

PENGUKURAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR *BIOFUEL* (PREMIUM dan BIOETANOL) TERHADAP KINERJA MESIN BENSIN 4 TAK

Ika Kusuma Nugeraheni¹, Muhammad Murviko Almahul Pratama²

¹) Staf Pengajar Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut

²) Alumni Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut

Email : ika.kusuma.n@politala.ac.id

m.murviko.politala@gmail.com

Naskah diterima: 1 April 2018 ; Naskah disetujui: 22 Mei 2018

ABSTRAK

Keterbatasan dan ketergantungan mengakibatkan kelangkaan bahan bakar minyak dan kualitas udara yang semakin memburuk memberikan pengaruh terhadap kehidupan. Meningkatnya volume kendaraan menambah kedua permasalahan menjadi semakin parah. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan bahan bakar alternatif yaitu Bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase penambahan bioetanol pada premium agar menghasilkan emisi gas buang yang ramah lingkungan serta konsumsi bahan bakar yang rendah. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah bioetanol 96% yang terbuat dari umbi kayu, premium murni serta kendaraan Honda Supra x 125cc tahun pembuatan 2010 yang masih menggunakan karburator. Penelitian ini menggunakan varian bahan bakar yaitu BE0, BE2, BE3, BE5, BE10, BE15, BE20, BE25 dan BE30 selain itu juga menggunakan variasi putaran mesin idle, 1000 dan 1400 rpm. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh pencampuran bioetanol pada premium terhadap kandungan emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar. Emisi gas buang terbaik pada putaran mesin 500 rpm berada pada bahan bakar BE2, bahan bakar BE10 pada putaran mesin 1000 dan Bahan bakar BE20 pada putaran mesin 1400 rpm. Konsumsi bahan bakar terendah pada putaran mesin 500 rpm pada bahan bakar BE25, putaran mesin 1000 pada bahan bakar BE10 dan pada putaran mesin 1400 pada bahan bakar BE30. Penambahan bioetanol minimal 20% dapat menghasilkan emisi gas buang yang baik dan konsumsi bahan bakar yang rendah.

Kata Kunci : Bioetanol, Emisi gas buang, Konsumsi bahan bakar, Putaran mesin

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara di Dunia yang memiliki ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang digunakan untuk alat-alat industri dan alat transportasi. Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui dengan waktu yang singkat memerlukan jutaan tahun untuk memperbarui bahan bakar tersebut.

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang terbuat dari hasil fermentasi tanaman yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme (Karta dkk, 2015). Dari penelitian Agrariksa dkk (2013) yang sudah dilakukan pada kendaraan Yamaha Vega R-110 dan menggunakan campuran etanol kadar 96% dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 50%. Penambahan Etanol mampu menciptakan pembakaran yang lebih sempurna.

Pada hal ini terbukti dengan penurunan nilai emisi gas buang CO dan peningkatan emisi CO₂ pada campuran 25% (Agrariksa dkk, 2013). Berdasarkan latar belakang tersebut penulis mencoba melakukan penelitian mengenai Konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan dari pencampuran bahan bakar premium dengan bioetanol.

TINJAUAN PUSTAKA

Motor Bensin

Motor bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik (*mechanic*).

Dasar Kerja Motor Empat Langkah

Motor empat langkah ialah motor yang setiap siklus kerjanya diselesaikan dalam empat kali gerak bolak balik langkah piston atau dua kali

putan poros engkol (*crank shaft*). langkah kerja, dan langkah buang. Dapat jelasnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Langkah isap
Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Katup hisap dibuka dan katup buang ditutup, karena terjadi tekanan *negative/vacuum* dalam silinder; selanjutnya campuran udara dan bahan bakar terisap masuk melalui katup isap untuk mengisi ruang silinder.
2. Langkah kompresi
Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Katup isap dan katup buang tertutup. Pada proses ini campuran bahan bakar dan udara ditekan atau kompresi, akibatnya tekanan dan temperaturnya naik sehingga akan memudahkan proses pembakaran.
3. Langkah kerja
Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap dan katup buang masih tertutup. Sesaat piston menjelang titik mati atas, busi pijar menyalakan percikan api seketika campuran bahan bakar dan udara terbakar secara cepat berupa ledakan. Dengan terjadinya ledakan, maka menghasilkan tekanan sangat tinggi untuk mendorong piston ke bawah, sebagai tenaga atau usaha yang dihasilkan mesin.
4. Langkah buang
Piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Pada proses ini gas yang telah terbakar dibuang oleh dorongan piston keatas dan selanjutnya mengalir melalui katup buang. Pada posisi ini poros engkol telah berputar dua kali putaran penuh dalam satu siklus dari empat langkah (Hidayat, 2012:16-18).

Konsumsi Bahan Bakar

Pemakaian bahan bakar (FC) adalah jumlah setiap bahan bakar yang dikonsumsi pada setiap satuan waktu tertentu. Bila dalam pengujian digunakan bahan bakar v (ml), dalam waktu t menit, maka :

$$\text{Fuel Consumption (FC)} = \frac{V_f \times 3600}{t \times 1000}$$

Keterangan :

FC= Konsumsi bahan bakar (L/Jam)

V_f = Konsumsi bahan bakar selama t detik (ml)

t = Interval waktu pengukuran konsumsi bahan bakar (detik)

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran

adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Pengerjaan penelitian dilakukan dari bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2017. Adapun tempat penelitian yaitu workshop Politeknik Negeri Tanah Laut.

Alat Penelitian

1. Botol kaca bening modifikasi
2. *Automotive Gas Analyzer* merk *Multipegaso*,
3. *Tachometer*
4. Obeng
5. Kunci pas ring ukuran 14 dan 19.

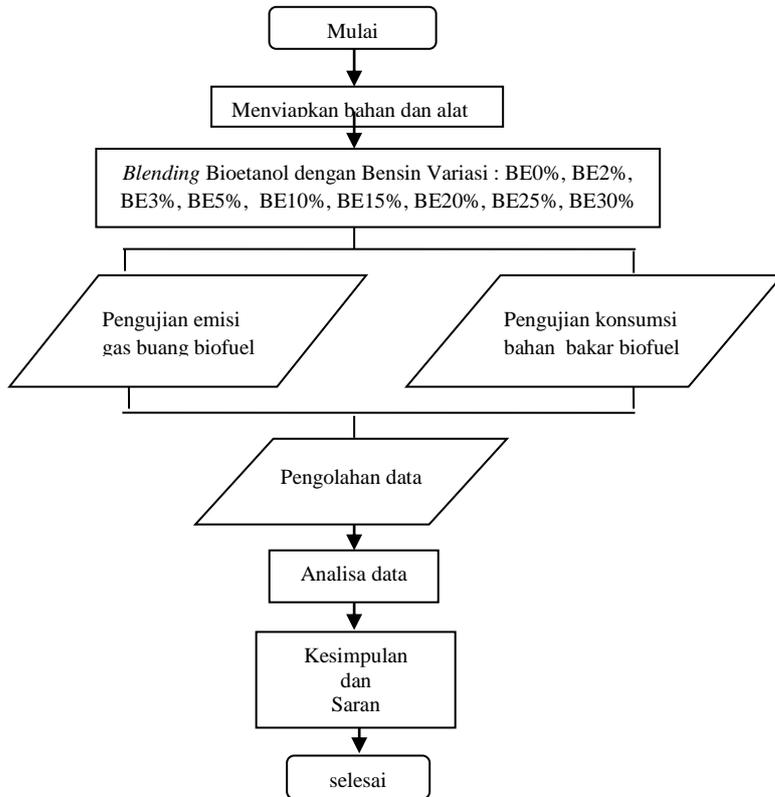
Bahan Penelitian

1. Sepeda motor Honda Supra X 125 cc tahun 2010.
2. Bioetanol dengan kadar 96% bahan umbi kayu
3. Premium

Prosedur Penelitian

1. Mempersiapkan Alat dan Bahan
2. Memastikan kendaraan dalam kondisi baik
3. Lakukan percampuran bahan bakar BE0% hingga BE30%
4. Melepas rantai kendaraan
5. hidupkan mesin dengan kondisi idle 3-5 menit agar mendapatkan suhu kerja mesin
6. Mengukur RPM mesin dengan alat *tachometer* untuk menentukan RPM yang akan digunakan
7. Menghidupkan alat uji emisi sesuai prosedur
8. Memasang gas prop pada kendaraan, masukkan minimal 30 cm pada knalpot kendaraan
9. Memasukkan campuran dari BE0 hingga BE30 pada gelas kaca, menghidupkan kendaraan dan menyalakan *stopwatch*.
10. Melakukan pengukuran emisi gas buang pada kendaraan pada campuran BE0 hingga BE30 sesuai prosedur penggunaan alat uji Emisi.
11. Mencatat hasil uji emisi pada setiap campuran yang terukur oleh alat uji dan mencatat waktu konsumsi bahan bakar.
12. Mematikan alat uji emisi apabila telah melakukan pengujian di setiap campuran
13. Bersihkan, simpan alat dan bahan ke tempat semula
14. Melakukan analisa hasil uji emisi dan konsumsi bahan bakar
15. Menentukan hasil uji emisi yang paling sempurna dan yang paling efisiensi bahan bakar

16. Menyimpulkan hasil dari pengujian emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Hasil pengujian Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar Biofuel

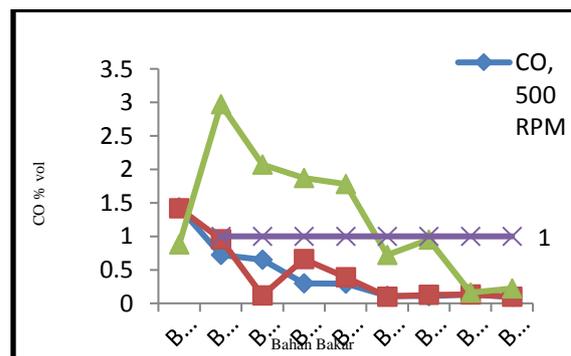
Variasi RPM	Campuran (%) Bioetanol	Hasil Emisi Gas buang					Konsumsi Bahan Bakar (ml/s)
		CO	CO ₂	HC	Lambda	O ₂	
500	BE0%	1,4333	3,5000	229,00	2,7883	14,0000	0,1922
	BE2%	0,7233	4,0667	252,33	2,9553	14,4667	0,1565
	BE3%	0,6533	4,0667	261,00	3,3490	14,5667	0,1867
	BE5%	0,3033	3,4000	594,33	3,5423	15,4333	0,1867
	BE10%	0,2933	3,4667	540,00	3,5933	15,6333	0,1812
	BE15%	0,1133	3,1667	893,67	3,8383	16,2667	0,1510
	BE20%	0,1067	3,2333	813,67	3,7923	15,9333	0,1761
	BE25%	0,1300	3,4000	986,33	3,5230	15,7667	0,1471
	BE30%	0,0967	3,3667	1038,33	3,5287	15,7333	0,1629

1000	BE0%	1,4233	4,7000	172,67	2,3447	12,8667	0,2488
	BE2%	0,9567	4,5333	126,67	2,6713	13,7333	0,2628
	BE3%	0,1167	3,6000	610,00	3,5713	15,4667	0,3927
	BE5%	0,6633	4,7667	128,33	2,6503	13,4000	0,2755
	BE10%	0,3900	5,1667	143,00	2,6100	13,2667	0,2293
	BE15%	0,1000	4,3333	424,67	3,0933	14,5000	0,2571
	BE20%	0,1267	3,7333	687,67	3,4050	15,3000	0,3699
	BE25%	0,1333	3,9000	582,33	3,3513	15,1667	0,2693
	BE30%	0,1000	3,9333	481,00	3,3780	15,0667	0,2553
	1400	BE0%	0,8833	3,9667	684,33	2,9550	14,7667
BE2%		2,9767	4,0000	369,00	1,9463	11,9667	0,3830
BE3%		2,0767	3,6667	222,33	2,4033	13,2333	0,5143
BE5%		1,8767	4,4333	223,00	2,2560	12,8667	0,4000
BE10%		1,7867	3,4667	230,67	2,6103	13,4667	0,4408
BE15%		0,7200	4,8667	154,67	2,5697	13,2667	0,4235
BE20%		0,9500	4,7000	120,00	2,5467	13,2333	0,3913
BE25%		0,1600	4,9000	172,67	2,8527	13,8000	0,4696
BE30%	0,2233	5,1333	218,33	2,6747	13,3667	0,3686	

Tabel 4.2 Standar Internasional Emisi Gasoline

Kandungan Emisi	CO (% Vol)	HC (ppm vol)	CO ₂ (% Vol)	O ₂ (% Vol)	Lambda (% Vol)
Standar Internasional	1.0	360	13.8	0.8	1.00

a. Karbonmonoksida (CO)



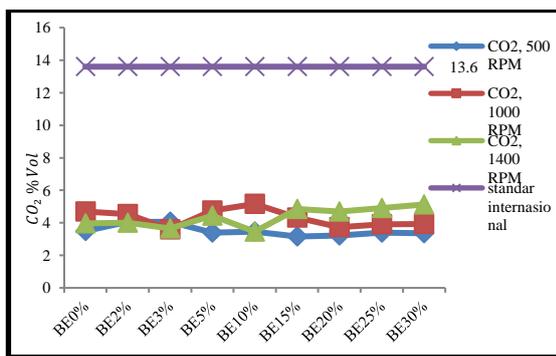
Gambar 2 Grafik CO pada setiap campuran dan RPM

Pada Gambar 2 menunjukkan Grafik setiap putaran mesin cenderung mengalami penurunan saat bertambahnya campuran apabila dibandingkan dengan standar internasional bahan bakar yang memenuhi standar pada rpm 500, rpm 1000 yaitu pada BE3 hingga BE30 sedangkan pada putaran mesin 1400 berada pada bahan bakar BE15 hingga

BE30. Gas karbonmonoksida adalah gas yang relative tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Karbon monoksida, dapat diubah dengan mudah menjadi CO₂ dengan bantuan sedikit oksigen dan panas. Apabila AFR sedikit saja lebih kaya maka emisi CO akan naik secara drastis. Jadi tingginya angka CO menunjukkan bahwa AFR terlalu kaya karena udara lebih sedikit dibandingkan bahan bakar sehingga bahan bakar tidak semua berikatan dengan udara menyebabkan tidak terjadi pembakaran sempurna dan CO terdeteksi pada ujung knalpot. Sedangkan pada AFR terlalu miskin yaitu berlimpahnya udara menjadikan konsentrasi CO berbanding lurus dengan campuran bahan bakar dan udara yang di hisap sehingga kadungan CO pada emisi akan menurun karena oksigen cukup untuk memenuhi bahan bakar sehingga terjadi reaksi kimia dengan berubah bentuk menjadi karbondioksida (CO₂) pada ujung knalpot. Miskin dan kaya AFR ini bisa disebabkan antara lain karena, filter udara yang kotor, karburator yang kotor atau setelahnya yang tidak tepat.

Apabila dibandingkan dengan penelitian Nugraheni dan Haryadi (2017) yang menggunakan campuran bahan bakar etanol murni dengan premium pada putaran mesin idle kadungan emisi gas buang CO relative naik dengan bertambahnya etanol sedangkan pada penelitian menggunakan bahan bakar bioetanol semakin bertambahnya bioetanol kandungan emisi CO cenderung menurun.

b. Karbondioksida (CO₂)

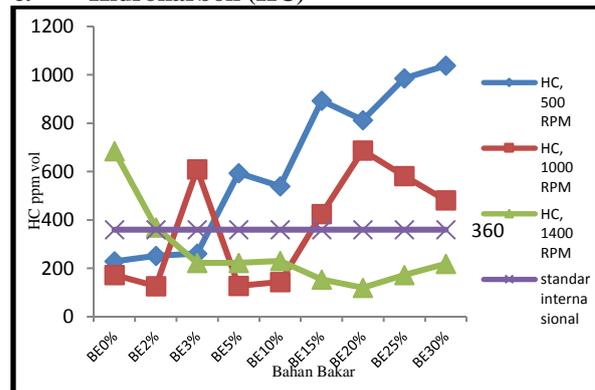


Gambar 3 grafik CO₂ pada setiap campuran dan RPM

Pada Gambar 3 Emisi Gas Buang CO₂ Apabila dibandingkan dengan standar internasional maka kadungan CO₂ yang dihasilkan dengan penambahan bioetanol pada premium maka semua menghasilkan emisi dibawah standar, namun dengan bertambahnya putaran mesin menghasilkan emisi CO₂ yang cenderung meningkat sehingga mendekati standar emisi CO₂ yang ditetapkan sedangkan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan penambahan etanol kadungan emisi

CO₂ dengan bertambahnya etanol emisi yang dihasilkan semakin turun. Konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status proses pembakaran diruang bakar. semakin tinggi CO₂ maka pembakaran semakin baik apabila AFR berada pada angka ideal namun apabila AFR terlalu kurus maka atau terlalu kaya maka CO₂ akan turun secara drastis.

c. Hidrokarbon (HC)



Gambar 4 Grafik HC pada setiap campuran dan RPM

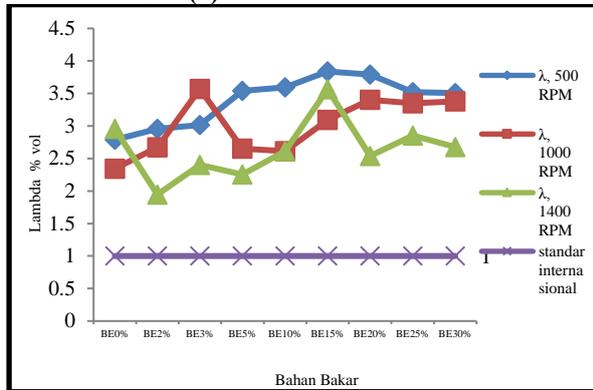
Pada Gambar 4 menunjukkan data besarnya kadar HC yang terkandung dalam emisi gas buang yang dihasilkan setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.

Apabila bandingkan dengan standar Emisi HC maka pada RPM 500 dan 1000 setiap campuran bakar bakar emisi yang dihasilkan cenderung meningkat, namun berbanding terbalik dengan RPM 1400 dengan bertambahnya campuran maka dihasilkan konsentrasi HC yang semakin menurun ini membuktikan dengan peningkatan putaran mesin maka akan menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan etanol, pada penelitian tersebut pada campuran E5 hingga E15 HC menurun sedangkan pada E20 HC meningkat (Nugraheni dan Haryadi, 2017).

HC merupakan gas buang yang diakibatkan bahan bakar yang tidak ikut terbakar. HC merupakan bagian dari bensin yang dilepas ke udara bebas dalam bentuk tidak terbakar atau terpecah dengan tidak sempurna penyebabnya salah satunya adalah turunnya suhu akibat rendahnya bensin. HC tertinggi pada grafik tersebut adalah pada bahan bakar BE0 sebesar 229 ppm diputaran 500 rpm sedangkan BE20 menghasilkan HC lebih rendah 109 ppm atau sebesar 120 ppm, hal ini menunjukkan bahwa pada putaran rendah AFR tidak ideal sehingga rambatan bunga api jadi melambat menyebabkan kurangnya pasokan bahan bakar atau tidak semua bahan bakar bereaksi dengan oksigen akibat terlalu banyak bahan bakar mengakibatkan konsentrasi hidrokarbon naik

karena hidrokarbon tidak terbakar sempurna dan ikut keluar bersama sisa pembakaran ke udara bebas.

d. Lambda (λ)



Gambar 5 Grafik lambda pada setiap campuran dan RPM

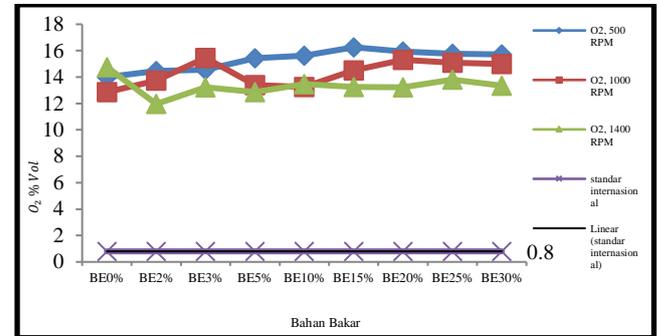
Perhatikan Gambar 5 pada kolom ke empat di emisi gas buang menunjukkan besarnya nilai lambda di setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran. Pada bahan bakar BE0 hingga bahan bakar BE15 pada putaran mesin 500 rpm mengalami peningkatan lambda dan mengalami penurunan kembali dimulai dari bahan bakar BE15 hingga BE30 pada setiap variasi bahan bakar. pada putaran 1000 rpm variasi bahan bakar mengalami kenaikan dan penurunan disetiap 2-3 variasi bahan bakar begitu juga pada putaran 1400 rpm mengalami kenaikan dan penurunan 2-3 variasi bahan bakar.

Apabila dibandingkan dengan standar emisi lambda maka belum mencapai standar emisi, namun dengan semakin tinggi putaran mesin maka konsentrasi lambda semakin mendekati pada standar, pada rpm 1400 yang mendekati standar lambda berada pada bahan bakar BE2 yaitu sebesar 1.9463 %vol. Pada grafik tersebut menunjukkan semakin tinggi putaran mesin maka nilai lambda semakin menurun, tingginya nilai lambda menandakan campuran terlalu kurus karena homogenitas campuran juga kurang baik ditambah lagi bioetanol mengandung oksigen menyebabkan campuran menjadi lebih kurus seiring semakin banyak bioetanol yang ditambahkan ke ruang bakar.

Pada putaran mesin yang lebih tinggi, nilai lambda relative menurun disebabkan oleh viskositas atau kekentalan bahan bakar menurun karena putaran mesin yang semakin tinggi menyebabkan suhu mesin meningkat pula. Viskositas yang menurun menyebabkan bahan bakar mudah untuk dikabutkan sehingga campuran dan lambda menjadi lebih ideal pada putaran yang lebih tinggi. pada penelitian sebelumnya yang menggunakan etanol memiliki nilai lambda sama yaitu 2,00.

e. Oksigen (O_2)

Perhatikan pada Gambar 6 menunjukkan data besarnya kadar O_2 yang terkandung dalam emisi gas buang yang dihasilkan oleh setiap variasi bahan bakar pada setiap putaran.



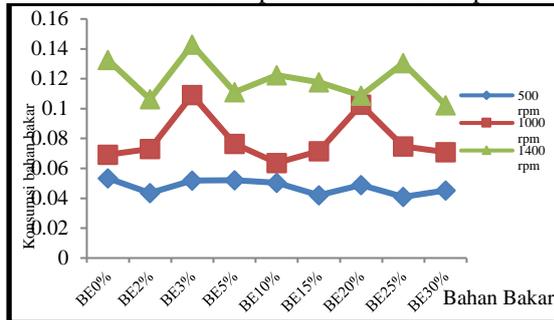
Gambar 6 grafik O_2 pada setiap campuran dan RPM

pada putaran mesin 500 rpm menghasilkan O_2 terendah berada pada bahan bakar BE0 yaitu sebesar 14,0000 %vol, pada putaran mesin 1000 rpm menghasilkan O_2 terendah yaitu pada bahan bakar BE0 sebesar 12,8667 %vol sedangkan pada putaran 1400 menghasilkan O_2 terendah pada bahan bakar BE2 sebesar 11,9667 %vol. apabila dibandingkan dengan standar maka emisi yang dihasilkan belum mencapai standar. Konsentrasi O_2 semakin kecil dengan bertambahnya putaran mesin ini mengindikasikan bahwa terjadi AFR yang tidak ideal pada proses pembakaran salah satu penyebabnya adalah oksigen tidak mencukupi semua molekul. Konsentrasi O_2 semakin bertambah menunjukkan berlimpahkan O_2 pada ruang bakar sehingga tidak semua berikatan dengan bahan bakar, dan ikut terbuang ke udara bebas. Dengan bertambahnya putaran mesin kondisi Oksigen menunjukkan bertambah baiknya emisi yang dihasilkan, namun masih belum memenuhi standar emisi gas buang oksigen yang harus terbuang ke udara bebas. pada penelitian sebelumnya yang menggunakan campuran etanol memiliki emisi O_2 terendah yaitu pada campuran E10 sebesar 13,00.

Konsumsi Bahan Bakar

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan besar konsumsi bahan bakar 30 ml dengan bahan bakar BE0 atau premium murni hingga BE30 yaitu premium dengan campuran Bioetanol 30%. Pada putaran mesin 500 rpm konsumsi bahan bakar BE0 hingga BE30 mempunyai grafik konsumsi bahan bakar yang cenderung naik dan turun, pada semua campuran bahan bakar yang mempunyai konsumsi bahan bakar terendah yaitu pada campuran BE25 dengan waktu konsumsi yaitu 0.147 ml/s dan

tertinggi yaitu pada bahan bakar BE0 dengan waktu konsumsi 0.192 ml/s diputar mesin 500 rpm.



Gambar 7 Grafik hasil pengujian besar konsumsi bahan bakar

Pada putaran mesin 1000 rpm konsumsi bahan bakar terendah pada bahan bakar BE10 dengan waktu konsumsi bahan bakar yaitu 0.229 ml/s dan konsumsi bahan bakar tertinggi yaitu pada bahan bakar BE3 dengan waktu konsumsi bahan bakar 0.392 ml/s. Pada putaran mesin 1400 rpm konsumsi bahan bakar terendah dimiliki oleh bahan bakar BE30 0.368 ml/s, sedangkan konsumsi bahan bakar tertinggi yaitu dimiliki oleh bahan bakar BE3 dengan waktu konsumsi yaitu 0.514 ml/s. Disimpulkan bahwa penambahan bioetanol 25%-30% memiliki konsumsi bahan bakar lebih rendah dibandingkan dengan premium murni.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang di hasilkan dari pengujian bahan bakar biofuel, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari lima kandungan emisi gas buang dengan bahan bakar campuran yang diujikan pada sepeda motor Supra X 125 tahun 2010, maka hasil yang mendekati didapat pada putaran mesin 500 rpm dengan campuran bahan bakar BE2, kemudian pada putaran mesin 1000 rpm dengan campuran bahan bakar BE10 dan putaran mesin 1400 rpm dengan campuran BE20 yang hasil tersebut menyesuaikan dari standar internasional emisi gas buang.
2. Konsumsi bahan bakar terendah saat putaran mesin 500 rpm yaitu pada bahan bakar BE25, putaran mesin 1000 rpm bahan bakar BE10 dan putaran mesin 1400 pada bahan bakar BE30.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Agrariksa, dkk. 2013. Uji Performansi Motor bakar Bensin (*On Chassis*) Menggunakan Campuran Premium dan Etanol. Jurnal keteknikan tropis dan biosistem, vol. 1, No 2, abstrak.
[2] Badan Pusat Statistik, 2013. Laju Pertumbuhan Penduduk menurut Provinsi.

2013. Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) 1996-2012 .
[3] Departemen energi dan sumber daya mineral republik indonesia direktorat jenderal minyak dan gas bumi. Keputusan direktur jenderal minyak dan gas bumi nomor: 23204.k/10/djm.s/2008
[4] Nugraheni, I.K, dan Haryadi R, 2017. Pengujian emisi gas buang motor bensin empat tak satu silinder menggunakan campuran bahan bakar premium dengan etanol. Jurnal Elemen, Vol. 4, No.1.
[5] Hidayat, 2012. Motor Bensin Modern. Jakarta : Rineka Cipta.
[6] Ismiyati, dkk. 2014. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. Jurnal manajemen transportasi dan logistic, Vol 1, No 3, abstrak.
[7] Karta, dkk. 2015. Pembuatan bioetanol dari alga *Codium geppiorum* dan pemanfaatan batu kapur nusa penida teraktivasi untuk meningkatkan kualitas bioetanol. Cakra kimia (Indonesian E-journal of applied chemistry), vol. 3, No. 2, abstrak.
[8] Kholidah, 2014. Pengaruh perbandingan campuran bioetanol dan gasoline terhadap karakteristik gasohol dan kinerja mesin kendaraan bermotor. Program studi sarjana teknik energi politeknik negeri sriwijaya : Palembang.
[9] Mailool, dkk. 2013. Produksi bioetanol dari singkong (*manihot utilissima*) dengan skala laboratorium. Jurnal teknik pertanian fakultas pertanian universitas sam ratulangi.
[10] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 23 tahun 2012. Tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.
[11] Saputra, dkk. 2014. Kaji eksperimental emisi gas buang motor bakar bensin dengan bahan bakar premium dan campuran premium – bioetanol (Gasohol BE -35 dan BE – 40) yang ramah lingkungan. abstract of undergraduate research, faculty of industrial technology, bung hatta university, vol 4, no 2
[12] Utomo dan palupi, 2013. Pengaruh penambahan pupuk npk pada fermentasi umbiganyong (*canna edulis kerr*) untuk menghasilkan bioetanol sebagai extender premium. Jurnal teknik mesin, Vol. 02 No. 02, hal. 8-15.
[13] Winarno, 2014. Studi emisi gas buang kendaraan bermesin bensin pada berbagai merk kendaraan dan tahun pembuatan. Jurnal teknik, Universitas Janabadra.
[14] Wiratmaja, 2010. Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 4, No.2. (145-154)