

## Pengaruh Penggunaan Campuran Bioetanol dari Biji Cempedak dalam Pertamax terhadap Kinerja Motor Matik

Andika Prasetya<sup>(1)</sup>, Rifky<sup>(2)</sup>, M Yusuf D<sup>(3)</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.  
Jl. Tanah Merdeka no.6 Pasar Rebo Jakarta Timur

Telp. +62-21-87782739, Fax. +62-21-87782739, Mobile +6281297218964

**ABSTRAK-** Penelitian ini menggunakan biji cempedak hasil fermentasi dan pemurnian, sebagai bioetanol. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh campuran bioetanol dalam pertamax terhadap kinerja mesin, dan untuk mendapatkan campuran yang optimal bioetanol dalam pertamax. Desain penelitian ini adalah eksperimen dengan objek penelitian motor matik, menggunakan putaran mesin sebesar 1500 rpm sampai 3600 rpm panjang interval 300 rpm dengan menggunakan dynamometer. Penggunaan campuran bioetanol dalam pertamax yang optimal didapat pada campuran 17% bioetanol dan 83% pertamax karena sudah mencapai oktan optimal yaitu 96,10, pada campuran 15% bioetanol dan 85% pertamax dapat mengurangi penggunaan bahan bakar tidak memerlukan modifikasi kendaraan, dimana menghasilkan kinerja maksimal. Torsi maksimal sebesar 9,32 N.m pada putaran mesin 2400 rpm. Daya efektif maksimal sebesar 4,77 kW pada putaran mesin 2400 rpm. Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik maksimal adalah 0,013354063 kg/kW.jam pada putaran mesin 2400 rpm.

**Kata Kunci:** bioetanol, cempedak, kinerja, dynamometer, pertamax.

### 1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui. Kebutuhan sumber energi minyak bumi atau Bahan Bakar Minyak (BBM) selalu meningkat setiap tahun, seiring dengan penggunaan di bidang transportasi. Akibat lambat laun akan mengalami krisis energi yang akan berimbas ke masyarakat apalagi dengan ada kebijakan pemerintah yang menaik-turunkan harga BBM. Mengatasi krisis energi ini mendorong pencarian bahan bakar alternatif terbarukan diantaranya bioetanol.

Bioetanol merupakan suatu alkohol yang terdiri dari hidrogen, oksigen, dan karbon. bioetanol dapat dibuat dari proses pemasakan, fermentasi dan pemurnian dari berbagai sumber bahan baku, bioetanol dapat berupa singkong, ubi jalar, tebu, jagung, biji-bijian, kelapa dan padi. Dari sekian banyak bahan baku yang dapat digunakan dalam pembuatan bioetanol adalah cempedak salah satunya yang dimanfaatkan bijinya.

Cempedak (*Artocarpus Chempeden*) merupakan salah satu jenis tanaman buah yang

banyak ditanam di daerah tropis terutama Indonesia. Pemanfaatan yang utama buah cempedak adalah daging buahnya yang dikonsumsi baik secara langsung ataupun dijadikan makanan olahan. Dari hasil olahan tersebut akan menyebabkan limbah biji cempedak yang dibuang begitu saja terutama pada UD. Putra Fajar yang dalam sehari memproduksi hingga 50 kg buah cempedak untuk olahan kripik buah.

Pencampuran menggunakan pertamax karena nilai oktan baik dengan Research Octane Number (RON) 92. PT Pertamina (Persero) menyatakan akan mencampur bahan bakar pertamax dengan bioetanol pada tahun 2017. Hal ini dilakukan agar kualitas bahan bakar pertamax lebih baik dengan adanya peningkatan *Research Octane Number* (RON).

Menurut Cahyono (2015), jika bioetanol dicampur pertamax dapat terbentuk bahan bakar cair yang memiliki nilai oktan tinggi, sehingga secara teoritis mesin yang menggunakan bahan bakar alkohol akan mempunyai kinerja tinggi bila digunakan pada mesin berbahan bakar bensin dengan perbandingan kompresi yang tinggi.

Hal itulah yang mendasari diperlakukannya pembuktian pencampuran bioetanol dalam pertamax dapat meningkatkan bilangan oktan dan mesin yang menggunakan persentase bioetanol dalam bahan bakar mempunyai unjuk kerja mesin yang tinggi.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Bahan Bakar

#### 2.1.1 Pengertian Bahan Bakar

Bahan bakar cair merupakan hasil destilasi dari minyak bumi, yang terdiri dari dari berbagai campuran senyawa hidrokarbon berfasa cair yang sangat *volatile* (mudah menguap). Bahan bakar terdiri dari *parafin*, *naphthalene*, aromatik, dan olefin, senyawa molekul C4 – C9 (Kristanto ,2015; 69).

Karakteristik setiap bahan bakar terutama bahan bakar cair spesifik. Karakteristik ini menentukan proses pembakaran, apakah proses berlangsung sempurna atau tidak sempurna sempurna di ruang bakar. Hasil dari proses pembakaran tersebut yang dalam hal ini ditunjukkan dengan bilangan oktan (*octane number*).

Untuk menentukan RON suatu jenis bahan bakar, maka dilakukan uji RON terhadap bahan bakar tersebut di dalam suatu tabung reaksi. Hasil uji menentukan kadar masing-masing komponen yang terdapat dalam bahan bakar yang dinyatakan dalam persen. Besarnya persentase *isooktan* di dalam bahan bakar memberikan informasi besarnya angka oktan. Bahan bakar yang memiliki campuran 87% *isooktan* dan 13% *n-heptane* mempunyai angka oktan 87.

#### 2.1.2 Pertamax

Pertamax merupakan bahan bakar ramah lingkungan beroktan tinggi yang memiliki RON 92. Pertamax mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan, diantaranya memiliki stabilitas oksidasi yang tinggi serta kandungan olefin, *aromatic* dan *benzene*-nya pada level yang rendah. Dengan demikian jenis bahan bakar ini dapat menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna pada mesin.

**Tabel 2.1 Spesifikasi Pertamax RON 92.**

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Bilangan Oktan Riset	RON	92,0	-	D 2699	
2.	Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-	D 625	
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05 1)	D 2622 / D 4294	
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0,013 4)	D 3237	
6.	Kandungan Fosfor	mg/l	-	-	D 3231	
6.	Kandungan Logam (Mn, Fe, dll)	mg/l	-	-	D 3831	
7.	Kandungan Silikon	mg/kg	-	-	IICP-AES (Merujuk metode in house dengan batasan deteksi = 1 mg/kg)	
8.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7 5)	D 4815	
9.	Kandungan Olefin	% v/v	-	4	D 1319	
10.	Kandungan Aromatik	% v/v	-	50,0	D 1319	
11.	Kandungan Benzene	% v/v	-	5,0	D 4420	
12.	Distilasi:				D 88	
	10% vol. penguapan	°C	-	70		
	50% vol. penguapan	°C	77	110		
	90% vol. penguapan	°C	130	180		
	Titik dididh akhir	°C	-	215		
	Residu	% v/v	-	2,0		
13.	Sedimen	mg/l	-	1	D 6452	
14.	Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381	
15.	Washed Gum	mg/100 ml	-	5	D 381	
16.	Tekanan Uap	kPa	45	80	D 6191 / D 323	
17.	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4062 / D 1298	
18.	Korosif Bilah tembaga	merit		Kelas 1	D 130	
19.	Uji Doctor			Negatif		IP 30
20.	Belerang Mercaptan	% massa	-	0,002	D 3227	
21.	Penampakan Visual			Jernih dan terang		
22.	Warna			Biru		
23.	Kandungan Pewarna	gr/100L	-	0,13		

#### 2.1.3 Bioetanol

Bioetanol merupakan jenis etanol yang dihasilkan dari biomassa atau limbah dengan teknologi biokimia melalui proses fermentasi. Pada prinsipnya, bioetanol dan etanol adalah bahan kimia yang sama. Etanol atau etil alkohol adalah senyawa organik dengan rumus kimia C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH.

Menurut Kristanto (2015: 79), ada dua proporsi campuran yang kerap kali dibuat yaitu E<sub>85</sub> (85% ethanol) dan E<sub>10</sub> (gasohol). E<sub>85</sub> adalah bahan bakar alkohol dengan 15% bensin yang dicampurkan untuk menghilangkan masalah alkohol murni (dingin, tangki mudah terbakar). E<sub>10</sub> mengurangi penggunaan bensin tanpa modifikasi yang diperlukan untuk mesin kendaraan bermotor. Campuran bahan bakar ini akan fleksibel dan dapat beroperasi pada rasio setiap etanol-bensin.

## 2.2 Pengaruh Campuran Bioetanol dengan Pertamax

Menurut Cahyono (2015), pertamax dijadikan produk unggulan Pertamina yang ditujukan penggunaannya pada kendaraan

bermotor yang memiliki perbandingan kompresi 9,1:1 sampai 10:1. Bioetanol adalah alkohol hasil fermentasi bahan tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Perpaduan bioetanol dengan pertamax diharapkan akan didapatkan bahan bakar yang memiliki nilai oktan yang tinggi. Pada produk paduan tersebut bioetanol berperan dalam menaikkan bilangan oktan.

**Tabel 2.2** Perbandingan kompresi dengan kebutuhan nilai oktan

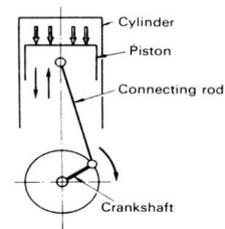
Perbandingan Kompresi	Kebutuhan nilai oktan
5 : 1	72
6 : 1	81
7 : 1	87
8 : 1	92
9 : 1	96
10 : 1	100

### 2.3 Pengaruh Bioetanol terhadap Performa Mesin

Menurut Cahyono (2015), secara teoritis penggunaan alkohol pada mesin berbahan bakar bensin dengan perbandingan kompresi tinggi akan menghasilkan kinerja tinggi. Hal ini disebabkan etanol memiliki bilangan oktan tinggi sehingga memungkinkan digunakan pada mesin dengan perbandingan kompresi yang tinggi. Hubungan antara efisiensi dengan perbandingan kompresi berimplikasi pada fakta yang terjadi bahwa mesin berbahan bakar bioetanol (sebagian atau seluruhnya) memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bahan bakar bensin.

### 2.4 Motor Bensin

Mesin adalah perangkat yang mengubah energi kimia dari bahan bakar yang masuk keruang bakar, atau "termal" energi dan menggunakan energi yang masuk ruang bakar ini untuk melakukan pekerjaan yang berguna. Dalam mesin pembakaran dalam kedua proses dapat dianggap berlangsung dalam silinder mesin, di mana hasil pembakaran dari pembakaran langsung pada piston.



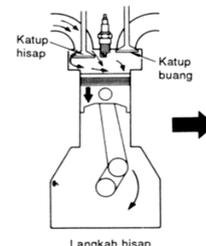
**Gambar 1** Mesin bensin

### 2.5 Mesin 4 Langkah

Mesin bensin membutuhkan 4 langkah untuk setiap siklus, dengan membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus di dalam silinder. Prinsip kerja motor empat langkah antara lain:

#### 1. Langkah hisap

Pulkrabek (2004) piston akan bergerak dari TMA ke TMB dengan *intake valve* terbuka dan *exhaust valve* tertutup. Hal ini membuat volume meningkat pada ruang bakar, yang pada akhirnya menjadikan kevakuman. Tekanan yang dihasilkan diferensial melalui sistem *intake* dari tekanan atmosfer di luar untuk menghisap di dalam yang menyebabkan udara didorong ke dalam *cylinder*. Sebagaimana udara melewati sistem *intake*, bahan bakar ditambahkan ke dalam jumlah yang diinginkan dengan cara injeksi bahan bakar.

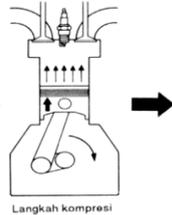


**Gambar 2** Langkah hisap

#### 2. Langkah kompresi

Pada langkah kompresi, paduan udara–bahan bakar diberi tekanan. *Intake valve* dan *exhaust valve* dalam keadaan tertutup. Ketika piston bergerak dari TMB menuju TMA paduan tadi ditekan. Akibat proses penekanan (kompresi)

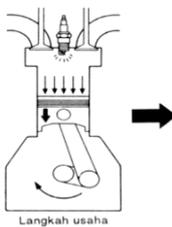
dalam ruang bakar, maka tekanan dan temperatur meningkat dan mudah terbakar. *Crankshaft* akan melakukan putaran satu kali, ketika piston mencapai TMA.



Gambar 3 Langkah kompresi

### 3. Langkah usaha

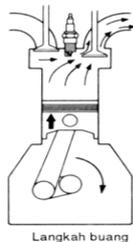
Pada langkah usaha ini, tenaga dihasilkan mesin yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum piston mencapai TMA pada langkah kompresi (sebelum langkah usaha), busi memberikan loncatan bunga api pada campuran yang telah dikompresikan. Akibatnya terjadi pembakaran. Kekuatan tekanan gas pembakaran yang tinggi akan memberikan dorongan piston ke TMB. Usaha yang dihasilkan ini disebut sebagai tenaga mesin (*engine power*).



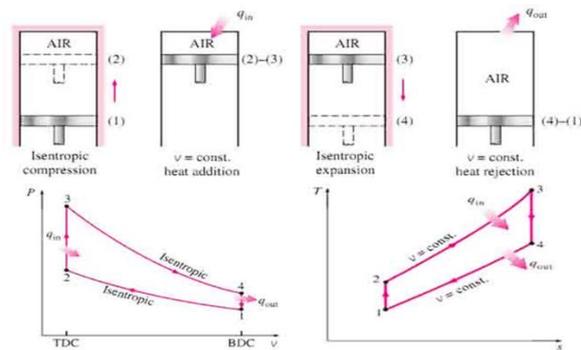
Gambar 4 Langkah usaha

### 4. Langkah buang

Pada langkah buang, gas hasil pembakaran dibuang dari dalam ruang bakar (*cylinder*). *Exhaust valve* menjadi terbuka, piston bergerak dari TMB menuju ke TMA, dan mendorong gas buang tersebut keluar dari *cylinder*.



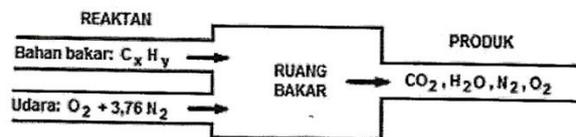
Gambar 5 Langkah buang



Gambar 6 Diagram P-V dan T-s

## 2.6 Kimia Pembakaran

Proses pembakaran dijelaskan berdasarkan prinsip reaksi kimia antara bahan bakar (*hidrokarbon*) dengan pengoksidasi (udara atau *oksigen*) yang disebut *reaktan*, dan menghasilkan produk reaksi pembakaran sambil melepaskan panas. Pada proses pembakaran sempurna atau dikenal juga pembakaran *stoikiometri*, semua karbon dalam bahan bakar membentuk *karbondioksida* ( $\text{CO}_2$ ) dan semua *hidrogen* membentuk air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Setiap mol oksigen yang dibutuhkan sebagai pengoksidasi hidrokarbon diperlukan juga 3,76 mol nitrogen (Kristanto, 2015: 62).



Gambar 7 Proses pembakaran sempurna

## 2.7 Pembakaran Stoikiometri

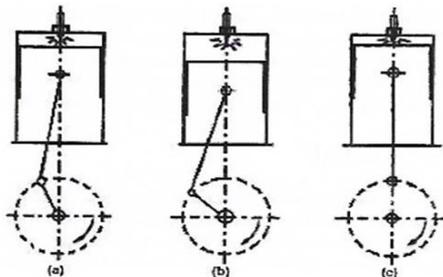
Pada motor pembakaran dalam energi yang diperoleh berasal dari proses pembakaran antara bahan bakar (*hidrokarbon*) dengan udara (*oksigen*). Pada proses ini terjadi perubahan energi kimia (tersimpan dalam bahan bakar) menjadi energi termal (panas) gas di dalam ruang bakar. Energi maksimum yang dilepaskan (berupa kalor) dari pembakaran bahan bakar tersebut.

## 2.8 Proses Pembakaran

Menurut Kristanto (2015: 121) sepanjang langkah hisap, udara dan bahan bakar mengalir ke

area bertekanan rendah yang diciptakan oleh gerak turun torak di dalam silinder. Saat torak bergerak ke atas sepanjang langkah kompresi, tekanan di dalam silinder meningkat dengan cepat dan memanaskan paduan udara dan bahan bakar meningkat dan menjelang akhir dari langkah kompresi campuran dinyalakan oleh percikan api dari busi.

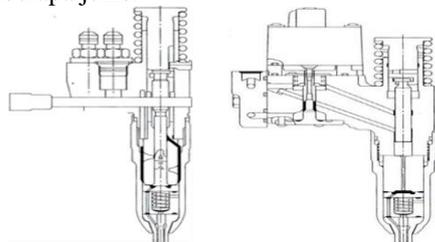
Setelah campuran udara dan bahan bakar menyala di dalam ruang bakar, medan nyala api mulai menyebar melalui campuran itu. Selama pembakaran, hidrokarbon dan oksigen bereaksi, menciptakan panas dan tekanan. Idealnya, tekanan maksimum dihasilkan ketika torak berada pada sekitar 8 sampai 12 derajat setelah TMA untuk menghasilkan gaya yang cukup besar pada puncak torak dan memberikan tenaga yang cukup besar melalui poros engkol.



Gambar 8 (a) Timing pengapian yang sesuai, (b) Timing pengapian terlalu awal, (c) Timing pengapian terlalu terlambat.

2.9 Fuel Injection (FI)

Menurut Pulkrabek (2004) Fuel injector ini adalah nozzle yang menginjeksikan semprotan bahan bakar ke ruang bakar. biasanya dikontrol secara elektronik, tetapi ada juga injector dikendalikan secara mekanis, jumlah bahan bakar terinjeksi di ujung nozzle injektor, dan tekanan tinggi yang aplikasikan ke dalamnya, biasanya dengan proses kompresi mekanik dari beberapa jenis.



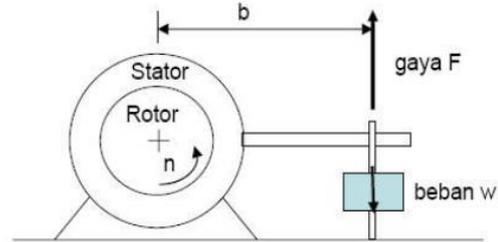
Gambar 9 Fuel injection mechanical, Fuel injection elektronik

2.10 Parameter Kinerja Mesin

Dalam penganalisisan suatu kinerja dalam mesin ada beberapa parameter yang dapat diketahui, diantaranya torsi (torque), power (daya efektif), konsumsi bahan bakar spesifik (specific fuel consumption) dapat di jelaskan pada rumus-rumus berikut ini:

2.10.1 Torsi (Torque)

Menurut Cahyono (2015), torsi merupakan gaya tekan memutar pada bagian benda yang berputar. Torsi juga didefinisikan sebagai perkalian antara gaya yang dihasilkan dari tekanan hasil pembakaran pada piston dikalikan dengan jari-jari melingkar poros engkol.



Gambar 10 Torsi benda berputar

Menurut Heywood (1988: 46) untuk mencari torsi dapat dilakukannya perhitungan:

$$T = Fxb \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- T = Torsi (N.m)
- F = Gaya penyeimbang yang diberikan (N)
- b = Jarak lengan torsi (m)
- 1 N.m = 0,74 ft.lb

2.10.2 Daya

Menurut Cahyono (2015), daya motor adalah salah satu parameter yang menentukan kinerja motor. Daya dapat disebut juga tenaga merupakan kecepatan yang menimbulkan kerja motor selama waktu tertentu.

Menurut Heywood (1988) daya P dihasilkan oleh mesin dan yang diserap oleh dinamometer adalah yang dihasilkan torsi dan kecepatan sudut. Untuk menghitung besarnya daya pada motor 4 langkah digunakan persamaan:

$$P = 2\pi \times N \times T \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Atau } P(\text{kW}) = 2\pi \times N(\text{rev}/s) \times T(\text{N.m}) \times 10^{-3} \dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- P = Daya (kW)
- N = Putaran mesin persatuan waktu (rpm)
- T = Torsi (N.m)
- 1 Hp = 1,014 PS
- 1 HP = 0,7457 kW
- 1 kW = 1,34 Hp

### 2.10.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Specific fuel consumption)

Pada tes mesin, konsumsi bahan bakar diukur sebagai aliran-aliran tingkat massa per satuan waktu (m). Dalam konteks ini parameter yang lebih berguna adalah konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*), laju aliran bahan bakar per *output* satuan daya. Untuk mengukur seberapa efisien mesin dengan menggunakan bahan bakar yang dipasok untuk menghasilkan kerja:

$$mF = \frac{m_b(gr)}{\Delta t (dt)} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$sfc = \frac{m_f}{P} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan satuan,

$$sfc = \frac{m_f(gr/dt)}{P (kW)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Atau

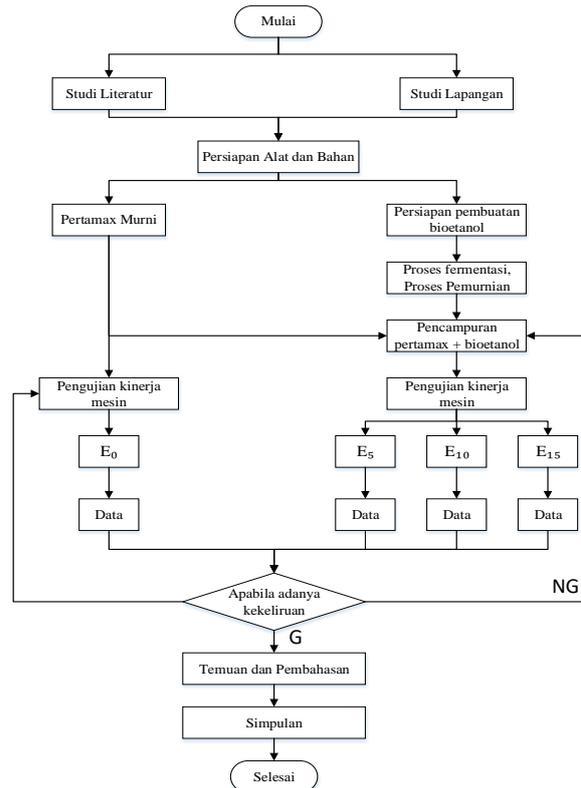
$$sfc = \frac{m_f(kg/jam)}{P (kW)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- mb* = Massa bahan bakar (gr)
- $\Delta t$  = Waktu disaat kendaraan diakselerasi (detik)
- sfc* = Specific fuel consumption (kg/kW.jam)
- mF* = Laju aliran bahan bakar (gr/dt)
- P = Daya yang dihasilkan oleh mesin (kW)
- 1 gr/dt = 3,6 kg/jam

### 3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian pengaruh penggunaan bioetanol dari biji cempedak dalam pertamax ini bermula dari studi literatur, studi lapangan, mempersiapkan alat dan bahan, persiapan pembuatan bioetanol, fermentasi, pemurnian, bioetanol dicampur dengan pertamax dengan perbandingan persentase E5, E10, dan E15, pengujian kinerja mesin, temuan dan pembahasan, simpulan, selesai.



Gambar II Diagram alir penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Khatulistiwa Suryanusa. Waktu penelitian ini dimulai sejak bulan juni 2017 sampai dengan bulan Oktober 2017.

Alat dan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Destilasi set,



Gambar 12 Destilasi sederhana

## 2. Portable Octane Analyzer, dan



Gambar 13 Portable Octane Analyzer

## 3. Dynamometer Test,

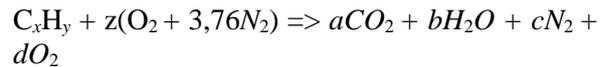


Gambar 14 Dynamometer Test

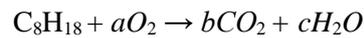
## 4 TEMUAN DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Kimia Bahan Bakar Pencampuran Bioetanol dalam Bensin

Menurut (Kristanto, 2015; 61), proses pembakaran merupakan reaksi kimia yang terjadi antara elemen bahan bakar dengan oksigen (dari atmosfer) dengan produk reaksi diikuti terjadinya pelepasan sejumlah energi yang menyebabkan peningkatan temperatur gas. Pencampuran bioetanol ke dalam pertamax dengan asumsi terjadi pembakaran sempurna pada bahan bakar hidrokarbon. Secara umum reaksi antara  $C_xH_y$  dengan udara sebagai berikut:



Menurut (Kristanto, 2015; 61), reaksi kimia untuk suatu pembakaran sempurna dalam bahan bakar bensin, dan bioetanol.

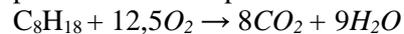
1. Isooktan,  $C_8H_{18}$ 

Kesetimbangan karbon  $b = 8$

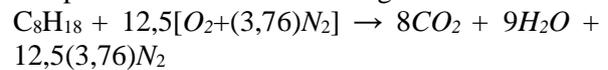
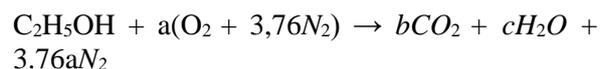
Kesetimbangan hidrogen  $2c = 18$ , atau  $c = 9$

Kesetimbangan oksigen  $2a = 2b + c$ , atau  $a = 12,5$

persamaan reaksi pembakaran sempurna:



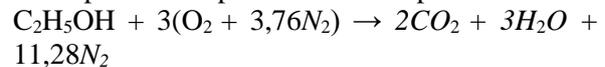
dan pembakaran isooktana dengan udara adalah:

2. Etil alkohol (etanol/bioetanol),  $C_2H_5OH$ 

Kesetimbangan karbon  $b = 2$

Kesetimbangan hidrogen  $6 = 2c$  atau  $c = 3$

Kesetimbangan oksigen  $1 + 2a = 2b + c$  atau  $a = 3$ , maka persamaan pembakaran sempurna:



## 4.2 Temuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan di PT. Khatulistiwa Suryanusa Jl. Pramuka Raya Kav. 69 dengan alat *dyno dynamics* parameter penelitian adalah torsi (T), daya efektif (P), dan konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) pada campuran penggunaan bioetanol dengan pertamax yaitu pertamax murni E<sub>0</sub>, pertamax E<sub>5</sub>, pertamax E<sub>10</sub>, dan pertamax E<sub>15</sub>.





Gambar 14 Dynamometer Test

Pengujian pada mesin sepeda motor yang dilakukan menggunakan beberapa variasi putaran mesin yaitu dari 1500 rpm sampai 3600 rpm dengan panjang interval 300 rpm. Data pengukuran yang diperoleh dari hasil pembacaan pada alat *dynamometer* antara lain:

1. Torsi (ft.lb)
2. Power/Daya (HP)
3. Massa bahan bakar per satuan waktu [*mF*] (gr/dt)

#### 4.2.1 Pertamax murni

Pengujian dengan bahan bakar  $E_0$  yaitu dengan 100% pertamax.

Tabel 4.1 Hasil pengujian torsi dari dynamometer dengan pertamax murni.

Tacho rpm	Pertamax $E_0$ (Pertamax 100%)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Tq FtLb	Tq FtLb	Tq FtLb
1500	9,2	9	9
1800	9,6	9,2	9,1
2100	10,2	9,6	9,6
2400	11,4	11,4	11,3
2700	11,2	11,2	11,1
3000	11	10,9	10,6
3300	10,5	10,2	10,3
3600	10,2	10,2	10,1

Tabel 4.2 Hasil pengujian daya efektif dari dynamometer dengan pertamax murni.

Tacho rpm	Pertamax $E_0$ (Pertamax 100%)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Power HP	Power HP	Power HP
1500	4,6	4,4	4,4
1800	4,8	4,6	4,5
2100	5,2	4,8	4,8
2400	6	6	5,9
2700	5,8	5,8	5,7
3000	5,6	5,5	5,4
3300	5,3	5,2	5,3
3600	5,2	5,2	5,1

Tabel 4.3 Hasil pengujian massa bahan bakar dari dynamometer dengan pertamax murni.

Tacho rpm	Pertamax $E_0$ (Pertamax 100%)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	mF gr/dt	mF gr/dt	mF gr/dt
1500	0,02036	0,02032	0,02003
1800	0,01932	0,01929	0,01900
2100	0,01832	0,01829	0,01799
2400	0,01945	0,01940	0,01912
2700	0,01946	0,01942	0,01913
3000	0,02023	0,02020	0,01991
3300	0,02115	0,02111	0,02082
3600	0,02153	0,02150	0,02120

#### 4.2.2 Campuran Bahan Bakar $E_5$

Pengujian selanjutnya dengan persentase 5% bioetanol dan 95% pertamax.

Tabel 4.4 Hasil pengujian torsi dari dynamometer dengan pertamax  $E_5$ .

Tacho rpm	Pertamax $E_5$ (5% Bioetanol dan 95% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Tq FtLb	Tq FtLb	Tq FtLb
1500	9,1	9,2	9,1
1800	9,8	10	9,9
2100	11,1	10,1	10,5
2400	11,6	11,4	11,6
2700	11,3	11,3	11,3
3000	11,2	11,2	11,2
3300	11	11,1	11,1
3600	10,4	10,6	10,6

Tabel 4.5 Hasil pengujian daya efektif dari dynamometer dengan pertamax  $E_5$ .

Tacho rpm	Pertamax $E_5$ (5% Bioetanol dan 95% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Power HP	Power HP	Power HP
1500	4,3	4,4	4,3
1800	4,8	5	4,9
2100	5,7	5,1	5,3
2400	6,1	6	6,1
2700	5,9	5,9	5,9
3000	5,8	5,8	5,8
3300	5,6	5,7	5,7
3600	5,4	5,5	5,5

**Tabel 4.6** Hasil pengujian massa bahan bakar dari dynamometer dengan pertamax E<sub>5</sub>.

Tacho rpm	Pertamax E <sub>5</sub> (5% Bioetanol dan 95% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	mF gr/dt	mF gr/dt	mF gr/dt
1500	0,02036	0,01913	0,01946
1800	0,01932	0,01809	0,01842
2100	0,01832	0,01764	0,01797
2400	0,01840	0,01804	0,01837
2700	0,01946	0,01910	0,01943
3000	0,02023	0,01988	0,02020
3300	0,02115	0,02079	0,02112
3600	0,02153	0,02117	0,02150

**4.2.3 Campuran Bahan Bakar E<sub>10</sub>**

Pengujian selanjutnya dengan persentase 10% bioetanol dan 90% pertamax.

**Tabel 4.7** Hasil pengujian torsi dari dynamometer dengan pertamax E<sub>10</sub>.

Tacho rpm	Pertamax E <sub>10</sub> (10% Bioetanol dan 90% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Tq Ftlb	Tq Ftlb	Tq Ftlb
1500	9,5	9,5	9,7
1800	10	9,9	10
2100	10,9	10,9	11
2400	11,7	11,9	11,9
2700	11,4	11,7	11,7
3000	11,3	11,3	11,3
3300	11,2	11,2	11,1
3600	11	11	10,6

**Tabel 4.8** Hasil pengujian daya efektif dari dynamometer dengan pertamax E<sub>10</sub>.

Tacho rpm	Pertamax E <sub>10</sub> (10% Bioetanol dan 90% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Power HP	Power HP	Power HP
1500	4,6	4,6	4,7
1800	5	4,9	5
2100	5,5	5,5	5,6
2400	6,1	6,2	6,2
2700	6	6,1	6,1
3000	5,9	5,9	5,9
3300	5,8	5,8	5,7
3600	5,6	5,6	5,5

**Tabel 4.9** Hasil pengujian massa bahan bakar dari dynamometer dengan pertamax E<sub>10</sub>.

Tacho rpm	Pertamax E <sub>10</sub> (10% Bioetanol dan 90% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	mF gr/dt	mF gr/dt	mF gr/dt
1500	0,01885	0,01922	0,01958
1800	0,01809	0,01846	0,01883
2100	0,01786	0,01790	0,01794
2400	0,01782	0,01842	0,01901
2700	0,01848	0,01908	0,01967
3000	0,01922	0,01981	0,02040
3300	0,02041	0,02101	0,02160
3600	0,02091	0,02150	0,02210

**4.2.4 Campuran Bahan Bakar E<sub>15</sub>**

Pengujian selanjutnya dengan persentase 15% bioetanol dan 90% pertamax.

**Tabel 4.10** Hasil pengujian torsi dari dynamometer dengan pertamax E<sub>15</sub>.

Tacho rpm	Pertamax E <sub>15</sub> (15% Bioetanol dan 85% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Tq Ftlb	Tq Ftlb	Tq Ftlb
1500	10	10,1	10
1800	10,4	10,4	10,2
2100	11,2	11	11
2400	12,6	12,6	12,6
2700	11,9	11,9	12,1
3000	11,7	11,4	11,7
3300	11,3	11,3	11,3
3600	11,1	11,2	11,1

**Tabel 4.11** Hasil pengujian daya efektif dari dynamometer dengan pertamax E<sub>15</sub>.

Tacho rpm	Pertamax E <sub>15</sub> (15% Bioetanol dan 85% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	Power HP	Power HP	Power HP
1500	4,8	4,8	4,9
1800	5,4	5,4	5,2
2100	5,8	5,6	5,6
2400	6,4	6,4	6,4
2700	6,2	6,2	6,3
3000	6,1	6	6,1
3300	5,9	5,9	5,9
3600	5,7	5,8	5,7

**Tabel 4.12** Hasil pengujian massa bahan bakar dari dynamometer dengan pertamax E<sub>15</sub>.

Tacho rpm	Pertamax E <sub>15</sub> (15% Bioetanol dan 85% Pertamax)		
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III
	mF gr/dt	mF gr/dt	mF gr/dt
1500	0,01845	0,01854	0,01891
1800	0,01770	0,01779	0,01815
2100	0,01721	0,01723	0,01726
2400	0,01757	0,01761	0,01793
2700	0,01823	0,01827	0,01887
3000	0,01869	0,01900	0,01932
3300	0,02016	0,02020	0,02024
3600	0,02121	0,02125	0,02129

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Hasil Angka RON (Research Octane Number)

Tabel 4.13 Octane number dengan menggunakan portable octane analyzer dengan sample 100 ml

No.	Pengujian	Pertamax E <sub>0</sub> (Pertamax 100%)	Pertamax E <sub>5</sub> (5% Bioetanol + 95% Pertamax)	Pertamax E <sub>10</sub> (10% Bioetanol + 90% Pertamax)	Pertamax E <sub>15</sub> (15% Bioetanol + 85% Pertamax)
1.	Pertama	92,3	93,2	94,4	95,5
2.	Kedua	92,1	93,3	94,5	95,4
3.	Ketiga	92,1	93,3	94,4	95,4
4.	Rata-rata	92,17	93,27	94,43	95,43

Tacho rpm	Pertamax E <sub>0</sub> (Pertamax 100%)	Pertamax E <sub>5</sub> (5% Bioetanol + 95% Pertamax)	Pertamax E <sub>10</sub> (10% Bioetanol + 90% Pertamax)	Pertamax E <sub>15</sub> (15% Bioetanol + 85% Pertamax)
	Torsi [T] N.m	Torsi [T] N.m	Torsi [T] N.m	Torsi [T] N.m
1500	6,71	6,76	7,08	7,42
1800	6,88	7,33	7,38	7,65
2100	7,25	7,82	8,09	8,19
2400	8,41	8,53	8,76	9,32
2700	8,26	8,36	8,58	8,86
3000	8,02	8,29	8,36	8,58
3300	7,65	8,19	8,26	8,36
3600	7,52	7,79	8,04	8,24

Table 4.13 memperlihatkan rata-rata persentase campuran 15% bioetanol dengan 85% pertamax merupakan campuran yang tertinggi angka oktan yaitu: 95,43. Hasil dari pencampuran tersebut menunjukkan bahwa bioetanol cenderung menaikkan bilangan oktan dan dapat meningkatkan kinerja mesin.

#### 4.3.2 Perhitungan bilangan oktan

Menurut (Megawati, 2015; 27) angka oktan bisa ditingkatkan dengan menambahkan zat aditif, salah satunya bioetanol.

Bahwa bioetanol memiliki RON 115,3, sedangkan pertamax memiliki RON 92,17.

Dengan penambahan bioetanol 5% akan menaikkan angka oktan menjadi:  
 $(5\% \times 115,3) + (95\% \times 92,17) = 93,32$  (4.7)

Dengan penambahan bioetanol 10% akan menaikkan angka oktan menjadi:  
 $(10\% \times 115,3) + (90\% \times 92,17) = 94,48$  (4.8)

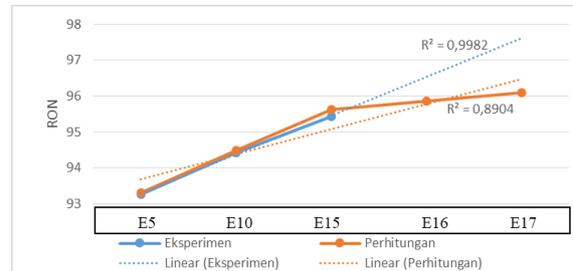
Dengan penambahan bioetanol 15% akan menaikkan angka oktan menjadi:  
 $(15\% \times 115,3) + (85\% \times 92,17) = 95,63$  (4.9)

Dengan penambahan bioetanol 16% akan menaikkan angka oktan menjadi:

$$(16\% \times 115,3) + (84\% \times 92,17) = 95,87 \quad (4.10)$$

Dengan penambahan bioetanol 17% akan menaikkan angka oktan menjadi:

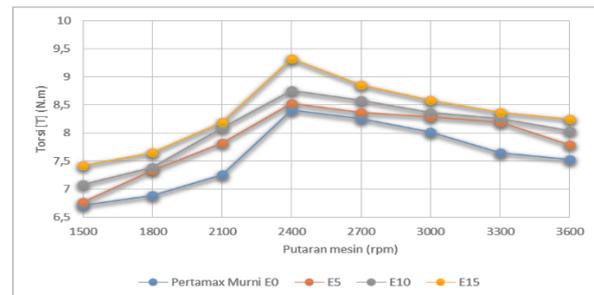
$$(17\% \times 115,3) + (83\% \times 92,17) = 96,10 \quad (4.11)$$



Gambar 15 Grafik perbandingan perhitungan dengan eksperimen RON

#### 4.3.3 Torsi (Torque)

Tabel 4.14 Hasil konversi satuan torsi, dari rata-rata tiga kali percobaan



Gambar 16 Putaran mesin (rpm) terhadap torsi [T] (N.m)

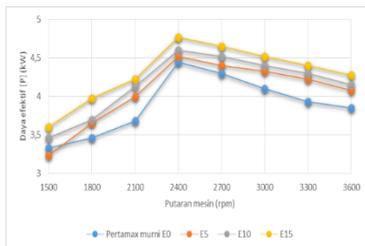
Pada putaran mesin 1500 rpm sampai 2400 rpm, besar torsi cenderung meningkat hingga mencapai nilai maksimal. Menurut Imam Shodiqin (2013), kondisi ini terjadi disebabkan semakin tinggi putaran mesin akan membuat turbulensi aliran yang masuk ke ruang bakar semakin meningkat pula. Sementara menurut Abdullah Karim (2013) bahwa, campuran udara bahan bakar akan mendekati campuran *stoichiometric*, sehingga tekanan dan temperatur yang dihasilkan semakin meningkat dan torsi yang dihasilkan juga menjadi meningkat.

Untuk putaran mesin 2700 rpm sampai dengan 3600 rpm, besar torsi cenderung menurun. Hal ini menurut Abdullah Karim (2013) karena

putaran mesin yang semakin tinggi dapat mengakibatkan terjadinya keterlambatan proses pembakaran sehingga terjadi ledakan pembakaran lebih dahulu pada saat torak menuju TMB. Selain itu pada penelitian ini tidak dilakukannya perubahan timing pengapian, karena hanya membandingkan pertamax murni dan perbandingan persentase campuran bioetanol pada motor matik. Hal tersebut menyebabkan torsi yang dihasilkan menurun pada putaran tinggi torsi maksimal yang dihasilkan pada penelitian ini pada bahan bakar 100% pertamax sebesar 8,41 N.m. Torsi maksimal yang dihasilkan berubah ketika menggunakan persentase 5% bioetanol dengan 95% pertamax yaitu sebesar 8,53 N.m, 10% bioetanol dengan 90% pertamax torsi yang dihasilkan sebesar 8,76 N.m, dan campuran bahan bakar 15% bioetanol dan 85% pertamax menghasilkan torsi maksimal sebesar 9,32 N.m.

**4.3.4 Daya Efektif (Power)**

*Tabel 4.15 Hasil konversi satuan daya efektif, dari rata-rata tiga kali percobaan*



*Gambar 17 Putaran mesin (rpm) terhadap daya efektif*

Tacho Rpm	Pertamax E <sub>0</sub> (Pertamax 100%)	Pertamax E <sub>5</sub> (5% Bioetanol + 95% Pertamax)	Pertamax E <sub>10</sub> (10% Bioetanol + 90% Pertamax)	Pertamax E <sub>15</sub> (15% Bioetanol + 85% Pertamax)
	Daya efektif [P] kW	Daya efektif [P] kW	Daya efektif [P] kW	Daya efektif [P] kW
1500	3,33	3,23	3,46	3,60
1800	3,46	3,65	3,70	3,98
2100	3,68	4,00	4,13	4,23
2400	4,45	4,52	4,60	4,77
2700	4,30	4,40	4,52	4,65
3000	4,10	4,33	4,40	4,52
3300	3,93	4,23	4,30	4,40
3600	3,85	4,08	4,15	4,28

Pada putaran mesin 1500 rpm sampai dengan 2400 rpm, besar daya efektif cenderung meningkat sampai pada daya efektif mencapai

maksimal. Menurut Abdullah Karim (2013), kondisi ini dikarenakan campuran udara dan bahan bakar dapat mendekati campuran *stoichiometric* dimana akan terjadi pembakaran sempurna dan menghasilkan peningkatan daya efektif mesin. Pada putaran mesin 2700 rpm sampai dengan 3600 rpm, besar daya cenderung menurun. Menurut Abdullah Karim (2013), kondisi ini terjadinya putaran mesin tinggi, maka proses pembakaran berlangsung sangat cepat dan akan mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar tidak habis terbakar.

Konsekuensinya, pada campuran udara dan bahan bakar hanya sedikit yang terbakar akan mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan menurun. Selain itu pada penelitian ini tidak dilakukannya perubahan timing pengapian hanya membandingkan campuran persentase bioetanol dengan pertamax.

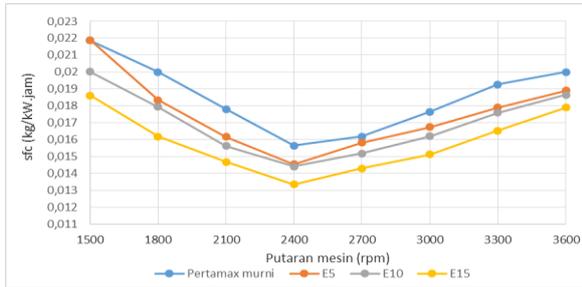
Daya efektif maksimal yang dihasilkan pada penelitian ini pada 100% pertamax sebesar 4,45 kW. Daya efektif maksimal berubah ketika menggunakan campuran persentase 5% bioetanol dengan 95% pertamax menghasilkan daya efektif sebesar 4,52 kW, 10% bioetanol dengan 90% pertamax sebesar 4,60 kW, dan campuran bahan bakar persentase 15% bioetanol dan 85% pertamax, menghasilkan daya efektif maksimal sebesar 4,77 kW.

**4.3.5 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Specific fuel consumption)**

*Tabel 4.16 Hasil konversi satuan konsumsi bahan bakar spesifik, dari rata-rata tiga kali percobaan*

Tacho rpm	Pertamax E <sub>0</sub> (Pertamax 100%)	Pertamax E <sub>5</sub> (5% Bioetanol + 95% Pertamax)	Pertamax E <sub>10</sub> (10% Bioetanol + 90% Pertamax)	Pertamax E <sub>15</sub> (15% Bioetanol + 85% Pertamax)
	Sfc Kg/kW.jam	Sfc Kg/kW.jam	Sfc Kg/kW.jam	Sfc Kg/kW.jam
1500	0,02187226	0,02189166	0,02002271	0,01861153
1800	0,02000881	0,01833532	0,01794341	0,01618479
2100	0,01781022	0,01617122	0,01561725	0,01468182
2400	0,01563466	0,01453874	0,01441779	0,01335406
2700	0,01618807	0,01581678	0,01518066	0,01429457
3000	0,01765467	0,01673317	0,01620954	0,01512230
3300	0,01927404	0,01790784	0,01758614	0,01652866
3600	0,02000527	0,01889859	0,01864871	0,01789328

**Gambar 18** Putaran mesin (rpm) terhadap konsumsi bahan bakar spesifik.



Pada putaran 1500 rpm sampai 2400 rpm, besar konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan. Kejadian ini disebabkan oleh adanya putaran mesin yang semakin naik dan dipengaruhi oleh daya yang relatif naik. Sehingga aliran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar semakin menurun. Selain itu menurut Saputra (2016) penurunan konsumsi bahan bakar spesifik disebabkan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar akan mendekati campuran sempurna.

Pada putaran mesin 2700 rpm sampai dengan 3600 rpm, besar konsumsi bahan bakar spesifik semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh putaran mesin yang semakin naik dan dipengaruhi oleh daya yang menurun, sehingga aliran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar semakin meningkat. Hal ini menurut Imam Shodiqin (2013) pada keadaan ini terjadi ketidakseimbangan antara aliran bahan bakar yang masuk dengan kemampuan sistem penyalan sehingga terjadinya keterlambatan pembakaran. Selain itu disebabkan karena pada putaran mesin tinggi, dan pembakaran berlangsung sangat cepat. Penelitian ini tidak dilakukannya perubahan pada spesifikasi kendaraan.

Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik maksimal yang didapatkan pada bahan bakar 100% pertamax sebesar 0,015634667 kg/kW.jam, 5% bioetanol dengan 95% pertamax sebesar 0,01453874 kg/kW.jam, 10% bioetanol dengan 90% pertamax sebesar 0,014417797 kg/kW.jam, dan pada campuran bahan bakar persentase 15% bioetanol dan 85% pertamax, menghasilkan

konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,013354063 kg/kW.jam.

### 4.3.6 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Menentukan konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui dengan persamaan massa bahan bakar persatuan waktu dibagi dengan daya, untuk mengetahui pencampuran bioetanol dalam bahan bakar dapat meminimalisir konsumsi bahan bakar.

Pada pertamax murni (100% pertamax)  
Putaran mesin 2400:

Dik:  
mF : 0,01932 gr/dt= 0,069564 kg/jam  
P : 4,45 kW

Jawab:  
Sfc= mF/P  
Sfc= (0,069564 kgJam)/(4,45 kW)=0,015634667 kg/(kW.jam) .....(4.12)

Pada pertamax E5 (5% bioetanol dan 95% pertamax)  
Putaran mesin 2400:

Dik.  
mF : 0,0183 gr/dt= 0,065772 kg/jam  
P : 4,52 kW

Jawab:  
Sfc= mF/P  
Sfc= (0,065772 kgJam)/(4,52 kW)= 0,01453874 kg/(kW.jam) .....(4.13)

Pada pertamax E10 (10% bioetanol dan 90% pertamax)

Putaran mesin 2400:  
Dik.  
mF : 0,0184 gr/dt = 0,0663 kg/jam  
P : 4,60 kW

Jawab:  
Sfc= mF/P  
Sfc= (0,0663 kgJam)/(4,60 kW) = 0,014417797 kg/(kW.jam) .....(4.14)

Pada pertamax E15 (15% bioetanol dan 85% pertamax)

Putaran mesin 2400:

Dik.

$$mF : 0,0177 \text{ gr/dt} = 0,063732 \text{ kg/jam}$$

$$P : 4,77 \text{ kW}$$

Jawab:

$$Sfc = mF/P$$

$$Sfc = (0,063732 \text{ kg/Jam}) / (4,77 \text{ kW}) = 0,013354063 \text{ kg/(kW.jam)} \dots\dots\dots (4.15)$$

### 4.3.7 Perencanaan Produksi Bioetanol

Setelah perhitungan teknik di atas, perlu diadakan perhitungan ekonominya dengan mengetahui seberapa besar biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan bioetanol. Penelitian ini dapat menghasilkan 397 ml bioetanol yang memerlukan bahan baku 3 kg biji cempedak dan ragi 42 gr dan dilakukannya selama 6 jam untuk proses destilasi. Rata-rata penggunaan listrik sebesar Rp. 0,8642,- per Watt. Tabel di bawah ini menggambarkan rincian biaya produksi yang dikeluarkan dalam penelitian.

**Tabel 4.17 Perencanaan biaya produksi**

No.	Pengeluaran	Jumlah / jam /satuan	Jumlah
1	Biaya listrik (12w)	Rp. 10,3704,-	Rp. 62,22
2	Ragi	Rp. 500,-	Rp. 3.000,-
3	Spiritus	Rp. 7.500,-	Rp. 2.500,-
<b>Total</b>			<b>Rp.5.562,22</b>

Jadi untuk menghasilkan 397 ml bioetanol membutuhkan biaya produksi sebesar Rp. 5.562,22. Harga perliter bioetanol dari biji cempedak ini adalah:

$$(1000 \text{ ml} \times \text{Rp.}5.562,22) / (397 \text{ ml}) = \text{Rp.}14.010,63 \dots\dots\dots (4.16)$$

Pencampuran dengan 5% bioetanol dalam pertamax, diperlukan bioetanol 50 ml dan 950 ml pertamax, jadi pengeluarannya adalah:

$$(50 \text{ ml} \times \text{Rp.}14.010,63) / (1000 \text{ ml}) = \text{Rp. } 700,53 \dots\dots\dots (4.17)$$

$$(950 \text{ ml} \times \text{Rp.}8.250) / (1000 \text{ ml}) =$$

$$\text{Rp. } 7.837,5 \dots\dots\dots (4.18)$$

Jadi untuk pencampuran 5% bioetanol dalam pertamax membutuhkan biaya Rp. 8.538,03 per liter, akan menghasilkan torsi 8,53 N.m, daya 4,52 kW, dan untuk konsumsi bahan bakar spesifik 0,01453874 kg/kW.jam.

Pencampuran dengan 10% bioetanol dalam pertamax, diperlukan bioetanol 100 ml dan 900 ml pertamax, jadi pengeluarannya adalah:

$$(100 \text{ ml} \times \text{Rp.}14.010,63) / (1000 \text{ ml}) = \text{Rp. } 1.401,06 \dots\dots\dots (4.19)$$

$$(900 \text{ ml} \times \text{Rp.}8.250) / (1000 \text{ ml}) = \text{Rp. } 7.425 \dots\dots\dots (4.20)$$

Jadi untuk pencampuran 10% bioetanol dalam pertamax membutuhkan biaya Rp. 8.826,06 per liter, akan menghasilkan torsi sebesar 8,76 N.m, daya sebesar 4,60 kW, dan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,014417797 kg/kW.jam.

Pencampuran dengan 15% bioetanol dalam pertamax, diperlukan bioetanol 150 ml dan 850 ml pertamax, jadi pengeluarannya adalah:

$$(150 \text{ ml} \times \text{Rp.}14.010,63) / (1000 \text{ ml}) = \text{Rp. } 2.101,59 \dots\dots\dots (4.21)$$

$$(850 \text{ ml} \times \text{Rp.}8.250) / (1000 \text{ ml}) = \text{Rp. } 7.012,5 \dots\dots\dots (4.22)$$

Jadi untuk pencampuran 15% bioetanol dalam pertamax membutuhkan biaya Rp. 9.114,09 per liter, akan menghasilkan torsi sebesar 9,32 N.m, daya sebesar 4,77 kW, dan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,013354063 kg/kW.jam.

Ketika menggunakan bioetanol dalam pertamax dengan harga yang meningkat tetapi dapat meningkatkan kinerja mesin, perbandingan campuran 5% bioetanol dan 95% pertamax dengan harga Rp. 8.538,03 akan menghasilkan torsi maksimal sebesar 8,53 N.m, daya maksimal sebesar 4,52 kW, dan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,01453874 kg/kW.jam

Pada campuran 10% bioetanol dan 90% pertamax dengan harga Rp. 8.826,06 akan menghasilkan torsi maksimal sebesar 8,76 N.m, daya maksimal sebesar 4,60 kW, dan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,014417797 kg/kW.jam. Pada campuran 15% bioetanol dan 95% pertamax dengan harga Rp. 9.114,09 akan menghasilkan torsi maksimal sebesar 9,32 N.m, daya maksimal sebesar 4,77 kW, dan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,013354063 kg/kW.jam.

## 5 SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan tujuan yang telah dikemukakan, hasil penelitian yang telah dilakukan, dan pembahasan pada bagian sebelumnya maka dapat ditarik simpulan adalah:

1. Diketahui bahwa penggunaan campuran bioetanol dalam pertamax dapat meningkatkan angka oktan karena bioetanol menggantikan peran *Tetra Ethyl Lead (TEL)* sebagai zat aditif (agen antiketukan) peningkat nilai oktan dalam bensin. Penggunaan bioetanol dalam pertamax berpengaruh terhadap kinerja mesin (torsi, daya efektif, dan konsumsi bahan bakar spesifik) pada mesin sepeda motor matik.
2. Penggunaan campuran bioetanol dalam pertamax yang optimal didapat pada campuran 17% bioetanol dan 83% pertamax karena sudah mencapai oktan optimal yaitu 96,10, dan prospek kedepannya menurut (Megawati, 2015; 26) pengelolaan energi nasional 2005-2025 mencantumkan bahwa dalam periode 2016-2025 semua kendaraan bermotor ditargetkan dapat menggunakan E5 (5% bioetanol dan 95% bahan bakar), selain itu pada campuran 15% bioetanol dan 85% pertamax dapat mengurangi penggunaan bahan bakar tidak memerlukan modifikasi kendaraan, dimana menghasilkan kinerja maksimal. Torsi maksimal sebesar 9,32 N.m pada putaran mesin 2400 rpm. Daya efektif maksimal sebesar 4,77 kW pada putaran mesin 2400 rpm. Penurunan konsumsi bahan bakar

spesifik maksimal sebesar 0,013354063 kg/kW.jam pada putaran mesin 2400 rpm.

### 5.2 Saran

Dari uraian pembahasan dan pengambilan simpulan yang telah dilakukan di atas, maka saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Perlu diadakan penelitian tentang emisi gas buang, dan AFR (air fuel ratio) bahan bakar yang dihasilkan.
2. Perlu diadakannya penelitian mengenai kandungan yang terdapat pada bioetanol dari biji cempedak.
3. Diadakannya penelitian mengenai nilai kalor dan kandungan bahan bakar setiap persentase campuran bioetanol dalam pertamax.
4. Penelitian ini dilakukan pada sepeda motor matik dan sebagai kelanjutannya dapat digunakan sepeda motor jenis yang lain dengan parameter penelitian yang sesuai.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1] Arisimunandar, Wiranto. 2005. Penggerak mula, Motor Bakar Torak. Bandung: ITB
- [2] Brewster, Hilary D. 2009. Heat and Thermodynamics. India: Oxford book company
- [3] Cahyono, 2015. Pengaruh Campuran Bioetanol Dengan Pertamax Terhadap Performa Mesin 4 Langkah 115 cc. Skripsi: Tidak diterbitkan. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [4] Gozan, Misri. 2014. Teknologi Bioetanol Generasi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- [5] Heywood, J. B. 1988. Internal Combustion Engine Fundamentals. New York: Mc-Graw-Hill.

- [6] Karim, Abdullah. 2013. Uji Kinerja Mesin 4 Langkah Berbahan Bakar Bioethanol Dari Limbah Kulit Jerami Nangka Sebagai Campuran Premium. *Jurnal: Teknik Mesin*, 2013:146. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- [7] Kristanto, P. 2015. *Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [8] Megawati. 2015. *Bioetanol Generasi Kedua*. Semarang: Graha Ilmu.
- [9] Pulkrabek, Willard W. 2004. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Second Edition*. Pearson Prentice-Hall
- [10] Putri, Ayu Wandira. 2015. Pengaruh Konsentrasi Ragi Dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dari Biji Cempedak (*Artocarpus Champeden*, Spreng). Skripsi: Tidak diterbitkan. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- [11] Rogowski, A.R. 1953. *Element of Internal Combustion Engines*. New york: Mcgraw-Hill Book Company.
- [12] Safitrie, Gusti Safriana. 2015. Pemanfaatan Kulit Cempedak Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cereviseae*. *Jurnal: Koversi* 2015:4.2. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- [13] Saputra, Sigit Wahyu dkk. 2016. Pengaruh Penggunaan Bioetanol Dari limbah Buah Tomat Sebagai Campuran Premium Terhadap Kinerja dan Emisi Gas Buang Mesin Honda Supra X 125 2008. *Jurnal: Teknik Mesin*, 2016, 4:3. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- [14] Sen, S. P. 1984. *Internal Combustion Engine Theory and Practice*. Delhi: Khanna Publishers.
- [15] Shodiqin, Imam dkk. 2013. Uji Performa Penggunaan Bioetanol Dari Limbah Pepaya Sebagai Campuran Premium Pada Motor Jupiter MX. *Jurnal: Teknik Mesin* 1:2, hal 344-350. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universita Negeri Surabaya.
- [16] Soekamto, Nunuk Hariani. 2013. *Potensi Cempedak Hutan (Artocarpus Fretessi)*. Bogor: IPB Press.
- [17] Mulyono, Sugeng. 2013. Pengaruh Penggunaan dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin. *Jurnal: Teknologi terpadu* no. 1 vol. 2. Teknik mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan.
- [18] Mahmud, Mien. 2009. *Tabel Komposisi Pangan Indonesia*. Jakarta: Kompas Gramedia
- [19] Toyota-Astra Motor. 2011. *New Step 1 Training Manual*, Jakarta: PT. Toyota-Astra Motor.
- [20] Wiranata, G. 2014. Karakteristik Gas Buang yang Dihasilkan dari Rasio Pencampuran antara Gasoline dan Bioetanol. Skripsi: Tidak diterbitkan. Teknik Kimia Fakultas Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [21] [www.pertamina.com/industrialfuel/media/24240/pertamax.pdf](http://www.pertamina.com/industrialfuel/media/24240/pertamax.pdf) diakses pada tanggal 24/09/2017