

ANALISIS PENGARUH PARAMETER-PARAMETER**REAKTOR HIDROGEN PADA KONSUMSI BAHAN BAKAR MOTOR BAKAR*****ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HYDROGEN REACTOR
PARAMETERS ON FUEL CONSUMPTION OF FUEL MOTORS***

Jepri Mahesa Angling¹, Drs. Suwandi, M.Si², Dr. Eng. Amaliyah R.I.U., S.T., M.Si³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹ jepriangling@student.telkomuniversity.ac.id, ² suwandi@telkomuniversity.ac.id, ³
amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Reaktor hidrogen merupakan alat yang menjadi alternatif teknologi dalam menyelesaikan permasalahan konsumsi bahan bakar secara berlebihan, alat ini dapat menghemat konsumsi bahan bakar minyak pada kendaraan motor bakar dengan menghasilkan hidrogen dari air bakteri yang telah di ekstraksi. Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian kinerja reaktor hidrogen yang akan di bandingkan dengan nilai konsumsi bahan bakar minyak tanpa menggunakan reaktor hidrogen. Terdapat tiga variasi dalam penelitian kali ini yaitu kecepatan putar mesin, temperatur reaktor hidrogen dan ukuran reaktor hidrogen, nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan ditampilkan oleh gelas ukur. Dari hasil pengujian dan pengambilan data yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa penurunan konsumsi terbesar terjadi pada reaktor hidrogen 56,5 cm³ dengan temperatur 150 °C pada kecepatan putar 2000 rpm dengan nilai efisiensi penghematan 90% selama 10 menit dan 89,5% pada waktu 5 menit. Semakin besar reaktor reaktor hidrogen efisiensi penghematan semakin tinggi dengan temperatur maksimum 150°C, karena pada suhu 160 °C keatas tidak terjadi penghematan. Semakin kecil kecepatan putar mesin maka semakin besar efisiensi penghematan konsumsi bahan bakarnya.

Kata Kunci : Hidrogen, Konsumsi, Efisiensi.

Abstract

Hydrogen reactor is a tool that is an alternative technology in solving the problem of excessive fuel consumption, this tool can save fuel consumption in combustion motor vehicles by producing hydrogen from bacterial water that has been extracted. In this research, a hydrogen reactor performance test will be performed which will be compared with the value of fuel oil consumption without using a hydrogen reactor. There are three variations in this study, namely engine rotational speed, hydrogen reactor temperature and hydrogen reactor size, the value of the fuel consumption produced is displayed by a measuring cup. From the results of tests and data collection that has been done, the results show that the greatest reduction in consumption occurred in a 56.5 cm³ hydrogen reactor with a temperature of 150 ° C at a rotational speed of 2000 rpm with a value of 90% savings for 10 minutes and 89.5% at a time 5 minutes. The greater the hydrogen reactor the higher the efficiency of saving with a maximum temperature of 150 ° C, because at temperatures of 160 ° C and above no saving occurs. The smaller the engine rotational speed, the greater the efficiency of saving fuel consumption.

Keyword : Hydrogen, Consumption, Efficiency.

1.1. Pendahuluan

Di Indonesia kebutuhan terbesar energi fosil saat ini adalah bahan bakar minyak (BBM) dimana bahan bakar minyak banyak digunakan khususnya solar, penggunaan BBM terbesar yaitu pada sektor industri dan transportasi. Di Indonesia sedikit sekali pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan sebagai pengganti energi fosil yang mulai menipis, salah satunya adalah pemanfaatan hidrogen untuk membantu menghemat energi fosil yang digunakan di sektor transportasi (BBM).

Para pakar energi di negara maju seperti Amerika, Jepang dan Eropa sepakat bahwa hidrogen sangat dimungkinkan menjadi alternatif bahan bakar masa depan. Di samping sebagai bahan baku industri petrokimia, hidrogen juga merupakan energi *carrier* masa depan.

Selain metode *steam reforming*, metode penggunaan baketri positif yang masih bisa hidup dalam suhu tinggi untuk menghasilkan hidrogen, bakteri *Halanaerobium hydrogeniformans* yang ditemukan Dr. Melanie Mormile, profesor ilmu biologi di Missouri S & T, dan timnya di Soap Lake,

Washington. Bakteri ini dapat “menghasilkan hidrogen pada kondisi garam dan basa dalam jumlah yang menyaingi organisme rekayasa genetika,” kata Mormil(2015).[11] Dengan ditemukannya bakteri tersebut dipercaya menjadi solusi dari masalah bahan bakar masa depan.

Steam reforming melibatkan proses pembakaran gas alam untuk memperoleh hidrogen dapat dihasilkan oleh mesin yang energi utamanya masih menggunakan bahan bakar fosil. *Hydrogen fuel cell* sendiri dianggap sebagai salah satu cara untuk mempermudah mengelola CO₂ akibat proses pembakaran bahan bakar fosil.[4]

Elektrolisis air, hidrogen dapat diperoleh dari proses hidrolisis dan air. Namun, karena energi listrik yang dibutuhkan selama berlangsungnya proses, sangat sedikit sekali hidrogen yang diproduksi menggunakan metode ini kirakira hanya 4%.

Pada penelitian ini penulis menggunakan desain alat yang sudah ada dan diproduksi oleh PT Permata Agro Nusantara. Namun belum adanya peneliatian data *valid* tentang efisiensi bahan bakar motor bakar jika ditambahkan alat tersebut. Oleh karena fokus penelitian ini adalah mengambil data *valid* dan analisis tentang efisiensi bahan bakar pada motor bakar yang ditambahkan alat tersebut berdasarkan variabelvariabel seperti suhu dan ukuran tabung reaktor.

1. Dasar Teori dan Metodologi

1.1 Hidrogen

Hidrogen (Bahasa Latin: *hydrogenium*, dari Bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk) adalah unsur kimia pada table periodik yang memiliki unsur H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berbau, tidak berwarna, bervalensi tunggal dan merupakan gas atomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,0079 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia.

Hidrogen termasuk unsur paling melimpah dengan persentase 75% dari total massa unsur alam semesta, seperti bintang dibentuk oleh hidrogen dalam keadaan plasma. Senyawa hidrogen sangat sulit dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari beberapa senyawa hidrokarbon, air secara elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal dari pada produksi hidrogen dari gas alam.

Isotop hidrogen yang paling banyak dijumpai adalah protium, yang inti atomnya hanya mempunyai proton tunggal dan tanpa neutron. Senyawa ionik hidrogen dapat bermuatan (+) kation atau (-) anion. Hidrogen dapat membentuk senyawa dengan kebanyakan unsur dan dapat dijumpai dalam air dan senyawasenyawa organik. Hidrogen sangat penting dalam reaksi asam basa dimana banyak reaksi yang melibatkan pertukaran proton antar molekul terlarut. Karena hidrogen merupakan satu-satunya atom netral yang persamaan schrodingernya dapat diselesaikan secara analitik, kajian pada energetika dan ikatan atom hydrogen memainkan peran yang sangat penting dalam perkembangan mekanika kuantum.[4]

Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -287 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen meledak seketika disulut api dan akan meledak sendiri pada temperature 560 °C. Lidah api hasil pembakaran

hidrogenoksigen murni memancarkan gelombang ultraviolet dan hampir tidak terlihat oleh kasap mata. Oleh karena itu, sangat sulit mendeteksi kebocoran hidrogen secara visual.

Dalam keadaan normal di bumi, unsur hidrogen berada dalam keadaan gas diatomik, H₂. Namun, gas hidrogen sangatlah langka di atmosfer bumi (1 ppm berdasarkan volume) oleh karena hidrogen memiliki berat yang ringan menyebabkan gas hidrogen lepas dari gravitasi bumi. Walaupun demikian, hidrogen masih merupakan unsur melimpah di bumi. Kebanyakan hidrogen berada dalam keadaan bersenyawa dengan unsur lain seperti hidrokarbon dan air. Gas hidrogen juga dihasilkan oleh beberapa bakteri dan ganggang.[4]

1.2 Motor Bakar

Motor bakar adalah gabungan alat-alat yang bergerak yang ketika bekerja menghasilkan tenaga/energi. Sedangkan pengertian motor bakar adalah mesin kalor yang dimana energinya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar didalam silinder akan diubah menjadi energi mekanik.

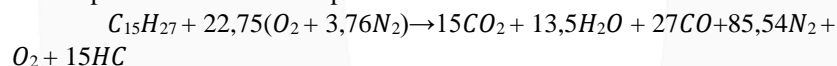
Pada awalnya perkembangan motor bakar ditemukan oleh Nichollus otto pada tahun 1876 dengan bentuk yang kecil sedangkan tenaga yang dihasilkan besar. Motor bakar dibagi menjadi dua yaitu, motor pembakaran luar (*external combustion engine*) dan motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Tenaga yang dihasilkan motor berasal dari pembakaran bahan bakar pada ruang bakar, karena adanya pembakaran gas, maka timbulah panas. Panas ini mengakibatkan gas mengembang atau ekspansi. Pembakaran dan pengembangan gas ini terjadi di dalam ruang sempit dan tidak ada celah udara(tidak bocor), dimana pada bagian atas dan samping dari ruang bakar ini tidak bisa bergerak sedangkan bagian bawahnya bisa bergerak, yakni piston sehingga piston dengan sendirinya terdorong kebawah oleh gaya dari gas yang terbakar dan mengembang tadi. Pada saat piston terdorong kebawah akan menghasilkan tenaga yang besar dan tenaga ini yang disebut tenaga motor.[2]

1.3 Rancangan Penelitian

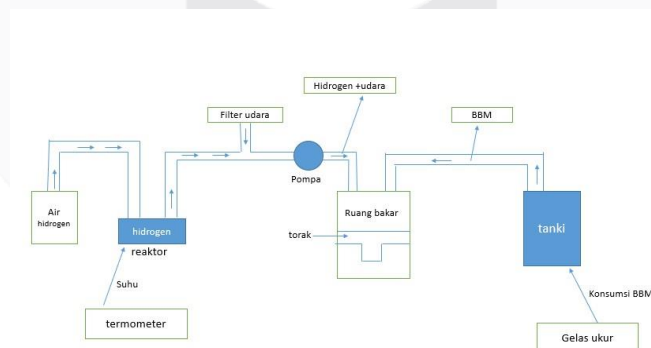
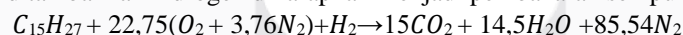
Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang penerapan reaktor hidrogen pada motor bakar dimana hidrogen ini sebagai bahan bakar tambahan untuk motor bakar dengan menghitung efisiensi bahan bakar motor bakar ketika di pasang reaktor hidrogen. Desain alat ini akan dirancang sesuai dengan alat yang telah dirancang oleh PT. Permata Agro Nusantara, dengan variable-variabel seperti suhu dan bentuk reaktor yang mempengaruhi efisiensi bahan bakar motor bakar maka pengujian alat ini diperlukan alat ukur yang bisa kita atur sendiri.

Selain ini hidrogen juga diperlukan dalam pembakaran bahan bakar motor bakar untuk mengatasi pembakaran yang lebih sempurna, karena hidrogen mudah berikatan dengan unsur lain dan hidrogen mudah terbakar, sehingga karbon akan berikatan dengan hidrogen dan akan terbakar. Sehingga reaksi kimianya sebagai berikut:

Reaksi pembakaran tidak sempurna :



Dengan ditambahkan hidrogen diharapkan menjadi pembakaran sempurna menjadi:



Gambar 1 skema penelitian

1.3.1 pembuatan alat

Reaktor hidrogen ini berbahan logam, berbentuk silinder dengan berdiameter 3 cm dengan panjang 7 cm. Tangki hidrogen ini berbahan almunium, berbentuk silinder dengan berdiameter 10 cm dan panjang 20 cm sama seperti desain alat yang telah dikembangkan oleh PT. Permata Agro Nusantara. Tangki hidrogen memiliki lubang kecil pada tutupnya dan tersambung ke reaktor melalui selang, tutup yang dilubangi berguna untuk mengeluarkan udara agar tangki tidak mengerut ketika reaktor mulai dipanaskan dan menarik gas hidrogen yang ada pada tangki. Reaktor ditempelkan pada knalpot motor bakar agar menyerap panas dan memanskan air yang ada pada tangki hidrogen sehingga air tersebut menghasilkan gas hidrogen dan oksigen, kemudian selang buangan dari reaktor disambungkan kepada isap buang ruang bakar motor bakar, dengan demikian gas hidrogen terhisap ke ruang pembakaran motor bakar dan menjadi tambahan bahan bakar selain bahan bakar utama motor bakar (bensin).

tabel 1 Spesifikasi Reaktor Hidrogen

No	Spesifikasi	Reaktor Hidrogen
1	Bentuk	Tabung
2	Dimensi	0.055 m x 0.01 m
		0,065 m x 0,01 m
		0,09 m x 0,01 m
3	Volume	34,5x10⁻⁵ m³
		40,8x10⁻⁵ m³
		56,5x10⁻⁵ m³
4	Bahan	Tembaga
5	Isi	Steelball 5 mm



Gambar 2 Reaktor Hidrogen

2. Pembahasan

2.1 Tanpa Reaktor Hidrogen

Pada pengujian tanpa reaktor hidrogen didapatkan hasil yang digunakan sebagai data perbandingan untuk nilai konsumsi bahan bakar yang memakai reaktor hidrogen.

tabel 2 konsumsi bahan bakar tanpa reaktor selama 5 menit

	waktu 5 menit					
RPM	data 1(ml)	data 2(ml)	data 3(ml)	hasil (ml)	Hasil / menit(ml)	Ratarata(ml)
2000 rpm	30	35	30	31.67	6.33	5.83
3000 rpm	50	50	50	50	10	10.16

4000 rpm	75	70	70	71.67	14.33	14.25
----------	----	----	----	-------	-------	-------

1. tabel 3 konsumsi bahan bakar tanpa reaktor selama 10 menit

waktu 10 menit						
RPM	data 1(ml)	data 2(ml)	data 3(ml)	hasil (ml)	Hasil/ menit(ml)	Rata-rata(ml)
2000 rpm	50	50	60	53.33	5.33	5.83
3000 rpm	100	110	100	103.33	10.33	10.16
4000 rpm	140	145	140	141.67	14.17	14.25

Data hasil konsumsi bahan bakar pada mesin penggerak dapat dilihat pada tabel 4.1 selama 5 menit mesin penggerak dijalankan dan pada tabel 4.2 selama 10 menit mesin penggerak dijalankan. Dari kedua tabel tersebut dapat disimpulkan semakin cepat putaran motor pada mesin penggerak dijalankan maka semakin besar konsumsi bahan bakar yang di butuhkan.

2.2 Menggunakan Reaktor Hidrogen

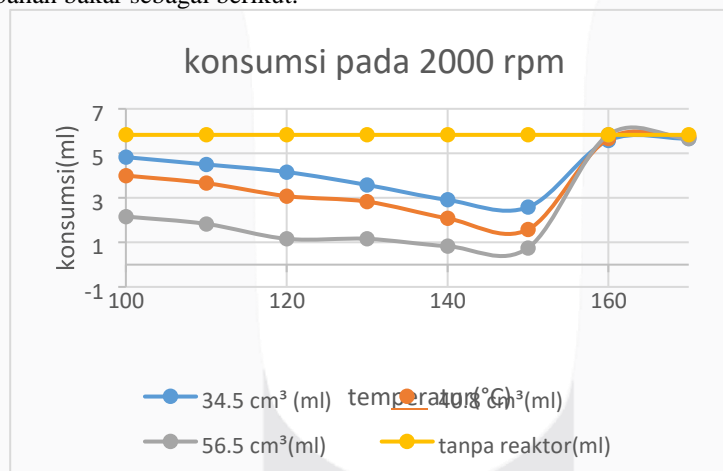
Hasil pengambilan data yang dilakukan menggunakan reaktor hidrogen disajikan dalam bentuk diagram garis. Berikut merupakan tabel perbandingan hasil dari nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan pada pengujian setelah menggunakan reaktor hidrogen.

2.2.1 RPM Tetap

Berikut adalah hasil dan analisis data pada rpm tetap

2.2.1.1 Pengujian pada rpm 2000

Pada pengujian menggunakan reaktor hidrogen pada rpm 2000 didapatkan hasil penghematan konsumsi bahan bakar sebagai berikut.



Gambar 3 Grafik konsumsi bahan bakar pada 2000 rpm

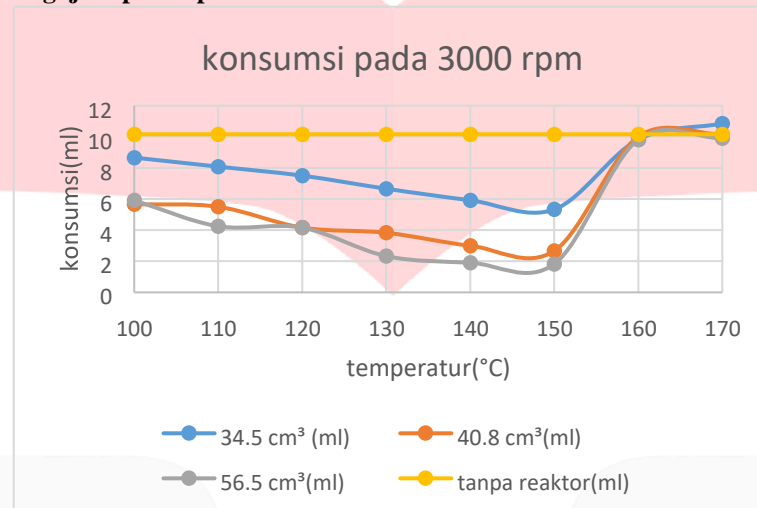
Hasil pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan reaktor hidrogen pada variasi putaran mesin 2000 rpm ditunjukkan pada Gambar 4.1. Berdasarkan data tersebut, konsumsi bahan bakar yang dihasilkan setelah menggunakan reaktor hidrogen mengalami penurunan. Nilai acuan tanpa menggunakan reaktor hidrogen adalah 5.83 ml. Reaktor 34,5 cm³ berhasil menurunkan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Bila dibandingkan dengan nilai acuan terjadi penghemat mulai dari 1 ml sampai 3,25 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

Pada saat menggunakan reaktor 40,8 cm³ terjadi juga penurunan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, , lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Reaktor 40,8 cm³ lebih besar menurunkan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan reaktor 34,5

cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 1 ml, lalu dibanding dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 1,83 ml sampai 4 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

Pada saat menggunakan reaktor 56,5 cm³ terjadi juga penurunan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, , lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Reaktor 56.5 cm³ lebih besar menurunkan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan reaktor 34,5 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 2,3 ml dan dibanding dengan reaktor 40,8 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 1,5 ml, lalu dibandingkan dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 3,67 ml sampai 5,08 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

2.2.1.2 Pengujian pada rpm 3000



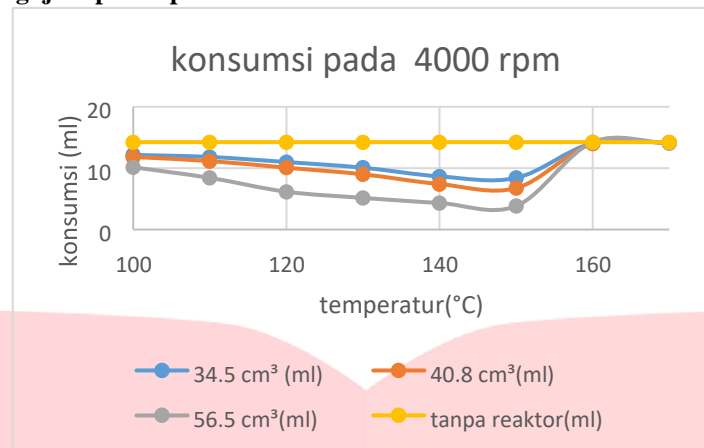
Gambar 4 Grafik konsumsi bahan bakar pada 3000 rpm

Hasil pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan reaktor hidrogen pada variasi putaran mesin 3000 rpm ditunjukkan pada Gambar 4.2. Berdasarkan data tersebut, konsumsi bahan bakar yang dihasilkan setelah menggunakan reaktor hidrogen mengalami penurunan. Nilai acuan tanpa menggunakan reaktor hidrogen adalah 10,16 ml. Reaktor 34,5 cm³ berhasil menurunkan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Bila dibandingkan dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 1,5 ml sampai 4,83 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

Pada saat menggunakan reaktor 40,8 cm³ terjadi juga penurunan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, , lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Reaktor 40,8 cm³ lebih besar menurunkan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan reaktor 34,5 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 3 ml, lalu dibanding dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 4,49 ml sampai 7,49 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

Pada saat menggunakan reaktor 56,5 cm³ terjadi juga penurunan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, , lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Reaktor 56.5 cm³ lebih besar menurunkan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan reaktor 34,5 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 4,33 ml dan dibanding dengan reaktor 40,8 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 1 ml, lalu dibandingkan dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 4,25 ml sampai 8,33 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

2.2.1.3 Pengujian pada rpm 4000



Gambar 5 Grafik konsumsi bahan bakar pada 4000 rpm

Hasil pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan reaktor hidrogen pada variasi putaran mesin 4000 rpm ditunjukkan pada Gambar 4.3. Berdasarkan data tersebut, konsumsi bahan bakar yang dihasilkan setelah menggunakan reaktor hidrogen mengalami penurunan. Nilai acuan tanpa menggunakan reaktor hidrogen adalah 14,25 ml. Reaktor 34,5 cm³ berhasil menurunkan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Bila dibandingkan dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 2 ml sampai 5,84 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

Pada saat menggunakan reaktor 40,8 cm³ terjadi juga penurunan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Reaktor 40,8 cm³ lebih besar menurunkan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan reaktor 34,5 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 0,5 ml, lalu dibanding dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 2,42 ml sampai 7,5 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

Pada saat menggunakan reaktor 56,5 cm³ terjadi juga penurunan nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin pada temperatur reaktor hidrogen 100 °C sampai 150 °C, lebih dari temperatur 150 °C tidak terjadi penurunan nilai konsumsi atau tidak terjadi penghematan. Reaktor 56,5 cm³ lebih besar menurunkan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan reaktor 34,5 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 2 ml dan dibanding dengan reaktor 40,8 cm³ rata – rata perbedaannya mencapai kurang lebih 3,2 ml, lalu dibanding dengan nilai acuan terjadi penghematan mulai dari 4 ml sampai 10,42 ml yang dipengaruhi oleh temperatur reaktornya.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Reaktor hidrogen berhasil menurunkan konsumsi bahan bakar minyak.
 - Penghematan terbesar terjadi pada temperatur 150 °C, kecepatan putar 4000 rpm dengan volume reaktor hidrogen 56,5 cm³ dengan perbandingan penghematan konsumsi sebesar 10,42 ml
 - Konsumsi terkecil pada kecepatan putar 2000 rpm temperatur 150 °C dengan volume reaktor hidrogen 56,5 cm³ sebesar 0,75 ml.
- 2) Semakin tinggi kecepatan putaran mesin maka konsumsi bahan bakar semakin besar dan efisiensi penghematan semakin menurun.
- 3) Temperatur pada reaktor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil efisiensi konsumsi bahan bakar yang dihasilkan, namun pada temperatur 160°C keatas tidak terjadi penghematan bahan bakar.
- 4) Semakin besar ukuran reaktor penghematan semakin tinggi.

- Daftar Pustaka:** [1] Andrianto, Heri dan Darmawan,Aan.(2017). Arduino Belajar cepat Dan pemrograman. Bandung. Informatika Bandung.
- [2] Arismunandar,Wiranto. (1994). Penggerak Mula: Motor Bakar Torak, edisi keempat cetakan kedua. Bandung. ITB Bandung.
- [3] Cogdell,Christina.(2018). *Raw Material For Proton exchange membrane fuel cell*.
- [4] Muliawati,Neni.(2008). Hidrogen sebagai sel bahan bakar : sumber energi masa depan. Universitas Lampung.
- [5] Mulyoto, Harjosentoyo. (1981). Mesin-mesin pertanian. Jakarta
- [6] Otaku.(2008). *Burbank hydrogen fuel cell bus* : bis kota ramah lingkungan akan segera beroperasi di Amerika.
- [7] . Raldi Artono Koestoer (2004). Pengukuran Teknik.
- [8] Rumahobo,Albert Marganda dan Hazwi,Mulfi. (2014). Analisis eksperimental performasi mesin diesel menggunakan bahan campuran biosel vitamin engine power booster. Universitas Sumatra Utara.
- [9] Suhirta, II.(2008). Pengaruh penambahan gas hasil elektrolisa air terhadap konsumsi bahan bakar bensin pada motor bakar 4 langkah 80 cc dengan posisi injeksi sebelum karburator. Depok.
- [10] Sembiring, Rio Arinedo dan Ambarita,Himsar. (2012). Uji performansi mesin otto satu silinder dengan bahan bakar premium dan pertamax plus.
- [11] Bima. (2015). Ilmuwan temukan bakteri penghasil hydrogen. Liputanislam.com
- [12] Maleev. V.L, M.E, DR. A.M, 1995. Operasi Dan Pemeliharaan Mesin Diesel, terj. Priambodo bambang, Erlangga, Jakarta.
- [13] Wardono, H. 2004. Modul Pembelajaran Motor Bakar 4-Langkah. Jurusan Teknik Mesin – Universitas Lampung. Bandar Lampung

