

Penggunaan Bioetanol Sebagai Alternatif Campuran Bahan Bakar Pada Mesin Otto

Agus Harijono, Bambang Hertomo, Kasijanto

Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Jl. Soekarno Hatta No.9, Kota Malang, Jawa Timur 65141

e-mail : ahartmi07@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan bahan bakar fosil untuk penggerak kendaraan bermotor semakin menipis, akibat bertambah kendaraan yang beroperasi di jalan raya, sehingga perlu pemikiran energy terbarukan lai sebagai alternatif penggantinya, Alternatif tumbuhan yaitu singkong sebagai sumber energi sebagai penggantinya perlu pemikiran lanjut. Bioethanol dari singkong ini dilakukan dengan proses fermentasu selama 5 hari dengan dicampu ragi, Tujuan menentukan daya dan torsi terbesar serta sfc terkecil saat menggunakan campuran bioetanol E10, E15 dan E20 dengan pertalite. Metode pengujian daya dan torsi sesuai standar ISO 1585 untuk mendapatkann data, selanjutnya diolah menggunakan statistik. Variabel tetapnya bioetanol (E10, E15 dan E20). Variabel berubahnya daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) dan putaran mesin. Hasil daya terbesar saat menggunakan E10 sebesar 6,67hP dan torsinya 6,58hP sedang untuk E15 dayanya sebesar 6,10hP torsinya 6,22Nm serta untuk E-20 dayanya 6,18hP torisnya 6,36Nm. Sfc terkecil untuk E10 sebesar 0,0120kg/hP.jam dan untuk E15 sebesar 0,0232kg/hP.jam serta untuk E20 sebesar 0,202kg/hp.jam.

Kata kunci: bioetanol, daya, konsumsi bahan bakar

Abstract

The availability of traditional fuels for driving motorized vehicles is running low, due to the increasing number of vehicles operating on the highway, so it is necessary to think about other renewable energy as an alternative replacement. Namely cassava plants as an alternative energy sources as a replacement needs to be thought further. This bioethanol from cassava is obtained through a fermentation process for 5 days mixed with yeast. The aim is to determine the biggest power and torque as well as the smallest SFC when pertalite is mixed with bioethanol E10, E15 and E20. The power and torque testing method is according to ISO 1585 standard to obtain data, then it is processed statistically. The fixed variable is bioethanol (E10, E15 and E20). Free variable is changes in power, torque, specific fuel consumption (SFC) and engine speed. The biggest power is 6.67hP reached when using the E10 while the torque is 6.58hP, when using the E15 the power is 6.10hP and the torque is 6.22Nm then for the E-20 the power is 6.18hP the torque is 6.36Nm. The smallest SFC is 0.0120kg / Hp.hour for E10 and 0.0232kg / hP.hours for E15 then 0.202kg / hp.h for E20.

Keywords : bioethanol, power, fuel consumption

1. Pendahuluan

Peningkatkan kinerja mesin Otto yang selanjutnya disebut dengan motor bakar dilakukan dengan memperbaiki pada saat sebelum pembakaran berlangsung (*before burning*), pada saat proses pembakaran berlangsung (*burning*) dan setelah pembakaran berlangsung (*after burning*).

Penelitian mengenai penggunaan bioetanol untuk campuran bahan bakar motor bensin telah dilakukan oleh [1]. Dalam penelitian ini dilakukan pencampuran bahan bakar premium dengan etanol sebesar 5%, 10%, 15%, 20% serta dilakukan pengujian motor bakar pada putaran tinggi, dengan objek motor bakar empat langkah. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa penambahan etanol memberikan torsi yang lebih besar dibandingkan bahan bakar premium murni tanpa campuran. Penelitian lain yang dilakukan oleh [2], dengan judul "Kajian perbandingan premium-etanol dengan pertamax pada motor 4 langkah 225cc" memberikan kesimpulan bahwa pertamax menghasilkan torsi dan daya tertinggi. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa bahan bakar premium dengan campuran 5% etanol menghasilkan daya dan torsi mendekati pertamax, dan bahan bakar premium dengan campuran 15% etanol memiliki nilai oktan yang sebanding dengan pertamax.

Penelitian [3] yang berjudul "Perbandingan premium-etanol dengan pertamax plus pada motor 4 langkah 225cc" menyimpulkan bahwa campuran premium dengan 5% etanol menghasilkan daya dan torsi sebanding dengan bahan bakar pertamax plus. [4] dalam penelitiannya tentang pemanfaatan etanol sebagai octane improver pada sepeda motor 4 langkah 1 silinder", menyimpulkan bahwa pengaruh penambahan etanol 5%, 10%, 15% dan 20% dalam bahan bakar premium dapat meningkatkan daya motor mesin 4 langkah satu silinder.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan daya dan torsi terbesar serta konsumsi bahan bakar terkecil pada motor bakar 4-langkah 97cc pada saat menggunakan campuran bioetanol 10%, 15% dan 20% dengan pertalite.

2. Metodologi

2.1. Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi antara udara, bahan bakar dan pemantik yang berlangsung secara cepat, menghasilkan panas yang tinggi dan cahaya. Mekanisme pembakaran tergantung pada seluruh proses pembakaran, yaitu atom-atom komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen yang dapat membentuk produk yang berupa gas [5].

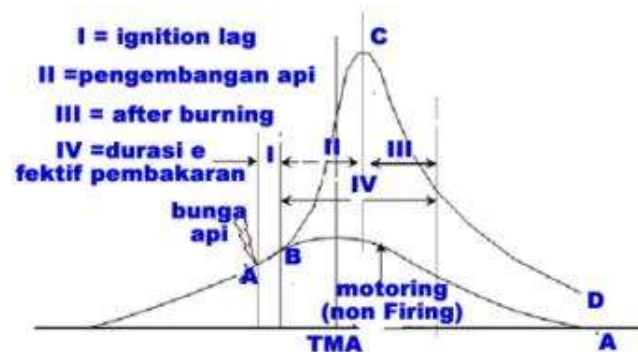
Bahan bakar juga memiliki peran penting dalam menghasilkan kinerja mesin, yaitu melalui kesempurnaan proses pembakaran. Oleh karena itu karakteristik bahan bakar harus diketahui secara detail untuk menentukan sistem pembakaran yang sesuai dengan karakteristik dari bahan bakar yang digunakan sehingga didapatkan hasil pembakaran yang maksimal. Kesempurnaan proses pembakaran juga dapat ditingkatkan dengan menambahkan campuran pada bahan bakar. Bioetanol adalah campuran yang dapat digunakan untuk bahan bakar motor.

Proses pembakaran aktual berbeda dengan proses pembakaran secara teoritik, yang mana secara teoritik bahan bakar akan habis dan akan terbentuk air. Pada proses pembakaran secara teoritik terdapat 2 (dua) tahapan proses pembakaran, yaitu tahapan pertumbuhan dan tahapan perkembangan dari inti api. Kedua tahapan ini merupakan fase sebelum proses pembakaran berlangsung. Tahapan ini dapat diperbaiki atau disempurnakan dengan cara memperbaiki desain ruang bakar atau memilih bahan bakar yang sesuai.

Tahap pertama dalam proses pembakaran, yaitu tahap pertumbuhan merupakan proses kimia yang bergantung pada keadaan alami bahan bakar, temperatur dan tekanan, proporsi gas bekas pembakaran, serta koefisien temperatur bahan bakar. Koefisien temperatur bahan bakar adalah hubungan antara temperatur dan laju percepatan oksidasi. Tahap kedua dari proses pembakaran adalah penyebaran api ke seluruh ruang bakar [6].

Tahapan pertumbuhan dan perkembangan api disebut tahapan secara mekanikal, sebab saat itu terjadi kenaikan tekanan yang terukur dengan diagram indikator.

Gambar 1 memperlihatkan terjadinya peningkatan tekanan di dalam ruang bakar motor bakar yang diakibatkan oleh dua hal, yaitu akibat tekanan piston dan akibat proses pembakaran. Grafik peningkatan tekanan akibat tekanan piston digambarkan dengan garis grafik monitoring (non firing) sementara proses pembakaran menimbulkan lonjakan tekanan yang lebih tinggi dari garis monitoring. Pada grafik yang menggambarkan lonjakan tekanan akibat proses pembakaran ini terlihat tahapan proses pembakaran yang dimulai dari titik A, yaitu titik bunga api yang mengawali proses pembakaran, kemudian berlanjut ke titik B dimana kondisi bahan bakar memberi respon dengan terjadinya proses pembakaran. Titik C adalah titik terjadinya tekanan indikator maksimum yang terjadi saat proses pembakaran berlangsung, dan titik D adalah titik dimana terjadinya akhir proses pembakaran.



Gambar 1. Hubungan tekanan dan poros engkol

Ignition lag adalah terjadinya pengembangan inti api atau proses kimiawi yang merupakan awal reaksi pembakaran dari percikan pemantik, pada kondisi perbandingan udara dan bahan bakar pada kondisi stoichiometri. Secara teoritis nilai afr 14,7:1, artinya untuk membakar 1 gram bensin dibutuhkan 14,7 gram udara..

2.2. Bioetanol

Bioetanol (etil alkohol) adalah cairan hasil proses fermentasi dan destilasi karbohidat yang merupakan senyawa tunggal dengan rumus kimia C_2H_5O [7]. Keberadaannya terdapat di dalam tanaman yang mengandung karbohidrat seperti jagung, singkong, tebu dan lainnya. Karbohidrat dikonversi menjadi glukosa dengan proses hidrolisis. Glukosa hasil hidrolisis ini selanjutnya diubah menjadi etanol cair dengan proses fermentasi dengan menggunakan ragi sebagai katalis. Proses fermentasi ini akan menghasilkan etanol dan air. Pemisahan etanol dari air dilakukan dengan menggunakan proses destilasi dengan menggunakan kalsium oksida (CaO) untuk menarik air yang tersisa [3].

Bioetanol termasuk ke dalam kelompok alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O . Bioetanol memiliki angka oktan (RON) 108, nilai kalor rendah dan lebih susah menguap dibanding premium. Bioetanol mudah terbakar dan memiliki nilai kalor 21 MJ/liter. Bioetanol dapat mengurangi emisi gas buang sebab pembakarannya lebih sempurna[8].

2.3. Campuran Peralite dan Bioetanol

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan daya dan torsi terbesar serta konsumsi bahan bakar terkecil pada motor bakar 4-langkah 97cc pada saat menggunakan bahan bakar pertalite yang telah ditambahkan campuran bioetanol. Jumlah bioetanol yang dicampurkan kepada bahan bakar pertalite divariasikan sebanyak tiga variasi, yaitu 10%, 15% dan 20%. Bahan bakar campuran pertalite dengan tambahan 10% bioetanol selanjutnya disebut

BE10, dengan tambahan 10% bioetanol selanjutnya disebut BE15, dengan tambahan 20% bioetanol selanjutnya disebut BE20.

Bioetanol yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kualitas fuel grade dengan kadar 99%. Terdapat 3 (tiga) jenis cara penggunaan etanol untuk campuran bahan bakar kendaraan bermotor diantaranya adalah :

- a. Hydrausetanol (96% volume) adalah etanol yang mengandung 4% air.
- b. Anhydrous etanol adalah etanol bebas air (99% volume) untuk penggerak mesin. Campuran etanol 5-85% langsung dapat untuk menggerakkan mesin kendaraan tanpa modifikasi.
- c. Etanol yang digunakan untuk aditif bahan bakar konvensional disebut ETBE (ethyl-tertiary-butyl-ether),

2.4. Putaran Mesin

Kecepatan putaran mesin berhubungan dengan frekuensi putar, sehingga berpengaruh terhadap daya, torsi dan konsumsi bahan bakar. Beberapa jenis putaran pada motor bakar konvensional saat mesin berputar diantaranya [8].

1. Putaran idle adalah putaran mesin tanpa beban dengan kondisi katup gas tidak terbuka, gas lepas. Komponen yang berpengaruh adalah sekrup penyetel udara dan sekrup penyetel gas.
2. Putaran stasioner adalah putaran mesin dengan beban.
3. Putaran rendah adalah putaran mesin saat sedang beroperasi di atas putaran stasioner dan di bawah 2500 rpm. Pada kondisi ini, handel gas terbuka 1/8 bagian, pada karburator sekrup penyetel udara dan coakan pada skep sangat berpengaruh.
4. Putaran sedang terjadi saat mesin berputar antara 2500-3500 untuk mobil dan untuk sepeda motor 3500-6000 rpm. Pada kondisi ini handel gas berputar antara 1/8 sampai 3/4. Alur skep dan ketinggian jarum skep adalah komponen yang berpengaruh.
5. Putaran Tinggi terjadi saat handel gas terbuka antara 3/4 sampai penuh. Ukuran lubang spuyer atau main jet adalah komponen yang berpengaruh. Besar putarannya di atas 3500 rpm untuk sepeda motor 6.000-7.000 rpm untuk multi silinder .

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan variasi putaran mesin 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 dan 8000 rpm pada saat pengambilan datanya. Skema uji untuk mendapatkan kinerja maksimum dan konsumsi bakar minimum terlihat pada gambar 2

2.5. Kinerja Mesin

Kinerja mesin terdiri dari daya, torsi, konsumsi bahan bakar. Daya adalah energy hasil kerja mesin selama satu proses untuk setiap satuan waktu, besarnya [9].

$$N_e = \frac{2 \times \pi \times T \times n}{60 \times 746} \quad (1)$$

dengan:

N_e : Daya(Hp)

n : Putaranmesin(rpm)

T : Torsi(N.m)

Konsumsi bahan bakar menunjukkan jumlah bahan bakar untuk menjalankan suatu mesin selama satu jam untuk massa satu kilogram. Besarnya konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) adalah [10],

$$Sfc = \frac{M_f}{N_e} \quad (2)$$

dengan,

N_e : Daya (hp).

m_f : Laju alir bahan bakar (kg. jam).

Sfc : Konsumsi bahan bakar spesifik ($\frac{\text{kg}}{\text{hp} \cdot \text{jam}}$).

Besarnya massa alir bahan bakar adalah,

$$m_f = \frac{\rho_f \times V_f}{t} \quad (3)$$

dengan

ρ_f : Massa jenis bahan bakar ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).

V_f : Volume bahan bakar (m^3).

m_f : Laju alir bahan bakar (kg. jam).

t : Waktu (detik).

Pengujian untuk mengetahui pengaruh penambahan bioetanol kepada bahan bakar pertalite terhadap kinerja motor bakar dilakukan pada motor bensin dengan spesifikasi; diameter piston 50mm, panjang langkar 49,5 mm, rasio kompresi 9 :1, Daya : 7,29PS/8000rpm dan Torsi : 0,74 kgf.m/6000rpm. Alat ukur yang digunakan adalah : dinamometer, buret, stopwatch, blower, tachometer dan komputer. Bahan bakar yang digunakan adalah pertalite dengan campuran etanol 99%

Variabel penelitian terdiri dari variable bebas dan terikat. Variable bebas adalah Bahan bakar oktan 90, campuran bioetanol 10% , 15% dan 20% dengan oktan 90, putaran mesin mulai dari 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan rentang setiap 1000 rpm. Variabel terikatnya adalah daya, torsi dan sfc



Gambar 2. Skema uji

2.6. Prosedur

Prosedur penelitian sesuai SOP dengan tahapan langkah sebagai berikut :

- Tahap persiapan terdiri dari tahapan penyiapan bahan bakar, campuran bahan bakar dan bioethanol 10%, 15% dan 20%, selain penyiapan sepeda motor yang terpasang di atas dynamometer chassis beserta pengecekannya.
- Tahap pengujian adalah tahapan dalam pengambilan data uji terdiri dari, pengambilan data bahan bakar standar pertalite, dan bahan bakar yang tercampur bioethanol.

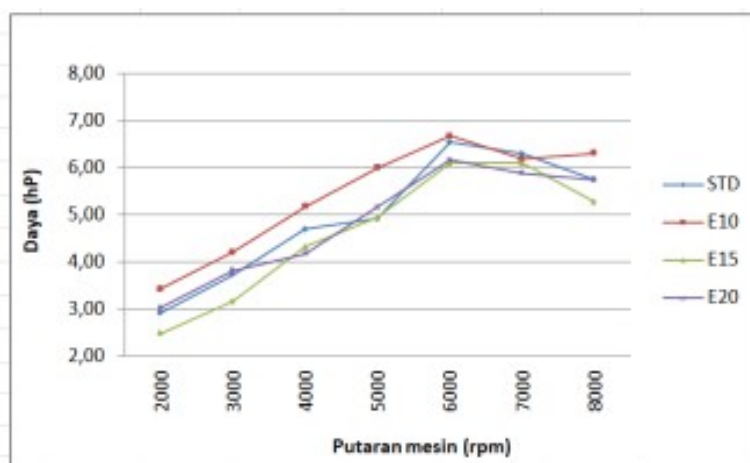
Tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Menghidupkan mesin kendaraan sampai suhu pendinginan normal dan putarannya stasioner.

- b. Menghidupkan blower, burret dan komputer.
- c. Buka throttle secarapenuhsaat 3000 rpm
- d. Naikkan putarannya sampai 80000 rpm buka throttle secara cepat dan ambil data.
- e. Turunkan putaran mesin sampai stasioner, selanjutnya tunggu beberapa saat dan matikan mesin. Ganti bahan bakar yang lain dengan cara mengulang seperti langkah b sampai selesai,

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Daya



Gambar 3. Grafik daya kondisi point to point

Berdasarkan gambar 3 terjadi kenaikan daya untuk setiap perubahan putaran mesin. Besarnya kenaikan daya saat menggunakan bahan bakar pertalite, campuran E-10, E-15 dan E-20 dengan perubahan setiap 1000 rpm ditunjukkan tabel 1. Kenaikkan daya saat menggunakan bahan bakar standar 1,62HP terjadi saat 5000 ke 6000 rpm artinya putaran mesin daya meningkat, untuk bahan bakar E-10 tertinggi 0,96 saat 3000rpm ke 4000rpm terjadi saat putaran sedang dan untuk E-15 sebesar 1,16hP saat 5000 ke 6000rpm, dan untuk E-20 terjadi saat 5000 ke 6000rpm 1,16hP.

Tabel 1. Perubahan daya tiap putaran mesin

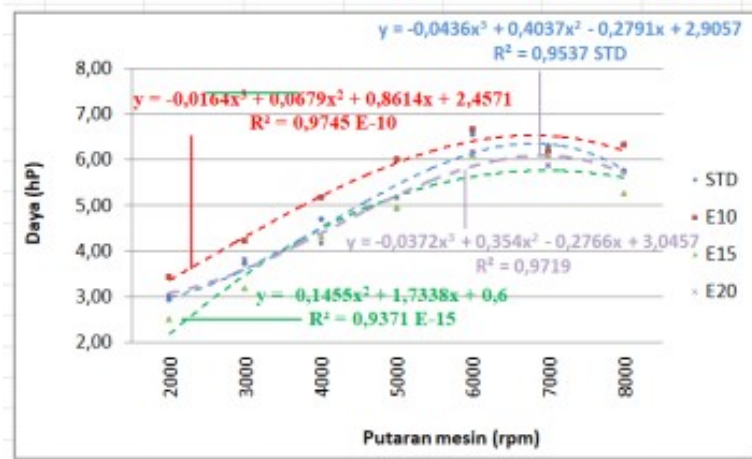
Putaran mesin (rpm)	Perubahan daya (hP)			
	Standar	E-10	E-15	E-20
2000-3000	0,81	0,78	0,68	0,68
3000-4000	0,97	0,96	1,15	1,15
4000- 5000	0,22	0,83	0,62	0,62
5000- 6000	1,62	0,67	1,16	1,16
6000 - 7000	-0,25	-0,49	-0,01	-0,01
7000-8000	-0,54	0,13	-0,82	-0,82

Besarnya perubahan daya terhadap standar untuk setiap jenis bahan bakar (E-10, E-15 dan E-20) pada putaran mesin yang sama dari 3000 sampai dengan 8000rpm ditunjukkan tabel 2

Tabel 2. Perubahan daya terhadap standar

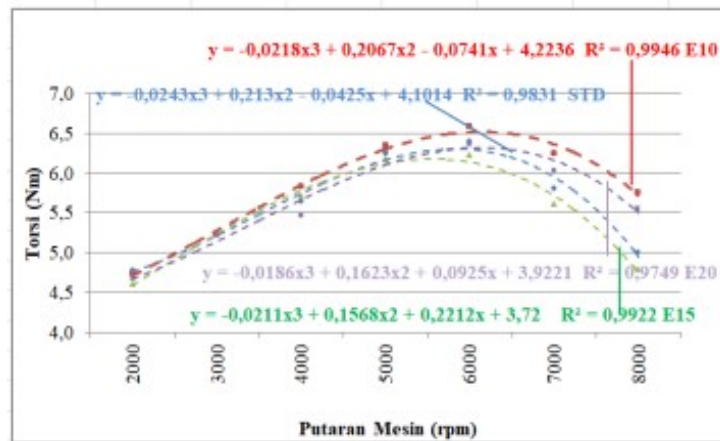
Putaran mesin (rpm)	$\Delta E10$ -std	$\Delta E15$ -std	$\Delta E20$ -std
2000	0,51	-0,43	0,11
3000	0,48	-0,56	0,09
4000	0,47	-0,38	-0,53
5000	1,08	0,02	0,24
6000	0,13	-0,44	-0,38
7000	-0,11	-0,20	-0,41
8000	0,56	-0,48	-0,01

Gambar 4 menunjukkan perbandingan daya yang dihasilkan untuk setiap variasi putaran mesin, daya awalnya rendah selanjutnya naik seiring dengan kenaikan putaran mesin juga naik sampai pada putaran mesin tertentu dan selanjutnya turun.



Gambar 4. Grafik daya kondisi trendline

3.2. Torsi



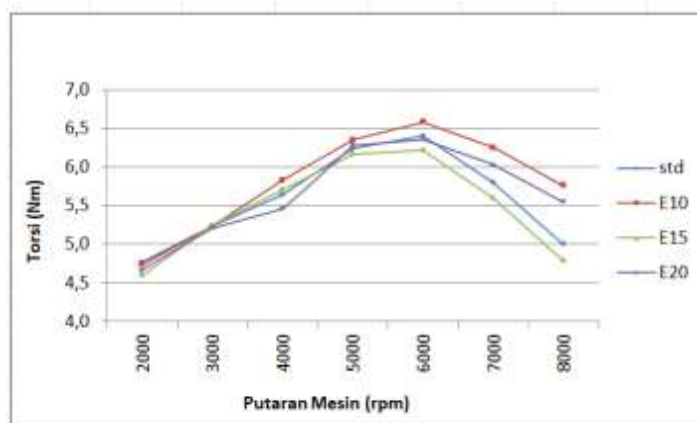
Gambar 5. Grafik torsi kondisi trendline

Gambar 5 adalah hasil perhitungan torsi untuk bahan bakar standar dan campuran E10, E15 dan E20 yang terjadi saat 2000 sampai dengan 6000rpm. Berdasarkan gambar tersebut semua kondisi bahan bakar yang teruji memiliki tingkat kepercayaan 95%, terlihat dari nilai $R^2 > 0,95$

Tabel 3. Perubahan torsi untuk tiap putaran mesin

Putaran mesin (rpm)	Perubahan daya (hP)			
	Standar	E-10	E-15	E-20
2000-3000	0,46	0,49	0,64	0,54
3000-4000	0,41	0,60	0,47	0,25
4000- 5000	0,60	0,52	0,46	0,82
5000- 6000	0,16	0,23	0,05	0,08
6000 - 6000	-0,60	-0,33	-0,62	-0,33
7000-8000	-0,80	-0,49	-0,81	-0,48

Peningkatan torsi untuk setiap jenis bahan bakar ditunjukkan tabel 5. Di mana untuk standar (pertalite) dari tiga kali pengujian torsi rerata naik 0,60Nm sedang E-10 terjadi saat 3000 ke 4000rpm sebesar 0,60Nm dan E-15 sebesar 0,64Nm saat 2000 ke 3000rpm. Untuk bahan bakar E=20 torsi naik sebesar 0,82Nm saat 4000 ke 5000rpm. Peningkatan torsi yang signifikan terjadi saat 4000 ke 5000rpm dari keempat jenis bahan bakar.



Gambar 6. Grafik torsi kondisi trendline

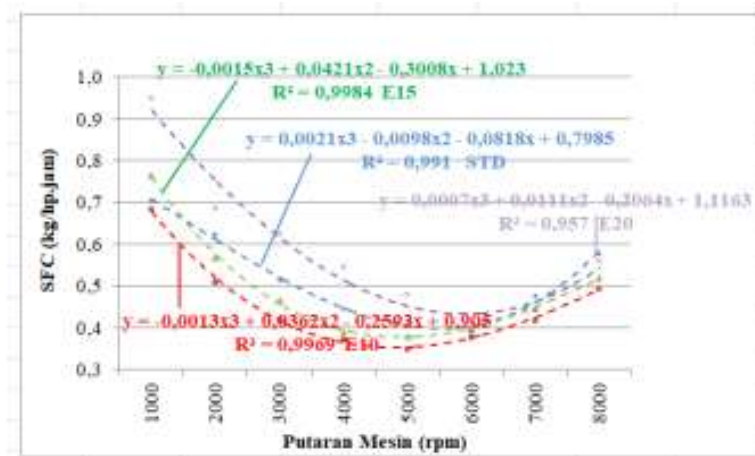
Secara umum penggunaan bahan bakar standar, E-10 , E-15 dan E-20 pada motor bakar pada awalnya menghasilkan torsi rendah seiring dengan naiknya putaran mesin maka torsi meningkat. Selanjutnya torsi berubah turun dengan meningkatnya putaran mesin, yang berarti suhu bahan bakar yang masuk intake juga akan meningkat. Berdasarkan teori termodinamika perubahan suhu mengakibatkan penurunan viskositas. Besarnya perubahan torsi saat menggunakan bahan bakar campuran bioethanol seperti ditunjukkan tabel 4. Saat menggunakan E10 untuk setiap putaranmesin torsi naik, torsi terbesar naik 0.76Nm terhadap standar yang terjadisaat 8000rpm. Kondisi berbeda saat menggunakan E-15 dan E-20 untuk torsi naik 0,07Nm saat 4000rpm saat menggunakan E-15 dan saat menggunakan E-20 torsi baik 0,23Nm saat 8000rpm.

Tabel 4. Perubahan torsi terhadap standar

Putaran mesin (rpm)	Δ E10-std	Δ E15-std	ΔE20-std
2000	-0,03	-0,17	-0,10
3000	0,00	0,01	-0,02
4000	0,19	0,07	-0,18
5000	0,11	-0,07	0,04
6000	0,18	-0,18	-0,04
7000	0,45	-0,20	0,23
8000	0,76	-0,21	0,55

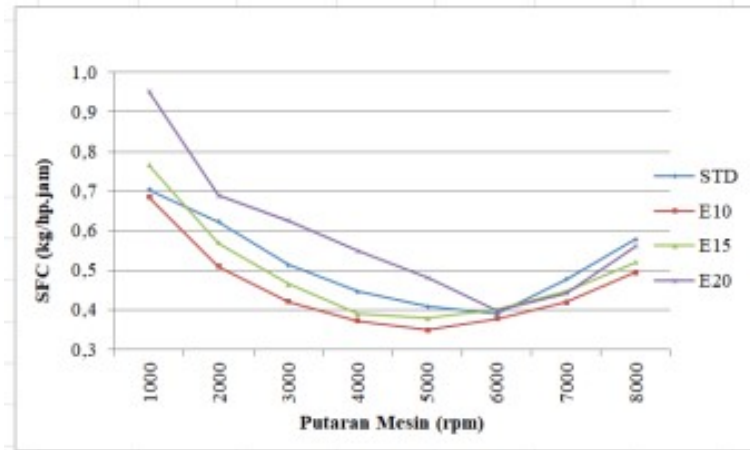
3.3. Konsumsi Bahan Bakar

Gambar 7 menunjukkan kondisi perbandingan kebutuhan bahan bakar untuk variasi setiap putaran mesin, dengan tingkat kepercayaan 95% saat menggunakan bahan bakar standar (pertalite), E-10, E-15 dan E-20 semuanya terpenuhi seperti ditunjukkan dengan nilai R². Kebutuhan bahan bakar pada putaran sedang dan menengah terjadi penurunan konsumsi bahan bakar. Kondisi ini terjadi karena pada awal putaran memerlukan lebih banyak bahan bakar untuk menggerakkan mesin.



Gambar 7. Grafik sfc kondisi trendline

Seiring dengan naiknya putaran mesin maka tekanan akibat proses pembakaran juga naik sehingga ada bahan bakar sebelum masuk ke *intake* menjadi campuran yang homogen. Kondisi ini yang mengakibatkan irit bahan bakar. Untuk putaran tinggi kebutuhan bahan bakar menjadi meningkat, sebab setelah bahan bakar menjadi homogen dengan naiknya putaran mesin maka suhu dan tekanan bahan bakar juga naik. Kondisi ini menyebabkan ada sebagian bahan bakar yang menguap terlebih dulu sebelum masuk ruang bakar.



Gambar 8. Grafik sfc kondisi trendline

Gambar 8 menunjukkan kebutuhan bahan bakar untuk setiap putaran mesin. Bahan bakar E-10 paling rendah kebutuhannya jika dibandingkan lainnya baik saat putaran rendah, sedang maupun tinggi. Selisih konsumsi bahan bakar terhadap kondisi standar, terhadap E-15 dan E-20 besarnya ditunjukkan tabel 5.

Tabel 5. Perubahan torsi terhadap E-10

Putaran mesin (rpm)	Δ E10-std	Δ E10-E15	Δ E10-E20
2000	-0,1134	-0,0586	-0,1782
3000	-0,0935	-0,0455	-0,2051
4000	-0,0732	-0,0175	-0,1755
5000	-0,0587	-0,0289	-0,1320
6000	-0,0120	-0,0232	-0,0202
7000	-0,0586	-0,0272	-0,0236
8000	-0,0832	-0,0256	-0,0657

4. Kesimpulan Dan Saran

4.1. Kesimpulan

Daya terbesar saat menggunakan E10 sebesar 6,67hP dan torsiya 6,58hP sedang untuk E15 dayanya sebesar 6,10hP torsiya 6,22Nm serta untuk E-20 dayanya 6,18hP torisnya 6,36Nm. Sfc terkecil untuk E10 sebesar 0,0120kg/hP, jam dan untuk E15 sebesar 0,0232kg/hP. Jam serta untuk E20 sebesar 0,202kg/hp.jam.

4.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian dan perhitungan lanjutan untuk tekanann efektif rerata, efisiensi dan penelitian tentang emisi gas buangnya.

5. Daftar Pustaka

- [1] Edy Muryanto. 2016. *Study Pengaruh Campuran Bahan Bakar Premium Dan Etanol Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. pp 57
- [2] Robby Anugrah. 2016. *Kajian Tentang Perbandingan Premium-Etanol Dengan Pertamina Pada Motor 4 Langkah 225 cc*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta. pp 65
- [3] Ganang Puguh Satria. 2014. *Kajian Tentang Perbandingan Etanol Dengan Pertamina Plus Pada Motor 4 Langkah 225 cc*,. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- [4] Bambang Sulistyono, Jayan Sentanuhady, Adhi Susanto. (2009). *Pemanfaatan Etanol Sebagai Octane Improver Bahan Bakar Bensin Pada Sistem Bahan Bakar Injeksi Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder*. Prosiding Seminar Nasional Termofluid, pp 196-200
- [5] Bayu Triwibowo, 2013. Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah Vinasse Dari Industri Ikkohol Berbasis CFD. Jurnal Bahan Alam Terbarukan ISSN 2303-0623. pp14-24
- [6] Rosyid (2016). Analisa Proses Pembakaran Pada Motor Bensin 113.5 cc Dengan Simulasi Ansys. Jurnal Teknologi Volume 8 No. 2 Juli 2016. ISSN : 2085 – 1669. e-ISSN : 2460 – 0288
- [7] Wusnah. (2016). Proses Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* B.C) Secara Fermentasi. Jurnal Teknologi Kimia Unimal 5:1.pp 57-65
- [8] A.W, Yuniarto A. 2017), *Pengujian Daya dan Emisi Gas Buang*. Polinema Press. Malang. pp 45.
- [9] BPM Arends. 1996. *Motor Bensin*. P.T Gelora Aksara, Jakarta. pp 67
- [10] Pulkrabek, W. W. 2004. *Engineering Fundamental of The Internal Combustion Engine*. Pearson Prentice-Hall, New Jersey. pp89