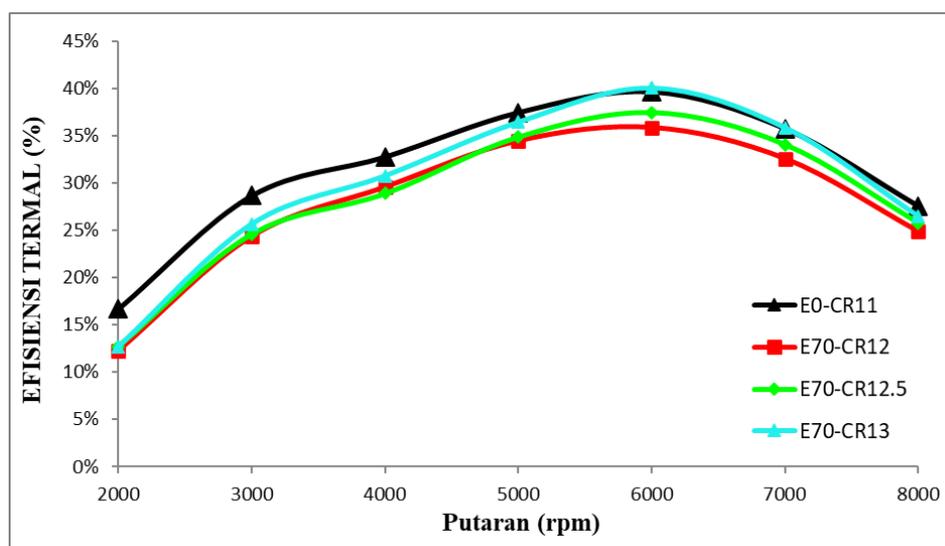
Dari gambar 5 diatas ditunjukkan trendline yang merepresentasikan konsumsi bahan bakar spesifik dari engine pada tiap rasio kompresi dan putaran mesin. SFC yang dihasilkan

oleh engine pada semua variasi rasio kompresi akan mengalami penurunan drastis dari putaran mesin 2000 rpm hingga 7000 rpm, kemudian akan mengalami peningkatan pada putaran mesin 7000 rpm hingga 8000 rpm. Trendline tersebut berbeda dengan yang dihasilkan oleh E0. Pada penggunaan E0, trendline grafik turun dari putaran 2000 ke 3000 rpm, kemudian dari putaran 3000 sampai 7000 rpm, trendline grafik terlihat konstan, kemudian akan naik pada putaran 8000 rpm. Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat perbedaan letak SFC minimum. Pada penggunaan E0, SFC minimum sebesar 0,170 kg/HP.jam terdapat pada putaran 6000 rpm sama pada penggunaan E70.

Konsumsi bahan bakar spesifik akan turun dengan bertambahnya putaran mesin, namun akan meningkat saat putaran tertentu. Hal ini disebabkan karena pada saat putaran rendah dengan beban yang harus diterima engine lebih besar saat engine bekerja pada putaran tinggi menyebabkan pasokan bahan bakar yang harus lebih banyak. Sedangkan daya yang dihasilkan pada putaran rendah sangat kecil, sehingga SFC yang dihasilkan menjadi besar. Pada saat putaran tinggi, dengan penurunan daya yang dihasilkan oleh engine, menyebabkan SFC akan lebih besar daripada saat engine bekerja pada putaran menengah. Kemudian dengan penggantian bahan bakar dari E0 ke E70, menyebabkan meningkatnya SFC. Hal ini disebabkan karena LHV etanol kira-kira 1/3 kali lebih rendah dari pada Pertamina. Dengan demikian, untuk mencapai output daya mesin yang sama, lebih banyak bahan bakar yang dibutuhkan untuk etanol. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pemanasan bahan bakar campuran etanol-bensin akan menurun seiring dengan kenaikan kandungan etanol. Oleh karena itu, campuran etanol-bensin memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin [8]. Jeuland et al [8] juga menjelaskan oksigen yang ada membuat LHV bahan bakar rendah, sehingga konsumsi bahan bakar meningkat. Kemudian dengan penambahan rasio kompresi menyebabkan nilai SFC dari penggunaan E70 di semua putaran menjadi turun. Hal ini disebabkan dengan penambahan rasio kompresi akan menyebabkan tekanan yang terjadi di ruang bakar akan menjadi lebih tinggi dari rasio kompresi standar yang besarnya 11:1 yang menyebabkan daya dari engine menjadi lebih besar, sehingga nilai dari SFC akan turun

Efisiensi Termal

Penghitungan terhadap efisiensi termal pada engine dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui parameter-parameter seperti daya, laju aliran massa bahan bakar, dan nilai LHV dari bahan bakar Bioetanol E70. Data hasil penghitungan efisiensi thermal engine dapat ditunjukkan dalam gambar 6 berikut.



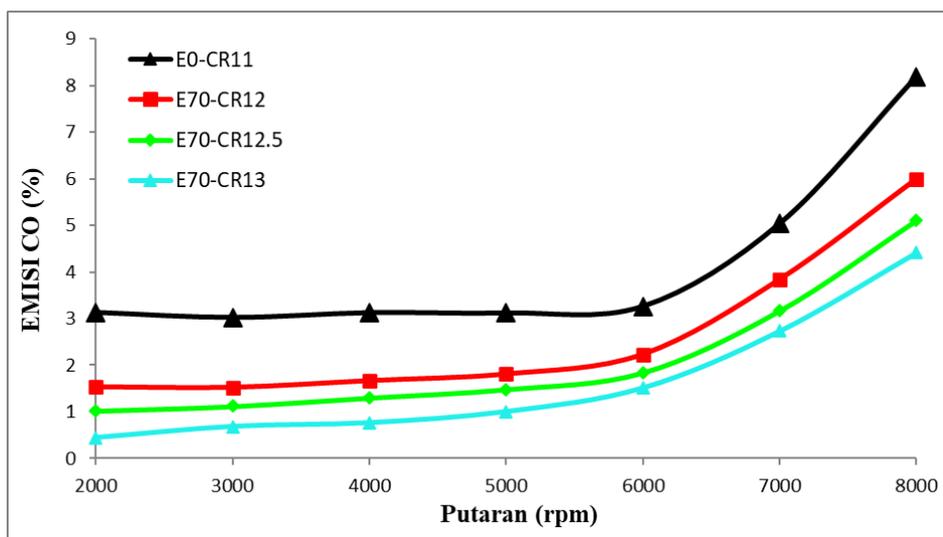
Gambar 6. Grafik Efisiensi Termal Variasi Rasio Kompresi sebagai Fungsi Putaran Mesin

Dari gambar 6 diatas ditunjukkan trendline yang merepresentasikan efisiensi termal dari engine pada tiap rasio kompresi dan putaran mesin. Efisiensi termal yang dihasilkan oleh engine pada semua variasi rasio kompresi akan mengalami kenaikan dari putaran mesin 2000 rpm hingga 6000 rpm, kemudian akan mengalami penurunan pada putaran mesin 6000 rpm hingga 8000 rpm. Dari grafik diatas bisa dilihat bahwa terdapat perbedaan letak efisiensi termal maksimum. Hal ini sesuai dengan iodice et al[7] yang mengatakan efisiensi mesin SI bergantung pada rasio kompresi (dan bahan bakar dengan bilangan oktan tinggi sangat sesuai untuk rasio kompresi yang tinggi), penggunaan etanol dalam mesin SI dapat meningkatkan efisiensi energi dan kandungan oksigen dalam etanol (34,7 wt%) mendukung efisiensi pembakaran.

Emisi Karbon monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC)

Karbon monoksida merupakan salah satu gas buang hasil pembakaran yang berbahaya bagi kesehatan dan berdampak buruk pada lingkungan. Emisi gas CO pada gas buang kendaraan bermotor disebabkan karena kurang sempurnanya pembakaran di ruang bakar. Pada penelitian ini lebih difokuskan pada pengaruh penggantian bahan bakar dari E0 ke E70, serta penambahan rasio kompresi dari engine. Semakin bertambahnya putaran mesin, besarnya emisi gas CO akan semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna di putaran atas karena campuran bahan-bakar dan udara yang semakin kaya.

Trendline grafik yang sama juga terdapat pada penambahan rasio kompresi engine. Besar nilai CO dengan penggantian E0 ke E70 akan turun karena bahan bakar bioetanol memiliki unsur oksigen dalam ikatan kimianya. Unsur oksigen tersebut akan mengikat CO untuk menjadi CO₂. Sehingga CO yang dihasilkan oleh bahan bakar bioetanol akan turun dari yang dihasilkan oleh E0. Kemudian dengan penambahan rasio kompresi, Gas CO yang dihasilkan akan turun dari rasio kompresi 11:1. Hal ini disebabkan dengan penambahan rasio kompresi pada penggunaan bahan bakar E70, pembakaran yang terjadi di ruang bakar akan menjadi lebih sempurna, karena tekanan dan temperatur yang lebih tinggi, maka bioetanol dapat terbakar lebih baik, sehingga volume gas CO yang dihasilkan akan semakin kecil.

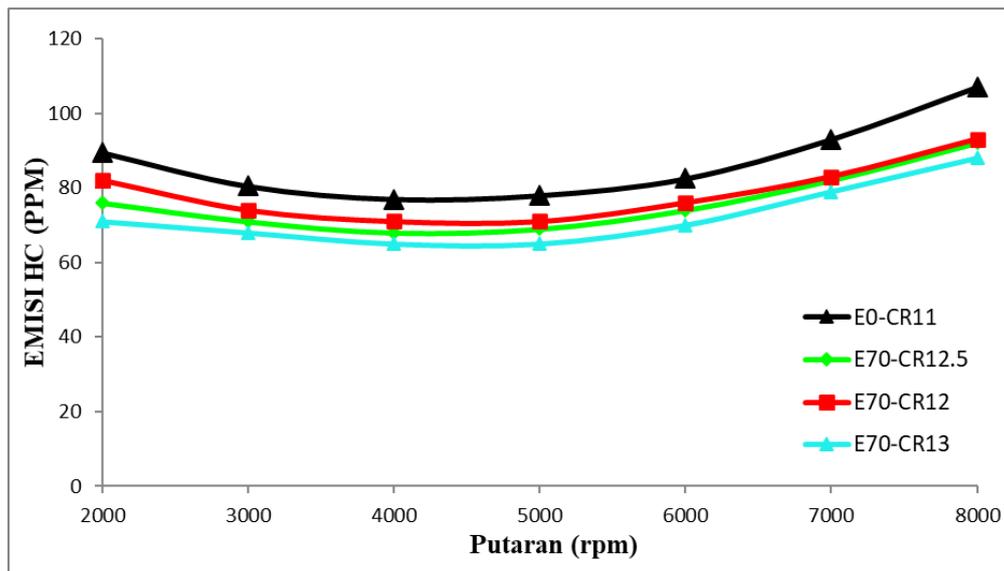


Gambar 7. Grafik Emisi Gas CO Variasi Rasio Kompresi sebagai Fungsi Putaran mesin

Pada putaran 2000 rpm, penurunan emisi CO yang terjadi pada rasio kompresi 13:1 adalah yang terbesar, yaitu sebesar 80,01% dari emisi yang dihasilkan oleh E0, dan turun sebesar 15,95% dari emisi yang dihasilkan E70 dengan rasio kompresi 11:1. Sedangkan pada putaran

mesin 8000 rpm, penurunan emisi gas CO pada rasio kompresi 13:1 adalah sebesar 60,86% dari E0, dan turun sebesar 25,61% dari emisi E70 CR 13:1 IT standar.

Emisi HC atau Unburned Hidrokarbon adalah sejumlah bahan bakar yang tidak ikut terbakar selama proses pembakaran berlangsung. Secara teoritis kadar emisi HC akan menurun seiring meningkatnya putaran mesin. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya homogenitas campuran udara dan bahan bakar seiring dengan pertambahan putaran mesin. Namun di putaran atas, emisi HC akan meningkat karena pembakaran yang terjadi saat putaran atas akan semakin tidak sempurna karena campuran bahan bakar dan udara yang semakin kaya di putaran atas



Gambar 8. Grafik Emisi Gas HC Variasi Rasio Kompresi sebagai Fungsi Putaran mesin

Gambar 8 di atas menunjukkan emisi HC seiring bertambahnya putaran mesin. Pada putaran rendah emisi HC cenderung tinggi dan menurun seiring bertambahnya putaran mesin. Setelah emisi HC berada pada titik terendah akan mengalami kenaikan hingga rpm berada pada 8000 rpm. Kemudian pada grafik diatas di putaran 5000 rpm, penurunan emisi HC yang terjadi pada rasio kompresi 13:1 adalah yang terbesar, yaitu sebesar 12,98% dari emisi yang dihasilkan oleh E0, dan naik sebesar 3,07% dari emisi yang dihasilkan E70 dengan rasio kompresi 13:1 IT standar. Hal ini sesuai dengan penelitian iodice et al[7] yang mengatakan Kandungan oksigen dalam etanol (34,7 wt%) mendukung efisiensi pembakaran dan suhu pembakaran bahan bakar campuran etanol-bensin yang tinggi, karena lebih banyak konsentrasi oksigen yang disediakan di dalam silinder mesin untuk proses pembakaran yang lebih sempurna (efek pengikat), sehingga mengurangi tingkat emisi CO dan HC. Jeuland et al[8] juga mengatakan Kandungan oksigen dalam rumus kimianya membuat campuran bahan bakar dan udara lebih homogen, penurunan emisi HC dan CO.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari rasio kompresi 12, 12,5, dan 13 untuk engine FFV berbahan bakar Bioetanol E70 dengan menggunakan metode *maximun best torque* didapatkan rasio kompresi yang tepat yaitu pada CR 12,5. Dengan menaikkan rasio kompresi menjadi CR 12,5 dibandingkan terhadap E0 didapatkan torsi naik rata-rata sebesar 0,67%, Sfc naik rata-rata sebesar 10,7 %, dan efisiensi thermal mengalami penurunan rata-rata 1,21%. Hasil kandungan emisi CO dan HC mengalami penurunan yaitu emisi CO sebesar 52,74%, dan emisi HC turun sebesar 8,3%..

Saran

Perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai mapping waktu pengapian pada variasi sudut pengapian yang berbeda dengan menggunakan metode maximum best torque dan pemasukan bahan bakar.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kumar, A., Khatri, D.S. and Babu, M.K.G. (2009), "An Investigation of Potential and Challenges with Higher Ethanol-Gasoline Blend on a Single Cylinder Spark Ignition Research Engine", SAE Technical Paper, No. 01, hal. 0137.
- [2] Gunawan, Safri., Hasan, H., Januariyansyah, S., Pakpahan, B.M.T. (2022), "The effect of corncob as activated carbon on exhaust emission and engine performance", *Journal of Physics: Conference Series*, 2193. 012087.
- [3] Hasan, H., Sudarmanta, B., Paloboran, M. (2017), "Influence of the Compression Ratio and Duration Injection on Performance and Emission of Sinjai Engine Type Flexible Fuel Engine 150 cc Fueled Bioethanol E70", *IPTEK, Journal of Engineering*, Vol. 3, No. 3, 2017 (eISSN: 2337-8530).
- [4] Celik, M.B. (2008), "Experimental Determination of Suitable Ethanol-Gasoline Blend Rate at High Compression Ratio for Gasoline Engine", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 28, hal. 396-404.
- [5] Costa, R.C. dan Sodr , J.R. (2011), "Compression Ratio Effects on An Ethanol/Gasoline Fuelled Engine Performance", *Applied Thermal Engineering*. Vol. 31, hal. 278-283
Heywood, J.B, (1988), *Internal Combustion Engines Fundamentals*, McGraw-Hill, Inc., United States.
- [6] Hsieh, WD., Chen, RH., Wu, TL. Dan Lin, TH. (2002), "Engine Performance and Pollutant Emission Of An SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels", *Atmospheric Environment*, Vol. 36, hal. 403-10.
- [7] Iodice, P., Senatore, A., Langella, G. dan Amoresano, A. (2016), "Effect of Ethanol-Gasoline Blends on CO and HC Emissions in Last Generation SI Engines within The Cold-Start Transient: An Experimental Investigation", *Applied Energy*, Vol. 179, hal. 182-190.
- [8] Jeuland, N., Montagne, X. dan Gautrot, X. (2004), "Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine", *Oil & Gas Science and Technology*, Vol. 59, No. 6, hal. 559-570.
- [9] Topgul, T., Yucesu, H.S. dan Koca, A. (2006), "The Effects of Ethanol-Unleade Gasoline Blends and Ignition Timing on Engine Performance and Exhaust Emissions", *Renewable Energy*, Vol. 31, hal. 2534-2542.
- [10] Turns, S.R, (2000), *An Introduction To Combustion Concepts and Applications*. 2nd edition, McGraw-Hill, United States.
- [11] Yucesu, H.S., Topgul, T., Cinar, C. dan Okur, M. (2006), "Effect of Ethanol-Gasoline Blend on Engine Performance and Exhaust Emissions in Different Compression Ratios", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 26, hal. 2272-2278.
- [12] Yuksel, F. dan Yuksel, B. (2004), "The Use Of Ethanol-Gasoline Blend as A Fuel in An SI Engine". *Renewable Energy*, Vol. 29, hal. 1181-1191.

