

Pengaruh laju aliran biogas dan waktu penyalaan terhadap kinerja motor bakar menggunakan sistem *dual fuel* pertamax-biogas

Mafruddin^{1*}, Dwi Irawan², Edwin D. P.³, Renno Y. P.⁴

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

^{3,4} Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: mafruddinmn@gmail.com

Abstract

Fuels such as oil, coal and gas are non-renewable energy sources. For this reason, renewable energy sources are needed to replace these non-renewable energy sources. The use of biogas as a renewable energy source for gasoline motor fuel can be done using a dual fuel system (pertamax-biogas). Combustion on a gasoline engine with a dual fuel system will affect the resulting performance. The combustion process in the combustion engine is influenced by several factors including the biogas flow rate and ignition time. The purpose of this study was to determine the effect of biogas flow rate and ignition timing on the performance of a motorcycle engine with a dual fuel system. The method used in this study is an experimental study by testing the performance of a motorcycle engine using a dual fuel system with variations in the flow rate of biogas fuel 1 lpm, 2 lpm and 3 lpm and variations in ignition time of 11°, 13° and 15° before TDC. From the results of the study it can be concluded that the biogas flow rate and ignition timing affect the performance of the motor. The highest power was obtained by varying the biogas flow rate of 2 lpm and ignition time of 15° before TDC, while the best specific fuel consumption was obtained at variation of the biogas flow rate of 3 lpm and ignition time of 15° before TDC.

Keywords: *Dual Fuel, biogas flow rate, ignition time, motor performance.*

Abstrak

Bahan bakar seperti minyak bumi, batu bara dan gas merupakan sumber energi yang tak terbarukan. Untuk itu diperlukan sumber energi terbarukan untuk menggantikan sumber energi tak terbarukan tersebut. Penggunaan biogas sebagai sumber energi terbarukan untuk bahan bakar motor bensin dapat dilakukan dengan menggunakan sistem *dual fuel* (pertamax-biogas). Pembakaran pada motor bakar bensin dengan sistem *dual fuel* akan berpengaruh terhadap kinerja yang dihasilkan. Proses pembakaran pada motor bakar dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya laju aliran biogas dan waktu penyalaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju aliran biogas dan waktu penyalaan terhadap kinerja mesin sepeda motor dengan sistem *dual fuel*. Metode yang digunakan pada penelitian adalah penelitian eksperimental dengan pengujian kinerja mesin sepeda motor menggunakan sistem *dual fuel* dengan variasi laju aliran bahan bakar biogas 1 lpm, 2 lpm dan 3 lpm dan variasi waktu penyalaan 11°, 13° dan 15° sebelum TMA. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa laju aliran biogas dan waktu penyalaan berpengaruh terhadap kinerja motor. Daya tertinggi diperoleh dengan variasi laju aliran biogas 2 lpm dan waktu penyalaan 15° sebelum TMA, sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik terbaik diperoleh pada variasi laju aliran biogas 3 lpm dan waktu penyalaan 15° sebelum TMA.

Kata kunci: *Dual Fuel, laju aliran biogas, waktu penyalaan, kinerja motor.*

Pendahuluan

Bahan bakar yang bersumber dari fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas merupakan sumber energi yang tak terbarukan. Apabila bahan bakar yang bersumber dari fosil tersebut digunakan secara terus menerus maka cadangan bahan bakar fosil akan semakin berkurang bahkan ketersediaan bahan bakar fosil tersebut akan habis. Untuk itu diperlukan penelitian tentang sumber bahan bakar alternatif seperti biogas dan bahan bakar terbarukan lainnya untuk menggantikan sumber energi tak terbarukan.

Penggunaan bahan bakar fosil seperti premium, pertalite dan pertamax yaitu pada kendaraan bermotor seperti sepeda motor, mobil dan alat transportasi lainnya. Jenis bahan bakar yang digunakan pada alat transportasi seperti sepeda motor akan mempengaruhi proses pembakaran dan tentunya akan berpengaruh terhadap kinerja mesin motor itu sendiri. Kinerja atau unjuk kerja mesin sepeda motor dapat dinilai dari torsi yang dihasilkan, kemudian juga daya dan konsumsi bahan bakar spesifik. Salah satu jenis bahan bakar yang bersumber dari energi terbarukan yang dapat digunakan pada mesin sepeda motor yaitu biogas. Biogas merupakan bahan bakar yang berasal dari bahan organik seperti kotoran sapi dan bahan organik lainnya. Pembuatan biogas dari kotoran ternak dilakukan dengan metodologi fermentasi anaerob. Biogas sebagai salah satu energi yang terbarukan mempunyai beberapa manfaat, diantaranya untuk bahan bakar generator dan penyediaan energi alternatif untuk bahan bakar kompor rumah tangga. Hasil pengujian motor bensin satu silinder dapat hidup dengan baik setelah menggunakan biogas yang sudah melalui proses purifikasi atau proses pemurnian [1].

Selain dapat menggunakan bahan bakar bensin, pertalite dan pertamax, mesin sepeda motor juga dapat menggunakan bahan bakar gas. Akan tetapi unjuk kerja dari mesin sepeda motor bensin cenderung menurun ketika menggunakan bahan bakar

gas. Salah satu cara untuk meningkatkan unjuk kerja dari motor bensin yang menggunakan bahan bakar gas atau *dual fuel* (bensin-BBG) adalah dengan mengatur pemajuan penyalaan (*ignition timing*) secara elektronik sehingga waktu pengapiannya menjadi lebih tepat. Sudut pengapian optimal mesin Daihatsu CB-23 dengan menggunakan bahan bakar bensin adalah 14° sebelum TMA. Penggunaan *Electronic Control Module* (ECM) dapat meningkatkan unjuk kerja motor bensin yang menggunakan bahan bakar gas [2].

Selain jenis bahan bakar yang digunakan, faktor lain yang berpengaruh terhadap kinerja mesin sepeda motor yaitu waktu pengapian (*Ignition Timing*). Waktu pengapian merupakan kondisi terjadinya percikan bunga api pada busi dengan sudut poros engkol tertentu. Waktu pengapian (*ignition timing*) dan *compression ratio* yang tepat dapat memberikan perbaikan unjuk kerja motor bensin secara signifikan dibandingkan hanya dengan variasi *compression ratio* [3].

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Subekti R. A. 2016 pengujian kendaraan pada *dyno test* diketahui bahwa terjadi penurunan daya dan torsi sebesar 15,1% dan 25,3% bila dibandingkan menggunakan Pertamax RON 92. Setelah dilakukan pengaturan laju aliran CNG, daya dan torsi meningkat sekitar 3,1% dan 2,2% bila dibandingkan dengan tanpa pengaturan. Performa kendaraan berbahan bakar CNG lebih rendah dari Pertamax RON 92 karena *kit konverter* yang digunakan tidak memiliki *timing advancer*. Waktu pengapian tidak dapat dimajukan padahal nilai oktan CNG yang lebih tinggi membutuhkan waktu pengapian yang lebih maju [4].

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kinerja mesin sepeda motor dengan menggunakan sistem *dual fuel* (pertamax-biogas) dengan variasi laju aliran biogas dan waktu penyalaan atau pengapian. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh laju aliran biogas dan waktu penyalaan terhadap torsi

dan daya yang dihasilkan mesin sepeda motor serta konsumsi bahan bakar spesifik.

Tinjauan Pustaka

Pembakaran merupakan suatu reaksi kimia yang sangat cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar. Pembakaran tersebut disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan panas (kalor). Pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar suatu motor bakar khususnya motor pembakaran dalam merupakan gabungan dari proses fisika dan proses kimia yang kompleks, meliputi persiapan pembakaran, perkembangan pembakaran dan proses setelah pembakaran. Prinsip pembakaran pada motor bensin (pembakaran dalam) adalah membakar bahan bakar untuk memperoleh energi dalam bentuk *thermal*. Energi ini selanjutnya digunakan untuk melakukan gerakan mekanik dalam bentuk putaran mesin. Prinsip kerja motor bensin yaitu campuran udara dan bahan bakar (bensin) dari karburator dihisap masuk ke dalam silinder, kemudian dimampatkan (kompresi) oleh gerak naik torak, kemudian dibakar dengan pemacu bunga api dari komponen pengapian (*busi/spark plug*) untuk memperoleh tenaga panas, dengan terbakarnya gas-gas akan meningkatkan suhu dan tekanan didalam ruang bakar. Ketika torak (piston) bergerak turun naik didalam silinder dan menerima tekanan tinggi akibat dari proses pembakaran, maka suatu tenaga kerja pada torak memungkinkan torak terdorong kebawah. Bila batang torak dan poros engkol dilengkapi untuk merubah gerakan turun naik menjadi gerakan putar (rotasi), torak akan menggerakkan batang torak dan akan memutar poros engkol. Selain itu gerakan putar juga diperlukan untuk membuang gas-gas sisa pembakaran dan penyediaan campuran udara serta bahan bakar (bensin) pada saat-saat yang tepat untuk menjaga agar torak dapat bergerak secara periodik dan melakukan kerja tetap. Siklus kerja didalam silinder dimulai dari pemasukan campuran udara dan bahan bakar (bensin) ke dalam silinder, sampai

pada kompresi, pembakaran dan pengeluaran gas-gas sisa pembakaran dari dalam silinder inilah yang disebut dengan siklus mesin [5].

Torsi mesin motor merupakan kemampuan motor untuk melakukan kerja, sehingga torsi merupakan suatu besaran energi. Torsi dapat ditentukan dengan persamaan berikut [6]:

$$T = Fxb \quad (1)$$

Dimana:

T = Torsi benda berputar (Nm)

F = Gaya dari benda berputar (N)

b = jarak benda ke pusat rotasi (m)

Daya mekanik poros merupakan daya efektif pada poros yang nantinya digunakan untuk mengatasi beban kendaraan [6]:

$$N_e = \omega \cdot T \quad (2)$$

Dimana:

N_e = Daya poros (W)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan sudut putar (rad/s)

n = Putaran poros (rpm)

Tekanan efektif merupakan besarnya tekanan rata-rata yang terjadi pada ruang bakar. Tekanan efektif dihasilkan dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tekanan yang maksimal [6]:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_L \cdot n \cdot a \cdot z}{60} \quad (3)$$

Dimana:

N_e = Daya Efektif (W)

P_e = Tekanan efektif rata-rata (N/m²)

V_L = Volume langkah piston (m³)

n = Putaran mesin (rpm)

a = Jumlah siklus perputaran

z = Jumlah silinder

Konsumsi bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor untuk menghasilkan tenaga mekanis atau energi mekanis persatuan waktu. Laju konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (SFC) adalah jumlah bahan bakar (kg) per waktunya untuk menghasilkan daya sebesar 1 HP atau kW. Untuk mengetahui SFC dapat digunakan persamaan berikut [6]:

$$\text{SFC} = \frac{G_f}{N_e} \quad (4)$$

Dimana:

$$\text{SFC} = \text{Konsumsi bahan bakar spesifik} \\ (\text{kg/watt.jam})$$

Biogas merupakan salah satu jenis energi yang dapat diperbaharui atau sering disebut juga dengan *renewable energy*. Biogas juga merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan juga harga yang murah. Bahan baku pembuatan biogas merupakan bahan yang mudah diperoleh dan umumnya merupakan limbah organik, seperti kotoran ternak (sapi, kambing dan lain-lain), sampah organik, limbah industri makanan, dan lain-lain. Biogas dibentuk melalui proses fermentasi *anaerobic* (tanpa udara) yang merupakan proses perombakan suatu bahan organik menjadi bahan lain yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme tertentu. Penggunaan biogas sebagai bahan bakar pada mesin generator set menurunkan emisi gas buang dibandingkan dengan emisi gas buang CO₂ yang dihasilkan oleh mesin generator set berbahan bakar bensin [7].

Sistem pengapian pada mesin pembakaran dalam (motor bakar bensin) berfungsi untuk mengatur terjadinya proses pembakaran didalam ruang bakar (silinder) sesuai waktu yang sudah ditentukan. Dengan demikian waktu penyalaan yang tepat tentunya akan mempengaruhi terjadinya proses pembakaran yang sempurna. Waktu penyalaan pada motor bensin dapat diatur pada posisi tertentu sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan (sesuai kebutuhan). Apabila waktu penyalaan atau pengapian dimajukan terlalu jauh maka tekanan pembakaran maksimum akan tercapai sebelum 10° sesudah TMA. Namun pembakaran yang terlalu maju juga dapat mengakibatkan terjadinya detonasi. Selain itu, pengapian yang terlalu maju juga bisa menyebabkan suhu mesin menjadi terlalu tinggi. Sedangkan bila saat pengapian dimundurkan terlalu jauh maka tekanan pembakaran maksimum akan terjadi setelah 10° setelah TMA (saat dimana torak telah

turun cukup jauh). Sehingga saat pengapian yang tepat dapat menghasilkan tekanan pembakaran yang optimal [8].

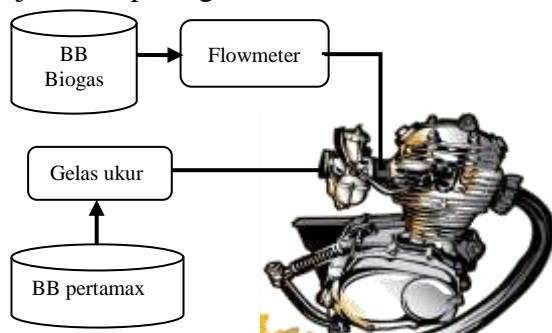
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Philip Kristanto *et al.* 2001 menunjukkan bahwa dengan merubah sudut pengapian dapat meningkatkan performa/kinerja pada motor berbahan bakar BBG baik pada beban 0%, 2,5%, 5%, 7.5% maupun 10%. Bahkan terlihat pada pembebanan 10%, dengan menggunakan sudut pengapian standar (14° sebelum TMA) motor hanya dapat mencapai 2400 rpm, sedangkan menggunakan sudut pengapian 20° sebelum TMA motor dapat mencapai 2600 rpm. Hal ini terlihat bahwa dengan pembebanan yang cukup besar dibutuhkan pemajuan sudut pengapian yang cukup besar agar bahan bakar dapat habis terbakar tepat pada waktunya dan menghasilkan daya yang maksimum. Apabila tidak dilakukan pemutaran pada distributor untuk memajukan sudut penyalaan, kerja *centrifugal advance* tidak dapat memenuhi kebutuhan, karena pegas yang terdapat pada *centrifugal advance* didesain untuk motor bensin bukan untuk bahan bakar gas [2].

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen nyata/*true experimental research* dengan melakukan pembuatan dan pengujian sistem *dual fuel* (pertamax-biogas) pada mesin sepeda motor Honda Revo 100 cc. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu laju aliran biogas (1 lpm, 2 lpm dan 3 lpm) dan waktu penyalaan 11°, 13° dan 15° sebelum TMA. Proses pengujian kinerja motor menggunakan sistem bahan bakar *dual fuel* dilakukan dengan menghidupkan mesin motor menggunakan bahan bakar pertamax dan biogas yang kemudian dilakukan pengujian kinerja motor meliputi putaran, torsi, daya dan konsumsi bahan bakar. Pengujian kinerja motor menggunakan *dynamometer* tipe cakram.

Pengujian konsumsi bahan bakar pertamax menggunakan gelas ukur dengan waktu tertentu. Sedangkan untuk pengujian konsumsi bahan bakar biogas menggunakan *flowmeter* untuk mengetahui laju aliran biogas. Torsi yang dihasilkan oleh motor diketahui dari besarnya gaya pengereman yang dihasilkan pada *dynamometer*. Pengereman dilakukan pada poros yang terhubung dengan mesin motor melalui transmisi roda gigi dan rantai. Sehingga torsi yang diukur merupakan torsi poros pada *dynamometer*. Daya motor diperoleh dari besarnya torsi yang dihasilkan motor (*dynamometer*) pada putaran tertentu, sehingga daya motor dipengaruhi oleh besarnya torsi dan putaran mesin. Pada Sistem bahan bakar *dual fuel* (pertamax-biogas) pencampuran antara bahan bakar pertamax dan udara terjadi pada karburator seperti kendaraan bermotor pada umumnya. Berbeda dengan penambahan bahan bakar biogas yang dilakukan pada *intek manifold* atau sebelum masuk ruang bakar dan tanpa melalui karburator. Proses pengujian kinerja motor difokuskan untuk mengetahui pengaruh laju penggunaan bahan bakar biogas dan waktu penyalaan, untuk itu pengujian dibatasi pada putaran maksimal 5000 rpm sehingga daya yang dihasilkan belum pada daya maksimal yang mampu dihasilkan motor.

Skema penelitian yang dilakukan dijelaskan pada gambar berikut.

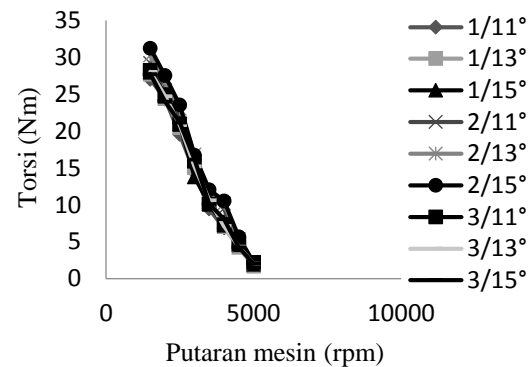


Gambar 1. Skema penelitian

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan serta analisa data diperoleh torsi yang dihasilkan motor dengan variasi laju aliran bahan bakar biogas (1 lpm, 2

lpm dan 3 lpm) dan variasi waktu penyalaan (11° , 13° , dan 15° sebelum TMA) seperti pada gambar 2.



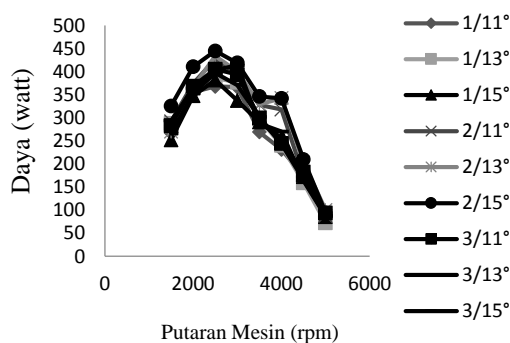
Gambar 2. Torsi

Dari Gambar 2, Torsi dapat diketahui bahwa torsi yang dihasilkan mesin semakin meningkat dengan penurunan putaran mesin. Hal ini terjadi karena proses pengujian kinerja motor menggunakan prinsip pengereman dengan menggunakan *dynamometer* tipe cakram sehingga semakin besar beban pengereman maka torsi yang dihasilkan akan semakin besar namun hal ini menyebabkan putaran mesin semakin menurun seiring dengan penambahan gaya pengereman. Torsi tertinggi diperoleh dengan variasi laju aliran bahan bakar biogas 2 lpm dan variasi waktu penyalaan 15° sebelum TMA. Pola grafik torsi yang dihasilkan selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bambang Yunianto 2009 yaitu torsi yang dihasilkan semakin meningkat dengan penurunan putaran mesin. Namun terdapat perbedaan torsi maksimal yang dihasilkan oleh motor. Pada penelitian yang dilakukan oleh Bambang Yunianto 2009 torsi tertinggi diperoleh pada waktu penyalaan 11° sebelum TMA [8]. Perbedaan terjadi karena jenis bahan bakar yang digunakan berbeda. Bahan bakar yang digunakan oleh Bambang Yunianto 2009 yaitu LPG.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Philip Kristanto *et al.* 2001 diketahui bahwa torsi dan *bmep* maksimum terletak pada putaran 1800 rpm. Pada putaran sebelum 2000 rpm, torsi dan *bmep* yang dihasilkan oleh pembakaran BBG dengan sudut pengapian 20° sebelum TMA lebih

besar bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar bensin. Hal ini disebabkan karena kecepatan pembakaran BBG lebih lambat dari pada bensin dan pada putaran sebelum 2000 rpm BBG dapat terbakar sempurna, sedangkan semakin tinggi rpm dibutuhkan kecepatan pembakaran yang semakin cepat. Disini komponen untuk pemajuan penyalaan fungsi rpm didisain untuk motor bensin, jadi kemampuan untuk menyesuakannya terbatas. Dengan BBG torsi maksimum dan BHP maksimum dapat dicapai pada kecepatan yang lebih rendah [2]. Hal ini selaras dengan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa hasil pengujian torsi tertinggi yang mampu dihasilkan mesin motor diperoleh pada waktu penyalaan 15° sebelum TMA pada putaran 1500 rpm, sedangkan untuk variasi 11° dan 13° sebelum TMA torsi yang dihasilkan lebih rendah. Proses pembakaran bahan bakar biogas lebih lambat, sehingga dengan penambahan bahan bakar biogas pada sistem *dual fuel* menyebabkan torsi motor menurun pada putaran tinggi.

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan serta analisa data diperoleh grafik daya yang dihasilkan motor dengan variasi laju aliran bahan bakar biogas (1 lpm, 2 lpm dan 3 lpm) dan waktu penyalaan (11°, 13°, dan 15° sebelum TMA) seperti pada gambar grafik berikut.



Gambar 3. Daya motor

Dari Gambar 3. Daya motor diketahui bahwa laju aliran biogas dan waktu penyalaan berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan motor. Pola yang dihasilkan dari grafik daya motor pada

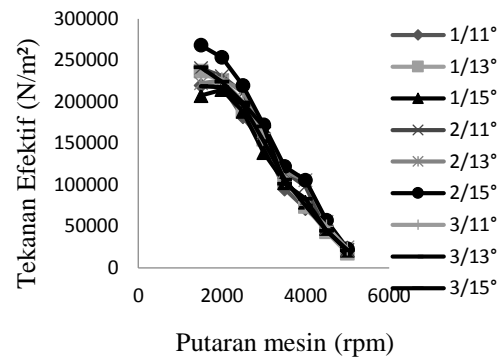
penelitian yang telah dilakukan selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Atok Setiyawan 2007 [3] dan Bambang Yuniyanto 2009 [8]. Daya yang dihasilkan motor pada putaran tinggi cenderung lebih rendah, kemudian daya motor semakin meningkat seiring dengan penurunan putaran mesin hingga pada putaran tertentu mencapai daya maksimal dan setelah mencapai daya maksimal kemudian daya motor akan menurun seiring dengan penurunan putaran mesin.

Daya motor yang dihasilkan pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan pada penelitian Mafruiddin 2021 [9]. Dimana pada penelitian tersebut dilakukan variasi temperatur pada bahan bakar biogas. Daya tertinggi diperoleh dengan variasi temperatur biogas 40°C dan waktu penyalaan 15° sebelum TMA. Sehingga untuk penggunaan bahan bakar biogas pada mesin motor menggunakan sistem *dual fuel* diperlukan pemanas untuk menaikkan temperatur biogas untuk meningkatkan daya motor. Sedangkan untuk variasi waktu penyalaan diperoleh pada variasi yang sama yaitu 15° sebelum TMA.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan daya tertinggi diperoleh pada variasi laju aliran biogas 2 lpm dan variasi waktu penyalaan 15° sebelum TMA pada putaran 2500 rpm. Pada penelitian yang dilakukan oleh Philip Kristanto *et al.* 2001 daya tertinggi diperoleh pada putaran 2800 rpm, dimana bahan bakar yang digunakan yaitu BBG (BBG yang dimasad disini adalah *Compressed Natural Gas/CNG*) [2]. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa bahan bakar biogas pada sistem *dual fuel* (pertamax-biogas) membutuhkan waktu penyalaan yang lebih awal, hal ini disebabkan karena proses pembakaran bahan bakar biogas lebih lambat dibanding bahan bakar bensin atau pertamax. Sehingga dengan penambahan bahan biogas akan membutuhkan waktu penyalaan yang lebih awal. Hal ini yang menyebabkan daya tertinggi diperoleh dengan variasi waktu

penyalaan 15° sebelum TMA. Bahan bakar biogas memiliki cepat pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan BBG. Hal ini terbukti dengan daya maksimal yang dihasilkan motor menggunakan sistem *dual fuel* (pertamax-biogas) diperoleh pada 2500 rpm sedangkan dengan menggunakan BBG/CNG daya tertinggi diperoleh pada putaran 2800 rpm.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bambang Yunianto 2009 daya tertinggi diperoleh pada derajat pengapian 11° sebelum TMA [8]. Hasil penelitian terdapat perbedaan daya maksimal yang dihasilkan motor dengan variasi waktu penyalaannya (waktu pengapian/*Ignition Timing*). Perbedaan daya maksimal yang dihasilkan motor terjadi karena bahan bakar yang digunakan pada penelitian Bambang Yunianto yaitu LPG, sedangkan pada penelitian ini menggunakan bahan bakar *dual fuel* yaitu pertamax dan biogas. Menurut KSME International Journal, *VoL 16 No. 7, pp. 935~ 941, 2002 Analysis of Combustion and Flame Propagation Characteristics of LPG and Gasoline Fuels by Laser Deflection Method* disebutkan bahwa LPG terbakar lebih cepat dari bensin pada kondisi $\lambda > 1$ dalam Bambang Yunianto 2009 [8]. Dengan demikian bahan bakar LPG pada derajat pengapian 11° mampu menghasilkan daya yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan 14° dan 17° . Sehingga dengan menggunakan bahan bakar pertamax dan biogas membutuhkan waktu penyalaan yang lebih awal dibandingkan dengan bahan bakar LPG. Hal ini disebabkan karena campuran bahan bakar pertamax dan biogas memiliki cepat rambat pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan LPG. Data hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa variasi waktu penyalaan 15° sebelum TMA mampu menghasilkan daya tertinggi dibandingkan dengan variasi waktu penyalaan 11° dan 13° sebelum TMA. Waktu penyalaan yang tepat mampu menghasilkan tekanan yang maksimal pada ruang bakar, sehingga akan menghasilkan daya yang besar.

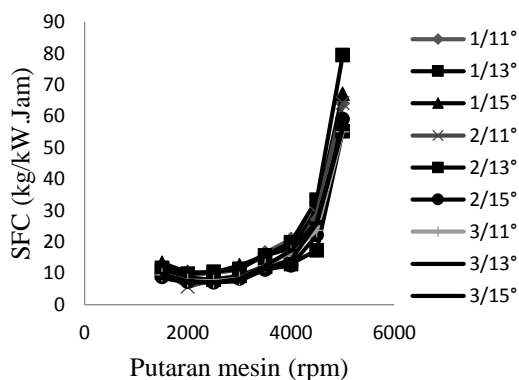


Gambar 4. Tekanan efektif ruang bakar

Berdasarkan Gambar 4. Tekanan efektif ruang bakar diketahui bahwa laju aliran biogas dan waktu penyalaan berpengaruh terhadap tekanan efektif yang terjadi didalam ruang bakar motor. Dari hasil penelitian diketahui bahwa variasi laju aliran biogas 2 lpm dan waktu penyalaan 15° sebelum TMA mampu menghasilkan tekanan efektif tertinggi jika dibandingkan dengan variasi laju aliran biogas dan waktu penyalaan yang lainnya. Tekanan efektif didalam ruang bakar tertinggi diperoleh pada putaran 1500 rpm. Pada penelitian yang dilakukan oleh Philip Kristanto *et al.* 2001 tekanan tertinggi diperoleh pada putaran mesin 1800 rpm [2]. Hasil dari penelitian juga menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan masih sangat rendah, hal ini terjadi karena proses pengujian dilakukan pada putaran maksimal 5000 rpm, sehingga tekanan maupun daya yang dihasilkan belum pada daya maksimal yang mampu dihasilkan motor. Tekanan efektif dipengaruhi oleh hasil pembakaran antara campuran udara dan bahan bakar. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tekanan efektif yang tinggi. Jenis bahan bakar yang digunakan dan waktu penyalaan juga dapat mempengaruhi proses pembakaran yang akan berdampak pada tekanan yang terjadi pada ruang bakar. Kondisi penyalaan yang tepat tentunya akan menghasilkan tekanan yang tinggi pada ruang bakar. Waktu penyalaan pada motor bensin atau otto bergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar dengan cepat rambat pembakaran yang cepat membutuhkan waktu penyalaan yang lebih lambat atau

mendekati TMA (dimundurkan). Dan sebaliknya jika bahan bakar yang digunakan memiliki cepat rambat pembakaran yang lebih lambat membutuhkan waktu penyalan yang lebih awal atau jauh sebelum TMA (dimajukan). Sehingga waktu penyalan sangat dipengaruhi oleh jenis bahan bakar yang digunakan pada motor bensin.

Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik motor pada masing-masing variasi pengujian dijelaskan pada grafik berikut:



Gambar 5. Konsumsi bahan bakar spesifik

Berdasarkan Gambar 5. Konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui bahwa variasi laju aliran bahan bakar biogas dan waktu penyalan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi bahan spesifik terendah diperoleh pada variasi laju aliran biogas 3 lpm dan waktu penyalan 15° sebelum TMA pada putaran 2000 rpm. Konsumsi bahan bakar spesifik dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar yang digunakan persatuan waktu dan daya yang mampu dihasilkan motor. Semakin besar daya yang mampu dihasilkan motor dengan jumlah bahan bakar yang digunakan sedikit maka akan menghasilkan konsumsi bahan bakar spesifik yang lebih kecil. Pola yang dihasilkan dari grafik konsumsi bahan bakar spesifik motor pada penelitian yang telah dilakukan selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Atok Setiyawan 2007 [3] dan Bambang Yuniyanto 2009 [8]. Hasil penelitian yang telah dilakukunan menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik pada variasi laju aliran

biogas 2 lpm dan waktu pengapian 15° sebelum TMA menghasilkan konsumsi bahan bakar spesifik 1,30% lebih tinggi dibandingkan dengan variasi laju aliran biogas 3 lpm dan waktu penyalan 15° sebelum TMA. Hal ini terjadi karena pada variasi laju aliran biogas 2 lpm dan waktu penyalan 15° sebelum TMA menggunakan bahan bakar lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi laju aliran biogas 3 lpm dan waktu penyalan 15° sebelum TMA. Dengan penambahan bahan bakar biogas dapat mengurangi konsumsi bahan bakar pertamax. Hasil penelitian yang telah dilakukan selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Prastya R. dkk. 2003 [7]. Dinama pada penelitian tersebut nilai konsumsi bahan bakar biogas lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar bensin, hal ini disebabkan bahan bakar biogas yang memiliki fase gas lebih mudah untuk terbakar dibandingkan bensin, ini dikarenakan bensin harus melewati proses pengabutan agar bisa terbakar sehingga dibutuhkan bahan bakar yang lebih banyak dikarenakan tidak semua bahan bakar bensin dapat terbakar sempurna, sedangkan biogas tidak memerlukan proses pengabutan sudah bisa terbakar sempurna sehingga dibutuhkan bahan bakar dalam jumlah yang lebih sedikit [7].

Pada penelitian ini konsumsi bahan bakar spesifik cukup tinggi, hal tersebut terjadi karena pengujian dilakukan pada putaran mesin maksimal pada 5000 rpm dan beberapa komponen sudah dilakukan modifikasi. Pengujian lebih ditekankan pada pengaruh penggunaan bahan bakar biogas terhadap kinerja motor. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa penambahan laju aliran biogas mampu mengurangi konsumsi bahan bakar spesifik.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa laju aliran biogas dan waktu penyalan berpengaruh terhadap kinerja motor. Daya tertinggi diperoleh dengan variasi laju aliran biogas 2 lpm dan

waktu penyalaan 15° sebelum TMA. Sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik terbaik diperoleh pada variasi laju aliran biogas 3 lpm dan waktu penyalaan 15° sebelum TMA.

Referensi

- [1] Sunaryo, S. (2014). Uji Eksperimen Pemurnian Biogas Sebagai Pengganti Bahan Bakar Motor Bensin. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 1(2), 123-130.
- [2] Kristanto, P., Willyanto & Wahyudi, D. (2001). Pengaruh perubahan pemajuan waktu penyalaan terhadap motor *dual fuel* (bensin-BBG). *Jurnal Teknik Mesin, Volume 3 Nomor 2 Oktober 2001. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra*.
- [3] Setiyawan, A. (2007). Pengaruh Ignition Timing dan Compression Ratio Terhadap unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Campuran Etanol 85% dan Premium 15%(E-85). In *Seminar Nasional Teknologi* (pp. 3-8).
- [4] Subekti, R. A., (2016). Pengaruh Laju Aliran Bahan Bakar CNG Pada Performa Mesin Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik Vol. 6, No. 2, Desember 2016 : 65-74*.
- [5] Sanata, A., (2012). Optimalisasi Prestasi Mesin Bensin Dengan Variasi Temperatur Campuran Bahan Bakar Premium Dan Etanol. *Jurnal ROTOR, Volume 5 Nomor 2, Juli 2012*.
- [6] Arismunandar, Wiranto. 1983. *Penggerak mula motor bakar torak*. Teknik Mesin. ITB. Bandung.
- [7] Prastya, R., Susilo, B., & Lutfi, M. (2013). Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biogas terhadap Emisi Gas Buang Mesin Generator Set. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2).
- [8] Yunianto, B. (2009). pengaruh perubahan saat penyalaan (*ignition timing*) terhadap prestasi mesin pada sepeda motor 4 langkah dengan bahan bakar lpg. *Rotasi*, 11(3), 1-4.
- [9] Mafruddin, Dwi Irawan, Renno Y. P. dan Edwin D. P. (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)*.
- [10] Mafruddin M, Irawan D, Pratama RY, Pratama ED. Pengaruh temperatur biogas dan waktu penyalaan terhadap kinerja motor bakar menggunakan sistem dual fuel pertamax-biogas. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. 2021 Jun 24;10(1).