

Analisis Penggunaan Bioetanol Dari Limbah Nanas Sebagai Campuran Premium Pada Sepeda Motor Empat Langkah Terhadap Emisi Gas Buang

Emiliza Satria

Jurusan Teknik Otomotif FT UNP
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang 25131 Indonesia
Emiliza.Satria@gmail.com

Intisari— Jumlah penduduk dunia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan, sehingga peningkatan akan kebutuhan energi tidak dapat terelakkan. Di zaman sekarang ini hampir semua kebutuhan energi manusia diperoleh dari konversi sumber energi fosil. Kontinuitas penggunaan bahan bakar fosil (*fossil fuel*) memunculkan paling sedikit dua ancaman serius. Ancaman pertama pada faktor ekonomi, berupa jaminan ketersediaan bahan bakar fosil untuk beberapa dekade mendatang, masalah suplai, harga, dan fluktuasinya. Ancaman kedua yaitu polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sepeda motor empat langkah, untuk pengujian emisi gas buang dilakukan pada putaran mesin 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm dan 3000rpm. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan bahan bakar premium ditambah 50 ml, 100 ml, 150 ml, 200 ml, 300 ml dan 500 ml bioetanol dapat menurunkan emisi gas buang karbon monoksida (CO) terhadap putaran mesin yaitu 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm dan 3000 rpm. Untuk emisi gas buang Hidrokarbon (HC) juga mengalami penurunan emisi pada tingkat putaran mesin yang telah dilakukan.

Kata kunci— Bioetanol, Premium, Emisi Gas Buang.

Abstract— The world's population continues to increase each year, so that will increase energy demand can not be inevitable. In this day and age almost all human energy needs derived from the conversion of fossil energy sources. Continuity of use of fossil fuels (*fossil fuel*) raises at least two serious threats. The first threat to the economic factors, such as guarantee the availability of fossil fuels for the next few decades, the problem of supply, prices, and fluctuations. The second threat is pollution caused by fossil fuel burning emissions into the environment. This study uses experimental research. Tests carried out using four steps motorcycles, for exhaust emissions testing conducted at rpm of 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm and 3000rpm. The result showed that the use of premium fuel plus 50 ml, 100 ml, 150 ml, 200 ml, 300 ml and 500 ml of ethanol can reduce exhaust emissions of carbon monoxide (CO) to the engine rotation is 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm and 3000 rpm. For exhaust emissions hydrocarbon (HC) emissions also decreased the level of engine speed that has been done.

Keywords— Bioethanol, Premium, Exhaust Emissions.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomotif sebagai alat transportasi, baik di darat maupun di laut, sangat memudahkan manusia dalam melaksanakan suatu pekerjaan dalam sehari-hari. Jumlah penduduk dunia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan, sehingga peningkatan akan kebutuhan energi tidak dapat terelakkan. Dizaman sekarang ini hampir semua kebutuhan energi manusia diperoleh dari konversi sumber energi fosil. Misalnya pembangkit tenaga listrik dan alat transportasi yang menggunakan energi fosil sebagai sumber energinya. Ditambah dengan semakin pesatnya kemajuan ekonomi mendorong semakin bertambahnya kebutuhan akan transportasi.

Kontinuitas penggunaan bahan bakar fosil (*fossil fuel*) memunculkan paling sedikit dua ancaman serius. Ancaman pertama pada faktor ekonomi, berupa jaminan

ketersediaan bahan bakar fosil untuk beberapa dekade mendatang, masalah suplai, harga, dan fluktuasinya. Bahan bakar yang digunakan berasal dari sumber yang tidak bisa diperbaharui, sehingga bila digunakan terus menerus lama kelamaan akan habis. Berdasarkan data Badan Pengatur Hilir Minyak Dan Gas Bumi (BPH MIGAS) konsumsi BBM nasional pada tahun 2012 mencapai 75.07 juta kl, naik 4.9 % dari konsumsi BBM tahun 2011 sebesar 71.15 juta kilo liter (www.solopos.com). Seiring dengan berkurangnya pasokan cadangan minyak bumi, dengan demikian pemerintah harus melakukan penghematan dalam pemakaian BBM.

Ancaman kedua yaitu polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan. Polusi yang ditimbulkan oleh pembakaran bahan bakar fosil memiliki dampak secara langsung maupun secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Polusi langsung bisa berupa gas-gas

berbahaya, seperti Karbon Monoksida (CO), Hidrocarbon (HC) dan lainnya. Sedangkan polusi secara tidak langsung mayoritas berupa ledakan jumlah molekul CO₂ yang berdampak pada pemanasan global (*Global Warming Potential*). Salah satu solusi yang dapat dilakukan, antara lain dengan memunculkan Bahan Bakar Nabati (BBN). Yakni bahan bakar yang bersumber dari hasil pengolahan produk perkebunan buah seperti buah jagung, salak, papaya dan nanas karena memiliki bahan berpati dengan kandungan karbohidrat dan glukosa (gula) yang cukup tinggi sehingga dapat menurunkan emisi CO dan HC.

Bahan Bakar Nabati (BBN) memang tidak ada bedanya jika di dibandingkan dengan Bahan Bakar Minyak (BBM), karena sama-sama bersumber dari tanaman dan hewan. Namun, BBM baru bisa dihasilkan setelah tanaman dan hewan tersebut diolah oleh bumi selama berjuta tahun hingga membentuk fosil, sedangkan BBN, yang sama-sama bersumber dari tanaman dan hewan (kotorannya) bisa dibentuk hanya dalam kurun waktu beberapa hari saja, seperti pada contoh pengolahan bahan bakar jenis bioetanol. Jika dibandingkan dengan BBM, tentu jauh lebih cepat BBN.

Bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan) yang di hasilkan dari proses fermentasi glukosa (gula) yang di lanjutkan dengan proses destilasi. Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk di gunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu di lakukan penyulingan agar lebih murni hingga mencapai 99% yang lazim di sebut *fuel grade ethanol*. Gambaran pengembangan bioetanol di Indonesia untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 1. Road Map Pengembangan Biofuel

Tahun	2005-2010	2011-2015	2016-2025
Biodisel	Pemanfaatan biodisel sebesar 10% konsumsi solar 2,31 juta kilo liter	Pemanfaatan biodisel sebesar 15% konsumsi solar 4,52 juta kilo liter	Pemanfaatan biodisel sebesar 20% konsumsi solar 10,22 juta kilo liter
STANDAR BIOFUEL NASIONAL			
Bioetanol	Pemanfaatan bioetanol sebesar 5% konsumsi bioetanol 1,48 juta kilo liter	Pemanfaatan bioetanol sebesar 10% konsumsi bioetanol 2,78 juta kilo liter	Pemanfaatan bioetanol sebesar 15% konsumsi bioetanol 6,28 juta kilo liter

Sumber: Tim Nasional Pengembangan BBN. (2008)

Penggunaan bioetanol menjadi bahan bakar kendaraan dapat menjadi sebuah alternatif yang aman, karena berasal dari tumbuhan dan dapat mengurangi ketergantungan pada

minyak bumi. Bioetanol bersifat karbon netral dan sedikit meningkatkan gas-gas pada rumah kaca di atmosfer, dengan demikian, bioetanol dapat di campur dengan bensin dengan persentase tertentu. Kebanyakan mesin bensin dapat beroperasi menggunakan campuran bioetanol sampai 15% dengan premium. Campuran biopremium ini memiliki angka oktan yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan efisiensi mesin.

Nanas dengan kandungan karbohidrat dan glukosa yang tinggi merupakan salah satu bahan pokok yang ideal digunakan untuk pembuatan bioetanol. Dengan kandungan karbohidrat dan glukosa yang cukup tinggi tersebut maka nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia, salah satunya pembuatan bioetanol.

Berdasarkan uraian diatas, tentang dampak emisi gas buang kendaraan terhadap lingkungan dan semakin menipisnya sumber daya fosil yang bersifat sumber daya tak terbarukan (*non renewable*) penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Penggunaan Bioetanol Dari Limbah Nanas Sebagai Campuran Premium Pada Sepeda Motor Empat Langkah Terhadap Emisi Gas Buang”.

II. KAJIAN TEORI

A. Landasan Teori

1. Bioetanol

Bioetanol adalah alkohol yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena sifatnya yang tidak beracun. Bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol sering ditulis dengan rumus C₂H₅OH. Penggunaan bioetanol umumnya sebagai pencampur seperti pada bahan bakar (gasohol). Proses pencampuran ini membutuhkan suatu teknologi yang tepat, sehingga dapat dihasilkan campuran bahan bakar yang homogen. Homogenitas bahan bakar dalam mesin ini akan menentukan efisiensi dan kinerja mesin. Penggunaan alkohol sebagai tambahan bahan bakar bensin mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

- a) Kelebihan
 1. Alkohol dapat menyerap kelembaban dalam tangki bahan bakar.
 2. Alkohol dapat membersihkan sistem bahan bakar.
 3. Alkohol dapat mengurangi emisi CO karena mengandung unsur oksigen.
- b) Kekurangan
 1. Penggunaan alkohol dapat menyumbat saringan bahan bakar oleh kotoran akibat sifat membersihkan pada saluran bahan bakar dan pompa bahan bakar.
 2. Alkohol meningkatkan *volatility* bahan bakar sebesar 0,5 psi dapat menyebabkan masalah saat berkendara pada cuaca panas.
 3. Alkohol dapat menyerap air lalu terpisah dari bensin, terutama saat temperatur rendah. Alkohol dan air yang terpisah dan mengendap

didasar tangki bahan bakar menyebabkan mesin sulit dihidupkan selama cuaca dingin. Alkohol tidak mudah menguap pada temperatur rendah (Halderman. 2012: 85).

Joni Karman (2012: 92) “Bioetanol merupakan salah satu alternatif yang banyak di pertimbangkan sebagai bahan bakar pengganti atau pensubstitusi minyak bumi”. Saat ini penggunaan etanol sebagai bahan bakar kendaraan paling banyak di jumpai di Brazil. Penggunaan etanol sebagai bahan bakar atau substituen akan menurunkan emisi gas berbahaya (CO, NO dan SO₂) dan menghasilkan gas rumah kaca yang sangat rendah bila di dibandingkan dengan pembakaran minyak bumi. Penambahan etanol sebagai bahan bakar tambahan juga menurunkan emisi senyawa organik hidrokarbon, benzene karsinogenik, butadiene dan emisi yang di hasilkan dari pembakaran minyak bumi.

2. Premium

Halderman (2012: 81) menyatakan bahwa “Premium adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan campuran kompleks berbagai hidrokarbon yang halus dari minyak mentah untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin”. Dikutip dari Toyota step 2 (1972: 2-1) “Premium adalah hasil yang diperoleh dari pemurnian nephtana yang komposisinya dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk motor bakar (*internal combustion engine*). Yang dimaksud dengan nephtana adalah suatu minyak ringan (*Ligh Oil*) yang mempunyai sifat antara *gasoline* dan *kerosine*”.

Premium berasal dari minyak bumi yang berasal dari pelapukan jasa hewan-hewan yang terjadi berpuluh-puluh ribu tahun yang lalu. Untuk mendapatkan premium yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor maka minyak bumi tersebut dilakukan proses penyulingan. Dari hasil penyulingan tersebut tidak hanya premium saja yang dihasilkan tapi banyak lagi jenis bahan bakar yang lainnya yang dapat dimanfaatkan. Seperti yang diterangkan pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Hasil Penyulingan Minyak Bumi

Fraksi	Ukuran molekul	Titik didih (°c)	Kegunaan
Gas	C ₁ – C ₅	- 160 – 30	Bahan bakar (LPG) sumber hydrogen
Eter petroleum	C ₅ – C ₇	30 – 90	Pelarut, binatu kimia (<i>dry cleaning</i>)
Bensin (<i>gasoline</i>)	C ₅ – C ₁₂	30 – 200	Bahan bakar motor
Kerosin, minyak diesel/solar	C ₁₂ – C ₁₈	180 – 400	Bahan akar mesin diesel, bahan bakar industri, untuk cracking
Minyak	C ₁₆ ke	350 ke atas	Pelumas

pelumas	atas		
Parafin	C ₂₀ ke atas	Merupakan zat dengan titik cair rendah	Lilin
Aspal	C ₂₅ ke atas	Residu	Bahan bakar dan pelapis jalan raya

Sumber : Michael Purba (2007:93)

Pemilihan bensin sebagai bahan bakar berdasarkan pertimbangan dua kualitas yaitu nilai kalor (*calorific value*) yang merupakan sejumlah energi panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha dan kecepatan penguapan (*volatility*) yang mengukur seberapa mudah menguap pada suhu rendah.

Menurut Michael Purba (2007: 92) mengatakan bahwa “Premium adalah suatu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor roda dua, tiga, atau empat”. Julius Jama menyatakan bahwa “Bahan bakar premium merupakan persenyawaan Hidrokarbon yang diolah dari minyak bumi. Premium adalah bensin dengan mutu yang telah diperbaiki atau disempurnakan, bahan bakar yang umum digunakan untuk sepeda motor adalah bensin”.

3. Sepeda Motor Empat Langkah

Julius Jama (2007: 33) “Sepeda motor, mobil, pesawat dan kendaraan yang menggunakan tenaga lainnya, memerlukan daya untuk bergerak, melawan hambatan udara, gesekan ban dan hambatan-hambatan lainnya”. Untuk memungkinkan sebuah sepeda motor yang kita kendari bergerak dan melaju di jalan raya, roda sepeda motor tersebut harus mempunyai daya untuk bergerak dan untuk mengendarainya diperlukan mesin. Mesin merupakan alat untuk membangkitkan tenaga, yang disebut sebagai penggerak utama. Maka mesin berfungsi untuk merubah energi panas dari ruang pembakaran ke energi mekanis dalam bentuk tenaga putar.

Tenaga atau daya untuk menggerakkan kendaraan tersebut diperoleh dari panas hasil pembakaran bahan bakar. Jadi panas yang timbul karena adanya pembakaran inilah yang dipergunakan untuk menggerakkan kendaraan, dengan kata lain tekanan gas yang terbakar akan menimbulkan gerakan putaran pada sumbu engkol dari mesin.

4. Emisi Gas Buang

Penyebab pencemaran udara terjadi dari akibat kegiatan manusia. Dengan perkembangan teknologi, justru telah membuat pengaruh yang buruk terhadap alam dan lingkungan serta kehidupan manusia pemakai teknologi itu sendiri. Mostardi dalam mukono (2003: 7) mengatakan “penyebab pencemaran di atmosfer biasanya berasal dari sumber kendaraan bermotor dan industri. Bahan pencemar yang dikeluarkan antara lain adalah NO₂, SO₂, CO dan HC yang dapat dihasilkan oleh proses pembakaran oleh mesin

yang menggunakan bahan bakar yang berasal dari bahan fosil”.

a. Carbon Monoksida (CO)

Menurut Srikandi (1992: 94) “*Carbon Monoksida* (CO) adalah suatu komponem yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa dan berbahaya”. Komponem ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak larut dalam air.

Menurut Stamp et al (1996) dalam Manzanera (2010: 170) “CO adalah gas beracun yang merupakan hasil dari pembakaran tidak sempurna. Ketika bioetanol dan metanol mengandung oksigen dicampur dengan bensin, pembakaran mesin menjadi lebih baik dan kadar emisi CO jadi berkurang”.

b. Hidrokarbon (HC)

Menurut Srikandi (1992: 113) menyatakan bahwa “Hidrokarbon merupakan polutan udara primer karena dilepaskan ke udara secara langsung”. Selanjutnya Srikandi (1992: 115) menyatakan, “Hidrokarbon yang diproduksi oleh manusia yang terbanyak berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya misalnya dari pembakaran gas, minyak, arang dan kayu, proses-proses industri, pembuangan sampah, kebakaran hutan dan ladang dan sebagainya”.

Wisnu Wardhana (2004: 54) menyatakan, “Hidrokarbon terbentuk dari campuran bahan bakar yang tidak tercampur rata pada saat pembakaran, sehingga tidak bereaksi dengan oksigen, maka hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buang hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemar udara”. Dampak pencemaran Hidrokarbon

5. Perbandingan Udara dan Bahan Bakar

Untuk dapat berlangsung pembakaran bahan bakar maka di butuhkan oksigen yang di ambil dari udara. Udara mengandung 21 sampai 23% dan kira-kira 78% nitrogen, sebanyak 1% Argon dan beberapa unsur yang dapat di abaikan. Untuk keperluan pembakaran, oksigen tidak di pisahkan dari unsur lainnya tapi di sertakan bersama-sama, yang ikut reaksi pada pembakaran hanyalah oksigen, sedangkan unsur lainnya tidak beraksi dan tidak memberikan pengaruh apapun. Nitrogen akan keluar bersama gas sisa dalam jumlah dan bentuk sama seperti semula. Pembakaran yang terjadi adalah tidak lain dari suatu reaksi kimia yang berlangsung dalam waktu yang amat pendek, dan dari reaksi tersebut di hasilkan sejumlah panas. (Jalius Jama, 2009: 247).

Apabila di dalam campuran udara dan bensin terdapat lebih dari 15 kg udara, maka hal seperti ini di namakan campuran kurus (miskin). Sedangkan jika kurang dari angka tersebut di sebut campuran kaya (gemuk).

6. Prosedur Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Nanas

a. Penyiapan bahan baku

Bahan baku nanas dipersiapkan secukupnya kemudian dicuci sampai bersih sehingga tidak ada lagi kotoran yang menempel pada kulitnya, selanjutnya kulit serta daging nanas di potong dan diparut hingga menghasilkan yang telah halus. Parutan nanas tersebut di masukkan kedalam suatu wadah dan tambahkan air secukupnya. Kemudian dipanaskan hingga suhu 100°C kurang lebih 30 menit sambil diaduk hingga mengental menjadi bubur pati. Setelah menjadi bubur pati, di dinginkan terlebih dahulu. Setelah bubur pati tersebut dingin maka di lanjutkan dengan proses fermentasi.

b. Fermentasi

Proses fermentasi ini bertujuan untuk mengkonversi larutan yang mengandung glukosa (gula) menjadi alkohol. Bubur pati yang dihasilkan dipindahkan ke dalam wadah fermentasi. Kemudian tambahkan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 15% dari bubur pati yang terdapat dalam wadah fermentasi tersebut sedikit demi sedikit sambil diaduk agar tercampur rata. Tutup wadah fermentasi tersebut di tutup dengan rapat dan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* akan bekerja secara optimal dan tetap menjaga suhunya pada 28°C - 32°C yang berlangsung selama 2-3 hari, dan setelah itu larutan pati akan berubah menjadi tiga lapisan yaitu lapisan paling bawah berupa endapan protein, di atasnya adalah air dan etanol. Kemudian pisahkan larutan etanol dengan endapan protein yaitu cara melakukan proses penyulingan. Hasilnya larutan etanol yang masih mengandung air siap untuk diproses ke tahap selanjutnya yaitu proses destilasi.

c. Destilasi

Proses destilasi ini bertujuan untuk memisahkan etanol yang mengandung air dengan cara memanaskan larutan tersebut dengan menjaga suhu pemanasan pada titik didih etanol yaitu 80°C, sehingga etanol lebih dahulu menguap dan penguapan tersebut dialirkan pada pipa penyulingan sehingga menjadi etanol cair.

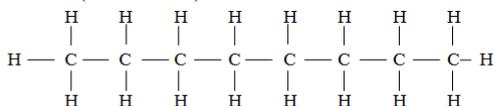
Pada labu kaca di hubungkan dengan sebuah termometer. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa temperatur pada labu kaca sehingga memudahkan untuk pengaturan besarnya pembakaran pada kompor listrik agar dapat mempertahankan temperatur labu kaca pada suhu 80°C. Alat destilasi terdiri dari kompor listrik untuk pembakaran atau pemanasan, wadah masak atau labu kaca dapat menampung hasil fermentasi dua liter, kondensor untuk menyalurkan uap etanol dan proses kondensasi, dan wadah untuk menampung hasil destilasi yaitu botol kaca. Etanol cair yang telah dihasilkan dari proses destilasi yang berkadar 95% kemudian dilanjutkan dengan penyulingan kedua untuk mendapatkan etanol murni (Putra Sofyan 2012: 137).

B. Pengaruh Penggunaan Bioetanol Dari Limbah Nanas Sebagai Campuran Premium

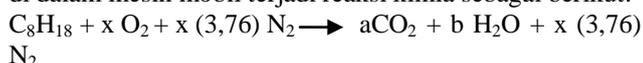
1. Reaksi Pembakaran Campuran Biopremium

Menurut Wisnu (2004: 34) menyatakan "Reaksi pembakaran adalah suatu senyawa (dalam hal bahan bakar fosil) dengan oksigen (O_2)". Namun karena oksigen yang terdapat dalam udara juga mengandung nitrogen, maka reaksi pembakaran di sini juga melibatkan nitrogen (N_2).

Rumus molekul bensin (C_8H_{18}) menurut Johari dan Racmawati (2002: 283) adalah:

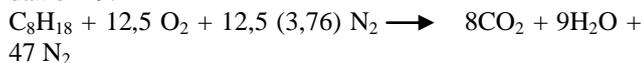


Pembakaran bensin (dianggap terdiri atas oktana murni) di dalam mesin mobil terjadi reaksi kimia sebagai berikut:



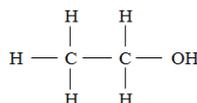
Menurut Wisnu (2004:34) menyatakan "Angka 3,76 adalah perbandingan nitrogen dan oksigen di udara".

Berdasarkan keseimbangan reaksi, harga x, a dan b dapat dihitung dengan cara jumlah semua bagian kiri sama dengan jumlah bagian di kanan, sehingga: $x = 12,5$, $a = 8$ dan $b = 9$.



Bila reaksi yang terjadi seperti di atas, maka reaksi pembakarannya sempurna di mana semua atom oksigen bereaksi sempurna dengan bahan bakar dan nilai kalor untuk bensin adalah 8308 kkal/liter.

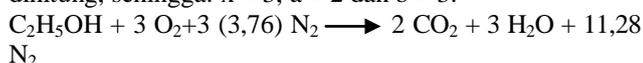
Rumus molekul bioetanol (C_2H_5OH) Johari dan Racmawati (2002: 283) adalah:



Reaksi pembakaran bioetanol dapat dilihat dibawan ini:

$$C_2H_5OH + x O_2 + x (3,76) N_2 \longrightarrow a CO_2 + b H_2O + x (3,76) N_2$$

Berdasarkan keseimbangan reaksi, harga x, a dan b dapat dihitung, sehingga: $x = 3$, $a = 2$ dan $b = 3$.



Reaksi pembakaran bioetanol lebih sedikit menghasilkan CO_2 , H_2O dan N_2 dibandingkan dengan bensin dan nilai kalornya 5023 kkal/liter.

Rumus molekul bensin (C_8H_{18}) ditambah bioetanol (C_2H_5OH) dapat dilihat sebagai berikut :

$$C_8H_{18} + C_2H_5OH + 31/2 O_2 + 15,5 (3,76) N_2$$

2. Kaitan Campuran Biopremium Terhadap Emisi Gas Buang

Soelaiman (2012:56) "Bioetanol merupakan sumber bahan bakar yang lebih rendah polutan di bandingkan dengan bahan bakar fosil, karena bensin memproduksi 2,44 kg ekuivalen karbondioksida per liter sedangkan bioetanol hanya memproduksi 1,94 kg ekuivalen karbondioksida per liternya". Dengan demikian, teknologi

untuk membuat bioetanol mampu memiliki jarak tempuh yang sama dengan bahan bakar fosil per liternya akan membantu pengurangan emisi CO_2 ke udara bebas.

Bioetanol memiliki satu molekul OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang didalam molekul etanol tersebut membantu penyempurnaan pembakaran antara campuran udara bahan bakar dalam silinder. Pengaruh pencampuran bahan bakar dan udara lebih berperan besar terhadap nilai HC. Yang mana ketika terjadi campuran bahan bakar dan udara miskin (kecepatan aliran udara dan bahan bakar rendah) pada suhu pembakaran yang rendah, mengakibatkan bahan bakar tidak terbakar sempurna.

III. HIPOTESIS

Berdasarkan latar belakang masalah, dan landasan teoritis yang telah peneliti kemukakan sebelumnya maka hipotesisnya adalah adanya pengaruh penggunaan bioetanol dari limbah nanas sebagai campuran premium terhadap emisi gas buang pada sepeda motor empat langkah.

IV. METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini di golongkan pada penelitian pendekatan eksperimen. Sugiyono (2012:72) mendefinisikan "Penelitian dengan pendekatan eksperimen merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan".

V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di Workshop Teknik Otomotif pada tanggal 16 - 17 Juni 2014 dengan prosedur penelitiannya sebagai berikut:

A. Data Hasil Penelitian

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Premium Tanpa Perlakuan

Kecepatan (RPM)	Suhu Mesin ($^{\circ}C$)	Emisi	Premium tanpa perlakuan			
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1400	72 $^{\circ}C$ -93 $^{\circ}C$	CO (%)	0.31	0.09	0.58	0.32
		HC (ppm)	893	547	476	638.6
1800	72 $^{\circ}C$ -93 $^{\circ}C$	CO (%)	0.24	0.66	0.25	0.38
		HC (ppm)	546	445	840	610.3
2200	72 $^{\circ}C$ -93 $^{\circ}C$	CO (%)	0.19	0.09	0.18	0.15
		HC (ppm)	907	571	774	750.6
2600	72 $^{\circ}C$ -93 $^{\circ}C$	CO (%)	0.20	0.11	0.24	0.18
		HC (ppm)	562	585	424	523.6
3000	72 $^{\circ}C$ -93 $^{\circ}C$	CO (%)	0.14	0.10	0.22	0.15
		HC (ppm)	402	459	248	369.6

Tabel 11. Data Hasil Pengujian Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Gasohol E5 (Premium 95% + Bioetanol 5%)

Kecepatan (RPM)	Suhu Mesin (°C)	Emisi	Premium 95% + Bioetanol 5%			
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1400	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.01	0.02	0.03	0.02
		HC (ppm)	181	218	169	189.3
1800	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.03	0.09	0.01	0.04
		HC (ppm)	288	266	248	267.3
2200	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.04	0.03	0.04	0.03
		HC (ppm)	349	236	674	419.6
2600	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.04	0.02	0.04	0.03
		HC (ppm)	322	346	473	380.3
3000	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.03	0.04	0.02	0.03
		HC (ppm)	428	333	216	325.6

Tabel 12. Data Hasil Pengujian Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Gasohol E10 (Premium 90%+Bioetanol 10%)

Kecepatan (RPM)	Suhu Mesin (°C)	Emisi	Premium 90% + Bioetanol 10%			
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1400	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.01	0.01	0.01	0.01
		HC (ppm)	340	253	246	279.6
1800	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.01	0.01	0.01	0.01
		HC (ppm)	230	164	167	187
2200	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.01	0.02	0.01	0.01
		HC (ppm)	223	316	304	281
2600	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.03	0.03	0.02	0.02
		HC (ppm)	287	220	217	241.3
3000	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.03	0.03	0.01	0.02
		HC (ppm)	171	198	208	192.3

Tabel 13. Data Hasil Pengujian Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Gasohol E15 (Premium 85%+Bioetanol 15%)

Kecepatan (RPM)	Suhu Mesin (°C)	Emisi	Premium 85% + Bioetanol 15%			
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1400	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.10	0.10	0.03	0.07
		HC (ppm)	256	344	261	287
1800	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.08	0.03	0.04	0.05
		HC (ppm)	319	166	187	224
2200	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.06	0.11	0.05	0.07
		HC (ppm)	137	200	106	147.6
2600	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.09	0.05	0.10	0.08
		HC (ppm)	251	160	142	184.3
3000	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.05	0.08	0.09	0.07
		HC (ppm)	105	254	201	186.6

Tabel 14. Data Hasil Pengujian Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Gasohol E20 (Premium 80%+Bioetanol 20%)

Kecepatan (RPM)	Suhu Mesin (°C)	Emisi	Premium 80% + Bioetanol 20%			
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1400	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.03	0.02	0.03	0.02
		HC (ppm)	213	326	407	315.3
1800	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.05	0.05	0.05	0.05
		HC (ppm)	241	267	192	233.3
2200	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.08	0.10	0.03	0.07
		HC (ppm)	237	338	131	235.3
2600	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.11	0.08	0.07	0.08
		HC (ppm)	263	222	244	243
3000	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.10	0.09	0.06	0.08
		HC (ppm)	296	382	137	271.6

Tabel 15. Data Hasil Pengujian Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Gasohol E30 (Premium 70%+Bioetanol 30%)

Kecepatan (RPM)	Suhu Mesin (°C)	Emisi	Premium 70% + Bioetanol 30%			
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1400	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.01	0.16	0.13	0.1
		HC (ppm)	437	410	508	451.6
1800	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.13	0.22	0.17	0.17
		HC (ppm)	400	288	304	330.6
2200	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.28	0.04	0.02	0.11
		HC (ppm)	387	324	222	311
2600	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.04	0.02	0.04	0.03
		HC (ppm)	331	265	266	287.3
3000	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.04	0.03	0.04	0.03
		HC (ppm)	333	255	251	279.6

Tabel 16. Data Hasil Pengujian Sepeda Motor Dengan Bahan Bakar Gasohol E50 (Premium 50%+Bioetanol 50%)

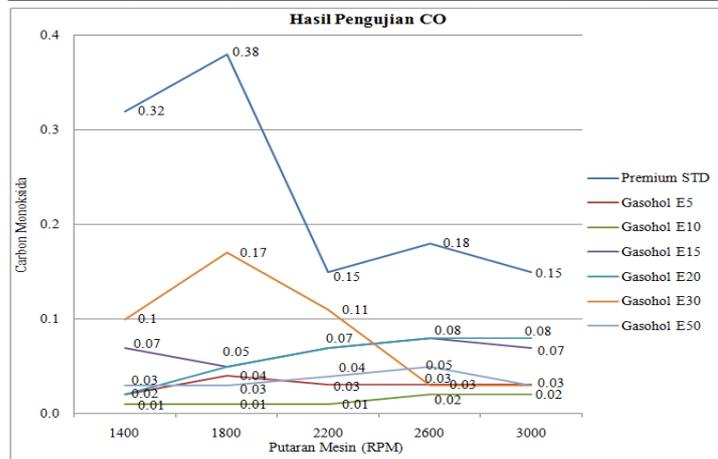
Kecepatan (RPM)	Suhu Mesin (°C)	Emisi	Premium 50% + Bioetanol 50%			
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
1400	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.04	0.03	0.03	0.03
		HC (ppm)	359	264	316	313
1800	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.04	0.03	0.03	0.03
		HC (ppm)	261	340	236	279
2200	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.04	0.04	0.04	0.04
		HC (ppm)	209	284	335	276
2600	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.08	0.04	0.03	0.05
		HC (ppm)	387	236	344	322.3
3000	72 ⁰ C-93 ⁰ C	CO (%)	0.03	0.03	0.03	0.03
		HC (ppm)	330	235	236	267

B. Deskripsi Hasil Penelitian

1. Nilai CO (E0%, E5%, E10%, E15%, E20%, E30% dan E50%)

Tabel 17. Hasil Pengujian CO

NO	Putaran (rpm)	% Volume CO						
		Premium Murni	Gasohol E5%	Gasohol E10%	Gasohol E15%	Gasohol E20%	Gasohol E30%	Gasohol E50%
1	1400	0.32	0.02	0.01	0.07	0.02	0.1	0.03
2	1800	0.38	0.04	0.01	0.05	0.05	0.17	0.03
3	2200	0.15	0.03	0.01	0.07	0.07	0.11	0.04
4	2600	0.18	0.03	0.02	0.08	0.08	0.03	0.05
5	3000	0.15	0.03	0.02	0.07	0.08	0.03	0.03
<u>Jumlah</u>		1.18	0.15	0.07	0.34	0.3	0.44	0.18
Rata - Rata		0.23	0.03	0.01	0.06	0.06	0.08	0.03



Gambar 5. Grafik hasil pengujian CO sepeda motor bahan bakar premium tanpa perlakuan dengan bahan bakar gasohol E0%, E5%, E10%, E15%, 20%, 30% dan E50%.

Berdasarkan grafik hasil pengujian di atas kandungan emisi gas buang CO menggunakan bahan bakar premium tanpa perlakuan tingkat kandungan emisi gas CO yaitu 0.32% pada putaran 1400 rpm, 0.38% pada putaran 1800 rpm, 0.15% pada putaran 2200 rpm, 0.18% pada putaran 2600 rpm dan 0.46% pada putaran 3000 rpm. maka emisi gas CO premium tanpa perlakuan terendah yaitu 0.15% pada putaran 2200rpm dan 300rpm, sedangkan peningkatan gas CO paling besar yaitu 0.38% pada putaran 1800rpm.

Untuk bahan bakar E5% kandungan emisi gas CO mengalami penurunan sebesar 0.02% pada putaran 1400 rpm, 0.04% pada putaran 1800 rpm, 0.03% pada putaran 2200 rpm, 2600 rpm dan 3000 rpm dan konsentrasi gas CO tertinggi yaitu sebesar 0.04% pada putaran 1800rpm.

Kandungan emisi gas CO menggunakan E10% terendah yaitu 0.01% pada putaran 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm dan tertinggi 0.02% pada 2600 rpm dan 3000 rpm, hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran E10% lebih rendah kadar emisi gas CO dari pada campuran lainnya.

Pada campuran gasohol E15% kadar emisi CO yaitu 0.07% pada putaran 1400 rpm, 0.05% pada putaran 1800

rpm, 0.07% pada putaran 2200 rpm, 0.08% pada putaran 2600 rpm, 0.07% pada putaran 3000 rpm, konsentrasi emisi gas CO terendah yaitu 0.05% pada 1800 rpm dan tertinggi 0.08% pada 2600 rpm.

Pada campuran gasohol E20% kadar emisi CO terendah yaitu 0.02% pada putaran 1400 rpm, 0.05% pada putaran 1800 rpm, 0.07% pada putaran 2200 rpm, 0.08% pada putaran 2600 rpm dan 3000 rpm, konsentrasi emisi gas CO tertinggi yaitu 0.08% pada putaran 2600 rpm dan pada putaran 3000 rpm.

Pada campuran gasohol E30% emisi gas CO yaitu 0.01% pada putaran 1400 rpm, 0.17% pada putaran 1800 rpm, 0.11% pada putaran 2200 rpm, 0.03% pada putaran 2600 rpm dan pada putaran 3000 rpm, konsentrasi emisi gas CO terendah yaitu 0.03% pada putaran 2600 rpm dan 3000 rpm, konsentrasi emisi tertinggi yaitu 0.17% pada putaran 1800 rpm.

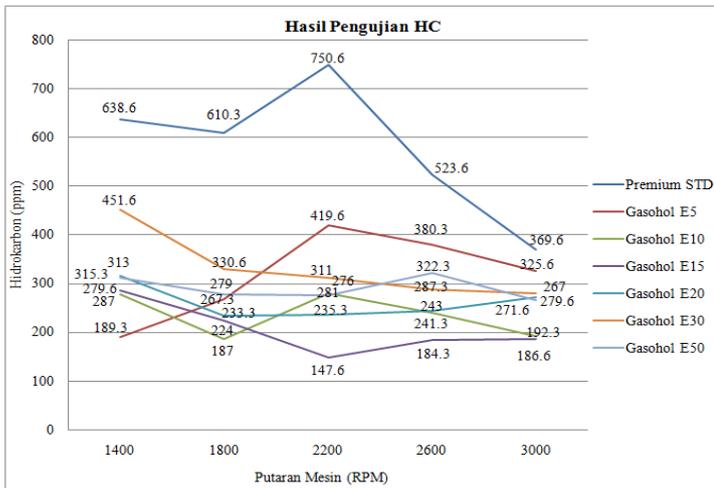
Pada campuran gasohol E50% kadar emisi gas CO yaitu 0.03% pada putaran 1400 rpm, 1800 rpm, 3000 rpm dan 0.04% pada putaran 2200 rpm, 0.05% pada putaran 2600 rpm, dan konsentrasi emisi gas CO terendah yaitu 0.03% pada putaran 1400 rpm, 1800 rpm, 3000 rpm dan tertinggi 0.05% pada 2600 rpm.

Dengan data diatas maka kandungan emisi gas buang CO yang menggunakan campuran premium mengalami penurunan di bandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium tanpa perlakuan. Hal ini terlihat belum menunjukkan angka penurunan yang stabil pada tiap-tiap campuran bahan bakar disebabkan oleh kecepatan putaran mesin.

2. Nilai HC (E0%, E5%, E10%, E15%, E20%, E30% dan E50%)

Tabel 18. Hasil Pengujian HC

NO	Putaran (rpm)	ppm Volume HC						
		Premium Murni	Gasohol E5%	Gasohol E10%	Gasohol E15%	Gasohol E20%	Gasohol E30%	Gasohol E50%
1	1400	638.6	189.3	279.6	287	315.3	451.6	313
2	1800	610.3	267.3	187	224	233.3	330.6	279
3	2200	750.6	419.6	281	147.6	235.3	311	276
4	2600	523.6	380.3	241.3	184.3	243	287.3	322.3
5	3000	369.6	325.6	192.3	186.6	271.6	279.6	267
<u>Jumlah</u>		2892.7	1582.1	1181.2	1029.5	1298.5	1660.1	1457.3
Rata - Rata		578.54	316.42	236.24	205.9	259.7	332.02	291.4



Gambar 6. Grafik hasil pengujian HC sepeda motor bahan bakar premium tanpa perlakuan dengan bahan bakar gasohol E0%, E5%, E10%, E15%, 20%, 30% dan E50%.

Berdasarkan grafik pengujian di atas, tingkat kandungan emisi gas HC menggunakan bakar premium tanpa perlakuan yaitu 638.6 ppm pada putaran 1400 rpm, 610.3 ppm pada putaran 1800 rpm, 750.6 ppm pada putaran 2200 rpm, 523.6 ppm pada putaran 2600 rpm, 369.6 ppm pada putaran 3000 rpm, konsentrasi emisi gas HC terendah yaitu 369.6 ppm pada putaran 3000 rpm dan tertinggi 750.6 ppm pada putaran 2200 rpm.

Pada campuran gasohol E5% kadar emisi HC mengalami penurunan yaitu 189.3 ppm pada putaran 1400 rpm, 267.3 ppm pada putaran 1800 rpm, 419.6 ppm pada putaran 2200 rpm, 380.3 ppm pada putaran 2600 rpm dan 325.6 ppm pada putaran 3000 rpm. Untuk kadar emisi gas HC terendah yaitu 189.3 ppm pada 1400 rpm dan tertinggi 419.6 ppm pada putaran 2200 rpm.

Kandungan emisi gas HC pada campuran E10% yaitu 279.6 ppm pada putaran 1400 rpm, 187 ppm pada putaran 1800 rpm, 281 ppm pada putaran 2200 rpm, 241.3 ppm pada putaran 2600 rpm dan 192.3 ppm pada putaran 3000 rpm. Pada campuran E10% emisi terendah yaitu 187 ppm pada putaran 1800 rpm dan tertinggi 279.6 ppm pada putaran 1400 rpm.

Pada campuran gasohol E15% kandungan emisi gas HC yaitu 287 ppm pada putaran 1400 rpm, 224 ppm pada putaran 1800 rpm, 147.6 ppm pada putaran 2200 rpm, 184.3 ppm pada putaran 2600 rpm dan 186.6 ppm pada putaran 3000 rpm. Pada campuran E15% emisi terendah yaitu 147.6 ppm pada putaran 2200 rpm dan tertinggi 287 ppm pada 1400 rpm.

Pada campuran gasohol E20% kandungan emisi gas HC yaitu 315.3 ppm pada putaran 1400 rpm, 233.3 ppm pada putaran 1800 rpm, 235.3 ppm pada putaran 2200 rpm, 243 ppm pada putaran 2600 rpm dan 271.6 ppm pada putaran 3000 rpm. Untuk kadar emisi gas HC terendah yaitu 233.3 ppm pada putaran 1800 rpm dan tertinggi 315.3 ppm pada putaran 1400 rpm.

Pada campuran E30% kandungan emisi gas HC yaitu 451.6 ppm pada putaran 1400 rpm, 330.6 ppm pada putaran 1800 rpm, 311 ppm pada putaran 2200 rpm, 287.3 ppm pada putaran 2600 rpm dan 279.6 ppm pada putaran 3000 rpm. Untuk kadar emisi gas HC terendah yaitu 279.6 ppm pada putaran 3000 rpm dan tertinggi 451.6 ppm pada putaran 1400 rpm.

Pada campuran E50% kandungan emisi gas HC yaitu 313 ppm pada putaran 1400 rpm, 279 ppm pada putaran 1800 rpm, 276 ppm pada putaran 2200 rpm, 322 ppm pada putaran 2600 rpm dan 267 ppm pada putaran 3000 rpm, kadar emisi gas HC terendah yaitu 267 ppm pada putaran 3000 rpm dan tertinggi 322.3 ppm pada putaran 2600 rpm.

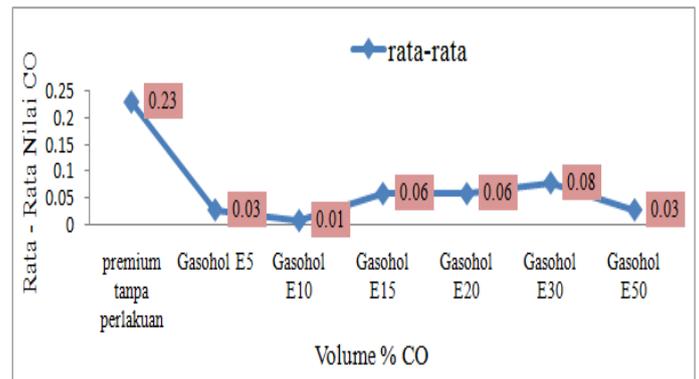
Dengan data di atas menunjukkan bahwa kandungan emisi gas buang HC yang menggunakan gasohol mengalami penurunan di dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium tanpa perlakuan dan belum menunjukkan angka penurunan yang stabil pada tiap-tiap campuran bahan bakar yang disebabkan oleh kecepatan putaran mesin.

C. Pembahasan

1. Rata – Rata Nilai CO

Tabel 19. Rata-Rata Hasil Pengujian CO

NO	Volume % CO						
	Premium Tanpa perlakuan	Gasohol E5%	Gasohol E10%	Gasohol E15%	Gasohol E20%	Gasohol E30%	Gasohol E50%
1	0.23	0.03	0.01	0.06	0.06	0.08	0.03



Gambar 7. Grafik hubungan kadar CO (%) dengan variasi campuran bioetanol E0%, E5%, E10%, E15%, 20%, 30% dan E50%.

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan bioetanol dari limbah nanas sebagai campuran premium terhadap penurunan kandungan emisi gas CO pada sepeda motor empat langkah di setiap putaran mesin baik pada putaran 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm dan 3000 rpm. Dengan demikian hipotesis yang telah di kemukakan di atas terbukti bahwa adanya pengaruh penggunaan bioetanol dari limbah nanas sebagai campuran premium

terhadap emisi gas buang pada sepeda motor empat langkah.

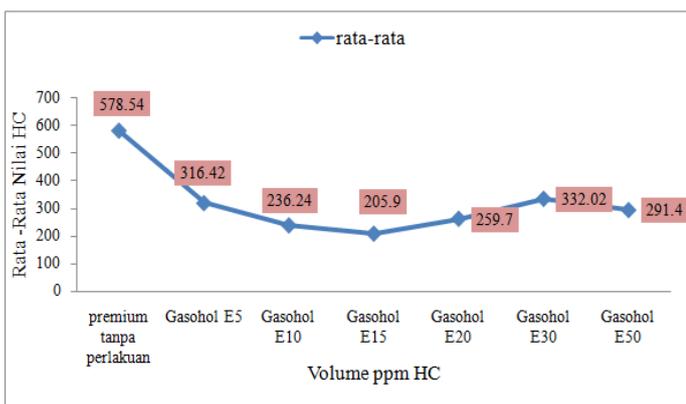
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 7 halaman 82 bahwa penurunan emisi gas CO pada campuran E5% yaitu 86.95%, campuran E10% yaitu 95.65 %, campuran E15% yaitu 73.91 %, campuran E20% yaitu 73.91 %, campuran E30% yaitu 65.21 % dan campuran E50% yaitu 86.95 %.

Berdasarkan hasil penelitian yang di dapatkan maka dapat dirumuskan bahwa penggunaan bioetanol sebagai campuran premium pada sepeda motor empat langkah dapat menurunkan tingkat kandungan emisi gas CO. Menurunnya kandungan emisi gas CO pada sepeda motor empat langkah dikarenakan bioetanol dapat menghasilkan oksigen membantu dalam proses pembakaran pada mesin dengan sempurna. Hal ini sejalan dengan penelitian yang di lakukan sebelumnya dan teori yang dinyatakan oleh Stamp et al (1996) dalam Manzanera (2010: 170) menyatakan “CO adalah gas beracun yang merupakan hasil dari pembakaran tidak sempurna. Ketika bioetanol dan metanol mengandung oksigen dicampur dengan bensin, pembakaran mesin menjadi lebih baik dan kadar emisi CO jadi berkurang”.

2. Rata – Rata Nilai HC

Tabel 20. Rata – Rat Hasil Pengujian HC

NO	Volume ppm HC						
	Premium Tanpa perlakuan	Gasohol E5%	Gasohol E10%	Gasohol E15%	Gasohol E20%	Gasohol E30%	Gasohol E50%
1	578.54	316.42	236.24	205.9	259.7	332.02	291.4



Gambar 8. Grafik hubungan kadar HC (ppm) dengan variasi campuran Bioetanol E0%, E5%, E10%, E15%, 20%, 30% dan E50%.

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan bioetanol dari limbah nanas sebagai campuran premium terhadap tingkat penurunan kandungan emisi gas HC pada sepeda motor empat langkah di setiap putaran mesin baik pada putaran 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm dan 3000 rpm. Dengan demikian hipotesis yang telah di kemukakan

diatas terbukti bahwa adanya pengaruh penggunaan bioetanol dari limbah nanas sebagai campuran premium terhadap emisi gas buang pada sepeda motor empat langkah.

Untuk Lebih jelasnya penurunan emisi gas HC dapat dilihat pada lampiran 7 halaman 83 bahwa penurunan emisi gas HC pada campuran E5% yaitu 45.30%, campuran E10% yaitu 69.16%, campuran E15% yaitu 64.41%, campuran E20% yaitu 55.11%, campuran E30% yaitu 42.61% dan pada campuran E50% yaitu 49.63%.

Penurunan kandungan emisi gas HC terbesar yaitu pada campuran E10% sebesar 69.16%, yang di sebabkan oleh banyaknya campuran bioetanol terhadap premium yang teroksidasi hidrokarbon. Hal ini sejalan dengan penelitian yang di lakukan sebelumnya dan teori yang dinyatakan oleh Manzanera (2010: 170) bioetanol dan metanol sebagian akan teroksidasi hidrokarbon ketika dicampurkan kedalam bahan bakar. Kadar emisi HC akan berkurang pada kadar tertentu.

Berdasarkan hasil penelitian diatas maka dapat dirumuskan bahwa penggunaan bioetanol dari limbah nanas sebagai campuran premium pada sepeda motor empat langkah dapat menurunkan tingkat kandungan emisi gas HC pada tiap-tiap campuran bahan bakar.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data di atas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan pengujian emisi gas buang pada sepeda motor empat langkah disimpulkan bahwa dengan pencampuran premium dengan bioetanol maka kadar gas CO dan HC akan menurun atau berkurang untuk semua kecepatan putaran mesin.
2. Dengan Menambah bioetanol kedalam premium dalam berbagai variasi campuran bahan bakar dapat mempengaruhi besar kecilnya emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor empat langkah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Karim. (2012). *Uji Kinerja Mesin 4 Langkah Berbahan Bakar Bioethanol Dari Limbah Kulit Jerami Nangka Sebagai Campuran Premium*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya
- Anas Sudiyono. (2003). *Pengantar Statistik Dasar*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Arifin, Zainal, dan Sukoco. (2009). *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Honda Supra X 125. (2006). *Buku Pedoman Reparasi*. PT Astra Honda Motor.
- James D. Halderman. (2012). *Automotive Fuel And Emission Control System*. New Jersey. Pearson Education, Inc.

- Jalius Jama, Ph.D, Wagino, S.Pd. (2007). *Teknologi Sepeda Motor*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Jalius Jama, Ph.D, Wagino, S.Pd. (2008). *Teknologi Sepeda Motor jilid 2*, Jakarta: CV. Arya Duta
- Joni Karman. S.Si. M.P. (2012). *Teknologi dan Proses Pengolahan Biomassa*. Bandung: Alfabeta.
- Joko Prasetyo. (2012). *Pengaruh Penggunaan Bioethanol Dari Polong Trembesi Sebagai Ekstender Premium Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mesin Sepeda Motor 4 Tak*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Johari & Rachawati. (2002). *Kimia SMA dan MA Untuk Kelas X*. Jakarta : Erlangga.
- Manzanera, Maximino. (2010). *Alternative fuel*. Rijeka: Intechopen.
- Moestikahadi Soedomo. (2001). *Pencemaran udara*. Bandung: ITB Bandung.
- Moh. Yasin. (2012). *Pengaruh Penggunaan Bioethanol Dari Limbah Pepaya Sebagai Ekstender Premium Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mesin Sepeda Motor 4 Langkah*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Mukono. (2003). *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Peni R. Pramono, Soelaiman Budi Sunarto. (2012). *Solusi Pengganti BBM*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Michael Purba. (2007). *Kimia Untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Erlangga
- Putra Sofyan. (2012). *Panduan Membuat sendiri Bensin Dan solar*. Yogyakarta. Pustaka Baru Press.
- Ramban JP. (2013). Pengaruh Campuran Etanol Pada Bahan Bakar Minyak Premium Terhadap Nilai Kalor Dan Angka Oktan. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*. (Tahun 2013). Hlm 266-270.
- Soelaiman. (2012). *Biofuel Sebagai Pengganti BBM*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Suharsimi Arikunto. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Srikandi Ferdiaz. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Bogor: Kanisius.
- Tim Penyusun. (2010). *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: Depdiknas UNP.
- Toyota. (1972). *Materi Pelajaran Engine Grup Step 2*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Triadi Nugroho (tanpa tahun). *Peluang Besar Usaha Membuat Bensin dan Solar Dari Bahan Nabati*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Wisnu Arya Wardana. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi offset.
- Yuksel, Fikret dan Bedri Yuksel. (2004). *The Use of Ethanol-Gasoline Blend As A Fuel In An SI Engine*.