

**STUDI KOMPARASI EMISI GAS BUANG BERBAHAN BAKAR PREMIUM
DENGAN CAMPURAN PREMIUM DAN *FOLATILE FATTY ACID DEGRADED*
(VFAD) PADA SUPRA X 125**

MOKHAMAD BADRUS SOLEH

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: Surdab.S@gmail.com

DWI HERU SUTJAHJO

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: DwiHeru.C2H5OH@gmail.com

Abstrak

Polusi udara akibat kendaraan bermotor di Jawa Timur mencapai peringkat ketiga dikawasan Asia. Sumber emisi terbesar berasal dari karbon monoksida (CO) 5.480.000 ton/tahun, partikulat (Pb, Zn, Cu dan Cd) 622.560 ton/tahun, hidrokarbon 310.000 ton/tahun di samping emisi lain seperti NOx dan SOx. Sedangkan emisi Karbon Monoksida (CO) sebanyak 5.500.000 ton/tahun sumber Transportasi (96 persen). Sepanjang kurun waktu itu, sepeda motor produk Honda membukukan penjualan 46,6 persen dari total penjualan. Honda Supra X 125, salah satu model bebek Honda, membukukan penjualan 549 ribu unit. Salah satu usaha dalam menurunkan emisi gas buang yaitu memodifikasi bahan bakar. Zat Aditif Volatile fatty Acid Degraded (VFAD) terdiri dari berbagai senyawa yang dapat meningkatkan angka oktan pada premium seperti: Naftalena dan Toluene, serta dapat mengikat unsur timbal (Pb) oleh Asam Asetat sebagai Chelating Agent. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui emisi gas buang pada mesin motor Supra X 125 TD tahun 2010. Penelitian ini menggunakan metode analisa deskriptif dengan variasi rpm pada beban penuh (Full Open Throtle Valve). Bahan bakar yang digunakan adalah premium murni (kelompok standart) dan kelompok eksperimen yaitu campuran premium dengan zat aditif dengan variasi 1 ml, 2 ml, 3 ml, dan 4 ml untuk per liter premium. Hasil pengujian emisi gas buang beracun (CO dan HC) pada putaran 4000 dimana terjadi torsi maksimal dan menghasilkan emisi gas buang paling rendah untuk semua konsentrasi, Campuran VFAD 1 ml lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar yang lain yaitu konsentrasi CO sebesar 1,538% vol dan HC 122,3 ppm dan disusul oleh VFAD 2 ml, VFAD 3 ml, Premium murni dan VFAD 4 ml, adapun konsentrasinya berturut-turut sebagai berikut: CO sebesar 2,301% vol dan HC 205,67 ppm untuk VFAD 2 ml, CO sebesar 2,410% vol dan HC 168,67 ppm untuk VFAD 3 ml, CO sebesar 2,501% vol dan HC 211,67 ppm untuk Premium, CO sebesar 2,682% vol dan HC 173,00 ppm untuk VFAD 4 ml. Pada pengujian putaran idle semua bahan bakar menghasilkan konsentrasi CO dan HC dibawah ambang batas maksimal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor, yaitu untuk konsentrasi CO maksimal sebesar 4,5% vol dan HC maksimal sebesar 2000 ppm pada putaran idle.

Kata kunci : Emisi gas buang, Naftalena, Toluena, Benzena, Asam Asetat dan Premium

Abstract

Air pollution from motor vehicles in East Java region Asia reached the third rank. The largest source of emissions from carbon monoxide (CO) 5,48 million tons / year, particulate (Pb, Zn, Cu and Cd) 622 560 tons / year, hydrocarbon 310,000 tons / year in addition to other emissions such as NOx and SOx. While emissions Carbon Monoxide (CO) as much as 5.5 million tons / year transportation sources (96 percent) During this period, Honda's motorcycle products posted sales of 46.6 percent of total sales. Honda Supra X 125, one of the cup model of Honda, posted sales of 549 thousand units. One attempt to cut exhaust emissions are modifying fuel. Volatile Fatty Acid Degraded (VFAD) Additives existing of various compounds that can increase the octane number at a premium such as: Naphthalene and Toluene, and can bind to the lead element (Pb) by Acetic Acid as a Chelating Agent. This research intends to know the exhaust emissions on the engine Supra X 125 TD built in 2010. This study uses a descriptive analysis of the variation rpm at full load (Full Open throttle Valve). Fuel used is the pure premium (group standard) and an experimental group that is mixed with premium additives with a variety of 1 ml, 2 ml, 3 ml and 4 ml per liter of premium. The test results of toxic exhaust emissions (CO and HC) at 4000 rpm where the maximum torque occurs and produces the lowest emissions for all concentrations, The mixture of 1 ml VFAD lower as compared to other fuels the concentration of 1.538% vol CO and HC 122.3 ppm and moreover by VFAD 2 ml, 3 ml VFAD, pure and VFAD Premium 4 ml, while the concentration in a row as follows : CO at 2.301% vol and 205.67 ppm for HC VFAD 2 ml of 2.410% vol CO and HC 168.67 ppm for VFAD 3 ml of 2.501% vol CO and HC to Premium 211.67 ppm, CO at 2,682 HC % VOL and 173.00 ppm for VFAD 4 ml. At idle all round testing fuels produces CO and HC concentrations below the maximum limit of Ministry Of Environment Regulation No. 05 of 2006 concerning about the limit Motor

Vehicle Exhaust Emissions, ie for maximum CO concentration of 4.5% vol and a maximum of 2000 ppm HC on idle rotation.

Keywords: Exhaust emissions, Naphthalene, Toluene, Benzene, Acetic Acid, Premium

PENDAHULUAN

Permasalahan polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor sudah mencapai titik yang mengkhawatirkan terutama di kota-kota besar. Kepala Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Timur, Dewi J Putriatni, menyebutkan, Surabaya menduduki peringkat ketiga kota di kawasan Asia yang memiliki polusi udara tertinggi. (ANTARA News diakses pada tanggal 13 Februari 2013). Sementara itu berdasarkan keterangan dari kelompok studi lingkungan Ecoton, sumber emisi terbesar berasal dari karbon monoksida (CO) 5.480.000 ton/tahun, partikulat (Pb, Zn, Cu dan Cd) 622.560 ton/tahun, hidrokarbon 310.000 ton/tahun di samping emisi lain seperti NOx dan SOx Emisi pencemar jenis Partikulat (Pb, Zn, Cu dan Cd) berjumlah 622.560 ton/tahun bersumber dari Industri dan transportasi. Sedangkan emisi Karbon Monoksida (CO) sebanyak 5.500.000 ton/tahun sumber Transportasi (96 persen), untuk emisi pencemar NOx dan SOx sebesar 10.000 ton/tahun dihasilkan sektor industri (88 persen), dan Hidrokarbon yang bersumber dari transportasi memberikan kontribusinya 310.000 ton/tahun. Dari data yang ada dapat terlihat bahwa penyumbang emisi terbesar adalah sektor transportasi sebesar 96 persen. Hal ini didukung oleh meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Surabaya dari tahun ke tahun. (Detiksurabaya.Com diakses tanggal 13 Februari 2013).

Sepanjang Januari – Oktober 2010 penjualan motor di tanah air mencapai 6.205.377 unit. Sepanjang kurun waktu itu, sepeda motor produk Honda membukukan penjualan 2.894.420 atau 46,6 persen dari total penjualan. Merek Yamaha berada di urutan berikutnya, dengan angka penjualan 2.782.541 unit atau 44,8 persen. Kemudian disusul Suzuki dengan penjualan 440.995 unit atau 7,1 persen dan Kawasaki yang terjual 68.292 unit motor atau 1,1 persen. Urutan selanjutnya terdapat merek TVS dan Kanzen. Masing-masing membukukan penjualan 17.406 dan 1.723 unit. Adapun varian yang paling laris diminati pembeli masih adalah varian bebek. Sepanjang 10 bulan pertama di 2010 ini, varian bebek telah terjual 3,29 juta unit atau 5,39 persen dari total penjualan. Motor bebek produksi Honda masih menguasai pangsa pasar dengan menggenggam 49,76 persen pangsa pasar dan bebek Yamaha sekitar 39,65 persen. Honda Supra X 125, salah satu model bebek Honda, membukukan penjualan 549 ribu unit sepanjang kurun waktu itu. (tempo.co.id di akses tanggal 13 Februari 2013)

Menurut Mathur (1975:15) salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar emisi gas buang pada kendaraan bermotor yaitu Memodifikasi bahan bakar. Zat aditif *Volatile Fatty Acid Degraded* (VFAD) terdiri dari berbagai senyawa seperti *Naftalena* dan *toluene* diharapkan dapat meningkatkan angka oktan pada premium, serta dapat mengikat unsur

timbang (Pb) oleh Asam Asetat sebagai *Chelating Agent*, sehingga zak aditif ini lebih baik dibandingkan alkohol maupun eter.

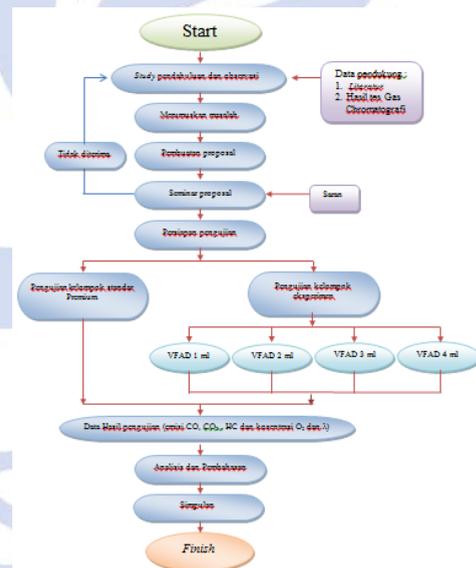
Penelitian ini melakukan perbandingan bahan bakar premium dengan premium di campur aditif VFAD terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor Honda Supra X 125 TD tahun 2010.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapakah perbandingan VFAD yang optimal untuk menghasilkan kadar emisi yang rendah dan untuk mengetahui bagaimana perbandingan emisi gas buang VFAD yang optimal tersebut di atas dibandingkan dengan bahan bakar premium pada mesin motor Supra X 125 TD tahun 2010.

Sedangkan manfaat penelitian ini ialah diharapkan dapat menambah pengetahuan tentang VFAD sebagai formula campuran bahan bakar premium untuk mengurangi emisi gas buang.

METODE

Rancangan penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen (*eksperimental research*)

Tempat penelitian

Penelitian eksperimen (*experimental research*) ini dilaksanakan di Bengkel Sumber Makmur Abadi Motor yang bertempat di jalan darmokali 62A-Surabaya untuk mengetahui emisi gas buang kendaraan Honda Supra X 125 TD tahun 2010 dan dilaksanakan di Unit Produksi Pelumas Surabaya untuk mendapatkan karakteristik setiap campuran.

Variable penelitian

- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah premium murni, capuran premium murni dan VFAD (1 ml, 2 ml, 3 ml dan 4 ml) untuk satu liter premium.
- Variable control dalam penelitian ini adalah Putaran mesin yaitu stasioner (1.500 rpm) sampai 8.000 rpm dengan *range* putaran 500 rpm pada mesin 4 langkah, Suhu mesin pada suhu kerja (60-80 °C), Mesin Supra X 125 TD tahun 2010, Suhu udara ruangan saat pengujian (28-30 °C) dan Kelembaban udara ruangan saat pengujian (30-60 %).
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat polutan dari kadar emisi gas buang yang ditimbulkan seperti CO, CO₂, HC serta konsentrasi O₂ dan lambda yang terukur pada *exhaust gas analyzer*.

Obyek penelitian

Adapun obyek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sepeda motor Supra X 125 TD tahun 2010.

Peralatan penelitian

- Blower:
Digunakan untuk mendinginkan mesin. Adapun spesifikasinya adalah:
 - Merk : Krisbow
 - Model : EF – 50 S
 - Power : 200 – 220 V AC ~Hz
 - SNI : 04 – 6292. 2, 2 . 80
 - Pilihan : 3 Kecepatan

Instrument Penelitian

- *Exhaust Gas Analyzer*
Exhaust Gas Analyzer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar polutan gas buang yang merupakan hasil dari proses pembakaran mesin. Adapun spesifikasinya adalah:
 - Merk : Bosch
 - Type : BEA-370
 - No. Seri : 081008000055
 - Tahun Pembuatan : 2009
 - Pembuatan : Jerman
- *Rpm Counter dan Oil Temperature Meter*
Rpm Counter: alat yang digunakan untuk mengukur putaran mesin. Adapun spesifikasinya sebagai berikut:
 - Merk : Daytona
 - Tipe : Digital Technometer
 - No Seri : 294
 - Tahun Pembuatan : 2008
 - Buatan : Jepang
 - Rpm Counter : 0 ÷ 19.990 Rpm
 - Resulation : 10 Rpm
 - Temperature Meter : 0 ÷ 40 °C

- *Chasis Dynamometer*

Chasis Dynamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi yang dihasilkan mesin. Spesifikasi sebagai berikut:

- Nama : Rextro Pro – Dyno
- Tegangan : 220 V 50/60 Hz
- Range Operasi : 6.000 rpm dengan 150 gigi
- Kemampuan : 15 KHz
- Tipe Sensor : Digital Pick – Up
- Tipe Input : Logical Level (aktif pada tingkat tinggi)
- Produksi : PT. Rextor Technology Indonesia

- *Stopwatch*

Fungsi *stopwatch* sebagai alat bantu dalam menghitung waktu konsumsi bahan bakar pada saat pengujian. Spesifikasi *stopwatch* yang digunakan adalah:

- Merk : Q & Q.
- Penunjukan Data : Digital.
- Ketelitian : 0,01 detik.

- *Thermometer*

Thermometer digunakan untuk mengukur suhu pada saat pengujian. Spesifikasi *thermometer* yang digunakan adalah:

- Merk : Krisbow
- Tipe : KW06-291

- *Hygrometer*

Hygrometer digunakan untuk mengukur kelembaban udara ruangan saat pengujian dilakukan.

- Merk : Krisbow
- Tipe : KW06-291



Gambar 2. Instrumen Penelitian

Prosedur pengujian

- **Persiapan pengujian**

- Melakukan *tune up* pada sepeda motor serta menutup saluran SASS (*Secondari Air Supply System*) untuk mendapatkan gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran.
- Menaikkan sepeda motor ke atas chasis dynamometer.
- Mengencangkan tali pengikat body sepeda motor.

- Memasang pipa tambahan pada knalpot.
- Memberi isolasi pada sambungan dan lubang pada knalpot agar tidak ada pemasukan udara pada sistem pembuangan.
- Menyiapkan alat ukur uji emisi kendaraan yang telah memenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - Memenuhi standar ISO 3930/OIMIL R – 99.
 - Alat uji harus mampu mengukur konsentrasi CO, CO₂, O₂, HC dan lambda.
 - Alat uji emisi memiliki sertifikat kalibrasi yang masih berlaku (Warju, 2009:124).
- Melakukan kalibrasi exhaust gas analyzer.
- Menyiapkan peralatan pendukung, yaitu: sensor putaran mesin, chassis dynamometer, oil temperature meter dan blower.
- Menghidupkan software inersia chassis dynamometer (*sport dyno 33*).

• **Pengujian emisi gas buang**

Langkah - langkah prosedur pengujian emisi gas buang sesuai dengan SNI 19-7118.3-2005 sebagai berikut:

- Menghidupkan mesin kendaraan sampai temperatur 60oC – 70oC atau sesuai rekomendasi manufaktur dan sistem asesoris dalam kondisi mati.
- Memposisikan transmisi/gear pada kondisi netral dengan putaran idle 1500 rpm.
- Memasukkan gas probe ke dalam knalpot minimal 30 cm.
- Menunggu ± 20 detik sampai data stabil dan melakukan pengambilan data konsentrasi emisi CO (% vol), CO₂ (% vol), HC (ppm vol), dan konsentrasi O₂ (% vol), serta lambda yang terukur pada alat uji.
- Mencetak print atau hasil uji.
- Memposisikan transmisi/gear pada posisi maksimal/top gear.
- Melakukan pengukuran emisi gas buang pada putaran 2.000 rpm, 2.500 rpm, 3.000 rpm, 3.500 rpm, 4.000 rpm, 4.500 rpm, 5.000 rpm, 5.500 rpm, 6.000 rpm, 6.500 rpm, 7.000 rpm, 7.500 rpm dan 8.000 rpm Mencetak print atau hasil uji pada tiap-tiap putaran yang telah disebutkan diatas.
- Menurunkan putaran mesin sampai putaran idle.
- Memposisikan transmisi/gear pada posisi netral.
- Matikan mesin beberapa menit untuk menetralsir gas HC yang terbaca pada exhaust gas analyzer sampai 10 ppm vol.
- Melakukan percobaan diatas untuk kelompok standar dan kelompok eksperimen.
- Pengujian dan pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing - masing kondisi.

• **Akhir pengujian**

- Untuk sesaat mesin dibiarkan pada putaran idle.
- Mesin dimatikan.
- Blower dimatikan.

Teknik Analisis Data

Analisa data dilakukan dengan metode deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan atau menggambarkan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai realita yang diperoleh selama pengujian. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami untuk dapat diketahui persentase perbandingan emisi gas buang pada sepeda motor Honda Supra X 125 TD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian spesifikasi bahan bakar

Penelitian spesifikasi bahan bakar dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Pertamina Unit Produksi Pelumas Surabaya (UPPS) Jl.Perak Barat No. 227-Surabaya. Adapun yang diteliti yaitu kandungan air, densitas dan *Pour Point* hasilnya pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Spesifikasi bahan bakar

No	Parameter	Metode Uji	Kelompok Standart	Kelompok Experimen			
			Premium	VFAD			
				1 ml	2 ml	3 ml	4 ml
1	Kandungan Air (ppm)	ASTM D-6304	295,388	191,335	286,674	515,792	316,855
2	Density (gr/cm ³) pada suhu 15°C	ASTM D-505	-	0,72474	0,72528	0,72481	0,72473
3	Pour Point (°C)	ASTM D-97	-	-60	-60	-60	-60

Hasil penelitian emisi gas buang

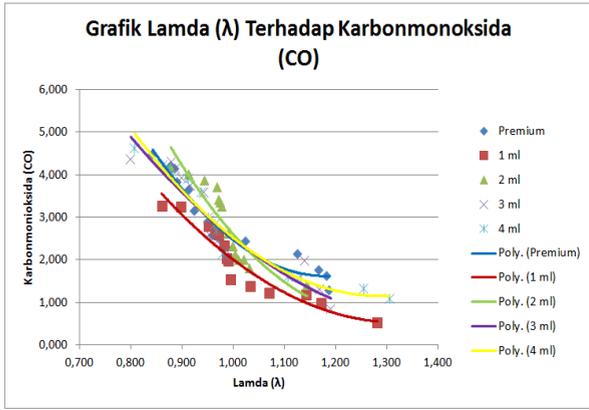
• **Karbonmonoksida (CO)**

Hasil pengujian karbonmonoksida dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

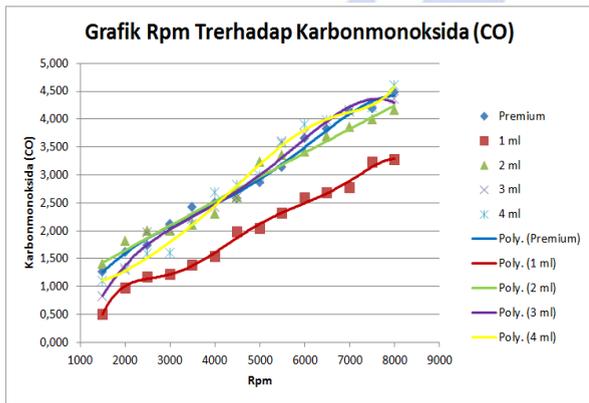
Tabel 2. Konsentrasi karbonmonoksida

Rpm	Premium		1 ml		2 ml		3 ml		4 ml	
	λ	CO (% vol)	λ	CO (% vol)	λ	CO (% vol)	λ	CO (% vol)	λ	CO (% vol)
1500	1,189	1,272	1,282	0,514	1,145	1,404	1,191	0,823	1,306	1,093
2000	1,183	1,615	1,172	0,977	1,033	1,806	1,170	1,291	1,257	1,324
2500	1,168	1,739	1,143	1,172	1,021	1,996	1,140	1,971	1,133	1,588
3000	1,125	2,121	1,071	1,223	1,011	2,000	0,991	2,015	1,107	1,596
3500	1,026	2,422	1,034	1,386	1,006	2,112	0,988	2,204	0,981	2,120
4000	0,974	2,501	0,996	1,538	1,001	2,301	0,970	2,41	0,968	2,682
4500	0,961	2,568	0,992	1,986	0,991	2,597	0,955	2,387	0,964	2,818
5000	0,950	2,868	0,987	2,033	0,979	3,235	0,954	2,921	0,933	2,983
5500	0,925	3,139	0,983	2,324	0,977	3,352	0,943	3,394	0,939	3,360
6000	0,913	3,642	0,974	2,577	0,973	3,408	0,917	3,732	0,912	3,900
6500	0,891	3,817	0,966	2,683	0,971	3,687	0,901	3,908	0,882	3,975
7000	0,887	4,133	0,954	2,774	0,945	3,857	0,888	4,128	0,874	4,154
7500	0,878	4,197	0,899	3,235	0,913	3,989	0,879	4,296	0,864	4,209
8000	0,843	4,470	0,861	3,264	0,878	4,154	0,801	4,354	0,808	4,602

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Lamda terhadap karbonmonoksida



Gambar 4. Rpm terhadap karbonmonoksida

Dari tabel 2. dapat terlihat bahwa konsentrasi CO untuk bahan bakar Premium pada putaran 1500 rpm sebesar 1,272% vol dengan $\lambda = 1,189$ dan mengalami kenaikan terus-menerus sampai pada putaran maksimal yaitu pada putaran 8000 rpm, pada putaran 4000 rpm konsentrasi CO sebesar 2,501% vol dengan $\lambda = 0,974$ dan pada putaran 8000 rpm konsentrasi CO sebesar 4,470% vol $\lambda = 0,843$. besarnya konsentrasi CO berbanding terbalik dengan lamda semakin besar lamda yang menandakan campuran miskin, semakin kecil konsentrasi CO yang dihasilkan dikarenakan udara yang mengandung oksigen cukup untuk memenuhi reaksi dengan karbon sehingga terjadi CO_2 .

Pada bahan bakar VFAD masing-masing campuran tidak jauh beda dengan bahan bakar premium. Konsentrasi CO yang di hasilkan dari putaran *idle* (1500 rpm) sangat rendah dan bergerak naik seiring dengan naiknya putaran mesin serta turunnya lamda. Pada putaran *idle* konsentrasi CO yang dihasilkan: 0,514% vol dengan $\lambda = 1,282$ untuk VFAD 1 ml, 1,404% vol dengan $\lambda = 1,145$ untuk VFAD 2 ml, 0,823% vol dengan $\lambda = 1,191$ untuk VFAD 3 ml, dan 1,093% vol dengan $\lambda = 1,306$ untuk VFAD 4 ml. pada putaran 4000 rpm untuk masing masing campuran VFAD menghasilkan konsentrasi CO sebesar: 1,538% vol dengan $\lambda = 0,996$ untuk VFAD 1 ml, 2,301% vol dengan $\lambda = 1,001$ untuk VFAD 2 ml,

2,410% vol dengan $\lambda = 0,970$ untuk VFAD 3 ml, 2,682% vol dengan $\lambda = 0,968$ untuk VFAD 4 ml.

Pada putaran maksimal (8000 rpm) menghasilkan konsentrasi CO terbesar untuk masing-masing campuran VFAD yaitu: 3,264% vol dengan $\lambda = 0,861$ untuk VFAD 1 ml, 4,154% vol dengan $\lambda = 0,878$ untuk VFAD 2 ml, 4,354% vol dengan $\lambda = 0,801$ untuk VFAD 3 ml, 4,602% vol dengan $\lambda = 0,808$ untuk VFAD 4 ml, hal ini dikarenakan pada putarn 8000 rpm lamda yang diperoleh kurang dari 1 di masing-masing campuran VFAD yang menandakan campuran kaya. Pada campuran kaya, udara (khususnya oksigen) yang diperoleh sangat sedikit sehingga tidak memenuhi reaksi dengan karbon sehingga menghasilkan CO.

Dari melihat gambar 4 di dapatkan konsentrasi CO terendah dari masing-masing bahan bakar dicapai oleh campuran VFAD 1 ml dikarenakan pada campuran ini sangat ideal yang menghasilkan pembakaran sempurna. Penambahan VFAD lebih dari 1 ml menghasilkan pembakaran kurang sempurna dikarenakan tidak diimbangi dengan pasokan udara yang cukup.

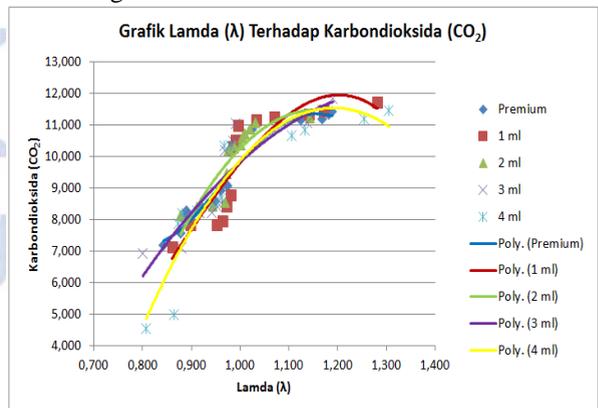
• **Konsentrasi Karbondioksida (CO_2)**

Hasil pengujian karbondioksida dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

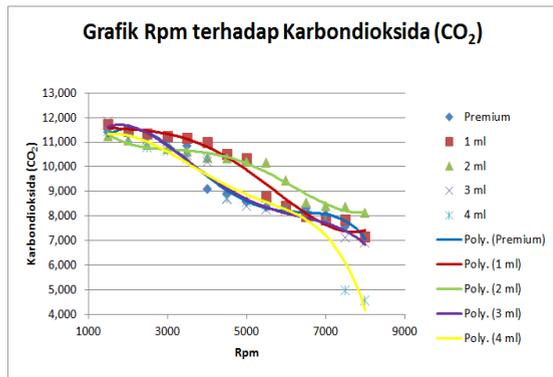
Tabel 3. Konsentrasi karbondioksida

Rpm	Premium		1 ml		2 ml		3 ml		4 ml	
	λ	CO_2 (% vol)								
1500	1,189	11,397	1,282	11,707	1,145	11,230	1,191	11,817	1,306	11,427
2000	1,183	11,337	1,172	11,430	1,033	11,043	1,170	11,440	1,257	11,160
2500	1,168	11,200	1,143	11,323	1,021	10,877	1,140	11,070	1,133	10,807
3000	1,125	11,130	1,071	11,253	1,011	10,697	0,991	11,023	1,107	10,643
3500	1,026	10,857	1,034	11,150	1,006	10,590	0,988	10,467	0,981	10,320
4000	0,974	9,057	0,996	10,980	1,001	10,347	0,970	10,180	0,968	10,317
4500	0,961	8,917	0,992	10,503	0,991	10,327	0,955	8,653	0,964	8,687
5000	0,950	8,560	0,987	10,307	0,979	10,183	0,954	8,393	0,953	8,550
5500	0,925	8,343	0,983	8,753	0,977	10,153	0,943	8,230	0,939	8,480
6000	0,913	8,323	0,974	8,413	0,973	9,437	0,917	8,210	0,912	8,263
6500	0,891	8,270	0,966	7,947	0,971	8,533	0,901	8,170	0,882	8,180
7000	0,887	8,037	0,954	7,837	0,945	8,410	0,888	7,827	0,874	7,880
7500	0,878	7,570	0,899	7,830	0,913	8,380	0,879	7,090	0,864	4,973
8000	0,843	7,183	0,861	7,123	0,878	8,117	0,801	6,913	0,808	4,543

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Lamda terhadap karbondioksida



Gambar 6. Rpm terhadap karbondioksida

Grafik pada gambar 5 berbanding terbalik dengan grafik pada gambar 6. Semakin tinggi konsentrasi CO maka semakin rendah konsentrasi CO₂ dikarenakan apabila terjadi pembakaran sempurna karbon akan terbakar habis dan bereaksi dengan oksigen menghasilkan CO₂.

Dari tabel 3. dapat terlihat bahwa konsentrasi CO₂ untuk bahan bakar Premium pada putaran 1500 rpm sebesar 11,397% vol dengan $\lambda = 1,189$ dan mengalami penurunan terus-menerus sampai pada putaran maksimal yaitu pada putaran 8000 rpm, pada putaran 4000 rpm konsentrasi CO₂ sebesar 9,057% vol dengan $\lambda = 0,974$ dan pada putaran 8000 rpm konsentrasi CO₂ sebesar 7,183% vol dengan $\lambda = 0,843$, besarnya konsentrasi CO₂ berbanding lurus dengan lamda semakin besar lamda yang menandakan campuran miskin, semakin besar pula konsentrasi CO₂ yang dihasilkan dikarenakan udara yang mengandung oksigen cukup untuk memenuhi reaksi dengan karbon sehingga terjadi CO₂.

Pada bahan bakar VFAD masing-masing campuran tidak jauh beda dengan bahan bakar premium. Konsentrasi CO₂ yang di hasilkan dari putaran idle (1500 rpm) sangat tinggi dan bergerak turun seiring dengan naiknya putaran mesin serta turunnya lamda. Pada putaran idle konsentrasi CO₂ yang dihasilkan: 11,707% vol dengan $\lambda = 1,282$ untuk VFAD 1 ml, 11,230% vol dengan $\lambda = 1,145$ untuk VFAD 2 ml, 11,817% vol dengan $\lambda = 1,191$ untuk VFAD 3 ml, dan 11,427% vol dengan $\lambda = 1,306$ untuk VFAD 4 ml. Pada putaran 4000 rpm untuk masing masing campuran VFAD menghasilkan konsentrasi CO₂ sebesar: 10,890% vol dengan $\lambda = 0,996$ untuk VFAD 1 ml, 10,374% vol dengan $\lambda = 1,001$ untuk VFAD 2 ml, 10,180% vol dengan $\lambda = 0,970$ untuk VFAD 3 ml, 10,317% vol dengan $\lambda = 0,968$ untuk VFAD 4 ml.

Pada putaran maksimal (8000 rpm) menghasilkan konsentrasi CO₂ terendah untuk masing-masing campuran VFAD yaitu: 7,123% vol dengan $\lambda = 0,861$ untuk VFAD 1 ml, 8,117% vol dengan $\lambda = 0,878$ untuk VFAD 2 ml, 6,913% vol dengan $\lambda = 0,801$ untuk VFAD 3 ml, 4,543% vol dengan $\lambda = 0,808$ untuk VFAD 4 ml, hal ini dikarenakan pada putarn 8000 rpm lamda yang

diperoleh kurang dari 1 di masing-masing campuran VFAD yang menandakan campuran kaya. Pada campuran kaya, udara (khususnya oksigen) yang diperoleh sangat sedikit sehingga tidak memenuhi reaksi dengan karbon sehingga menghasilkan CO dan sedikit CO₂.

Semakin besar konsentrasi CO₂ yang dihasilkan semakin baik bahan bakar tersebut, dari gambar 5. dapat dilihat bahwa bahan bakar VFAD 1 ml menghasilkan konsentrasi CO₂ terbesar yang menandakan pembakaran sempurna.

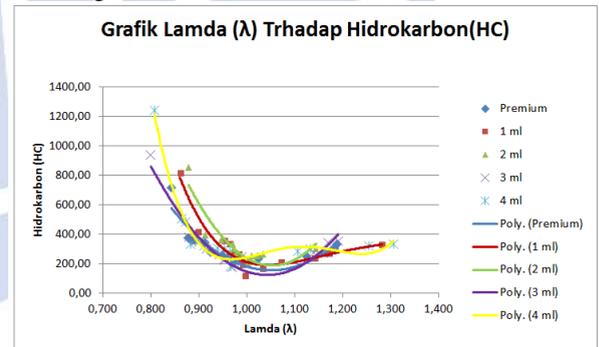
• **Konsentrasi Hidrokarbon (HC)**

Hasil pengujian hidrokarbon dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

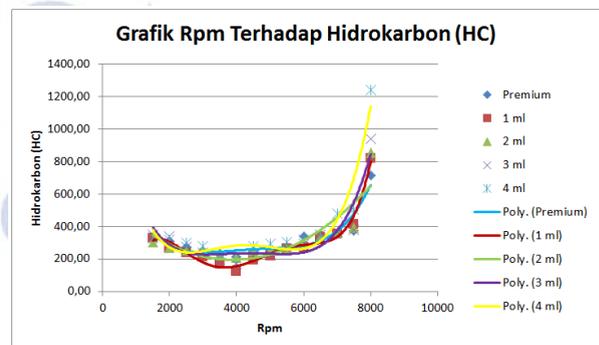
Tabel 4. Konsentrasi Hidrokarbon

Rpm	Premium		1 ml		2 ml		3 ml		4 ml	
	λ	HC (ppm)								
1500	1,189	330,67	1,282	327,67	1,145	304,67	1,191	348,00	1,306	328,00
2000	1,183	306,33	1,172	269,33	1,033	266,33	1,170	339,33	1,257	318,67
2500	1,168	272,00	1,143	237,00	1,021	255,33	1,140	271,33	1,133	295,67
3000	1,125	247,33	1,071	211,33	1,011	253,00	0,991	238,67	1,107	277,67
3500	1,026	232,00	1,034	166,67	1,006	230,33	0,988	199,00	0,981	215,67
4000	0,974	211,67	0,996	122,33	1,001	205,67	0,970	168,67	0,968	173,00
4500	0,961	244,67	0,992	194,00	0,991	248,33	0,955	219,00	0,964	275,67
5000	0,950	254,33	0,987	220,00	0,979	254,33	0,954	223,33	0,953	295,33
5500	0,925	273,67	0,983	263,00	0,977	265,00	0,943	259,33	0,939	301,67
6000	0,913	337,33	0,974	272,33	0,973	299,33	0,917	293,00	0,912	319,67
6500	0,891	354,67	0,966	335,00	0,971	335,00	0,901	346,00	0,882	329,00
7000	0,887	356,00	0,954	354,00	0,945	360,67	0,888	365,67	0,874	476,67
7500	0,878	373,33	0,899	415,33	0,913	394,33	0,879	378,00	0,864	502,33
8000	0,843	713,67	0,861	816,33	0,878	851,67	0,801	936,67	0,808	1240,67

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 7. Lamda terhadap hidrokarbon



Gambar 8. Rpm terhadap hidrokarbon

Konsentrasi HC terjadi dikarenakan pembakaran yang kurang sempurna sehingga bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah ikut keluar bersama gas buang. Konsentrasi HC terendah dicapai pada lamda mendekati 1 yaitu

pada putaran 4000 rpm yang merupakan torsi maksimal pada Motor Hoda Supra X 125.

Pada tabel 4. Menunjukkan bahwa konsentrasi gas buang HC pada putaran 4000 rpm untuk masing-masing bahan bakar sebesar: 211,67 ppm dengan $\lambda = 0,974$ untuk premium, 122,33 ppm dengan $\lambda = 0,996$ untuk VFAD 1 ml, 205,67 ppm dengan $\lambda = 1,001$ untuk VFAD 2 ml, 168,67 ppm dengan $\lambda = 0,970$ untuk VFAD 3 ml, 173,0 ppm dengan $\lambda = 0,968$ untuk VFAD 4 ml. konsentrasi HC ini terenda di masing-masing bahan bakar dikarenakan pembakaran sempurna yang menghasilkan lamda mendekati 1 seperti penjelasan diatas.

Pada putaran *idle* (1500 rpm) konsentrasi HC yang dihasilkan lebih tinggi oleh masing-masing bahan bakar bila dibandingkan dengan putaran 4000 rpm dikarenakan pada putaran *idle* lamda yang di hasilkan lebih dari 1 yang menandakan campuran lebih miskin yaitu kurangnya bahan bakar sehingga terjadi lambatnya rampatan api yang menyebabkan pembakaran kurang sempurna dan bahan bakar tidak terbakar semua yang nantinya ikut keluar dengan gas buang.

Pada putaran *idle* konsentrasi HC yang dihasilkan masing-masing bahan bakar sebesar: 330,67 ppm dengan $\lambda = 1,189$ untuk premium, 327,7 ppm dengan $\lambda = 1,282$ untuk VFAD 1 ml, 304,67 ppm dengan $\lambda = 1,145$ untuk VFAD 2 ml, 348,00 ppm dengan $\lambda = 1,191$ untuk VFAD 3 ml, dan 328,00 ppm dengan $\lambda = 1,306$ untuk VFAD 4 ml.

Pada putaran 4500 rpm keatas untuk masing-masing bahan bakar menghasilkan konsentrasi HC mulai naik kembali seiring bergesernya lamda dari mendekati 1 ke kurang dari 1 yang menandakan campuran kaya hal ini menyebabkan pembakaran kurang sempurna pula dikarenakan piston tidak punya cukup waktu untuk membakar habis seluruh bahan bakar sehingga sebagian bahan bakar ikut keluar bersama gas buang sebelum terbakar di ruang bakar. Sealin itu juga terjadi *overlapping* katup yang besar pada putaran tinggi menyebabkan sebagian campuran udara dan bahan bakar keluar melalui saluran buang.

Pada putaran 4500 rpm menghasilkan konsentrasi HC pada masing-masing putaran sebesar: 244,67 ppm dengan $\lambda = 0,961$ untuk premium, 194,0 ppm dengan $\lambda = 0,992$ untuk VFAD 1 ml, 248,33 ppm dengan $\lambda = 0,991$ untuk VFAD 2 ml, 219,00 ppm dengan $\lambda = 0,955$ untuk VFAD 3 ml, dan 275,67 ppm dengan $\lambda = 0,964$ untuk VFAD 4 ml.

Pada putaran maksimal (8000 rpm) menghasilkan konsentrasi HC tertinggi untuk masing-masing bahan bakar yaitu: 717,67 ppm dengan $\lambda = 0,843$ untuk premium, 816,3 ppm dengan $\lambda = 0,861$ untuk VFAD 1 ml, 851,67 ppm dengan $\lambda = 0,878$ untuk VFAD 2 ml, 936,67 ppm

dengan $\lambda = 0,801$ untuk VFAD 3 ml, 1240,7 ppm dengan $\lambda = 0,808$ untuk VFAD 4 ml, hal ini dikarenakan pada putarn 8000 rpm lamda yang diperoleh jauh kurang dari 1 di masing-masing bahan bakar yang menandakan campuran sangat kaya. Hal ini menyebabkan pembakaran kurang sempurna dikarenakan piston tidak cukup waktu untuk membakar habis bahan bakar dan *overlapping* katup yang besar sehingga bahan bakar yang belum terbakar ikut keluar bersama gas buang.

Pada gambar 8. dapat dilihat konsentrasi HC terendah di hasilkan oleh bahan bakar campuran VFAD 1 ml di karenakan campuran bahan bakar yang ideal sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna. Penambahan VFAD lebih dari 1 ml menghasilkan pembakaran kurang sempurna dikarenakan tidak diimbangi dengan pasokan udara yang cukup.

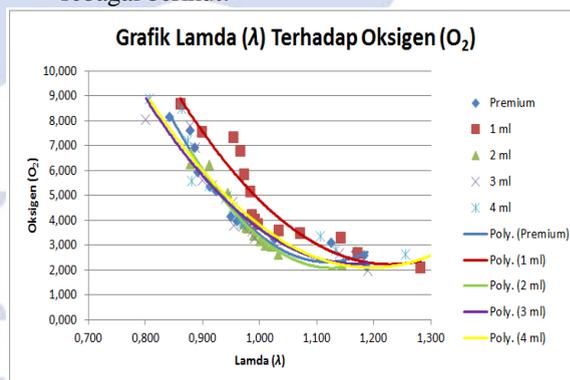
• **Konsentrasi oksigen (O₂)**

Hasil pengujian oksigen dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

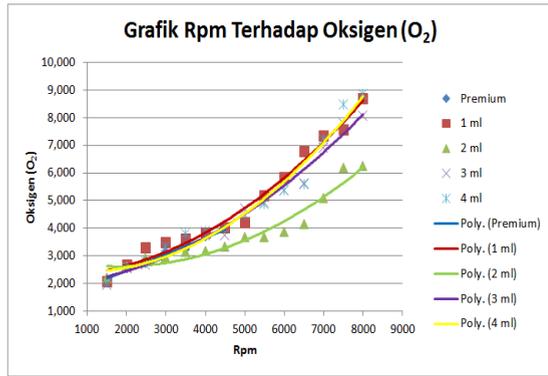
Tabel 5. Konsentrasi oksigen

Rpm	Premium		1 ml		2 ml		3 ml		4 ml	
	λ	O ₂ (% vol)								
1500	1.189	2.133	1.282	2.073	1.145	2.220	1.191	1.947	1.306	2.020
2000	1.183	2.570	1.172	2.680	1.033	2.610	1.170	2.563	1.257	2.583
2500	1.168	2.733	1.143	3.303	1.021	2.913	1.140	2.670	1.133	2.783
3000	1.125	3.097	1.071	3.490	1.011	2.963	0.991	3.263	1.107	3.329
3500	1.026	3.217	1.034	3.607	1.006	3.147	0.988	3.577	0.981	3.790
4000	0.974	3.717	0.996	3.813	1.001	3.170	0.970	3.740	0.968	3.873
4500	0.961	3.973	0.992	4.017	0.991	3.350	0.955	3.747	0.964	3.983
5000	0.950	4.137	0.987	4.203	0.979	3.670	0.954	4.720	0.953	4.490
5500	0.925	5.177	0.983	5.167	0.977	3.693	0.943	4.930	0.939	4.877
6000	0.913	5.350	0.974	5.850	0.973	3.863	0.917	5.363	0.912	5.367
6500	0.891	5.913	0.966	6.760	0.971	4.143	0.901	5.603	0.882	5.573
7000	0.887	6.900	0.954	7.340	0.945	5.077	0.888	6.920	0.874	7.190
7500	0.878	7.580	0.899	7.550	0.913	6.197	0.879	7.777	0.864	8.457
8000	0.843	8.143	0.861	8.697	0.878	6.237	0.801	8.057	0.808	8.847

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 9. Lamda terhadap oksigen



Gambar 10. Rpm terhadap oksigen

Dari tabel 5. dapat terlihat bahwa konsentrasi O₂ untuk bahan bakar Premium pada putaran 1500 rpm sebesar 2,133% vol dengan $\lambda = 1,189$ dan mengalami kenaikan terus-menerus sampai pada putaran maksimal yaitu pada putaran 8000 rpm, pada putaran 4000 rpm konsentrasi O₂ sebesar 3,717% vol dengan $\lambda = 0,974$ dan pada putaran 8000 rpm konsentrasi O₂ sebesar 8,134% vol dengan $\lambda = 0,843$, besarnya konsentrasi O₂ berbanding terbalik dengan lamda semakin besar lamda yang menandakan campuran miskin, semakin kecil konsentrasi O₂ yang dihasilkan dikarenakan udara yang mengandung oksigen cukup untuk memenuhi reaksi dengan karbon sehingga terjadi CO₂.

Pada bahan bakar VFAD masing-masing campuran tidak jauh beda dengan bahan bakar premium. Konsentrasi O₂ yang di hasilkan dari putaran idle (1500 rpm) sangat rendah dan bergerak naik seiring dengan naiknya putaran mesin serta turunnya lamda. Pada putaran *idle* konsentrasi O₂ yang dihasilkan: 2,073% vol dengan $\lambda = 1,282$ untuk VFAD 1 ml, 2,202% vol dengan $\lambda = 1,145$ untuk VFAD 2 ml, 1,947% vol dengan $\lambda = 1,191$ untuk VFAD 3 ml, dan 2,020% vol dengan $\lambda = 1,306$ untuk VFAD 4 ml. Pada putaran 4000 rpm untuk masing masing campuran VFAD menghasilkan konsentrasi O₂ sebesar: 3,813% vol dengan $\lambda = 0,996$ untuk VFAD 1 ml, 3,170% vol dengan $\lambda = 1,001$ untuk VFAD 2 ml, 3,740% vol dengan $\lambda = 0,970$ untuk VFAD 3 ml, 3,873% vol dengan $\lambda = 0,968$ untuk VFAD 4 ml.

Pada putaran maksimal (8000 rpm) menghasilkan konsentrasi O₂ terendah untuk masing-masing campuran VFAD yaitu: 8,697% vol dengan $\lambda = 0,861$ untuk VFAD 1 ml, 6,273% vol dengan $\lambda = 0,878$ untuk VFAD 2 ml, 8,057% vol dengan $\lambda = 0,801$ untuk VFAD 3 ml, 8,847% vol dengan $\lambda = 0,808$ untuk VFAD 4 ml, hal ini dikarenakan pada putarn 8000 rpm lamda yang diperoleh kurang dari 1 di masing-masing campuran VFAD yang menandakan campuran kaya, tetapi piston tidak mendapat cukup waktu untuk membakar semua bahan bakar dan udara atau terjadi *overlapping* sehingga campuran udara

dan bahan bakar sebagian ikut keluar melalui saluran gas buang.

Perbandingan Emisi gas buang yang dihasilkan pada masing-masing bahan bakar pada putaran *idle*

Berdasarkan hasil pengujian gas buang pada masing-masing bahan bakar di putaran *idle* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Hasil pengujian putaran *idle*

Jenis bahan bakar		Emisi gas buang	
		CO (% vol)	HC (ppm)
Ambang batas emisi		4,500	2.000
Kelompok Standart	Premium	1,272	330,67
	VFAD 1 ML	0,514	327,67
Kelompok Experiment	VFAD 2 ML	1,404	304,67
	VFAD 3 ML	0,823	348,00
	VFAD 4 ML	1,093	328,00

Berdasarkan hasil pengujian emisi gas buang pada masing-masing bahan bakar menunjukkan bahwa kedua kelompok baik standart maupun experiment tidak melampaui ambang batas sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor, yaitu untuk konsentrasi CO maksimal 4,5% vol dan HC sebesar 2000 ppm pada putaran *idle* untuk sepeda motor 4 langkah tahun pembuatan ≥ 2010 .

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan tentang pengujian emisi gas buang menggunakan VFAD sebagai campuran premium bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Perbandingan penggunaan campuran VFAD terhadap kadar emisi gas buang pada Sepeda Motor Supra X 125 2010 berdasarkan hasil pengujian menunjukkan emisi gas buang yang dihasilkan premium di tambah VFAD 1 ml lebih ramah lingkungan dari pada premium murni maupun premium dengan campuran VFAD 2 ml, 3 ml dan 4 ml.
- Perbandingan hasil pengujian emisi gas buang beracun (CO dan HC) pada putaran 4000 dimana terjadi torsi maksimal dan menghasilkan emisi gas buang paling rendah untuk semua konsentrasi, Campuran VFAD 1 ml lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar yang lain yaitu konsentrasi CO sebesar 1,538% vol dan HC 122,3 ppm dan sisusul oleh VFAD 2 ml, VFAD 3 ml, Premium murni dan VFAD 4 ml, adapun konsentrasinya berturut-turut sebagai berikut: CO sebesar 2,301% vol dan HC 205,67 ppm untuk VFAD 2 ml, CO sebesar 2,410% vol dan HC 168,67 ppm untuk VFAD 3 ml, CO sebesar 2,501% vol dan HC 211,67 ppm untuk Premium, CO sebesar 2,682% vol dan HC 173,00 ppm untuk VFAD 4 ml. Pada pengujian putaran *idle* semua bahan bakar menghasilkan konsentrasi CO dan HC dibawah ambang batas maksimal

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor, yaitu untuk konsentrasi CO sebesar 4,5% vol dan HC sebesar 2000 ppm pada putaran *idle* untuk sepeda motor 4 langkah tahun pembuatan \geq 2010.

Mathur, M.L dan Sharma L, (1975) Internal Combustion Engine. New York: Mac Graw-Hill Book Company, Inc, PP.15

Warju. 2009. Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor. Edisi Pertama. Surabaya: Unesa University Press

Saran

Dari serangkaian hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Pada penelitian ini tidak dilakukan perubahan rasio kompresi dan waktu pengapian, sehingga diharapkan ada penelitian lanjutan dengan menggunakan modifikasi mesin yang meliputi perbandingan rasio kompresi dan waktu pengapian. Hal ini dilakukan agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
- Sesuai dengan hasil penelitian diatas maka penulis menyarankan penggunaan campuran VFAD 1 ml sebagai bahan bakar pada Sepeda Motor Supra X 125 tahun 2010.
- Penelitian lanjutan dengan varabel VFAD antara 1,2 ml, 1,4 ml, 1,6 ml dan 1,8 ml sehingga mendapatkan campuran yang lebih ideal.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. ISO 3930, <http://googlesearch.com/iso3939> diakses tanggal 13 Februari 2013

Anonim. Penjualan motor 2010 diperkirakan capai 7,2 juta unit
<http://www.tempo.co/read/news/2010/11/16/171292176/Penjualan-Motor-2010-Diperkirakan-Capai-72-Juta-Unit> diakses 13 Februari 2013

Anonim. Polusi di kota surabaya dinilai sudah mengkhawatirkan.
<http://surabaya.detik.com/read/2007/06/27/114929/798335/466/polusi-di-kota-surabaya-dinilai-sudah-mengkhawatirkan>. Diakses 13 Februari 2013

Anonim. SNI 19-7118.3-2005, <http://googlesearch.com/SNI19-7118.3-2005> diakses tanggal 13 Februari 2013

Anonim. Surabaya peringkat ketiga kota berpolusi di Asia, (*online*),
http://wwwnew.menlh.go.id/home/index.php?option=com_content&view=article&id=3999:Antara:-SURABAYA-PERINGKAT-KETIGA-KOTA-BERPOLUSI-DI-SIA&catid=43:berita&Itemid=73&lang=id diakses 13 Februari 2013.

Kepmen LH. No 05. (2006). Tentang Ambang Batas Emisi Gasbuang Kendaraan Bermotor.