

PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN, KOMPOSISI CAMPURAN BIOETANOL DAN TIPE *VACUUM TUBE* TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KOMPOSISI GAS BUANG PADA MOTOR BAKAR BENSIN EMPAT LANGKAH SATU SILINDER

Agus Setiawan¹, Romy²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹agussetiawan9922@yahoo.co.id, ²romy_pku@yahoo.com

ABSTRACT

Experimental study on the installation of a vacuum tube in intake manifold has been done by observation at the effect of variations engine rotation and composition of bioethanol mixture with regard to fuel consumption and exhaust gas composition. This study used fuel E20, E30 and E40, the type of vacuum tube 4Y2 and Posh. Tests carried out on variations of the engine rotation 3000, 3500, 4000, 4500 and 5000 rpm. As result fuel consumption tends to increase as increasing engine rotation, it is more efficient with increasing ethanol in the fuel mixture and use a vacuum tube, the most efficient happened on fuel E40 with the installation of a vacuum tube type Posh in engine rotation 3000 rpm with consumption 0,21 L/hour. CO exhaust gas tends to decrease with increasing engine rotation, the ethanol in the fuel mixture with the installation of a vacuum tube, the lowest occurred on fuel E40 with installation a vacuum tube type Posh in engine rotation 5000 rpm with emission 0,06 %. CO₂ tends to increase with increasing engine rotation, the ethanol in the fuel mixture and the installation of a vacuum tube, the highest on fuel E40 with a vacuum tube type Posh in engine rotation 5000 rpm with emission 13,60 %. HC tends to decrease with increasing engine rotation, the ethanol in the fuel mixture and the installation of a vacuum tube, the lowest occurred on fuel E40 with a vacuum tube type Posh in engine rotation 5000 rpm with emission 90 ppm.

Keywords: Bioethanol, Exhaust Gas, Vacuum Tube

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sejak akhir tahun 2004, Indonesia berubah posisi dalam kaitan produksi minyak ditataran global. Negara ini yang pernah mencatat prestasi produksi minyak sebesar 1,5 juta barel pada pertengahan 1990-an, sehingga negara ini tercatat sebagai anggota negara-negara pengekspor minyak (OPEC), di tahun 2004 posisi Indonesia berubah menjadi negara pengimpor minyak (OPIC) (<http://www.Beritajatim.com>, 2013).

Cadangan minyak Indonesia saat ini tinggal 3,7 miliar barel dan diprediksi akan habis 11 tahun lagi. Kalau tidak ada penemuan sumur minyak baru, Indonesia

akan terus mengimpor minyak. Untuk itu, pemerintah mulai lebih menggalakkan penggunaan energi terbarukan bagi kendaraan, pembangkit listrik dan sebagainya

(<http://www.Bisnis.liputan6.com>, 2013).

Disisi lain polusi yang ditimbulkan oleh pembakaran bahan bakar fosil memiliki dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia, karena hasil pembakaran mengandung gas berbahaya bagi manusia seperti CO, CO₂, dan HC.

Kesadaran terhadap ancaman serius tersebut telah mengintensifkan berbagai riset yang dilakukan dengan berbagai cara dan upaya, baik dengan cara modifikasi dengan menambahkan peralatan pendukung maupun dengan cara penambahan zat aditif lain pada

bahan bakar bensin, yang bertujuan untuk mensubstitusi bahan bakar fosil dengan bioetanol dan terciptanya udara yang lebih bersih dan sehat serta dapat mengurangi konsumsi bahan bakar.

Anam (2005) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi posisi *vacuum tube* dan putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada Honda Astrea Grand, dengan hasil bahwa variasi posisi pemasangan *vacuum tube* pada *intake manifold* dan variasi putaran sangat berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang, terutama pada posisi pemasangan 45° hasilnya lebih baik dari pada yang tidak memakai *vacuum tube* (standar) dan posisi yang lain (15°, 30°, 45°, 60° dan 75°).

Nugroho (2006) melakukan penelitian variasi putaran mesin (1000, 1500, 2000 dan 2500) rpm, komposisi campuran bensin dengan etanol (E10, E15, E20 dan E25) pada sepeda motor Honda Supra yang menggunakan *vacuum tube* tipe *Posh*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah emisi gas buang (CO) dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor dengan *vacuum tube* berbahan bakar E25 lebih rendah dibandingkan dengan keadaan standar.

Mulyono (2010) melakukan penelitian eksperimental dengan cara membandingkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang (CO, O₂ dan CO₂) pada motor bensin empat langkah dengan variasi tipe *vacuum tube* (4Y2, 5T4A dan *Posh*) dengan komposisi bahan bakar bensin 90% dan etanol 10% (E10) dan posisi pemasangan *vacuum tube* 45° pada *intake manifold*, serta variasi putaran 1000, 1500, 2000 dan 2500 rpm. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah *vacuum tube* jenis *posh* lebih baik dibandingkan dengan jenis *vacuum tube* tipe 4Y2 maupun 5T4A.

Penelitian yang dilakukan Mulyono (2010) masih terbatas hanya pengamatan terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang untuk bahan bakar E10 dan kecepatan putaran maksimum 2500 rpm dengan interval 500 rpm. Maka peneliti

tertarik untuk melanjutkan penelitian pada putaran mesin lebih tinggi (3000, 3500, 4000, 4500 dan 5000) rpm, variasi komposisi campuran bensin dengan etanol lebih tinggi lagi (E20, E30 dan E40) dengan menggunakan variasi tipe *vacuum tube* (*Posh* dan 4Y2).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian di atas maka permasalahan yang akan diteliti adalah bagaimana pengaruh variasi putaran mesin (3000, 3500, 4000, 4500 dan 5000) rpm, variasi komposisi campuran bensin dengan etanol (E20, E30 dan E40) dan variasi tipe *vacuum tube* (*Posh* dan 4Y2) terhadap konsumsi bahan bakar dan komposisi gas buang pada motor bakar bensin dengan pemasangan *vacuum tube* di *intake manifold* pada sudut 45°.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah dan hasil yang akurat maka peneliti membatasi masalah sebagai berikut:

1. Variasi komposisi campuran bahan bakar bensin dengan etanol yang dipakai E20, E30 dan E40.
2. Variasi putaran mesin diatur pada 3000, 3500, 4000, 4500 dan 5000 rpm.
3. Variasi *vacuum tube* tipe *Posh* dan 4Y2.
4. Gas buang yang diukur yaitu CO, CO₂ dan HC.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini dengan motor bensin empat langkah satu silinder dengan pemasangan *vacuum tube* di *intake manifold* pada sudut 45° adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi putaran mesin, variasi komposisi campuran bahan bakar bensin dengan etanol dan variasi tipe *vacuum tube* terhadap konsumsi bahan bakar.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi putaran mesin, variasi komposisi

campuran bahan bakar bensin dengan etanol dan variasi tipe *vacuum tube* terhadap komposisi gas buang.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi sejauh mana pengaruh variasi putaran mesin, variasi komposisi campuran bensin dengan etanol dan variasi tipe *vacuum tube* terhadap konsumsi bahan bakar dan komposisi gas buang pada motor bakar bensin empat langkah satu silinder dengan pemasangan *vacuum tube* di *intake manifold* pada sudut 45° .

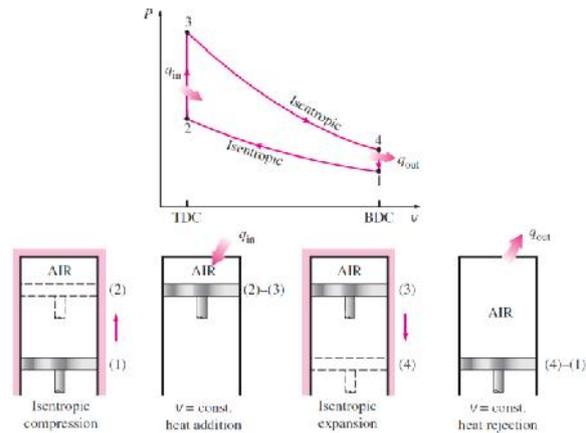
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Motor Bakar Bensin

Motor bakar bensin dapat juga disebut sebagai motor Otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Karburator adalah tempat bercampurnya udara dan bensin. Campuran tersebut kemudian masuk ke dalam silinder yang dinyalakan oleh Busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara, karena itu motor bensin cenderung disebut *spark ignition engine*. Pembakaran bahan bakar dan udara ini menghasilkan daya. Di dalam siklus Otto (siklus ideal) pembakaran tersebut dimisalkan sebagai pemasukan panas pada volume konstan (Arismunandar, 1988).

2.2 Siklus Otto

Siklus ideal volume konstan ini adalah siklus untuk mesin Otto. Siklus volume konstan sering disebut dengan siklus ledakan (*explosion cycle*) karena secara teoritis proses pembakaran terjadi sangat cepat dan menyebabkan peningkatan tekanan yang tiba-tiba. Penyalan untuk proses pembakaran dibantu dengan loncatan bunga api. Nikolaus August Otto menggunakan siklus ini untuk membuat mesin sehingga siklus ini sering disebut dengan siklus Otto (Gambar 1).



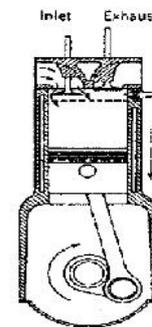
Gambar 1. Diagram P vs V dari Siklus Volume Konstan (Cengel, 2006)

Langkah 1-2 merupakan langkah kompresi dimana terjadi proses isentropik. Proses pembakaran (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan. Langkah 3-4 merupakan langkah kerja dimana terjadi proses isentropik. Proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.

2.3 Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin Empat Langkah

Motor bakar bensin empat (4) langkah merupakan suatu mesin yang dalam satu siklus kerjanya terdiri dari langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja, langkah buang.

a. Langkah Hisap



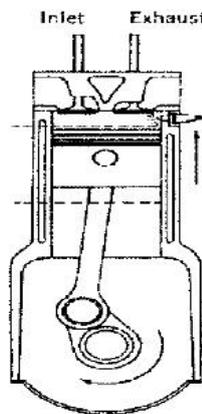
Gambar 2. Langkah Hisap (Pudjanarsa, 2008)

Langkah ini diawali dengan pergerakan piston dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB), katup isap terbuka dan katup buang tertutup. Melalui

katup isap, campuran bahan bakar bensin-udara masuk ke dalam ruang bakar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.

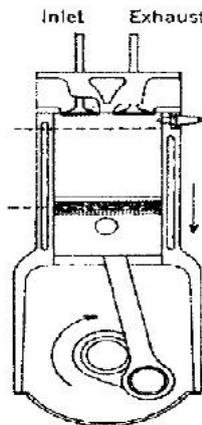
b. Langkah Kompresi

Poros engkol berputar menggerakkan torak ke TMA setelah mencapai TMB, katup masuk dan katup buang tertutup. Campuran udara bahan bakar dikompresikan, tekanan dan temperatur di dalam silinder meningkat, sehingga campuran ini mudah terbakar. Proses pemampatan ini disebut juga langkah tekan, yaitu ketika torak bergerak dari TMB menuju TMA dan kedua katup tertutup. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Langkah Kompresi (Pudjanarsa, 2008)

c. Langkah Kerja

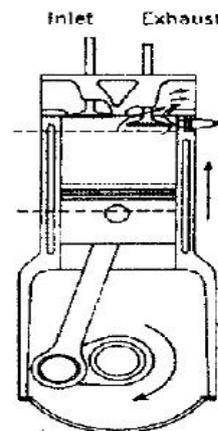


Gambar 4. Langkah Kerja (Pudjanarsa, 2008)

Dikala berlangsungnya langkah kerja ini, kedua katup tertutup. Pada waktu torak mencapai TMA timbul loncatan bunga api listrik dari busi dan membakar campuran udara-bahan bakar yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sehingga timbul ledakan, akibatnya torak terdorong menuju TMB sekaligus menggerakkan poros engkol sehingga diperoleh kerja mekanik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.

d. Langkah Buang

Setelah mencapai TMB poros engkol menggerakkan torak ke TMA, volume silinder mengecil. Pada saat langkah buang katup masuk tertutup dan katup buang terbuka. Torak menekan gas sisa pembakaran ke luar silinder. Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA katup isap mulai terbuka dan beberapa saat setelah bergerak ke bawah katup buang sudah menutup. Gerakan ke bawah ini menyebabkan campuran udara-bahan bakar masuk ke dalam silinder, sehingga siklus tersebut terjadi secara berulang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Langkah Buang (Pudjanarsa, 2008)

2.4 Pembakaran

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses/reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar (*fuel*) dan oksidator dengan menimbulkan nyala dan panas. Bahan bakar merupakan segala substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H),

oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar (Mahandari, 2010).

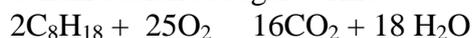
Campuran ideal untuk pembakara antara udara dan masing-masing senyawa penyusun bensin dapat dihitung dari masa relatif masing-masing atom dan kesetimbangan reaksi kimia. Masa relatif atom-atom penyusun bensin dan oksigen adalah (Susantya, 2007):

Carbon (C) = 12

Hidrogen (H) = 1

Oxygen (O) = 16

Persamaan reaksi kesetimbangan untuk proses pembakaran sempurna dari bensin adalah sebagai berikut:



2.5 Gas Buang Pembakaran

Gas buang didefinisikan sebagai zat/unsur dari pembakaran di dalam ruang bakar yang dilepas ke udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor. Gas buang dari hasil pembakaran atau uap bahan bakar bensin ini dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu CO (*carbon monoxide*), HC (*hydrocarbon*), dan NO_x (*nitrogen oxide*). Bila bensin terbakar, maka akan terjadi reaksi dengan Oksigen membentuk CO₂ (*carbon dioxide*) dan H₂O. Gas buang atau polutan yang paling sering diperhatikan adalah CO, HC, CO₂ dan O₂. Dua gas yang disebutkan terakhir bukan merupakan polutan tetapi terus diperhatikan karena menjadi indikator efisiensi pembakaran.

2.5.1 Karbon Monoksida (CO)

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Tidak seperti senyawa CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan

yang kuat dengan pigmen darah yaitu hemoglobin.

2.5.2 Karbon Dioksida (CO₂)

Semakin tinggi gas CO₂ dalam gas buang mengindikasikan bahwa semakin baik pembakaran dalam mesin. Sebaliknya, semakin rendah kadar CO₂ dalam gas buang menandakan bahwa efisiensi pembakaran tidak bagus dan berarti pula kinerja mesin tidak bagus. Akibat lainnya, gas buang CO dan HC berlebihan dan konsumsi bahan bakar meningkat. Substansi CO₂ diukur dalam satuan % volume.

2.5.3 Hidro Karbon (HC)

Pembakaran tak sempurna pada kendaraan juga menghasilkan gas buang yang mengandung hidrokarbon yang terdapat dalam bahan bakar. Senyawa alifatik terdapat dalam beberapa macam gugus yaitu alkana, alkena dan alkuna.

Alkena atau olefin merupakan senyawa tak jenuh dan sangat aktif di atmosfer terhadap reaksi fotokimia. Oleh karena itu penelitian terhadap polutan alkena menjadi sangat penting, terlebih lagi dengan munculnya polutan sekunder yang berasal dari reaksi fotokimia alkena, seperti *Peroksiasetil Nitrat* (PAN) dan Ozon (O₃). Salah satu senyawa alkena yang cukup banyak terdapat pada gas buang kendaraan adalah etilen. Penelitian menunjukkan bahwa etilen dapat mengganggu pertumbuhan tomat dan lada, juga merusak struktur dari anggrek. Alkuna, meskipun lebih reaktif dari alkena namun jarang ditemukan di udara bebas dan tidak menjadi masalah utama dalam pencemaran udara akibat gas buang kendaraan.

2.6 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi Bahan Bakar adalah banyak bahan bakar yang diperlukan oleh mesin dalam waktu tertentu. Bahan bakar yang digunakan pada motor bensin adalah bahan bakar yang mudah terbakar. Konsumsi bahan bakar dapat ditulis dalam persamaan:

$$FC = \frac{v}{t} \left(\frac{L}{jam} \right)$$

dimana:

$$\begin{aligned} FC &= \text{Fuel Consumption (L/jam)} \\ v &= \text{Volume bahan bakar (L)} \\ t &= \text{Waktu (s)} \end{aligned}$$

2.7 Bensin

Bensin berasal dari kata *benzena*, sebenarnya zat ini berasal dari gas tambang yang mempunyai sifat beracun dan merupakan persenyawaan dari hidrokarbon tak jenuh, artinya dapat bereaksi dengan mudah terhadap unsur-unsur lain dan merupakan komposisi *isooctane* dengan *normal-heptana*. Di Indonesia bensin dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan bilangan oktannya, yaitu:

a. Premium

Premium merupakan bensin yang berwarna kekuning-kuningan, jika ditambahkan TEL (*Tetra Ethyl Lead*) sebagai penambah nilai oktan maka bensin tersebut mengandung timbal yang berbahaya bagi kesehatan. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan.

Bensin premium mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin kompresi tinggi pada saat semua kondisi. Premium merupakan campuran hidrokarbon *parafin*, *olefin*, *napthenes*, dan *aromatic*. Komposisi premium bervariasi tergantung pada sumber minyak bumi dan proses *refining*. Premium mempunyai temperatur nyala minimum 360°C. Premium dipasaran mempunyai angka oktan RON (*Research Octan Number*) minimal 88, MON (*Motor Octan Number*) 83-90, LHV 44585 kJ/kg, berat jenis 0,723 gr/cm³.

b. Pertamax

Pertamax merupakan bensin tanpa timbal yang dipasarkan dengan warna kebiruan dan memiliki RON (*Research Octane Number*) sebesar 92 dan dianjurkan untuk motor bensin dengan perbandingan kompresi yang tinggi.

c. Pertamax plus

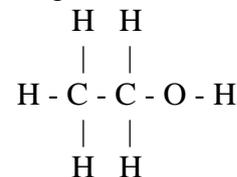
Pertamax plus merupakan bensin tanpa timbal yang dipasarkan dengan warna

merah. Pertamax plus ini memiliki RON (*Research Octane Number*) sebesar 95. Angka oktana pertamax plus adalah yang tertinggi jika dibandingkan dengan premium dan pertamax. Dengan karakteristik tersebut sangat dianjurkan bila pertamax plus digunakan pada mesin dengan rasio kompresi tinggi.

2.8 Etanol

Etanol adalah cairan tak berwarna, mudah terbakar dan bersifat mudah menguap (volatil) (Ali, 2012). Etanol di pasaran umumnya dikenal dengan nama alkohol (Wiratmaja, 2010). Etanol dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan untuk minuman beralkohol dan antiseptik.

Etanol memiliki nama lain etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut dan alkohol saja. Etanol termasuk dalam rantai tunggal, dengan rumus kimia C₂H₅OH dan rumus empiris C₂H₆O. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dimana "Et" merupakan singkatan dari gugus etil (C₂H₅) (Ali, 2012). Struktur kimia etanol dapat digambarkan sebagai berikut:



Alkohol komersial pada umumnya mengandung 95% etanol dan 5% air. Etanol juga dapat digunakan dalam bentuk murni ataupun sebagai campuran untuk bahan bakar bensin sebagai bahan bakar alternatif. Dalam penggunaannya etanol juga relatif aman terhadap lingkungan dan manusia (Wiratmaja, 2010).

Tangka (2011) melakukan penelitian tentang karakteristik campuran bensin dan etanol. Etanol yang digunakan memiliki kadar 95% dan 5% air. Hasil penelitian campuran bensin dengan etanol dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Properties* dari Campuran Bensin dengan Etanol (Tangka, 2011)

Sample code	Ethanol %	Gasoline %	Flash Point (°C)	Auto Ignition Temperature (°C)	Vapour Pressure (Kpa at 37,8°C)	Energy Density (MJ/L)	Octane Number	Specific Gravity
E0	00	100	-65	246	36	34,2	91	0,7474
E10	10	90	-40	260	38,9	33,182	93	0,7508
E20	20	80	-20	279	39	32	94	0,7605
E30	30	70	-15	281	38	31,5	95	0,7782
E40	40	60	-13,5	294	35,6	30	97	0,7792
E50	50	50	-5	320	34	29	99	0,7805
E60	60	40	-1	345	31	28	100	0,7812
E70	70	30	0	350	28	27	103	0,7823
E80	80	20	5	362	24	26,5	104	0,7834
E90	90	10	8,5	360	18	23,6	106	0,7840
E100	100	00	12,5	365	9	23,5	129	0,7890

2.9 Pemasangan *Vacuum Tube*

Vacuum tube adalah suatu sistem yang berbentuk tabung yang diletakkan pada *intake manifold* diantara karburator dan silinder, disebut juga dengan akumulator yang berfungsi sebagai penampung campuran bahan bakar dan udara yang terjebak disaluran *intake manifold* saat katub masuk tertutup serta penyuplai udara pada saat campuran bahan bakar kekurangan udara.

Pada motor bensin campuran udara dan bahan bakar diharapkan bercampur dengan baik sebelum masuk ke ruang bakar. Karburator adalah komponen pencampur bahan bakar dan udara sehingga diperoleh perbandingan yang sesuai dengan kecepatan dan beban mesin. Penyempurnaan pencampuran bahan bakar dan udara itu berlangsung baik dalam saluran isap maupun dalam silinder sebelum campuran itu terbakar. Proses pembakaran yang sempurna sangat bergantung pada campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar, disamping itu untuk mendukung campuran yang sempurna dilakukan penambahan ataupun modifikasi saluran yang berhubungan dengan masuknya campuran udara dan bahan bakar ke ruang bakar. Salah satunya adalah dengan membuat disain *intake chamber* atau *vacuum tube*, yang berfungsi sebagai untuk mengurangi blowback pada karburator dan juga untuk membuat campuran bahan bakar dan udara lebih homogen (Harjono, 2012).

Mulyono (2010) melakukan penelitian eksperimental dengan cara

membandingkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang (CO, O₂ dan CO₂) pada motor bensin empat langkah dengan variasi tipe *vacuum tube* (4Y2, 5T4A dan Posh) dengan komposisi bahan bakar bensin 90% dan etanol 10% (E10) dan posisi pemasangan *vacuum tube* 45° pada *intake manifold* (Gambar 6), serta variasi putaran 1000, 1500, 2000 dan 2500 rpm.



Gambar 6. *Intake Manifold* Posisi 45° (Mulyono, 2010)

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah *vacuum tube* jenis posh lebih baik dibandingkan dengan jenis *vacuum tube* tipe 4Y2 maupun 5T4A.

3. Metodologi

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian secara eksperimental. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran mesin, komposisi campuran bensin dengan etanol dan tipe *vacuum tube* terhadap konsumsi bahan bakar dan komposisi gas buang pada motor bensin empat langkah satu silinder dengan pemasangan *vacuum tube* di *intake manifold* pada sudut 45°.

3.2 Variabel Penelitian

Definisi variabel penelitian adalah sebagai objek penelitian, atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu variasi campuran bahan bakar

antara bensin dengan etanol (E20, E30, dan E40), variasi putaran mesin (3000, 3500, 4000, 4500 dan 5000) rpm dan variasi tipe *vacuum tube* (Posh dan 4Y2).

2. Variabel terikat
Variabel terikat pada penelitian ini adalah prestasi mesin dengan melihat pada besarnya konsumsi bahan bakar dan komposisi gas buang (CO, CO₂ dan HC).
3. Variabel kontrol
Variabel kontrol pada penelitian ini adalah motor bakar bensin empat langkah satu silinder 97,1 cc dan pemasangan *vacuum tube* dengan posisi pemasangan di *intake manifold* pada sudut 45°.

3.3 Bahan

- Bensin
- Etanol
- *Vacuum Tube* Tipe Posh



Gambar 7. *Vacuum Tube* Tipe Posh

- *Vacuum Tube* Tipe 4Y2



Gambar 8. *Vacuum Tube* Tipe 4Y2

3.4 Alat

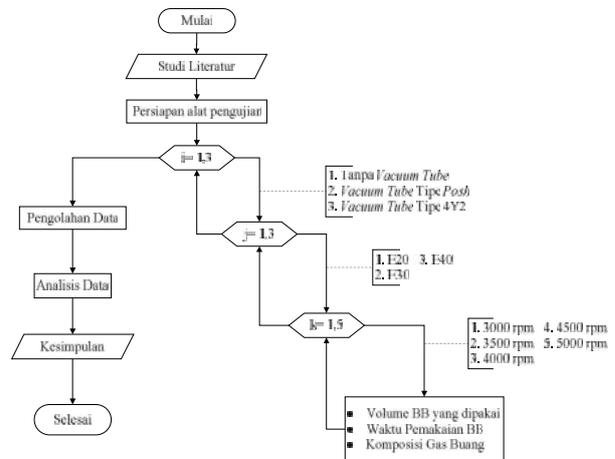
- Motor Bakar
- *Intake Manifold*
- *Tachometer*
- Gelas Ukur
- *Measuring Pipette*
- *Stopwatch*
- *Gas Analyzer*

3.5 Skema Instalasi Pengujian



Gambar 9. Skema Instalasi Pengujian

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

4.1.1 Konsumsi Bahan Bakar

Hasil pengujian waktu konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Waktu Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Waktu Konsumsi Bahan Bakar 2 m (s)								
	E20			E30			E40		
	Standar	4Y2	Posh	Standar	4Y2	Posh	Standar	4Y2	Posh
3000	29	30	31	30	33	33	30	34	34
3500	26	27	30	26	31	33	26	32	34
4000	23	24	27	24	26	30	24	26	30
4500	21	21	23	22	22	23	22	23	23
5000	18	20	20	19	20	20	19	20	20

4.1.2 Komposisi Gas Buang

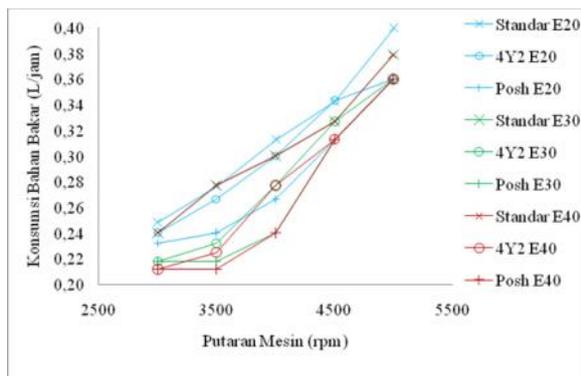
Tabel 3. Hasil Pengujian Komposisi Gas Buang

Bahan Bakar	Putaran Mesin (rpm)	Gas Buang								
		Karbon Monoksida CO (%)			Karbon Dioksida CO ₂ (%)			Hidrokarbon HC (ppm)		
		Standar	4Y2	Posh	Standar	4Y2	Posh	Standar	4Y2	Posh
E20	3000	5,72	4,88	4,38	7,60	7,70	8,50	480	450	360
	3500	4,68	4,16	3,88	8,30	9,40	8,80	430	380	320
	4000	4,47	3,61	3,26	9,40	9,50	9,70	330	300	210
	4500	3,85	3,02	2,85	9,50	9,90	10,50	290	250	200
	5000	3,71	2,56	1,86	9,90	10,60	10,60	200	170	160
E30	3000	5,22	2,61	2,04	8,60	9,30	10,30	260	250	250
	3500	3,42	2,52	1,52	9,60	9,50	10,90	240	240	190
	4000	3,41	2,04	1,10	9,70	10,60	12,30	230	180	150
	4500	3,32	1,01	0,64	9,80	11,30	12,40	190	110	120
	5000	2,26	0,66	0,41	10,20	11,70	12,90	140	100	100
E40	3000	3,00	2,20	1,65	9,60	11,80	11,70	260	260	250
	3500	2,76	1,22	1,15	10,56	11,30	12,40	230	250	190
	4000	1,51	0,74	0,78	11,00	11,80	12,60	140	140	90
	4500	0,74	0,22	0,10	11,60	12,20	12,70	120	110	100
	5000	0,44	0,14	0,06	12,40	13,00	13,60	100	100	90

Hasil pengujian pengaruh variasi putaran mesin, variasi komposisi campuran bahan bakar bensin dengan etanol dan variasi tipe *vacuum tube* terhadap komposisi gas buang dapat dilihat pada Tabel 3.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 11. Grafik Konsumsi Bahan Bakar

Gambar 11 menggambarkan hubungan konsumsi bahan bakar dengan variasi putaran mesin, variasi bahan bakar dan variasi *vacuum tube*. Secara umum konsumsi bahan bakar dengan menggunakan

vacuum tube lebih irit daripada keadaan standar. Persentase penghematan bahan bakar rata-rata tertinggi menggunakan *vacuum tube* tipe 4Y2 sebesar 10,27 % dan menggunakan *vacuum tube* tipe Posh sebesar 14,28 % jika dibandingkan dengan keadaan standar. Ini disebabkan karena pencampuran bahan bakar dengan udara sebelum masuk ke ruang bakar lebih homogen ketika menggunakan *vacuum tube* dibandingkan dengan keadaan standar. Pencampuran bahan bakar dengan udara yang lebih homogen menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna, sehingga energi yang dihasilkan untuk menggerakkan piston lebih besar dibandingkan dengan pencampuran bahan bakar dengan udara yang kurang homogen. Untuk menghasilkan putaran mesin yang sama, campuran bahan bakar dengan udara yang homogen lebih sedikit dibutuhkan daripada campuran bahan bakar yang kurang homogen.

Vacuum tube tipe Posh lebih baik dibandingkan *vacuum tube* tipe 4Y2 dari sisi konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan karena *vacuum tube* tipe Posh memiliki bentuk silindris sehingga tidak menghalangi keluar dan masuk campuran udara bahan bakar, berbeda dengan *vacuum tube* tipe 4Y2 yang memiliki bentuk tidak beraturan sehingga mengakibatkan terhambatnya aliran campuran udara-bahan bakar untuk keluar dan masuk.

Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan konsumsi bahan bakar lebih irit seiring bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar. Persentase penghematan bahan bakar rata-rata tertinggi menggunakan E30 sebesar 6,55 % dan menggunakan E40 sebesar 8,56 % jika dibandingkan dengan E20. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar, maka kandungan oksigen terdapat di etanol akan bertambah pada campuran bahan bakar. Oksigen yang terdapat dalam bahan bakar akan membantu penyempurnaan pembakaran di ruang bakar. Pembakaran yang lebih sempurna menghasilkan energi untuk menggerakkan

piston lebih besar dibandingkan dengan kurangnya kandungan oksigen. Untuk menghasilkan putaran mesin yang sama, dibutuhkan lebih sedikit campuran bahan bakar yang mengandung lebih oksigen dibandingkan dengan campuran bahan bakar yang kurang oksigen.

Konsumsi bahan bakar semakin boros dengan seiring bertambahnya putaran mesin. Persentase peningkatan bahan bakar rata-rata tertinggi pada putaran mesin 3500 rpm sebesar 9,62 %, 4000 rpm sebesar 25,6 % ,4500 rpm sebesar 44,25 % . dan 5000 rpm sebesar 67,06 % jika dibandingkan dengan putaran mesin 3000 rpm. Hal ini terjadi karena dengan bahan bakar yang lebih banyak dapat menghasilkan energi lebih besar untuk menggerakkan piston sehingga putaran mesin bertambah.

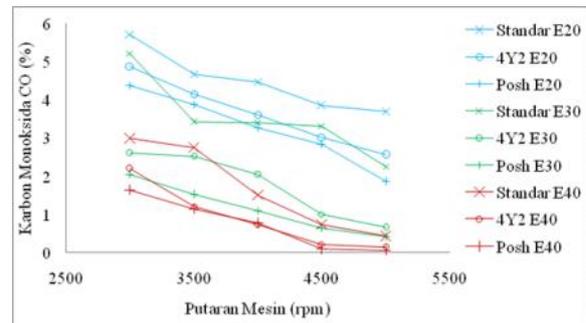
Secara umum Gambar 11 menunjukkan konsumsi bahan bakar terhemat terjadi pada bahan bakar E40 dengan pemasangan *vacuum tube* tipe posh diputaran mesin 3000 dan 3500 sebesar 0,21 L/jam, sebagai hasil terboros terjadi pada bahan bakar E20 dengan keadaan standar diputaran mesin 5000 rpm sebesar 0,40 L/jam.

4.2.2 Komposisi Gas Buang

4.2.2.1 Karbon Monoksida (CO)

Gambar 12 menggambarkan hubungan antara CO dengan variasi putaran mesin, variasi bahan bakar dan variasi *vacuum tube*. Secara umum konsentrasi gas buang CO yang dihasilkan pada motor bakar menggunakan *vacuum tube* cenderung lebih rendah daripada keadaan standar. Persentase penurunan konsentrasi gas buang CO rata-rata tertinggi menggunakan *vacuum tube* tipe 4Y2 sebesar 54,38 % dan tipe Posh sebesar 69,36 % dibandingkan dengan keadaan standar. Hal ini terjadi karena dengan menggunakan *vacuum tube*, campuran udara dan bahan bakar sebelum memasuki ruang bakar lebih homogen dibandingkan dengan keadaan standar. Campuran udara dan bahan bakar yang homogen akan mengakibatkan sempurnanya

pembakaran dan menurunkan konsentrasi gas buang CO.



Gambar 12. Grafik Konsentrasi Gas Buang CO

Jika dari segi konsentrasi gas buang CO yang dihasilkan *vacuum tube* tipe 4Y2 dengan tipe Posh, maka *vacuum tube* tipe Posh lebih baik dibandingkan tipe 4Y2. Konsentrasi gas buang CO yang dihasilkan *vacuum tube* tipe Posh cenderung lebih rendah dari pada *vacuum tube* tipe 4Y2. Hal ini dapat dijelaskan bahwa *vacuum tube* tipe Posh memiliki bentuk silindris sehingga tidak menghalangi keluar dan masuk campuran udara bahan bakar, berbeda dengan *vacuum tube* tipe 4Y2 yang memiliki bentuk tidak beraturan sehingga mengakibatkan terhambatnya aliran campuran udara-bahan bakar untuk keluar dan masuk. Namun untuk yang terjadi dengan bahan bakar E40 tidak begitu jelas pengaruhnya.

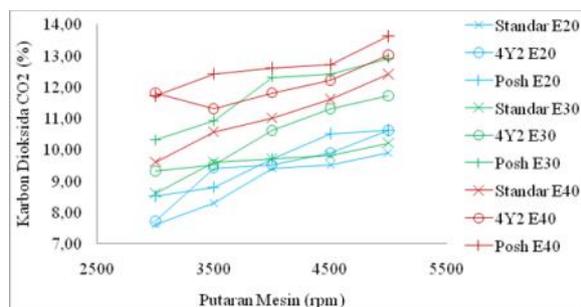
Secara umum Gambar 12 konsentrasi gas buang CO cenderung lebih rendah seiring bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar. Persentase penurunan konsentrasi gas buang CO rata-rata tertinggi menggunakan E30 sebesar 67,20 % dan menggunakan E40 sebesar 80,41 % dibandingkan dengan E20. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar, maka kandungan oksigen terdapat pada etanol akan bertambah pada campuran bahan bakar. Oksigen yang lebih besar terdapat dalam bahan bakar akan membantu penyempurnaan pembakaran di ruang bakar.

Pembakaran lebih sempurna akan mengurangi karbon monoksida.

Berdasarkan Gambar 12 kecenderungan konsentrasi gas buang CO cenderung menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Persentase penurunan konsentrasi gas buang CO rata-rata tertinggi pada putaran mesin 3500 rpm sebesar 27,62 %, 4000 rpm sebesar 56,25 %, 4500 rpm sebesar 86,42 % dan 5000 rpm sebesar 91,78 % jika dibandingkan dengan putaran mesin 3000 rpm. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya putaran mesin mengakibatkan temperatur ruang bakar akan naik, sehingga penguapan bahan bakar akan lebih besar dibandingkan dengan penguapan pada putaran rendah. Pencampuran udara-bahan bakar lebih baik dengan adanya penguapan bahan bakar lebih besar. Selain itu dengan meningkatnya putaran mesin akan mengakibatkan turbulensi sehingga pembakarannya lebih baik. Pembakaran yang lebih baik akan menurunkan konsentrasi gas buang CO.

Gambar 12 menunjukkan CO tertinggi terjadi pada bahan bakar E20 dan keadaan standar diputaran mesin 3000 rpm sebesar 5,72 %, sebagai hasil paling rendah terjadi pada bahan bakar E40 dan penggunaan *vacuum tube* tipe posh diputaran mesin 5000 rpm sebesar 0,06 %.

4.2.2.2 Karbon Dioksida (CO₂)



Gambar 13. Grafik Konsentrasi Gas Buang CO₂

Gambar 13 menggambarkan hubungan antara CO₂ dengan variasi putaran mesin, variasi bahan bakar dan variasi *vacuum tube*. Secara umum menunjukkan

perbandingan konsentrasi gas buang CO₂ yang dihasilkan pada motor bakar menggunakan *vacuum tube* cenderung lebih tinggi daripada keadaan standar. Persentase peningkatan konsentrasi gas buang CO₂ rata-rata tertinggi menggunakan *vacuum tube* tipe 4Y2 sebesar 8,33 % dan menggunakan *vacuum tube* tipe Posh sebesar 18,29 % jika dibandingkan dengan keadaan standar. Hal ini terjadi karena dengan menggunakan *vacuum tube*, campuran udara dan bahan bakar sebelum memasuki ruang bakar lebih homogen dibandingkan dengan keadaan standar. Campuran udara dan bahan bakar yang homogen akan mengakibatkan semakin sempurna pembakaran. Pembakaran yang sempurna menghasilkan konsentrasi gas buang CO₂ lebih banyak.

Jika dari segi konsentrasi gas buang CO₂ yang dihasilkan *vacuum tube* tipe 4Y2 dengan tipe Posh, maka *vacuum tube* tipe Posh lebih baik dibanding tipe 4Y2. Konsentrasi gas buang CO₂ yang dihasilkan *vacuum tube* tipe Posh cenderung lebih tinggi daripada *vacuum tube* tipe 4Y2. Ini dapat dijelaskan bahwa *vacuum tube* tipe Posh memiliki bentuk silindris sehingga tidak menghalangi keluar dan masuk campuran udara bahan bakar, berbeda dengan *vacuum tube* tipe 4Y2 yang memiliki bentuk tidak beraturan sehingga mengakibatkan terhambatnya aliran campuran udara bahan bakar untuk keluar dan masuk.

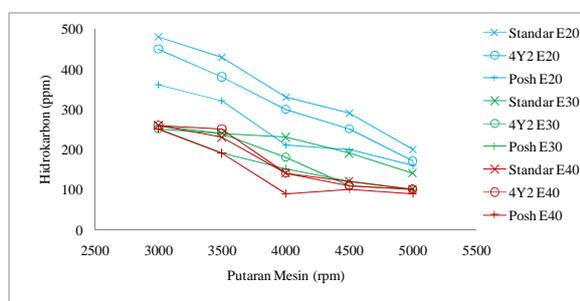
Secara umum kecenderungan konsentrasi gas buang CO₂ meningkat seiring bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar. Persentase peningkatan konsentrasi gas buang CO₂ rata-rata tertinggi menggunakan E30 sebesar 22,33 % dan menggunakan E40 sebesar 31,54 % jika dibandingkan dengan E20. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar maka kandungan oksigen dalam campuran bahan bakar akan bertambah. Kandungan oksigen lebih besar terdapat dalam bahan bakar menghasilkan

pembakaran lebih baik dan konsentrasi gas buang CO₂ dihasilkan lebih tinggi.

Berdasarkan Gambar 13 kecenderungan konsentrasi gas buang CO₂ meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Persentase peningkatan konsentrasi gas buang CO₂ rata-rata tertinggi pada putaran mesin 3500 rpm sebesar 11,61 %, 4000 rpm sebesar 20,39 %, 4500 rpm sebesar 25,70 % dan 5000 rpm sebesar 30,88 % jika dibandingkan dengan putaran mesin 3000 rpm. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya putaran mesin mengakibatkan temperatur ruang bakar akan naik, sehingga penguapan bahan bakar akan lebih besar dibandingkan dengan penguapan pada putaran rendah. Pencampuran udara bahan bakar lebih baik dengan adanya penguapan bahan bakar lebih besar. Selain itu dengan meningkatnya putaran mesin akan mengakibatkan turbulensi dalam aliran campuran bahan bakar sehingga pembakaran lebih baik. Pembakaran yang sempurna menghasilkan konsentrasi gas buang CO₂, sehingga konsentrasi gas buang CO₂ yang dihasilkan meningkat seiring bertambahnya putaran mesin.

Gambar 13 menunjukkan CO₂ tertinggi terjadi pada bahan bakar E40 dan penggunaan *vacuum tube* tipe posh diputaran mesin 5000 rpm sebesar 13,6 %, terendah terjadi pada bahan bakar E20 keadaan standar diputaran mesin 3000 rpm sebesar 7,60%.

4.2.2.3 Hidrokarbon (HC)



Gambar 14. Grafik Konsentrasi Gas Buang HC

Gambar 14 menggambarkan hubungan antara HC dengan variasi putaran

mesin, variasi bahan bakar dan variasi *vacuum tube*. Secara umum kecenderungan konsentrasi gas buang HC yang dihasilkan pada motor bakar menggunakan *vacuum tube* lebih rendah daripada keadaan standar. Persentase penurunan konsentrasi gas buang HC rata-rata tertinggi menggunakan *vacuum tube* tipe 4Y2 sebesar 19,25 % dan menggunakan *vacuum tube* tipe Posh sebesar 27,60 % jika dibandingkan dengan keadaan standar. Hal ini terjadi karena dengan menggunakan *vacuum tube*, campuran udara dan bahan bakar sebelum memasuki ruang bakar lebih homogen dibandingkan dengan keadaan standar. Campuran udara dan bahan bakar yang homogen akan mengakibatkan sempurnanya pembakaran dan menurunkan konsentrasi gas buang HC.

Jika dari segi konsentrasi gas buang HC yang dihasilkan *vacuum tube* tipe 4Y2 dengan tipe Posh, maka *vacuum tube* tipe Posh lebih baik dibanding tipe 4Y2. Konsentrasi gas buang HC yang dihasilkan *vacuum tube* tipe Posh cenderung lebih rendah daripada *vacuum tube* tipe 4Y2. Ini dapat dijelaskan bahwa *vacuum tube* tipe Posh memiliki bentuk silindris sehingga tidak menghalangi keluar dan masuk campuran udara bahan bakar, berbeda dengan *vacuum tube* tipe 4Y2 yang memiliki bentuk tidak beraturan sehingga mengakibatkan terhambatnya aliran campuran udara bahan bakar untuk keluar dan masuk.

Secara umum Gambar 14 kecenderungan konsentrasi gas buang HC cenderung lebih rendah seiring bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar. Persentase penurunan HC rata-rata tertinggi menggunakan E30 sebesar 43,69 % dan menggunakan E40 sebesar 51,71 % jika dibandingkan dengan E20. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya persentase etanol dalam campuran bahan bakar, maka kandungan oksigen terdapat pada etanol akan bertambah pada campuran bahan bakar. Oksigen yang terdapat dalam bahan bakar akan membantu sempurnanya

pembakaran di ruang bakar. Pembakaran lebih sempurna akan mengurangi konsentrasi gas buang HC yang dihasilkan.

Secara umum Gambar 14 kecenderungan konsentrasi gas buang HC menurun seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Persentase penurunan konsentrasi gas buang HC rata-rata tertinggi pada putaran mesin 3500 rpm sebesar 13,13 %, 4000 rpm sebesar 52,10 %, 4500 rpm sebesar 57,18 % dan 5000 rpm sebesar 62,36 % jika dibandingkan dengan putaran mesin 3000 rpm. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya putaran mesin mengakibatkan temperatur ruang bakar naik, sehingga penguapan bahan bakar akan lebih besar dibandingkan dengan penguapan pada putaran rendah. Pencampuran udara bahan bakar lebih baik dengan adanya penguapan bahan bakar lebih besar. Selain itu dengan meningkatnya putaran mesin akan mengakibatkan aliran turbulensi campuran bahan bakar udara sehingga pembakaran lebih baik.

Gambar 14 menunjukkan HC tertinggi terjadi pada bahan bakar E20 dan keadaan standar diputar mesin 3000 rpm sebesar 480 ppm, terendah terjadi pada bahan bakar E40 dan penggunaan *vacuum tube* tipe *posh* diputar mesin 5000 rpm sebesar 90 ppm.

5. Kesimpulan

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pengaruh variasi putaran mesin, komposisi campuran bioetanol dan tipe *vacuum tube* pada motor bakar bensin empat langkah satu silinder dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar cenderung meningkat seiring meningkatnya putaran mesin, lebih hemat dengan bertambahnya etanol dalam campuran bahan bakar dan menggunakan *vacuum tube*, paling hemat terjadi pada bahan bakar E40 dengan pemasangan *vacuum tube* tipe *Posh* diputar mesin 3000 rpm sebesar 0,21 L/jam.

2. Gas buang CO cenderung menurun seiring meningkatnya putaran mesin, etanol dalam campuran bahan bakar dengan pemasangan *vacuum tube*, terendah terjadi pada bahan bakar E40 dengan *vacuum tube* tipe *Posh* diputar mesin 5000 rpm sebesar 0,06 %. CO₂ cenderung meningkat seiring meningkatnya putaran mesin, etanol dalam campuran bahan bakar dengan pemasangan *vacuum tube*, tertinggi terjadi pada bahan bakar E40 dengan *vacuum tube* tipe *Posh* diputar mesin 5000 rpm sebesar 13,60 %. HC cenderung menurun seiring meningkatnya putaran mesin, etanol dalam campuran bahan bakar dengan pemasangan *vacuum tube*, terendah terjadi pada bahan bakar E40 dengan *vacuum tube* tipe *Posh* diputar mesin 5000 rpm sebesar 90 ppm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis sangat baik untuk dianalisis variabel-variabel lain, selain konsumsi bahan bakar dan gas buang, misalnya daya poros, tekanan efektif rata-rata, efisiensi thermal dan efisiensi volumetrik.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat memvariasikan sudut pengapian.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat memvariasikan putaran mesin dan campuran etanol dalam premium lebih tinggi dengan pembanding kondisi standar bahan bakar E0 (premium).
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat memvariasikan volume *vacuum tube* tipe *Posh*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih atas dukungan Lembaga Penelitian Universitas Riau

yang telah membiayai penelitian ini melalui dana Penelitian Hibah Bersaing tahun 2013.

Daftar Pustaka

1. Arismunandar, Wiranto. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Edisi 5. Penerbit ITB Bandung.
2. Anam, Mohammad Syaiful. 2005. *Pengaruh Variasi Posisi Vacuum Tube dan Putaran Mesin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Honda Astrea Grand*. Tugas Akhir. UMM.
3. Cengel, Y. A and Boles, M. A. 2006. *Thermodynamics An Engineering Approach*. 5th ed. McGraw-Hill.
4. Harjono dan Sukartono G, 2012. *Pengaruh Penambahan Tabung Udara pada Intake Manifold Sepeda Motor 4 Langkah terhadap Daya Mesin*, Prosiding Seminar Nasional Teknoin, UII Yogyakarta.
5. [Http://www.Beritajatim.com](http://www.Beritajatim.com). 24 Juni 2013. *Minyak Indonesia dari OPEC ke OPIC*. diakses pada 22-07-2013.
6. [Http://www.Bisnis.liputan6.com](http://www.Bisnis.liputan6.com). 30 Juni 2013. *Jangan Buai Orang Indonesia dengan Status Kaya Minyak*. diakses pada 22-07-2013.
7. Tangka J. K., Berinyuy J. E., Tekounegnin and Okale A. N. 2011. *Physico-chemical properties of bio-ethanol/gasoline blends and the qualitative effect of different blends on gasoline quality and engine performance*. Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels Vol. 2(3), pp. 35-44. University of Dschang Cameroon.
8. Mahandari. 2010. *Fenomena Flame*. Tugas Akhir. UI. Depok
9. Mulyono. 2010. *Analisa Performa Pemakaian Vacuum Tube pada Sepeda Motor Bahan Bakar Biofuel*, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Malang.
10. Nugroho, Eka Sptyanto. 2006. *Pengaruh Variasi Putaran Mesin dan Komposisi Campuran (Bensin dan Etanol) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Honda Supra yang Menggunakan Vacuum Tube*. Tugas Akhir. UMM.
11. Pudjanarsa, A dan Nursuhud, D. 2008. *Mesin Konversi Energi*, Andi Yogyakarta.
12. Wiratmaja, I. G. 2010. *Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra Vol. 4 No.2.