

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH CAMPURAN PERTALITE DENGAN BIOETANOL NIRA SIWALAN (*BORASSUS FLABELLIFER LINNAEUS*) TERHADAP UNJUK KERJA MESIN YAMAHA AEROX 2019

Tito Adi Suryanto

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: tito.19077@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor sebagai transportasi masyarakat mengakibatkan kebutuhan bahan bakar meningkat sedangkan cadangan minyak bumi berkurang setiap tahun. Diperlukan pemanfaatan bahan bakar baru terbarukan yang berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan penggunaan minyak bumi salah satunya adalah bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik (densitas, viskositas, nilai kalor, dan titik nyala) bahan bakar pertalite (E0) dan campuran pertalite dengan campuran bioetanol nira siwalan (E10, E20, E30, E40, E50, E60), dan untuk menganalisis pengaruh bahan bakar pertalite (E0) dan campuran pertalite dengan bioetanol nira siwalan (E10, E20, E30, E40, E50, dan E60) terhadap unjuk kerja mesin (torsi, daya, konsumsi bahan bakar, tekanan efektif rata—rata, dan efisiensi termal). Mesin uji eksperimen Yamaha Aerox 2019 menggunakan *chasis dynamometer*. Pengujian unjuk kerja mesin menggunakan standar pengujian SAE J1349 dengan metode pengujian *full open throttle valve* dengan variasi putaran mesin 3000rpm hingga 9000rpm. Sedangkan, pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan SNI 7554:2010 dengan variasi putaran mesin 2000rpm hingga 9000rpm. Pengujian karakteristik bahan bakar menggunakan standar densitas D1298, nilai kalor IKA/LEL-ITS/BK, viskositas D445, dan titik nyala D93). Analisa data menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasil pengujian karakteristik bahan bakar (viskositas, densitas, dan titik nyala) meningkat, namun nilai kalor menurun. Sedangkan, hasil pengujian unjuk kerja mendapatkan hasil tertinggi pada E50 (torsi 13,19Nm pada 6000rpm, daya 11,20kW pada 7000rpm, tekanan efektif rata—rata 20,13kgf/cm² pada 3000rpm, dan efisiensi termal 28,1% pada 4000rpm). Sedangkan, laju konsumsi bahan bakar tertinggi 2,69liter/jam pada 9000rpm menggunakan E60.

Kata kunci: bioetanol, pertalite, biopertalite, unjuk kerja mesin

Abstract

The increase in the number of motorized vehicles as public transportation has resulted in increased fuel needs while oil reserves have decreased every year. It is necessary to use sustainable new renewable fuels to reduce dependence on the use of petroleum, one of which is bioethanol. This study aims to analyze the characteristics (density, viscosity, calorific value, and flash point) of pertalite fuel (E0) and a mixture of pertalite with a mixture of siwalan sap bioethanol (E10, E20, E30, E40, E50, E60), and to analyze the effect of pertalite fuel (E0) and pertalite mixture with siwalan sap bioethanol (E10, E20, E30, E40, E50, and E60) on engine performance (torque, power, fuel consumption, average effective pressure, and thermal efficiency). The Yamaha Aerox 2019 experimental test machine uses a dynamometer chassis. The engine performance test uses the SAE J1349 test standard with the full open throttle valve testing method with variations in engine speed from 3000rpm to 9000rpm. Meanwhile, the fuel consumption test uses SNI 7554:2010 with variations in engine speed from 2000rpm to 9000rpm. Testing the characteristics of the fuel using the standard density D1298, calorific value IKA/LEL-ITS/BK, viscosity D445, and flash point D93). Data analysis used a quantitative descriptive method. The results of testing the characteristics of the fuel (viscosity, density, and flash point) increased, but the heating value decreased. Meanwhile, the performance test results obtained the highest results on the E50 (13.19Nm torque at 6000rpm, 11.20kW power at 7000rpm, an average effective pressure of 20.13kgf/cm² at 3000rpm, and 28.1% thermal efficiency at 4000rpm). Meanwhile, the highest fuel consumption rate is 2.69 liters/hour at 9000rpm using the E60.

Keywords: bioethanol, pertalite, biopertalite, engine performance

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor pada rentang waktu 2016—2020 meningkat 4,95% per tahun dengan total jumlah kendaraan 136juta pada tahun 2020. Pada tahun 2018 total jumlah sepeda motor sebanyak 106,66 juta unit, pada tahun 2019 112,77 juta unit, dan meningkat pada

tahun 2020 menjadi 115,02 juta unit (Statistik Transportasi Darat, 2020). Cadangan minyak bumi menurun sebesar 174.000 miliar barel rata—rata per tahun, cadangan minyak bumi pada tahun 2020 sebesar 2,44 miliar barel (Statistik Minyak dan Gas Bumi, 2021). Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca yang mengakibatkan perubahan iklim, kenaikan permukaan air

laut dan kepunahan keanekaragaman hayati (Zabed et al., 2017).

Berdasarkan kondisi tersebut diperlukan perhatian bersama untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar dengan bahan baku minyak nabati dapat menjadi sumber energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil. Nilai penguapan bahan bakar alternatif lebih tinggi dibandingkan dengan bensin sehingga proses campuran bahan bakar dengan udara lebih cepat dan proses pembakaran lebih bersih dan efisien (Sarikoç, 2021).

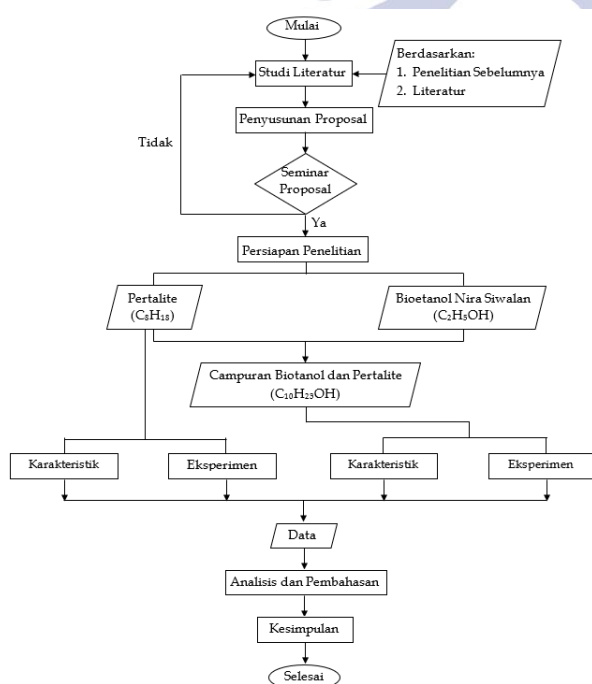
Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar nabati yang memiliki kandungan gula atau karbohidrat yang banyak terkandung pada biji aprikot, kurma gurun, bunga matahari, biji pepaya, gula tebu, kulit jeruk, jagung, daun kari, kedelai, singkong, biji jarak, biji anggur, karanja, biji kapas, tembakau, biji karet, nimba, lemak hewani, lemak babi, lemak sapi, minyak ikan dan minyak goreng bekas (Dhande et al., 2021).

Nira siwalan merupakan cairan yang berada di tandan bunga tumbuhan siwalan, Nira siwalan tersebar di berbagai wilayah Indonesia seperti Pati, Madura, Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Sulawesi (Subrimobdi dkk., 2016). Komposisi kimia Nira Siwalan tiap 100gram terdiri dari 86,1% air, 0,3% protein, 0,02% lemak, 13,54% karbohidrat, dan 0,04% abu (Suseno dkk., 2000).

Keuntungan menggunakan bahan bakar bensin dengan campuran bioetanol pada mesin penyalan busi dapat meningkatkan efisiensi termal, sifat bioetanol mudah menguap dan pembakaran tanpa knocking dan meningkatkan daya mesin dengan campuran bensin dan bioetanol 10—30% (Yoon dan Lee, 2012). Hasil pengujian dengan campuran bioetanol dengan persentase kecil menunjukkan peningkatan torsi sebesar 2,31—4,16% dan peningkatan daya 0,29—4,77% (Thakur et al., 2017).

METODE

Alur Penelitian



• Variabel Bebas

1. Pertalite (E0)
2. Campuran E10 (pertalite 90%+bioetanol 10%)
3. Campuran E20 (pertalite 80%+bioetanol 20%)
4. Campuran E30 (pertalite 70%+bioetanol 30%)
5. Campuran E40 (pertalite 60%+bioetanol 40%)
6. Campuran E50 (pertalite 50%+bioetanol 50%)
7. Campuran E60 (pertalite 40%+bioetanol 60%)

• Variabel Kontrol

1. Pengujian torsi dan daya menggunakan rentang putaran mesin 3000 hingga 9000rpm. Sedangkan, pengujian laju konsumsi bahan bakar dengan putaran mesin 2000 hingga 9000rpm.
2. E0, E10, E20, E30, E40, E50, dan E60
3. Mesin sepeda motor Yamaha Aerox 2019
4. Temperatur minyak pelumas 80—90°C
5. Kekentalan minyak pelumas SAE 10W—40

• Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu torsi, daya, konsumsi bahan bakar, tekanan efektif rata—rata dan efisiensi termal Yamaha Aerox 2019.

Prosedur Pengujian

1. Prosedur Pemasangan Kendaraan pada Chassis Dynamometer
 - a. Menyiapkan kendaraan yang akan diuji yaitu Yamaha Aerox 2019
 - b. Menyiapkan alat digital tachometer, komputer dan blower
 - c. Menyiapkan bahan bakar pertalite dan bioetanol nira siwalan
 - d. Menaikkan kendaraan ke atas chassis dynamometer
 - e. Memposisikan poros roda belakang sejajar dengan poros roller chassis dynamometer
 - f. Memasang tali pengikat pada shock absorber depan motor
 - g. Melakukan percobaan untuk memastikan tali pengikat terpasang dengan benar dan aman
 - h. Menghubungkan kabel daya chassis dynamometer pada sumber listrik
 - i. Menyalakan digital tachometer dengan menekan tombol power
 - j. Memasang kabel jepit digital tachometer pada kabel busi motor, nyalakan motor dan pastikan rpm telah terkoneksi
 - k. Menyalakan komputer
 - l. Membuka software sportdyno33.
2. Pengujian Torsi dan Daya Efektif
 - a. Menekan tombol perekam data satu kali
 - b. Menaikkan putaran motor hingga 3000rpm dan pastikan roda belakang motor berputar
 - c. Setelah mencapai putaran 3000rpm tekan tombol perekam data satu kali dan pada waktu bersamaan putar gas hingga putaran mesin maksimal untuk memastikan throttle terbuka penuh
 - d. Setelah mencapai putaran maksimum (umumnya 9000rpm) pada waktu bersamaan tekan tombol

perekam data satu kali dan lepas gas hingga ke posisi semula

- e. Kemudian data berserta grafik torsi dan daya efektif akan muncul pada layar komputer
 - f. Melakukan pengujian hingga tiga kali untuk mendapatkan data yang valid dan reliabel.
3. Prosedur pengujian konsumsumsi bahan bakar adalah sebagai berikut:
- a. Membuka penutup tangki bahan bakar cadangan dan buka katup sesuai dengan ukuran pipet volumetrik yang diinginkan pada *fuel flow meter* hingga pipet volumetrik terisi penuh (pastikan bahan bakar terisi penuh hingga melebihi batas maksimum garis kalibrasi pada pipet volumetrik. Pengujian ini menggunakan pipet volumetrik pada 5ml
 - b. Menyesuaikan bukaan katup bahan bakar sesuai dengan putaran mesin yaitu 2000rpm—9000rpm dengan rentang 1000rpm menggunakan tuas gas dan melihat layar komputer
 - c. Menghidupkan *stopwatch* sebagai alat untuk menghitung waktu pembakaran tepat pada batas maksimum pipet volumetrik dan matikan *stopwatch* hingga batas minimum pipet volumetrik
 - d. Mencatat hasil pengukuran waktu sesuai dengan waktu konsumsi bahan bakar tiap skala milimeter pada pipet volumetrik
 - e. Melaksanakan pengukuran sebanyak tiga kali kemudian hasil data akan di rata—rata.

Teknik Pengolahan Data

Penelitian ini penulis menggunakan teknik pengolahan data deskriptif kuantitatif. Data hasil pengujian torsi dan daya dalam bentuk tabel diubah menjadi grafik dan dianalisis. Data hasil torsi, daya dan laju konsumsi bahan bakar digunakan untuk menghitung tekanan efektif rata—rata dan efisiensi termal, data hasil dari keseluruhan unjuk kerja mesin di tampilkan dalam bentuk grafik untuk dianalisis dan disimpulkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Bakar

Hasil pengujian karakteristik bahan bakar E0 hingga E60 dianalisis dan dibahas sebagai berikut meliputi densitas, viskositas, titik nyala, dan nilai kalor.

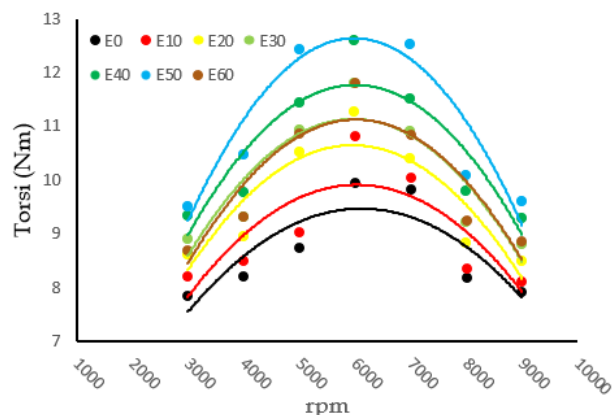
Tabel 1 Karakteristik Bahan Bakar

Parameter Uji	Satuan	Hasil Pengujian						
		E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60
Viscosity 40°C	cSt	0,46	0,539	0,700	0,701	0,728	0,821	0,966
Density	g/cm ³	0,742	0,748	0,752	0,756	0,760	0,766	0,772
Nilai Kalor	Kkal/Kg	10593	10144	9784	9196	8778	8209	8113
Flash Point	°C	-44	-36	-29	-22	-15	-8	-1

Torsi

Tabel 2. Hasil Pengujian Torsi

Putaran Mesin (rpm)	Torsi (Nm)							Persentase Perubahan (Δ%)						
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	E10	E20	E30	E40	E50	E60	
3000	7,86	8,20	8,62	8,89	9,33	9,49	8,69	4,33	9,67	13,19	18,75	20,79	10,61	
4000	8,21	8,51	8,94	9,31	9,76	10,47	9,32	3,66	8,90	13,48	18,93	27,54	13,61	
5000	8,74	9,04	10,53	10,93	11,43	12,42	10,87	3,35	20,40	25,05	30,73	42,05	24,36	
6000	9,95	10,81	11,27	11,80	12,59	13,19	11,82	8,71	13,34	18,63	26,61	32,64	18,80	
7000	9,84	10,04	10,40	10,90	11,49	12,51	10,84	2,10	5,73	10,81	16,84	27,21	10,17	
8000	8,19	8,35	8,83	9,21	9,80	10,08	9,25	1,87	7,81	12,45	19,61	22,99	12,86	
9000	7,91	8,10	8,48	8,80	9,29	9,60	8,85	2,44	7,25	11,29	17,40	21,41	11,93	
	Rata – rata							3,78	10,44	14,99	21,27	27,80	14,62	



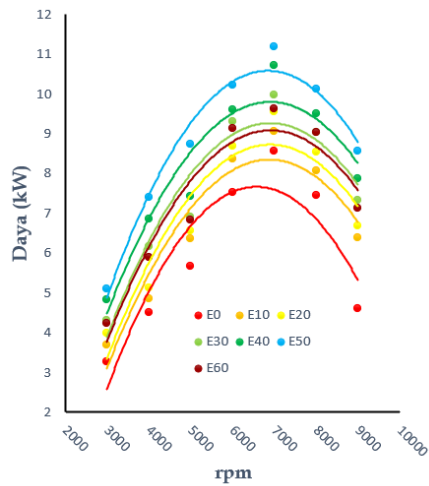
Gambar 1. Grafik Torsi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai torsi menggunakan bahan bakar peralite (E0) adalah standar. Sedangkan semakin bertambahnya persentase campuran bioetanol dengan bahan bakar peralite dari E10 hingga E50 nilai torsi semakin meningkat. Namun pada E60 menurun dibandingkan dengan E50 dikarenakan kompresi mesin sudah mengalami penurunan sehingga bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar tidak terbakar sempurna. Torsi mesin tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar bioperalite E50 sebesar 13,19Nm pada putaran mesin 6000 rpm.

Daya

Tabel 3. Hasil Pengujian Daya

Putaran Mesin (rpm)	Daya (kW)							Persentase Perubahan (Δ%)						
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	E10	E20	E30	E40	E50	E60	
3000	3,27	3,70	4,00	4,30	4,83	5,10	4,23	13,27	22,45	31,63	47,96	56,12	29,59	
4000	4,50	4,87	5,13	6,17	6,87	7,40	5,90	8,15	14,07	37,04	52,59	64,44	31,11	
5000	5,67	6,37	6,57	6,90	7,43	8,73	6,83	12,35	15,88	21,76	31,18	54,12	20,59	
6000	7,53	8,37	8,70	9,30	9,60	10,23	9,13	11,06	15,49	23,45	27,43	35,84	21,24	
7000	8,57	9,07	9,57	9,97	10,73	11,20	9,63	5,84	11,67	16,34	25,29	30,74	12,45	
8000	7,47	8,07	8,53	9,03	9,50	10,13	9,03	8,04	14,29	20,98	27,23	35,71	20,98	
9000	4,60	6,40	6,70	7,33	7,87	8,57	7,13	39,13	45,65	59,42	71,01	86,23	55,07	
Rata-rata								13,98	19,93	30,09	40,39	51,89	27,29	



Gambar 2. Grafik Daya

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai daya efektif menggunakan bahan bakar pertalite (E0) adalah standar. Sedangkan semakin bertambahnya persentase campuran bioetanol dengan bahan bakar pertalite dari E10 hingga E50 nilai daya efektif semakin meningkat. Namun pada E60 menurun jika dibandingkan dengan E50 dikarenakan kompresi mesin sudah mengalami penurunan yang mengakibatkan bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar tidak terbakar sempurna. Dari seluruh bahan bakar yang digunakan, daya efektif tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar biopertalite E50 sebesar 11,20 kW pada putaran mesin 7000 rpm.

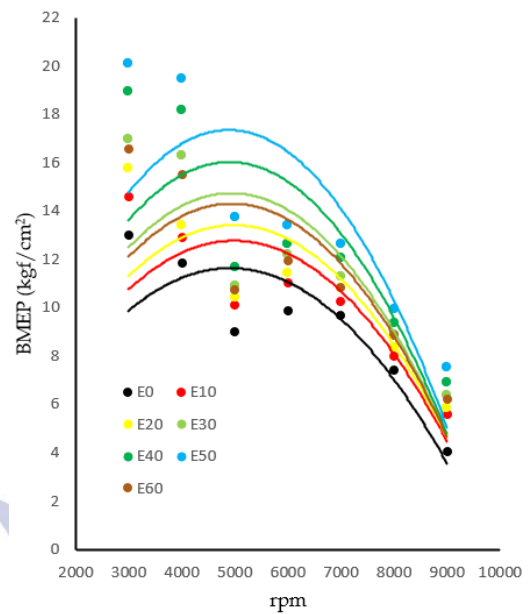
Tekanan Efektif Rata—Rata

Perhitungan Tekanan efektif rata—rata menggunakan rumus berikut:

$$bmep = \frac{Ne \times Z}{A \times L \times n \times i}$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tekanan Efektif Rata—Rata

Putaran Mesin (rpm)	Bmep (kgf/cm ²)							Persentase Perubahan (Δ%)						
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	E10	E20	E30	E40	E50	E60	
3000	13,02	14,60	15,79	16,97	18,95	20,13	16,58	12,14	21,27	30,34	45,55	54,61	27,34	
4000	11,84	12,89	13,42	16,31	18,16	19,47	15,52	8,87	13,34	37,75	53,38	64,44	31,08	
5000	9,00	10,10	10,42	10,89	11,68	13,73	10,73	12,22	15,78	21,00	29,78	52,56	19,22	
6000	9,87	11,05	11,44	12,23	12,63	13,42	11,97	11,96	15,91	23,91	27,96	35,97	21,28	
7000	9,70	10,26	10,82	11,28	12,06	12,63	10,82	5,77	11,55	16,29	24,33	30,21	11,55	
8000	7,40	7,99	8,38	8,88	9,37	9,96	8,88	7,97	13,24	20,00	26,62	34,59	20,00	
9000	4,03	5,61	5,87	6,40	6,93	7,54	6,22	39,21	45,66	58,81	71,96	87,10	54,34	
Rata—rata								14,02	19,54	29,73	39,94	51,35	26,40	



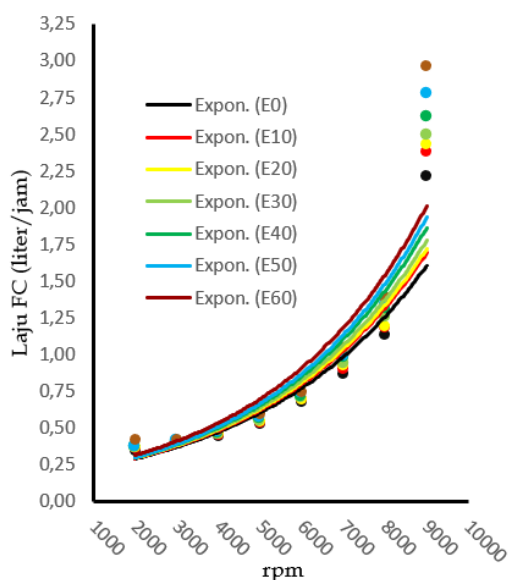
Gambar 3. Grafik Tekanan Efektif Rata—Rata

bahwa nilai tekanan efektif rata-rata menggunakan bahan bakar pertalite (E0) adalah standar. Sedangkan semakin bertambahnya persentase campuran bioetanol dengan bahan bakar pertalite dari E10 hingga E50 nilai tekanan efektif rata-rata semakin meningkat. Namun, pada E60 menurun jika dibandingkan dengan E50 dikarenakan tekanan efektif rata—rata dipengaruhi daya. Nilai tekanan efektif rata—rata dalam penelitian ini sebesar 20,13kgf/cm² menggunakan bahan bakar E50 pada 3000rpm.

Laju Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 4. Hasil Pengujian Laju Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Laju Fc (liter/jam)							Persentase Perubahan (Δ%)						
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	E10	E20	E30	E40	E50	E60	
2000	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,42	3,4	4,9	5,6	6,9	7,0	19,8	
3000	0,39	0,40	0,40	0,40	0,41	0,41	0,42	1,8	1,9	3,1	4,0	5,6	7,5	
4000	0,45	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,48	1,3	2,6	3,2	5,1	5,9	8,2	
5000	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,59	1,0	3,0	4,6	6,8	9,0	12,0	
6000	0,68	0,69	0,69	0,71	0,72	0,73	0,75	1,4	1,9	4,0	5,4	8,1	9,9	
7000	0,87	0,90	0,93	0,94	0,98	0,99	1,04	4,0	6,5	7,8	12,3	13,8	19,5	
8000	1,13	1,19	1,19	1,25	1,31	1,33	1,39	5,1	5,8	10,7	16,2	18,1	23,4	
9000	2,21	2,38	2,43	2,49	2,62	2,77	2,96	7,4	9,7	12,5	18,2	25,2	33,7	
Rata—rata								3,2	4,5	6,4	9,4	11,6	16,7	



Gambar 4. Grafik Laju Konsumsi Bahan Bakar

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai konsumsi bahan bakar menggunakan bahan bakar pertalite (E0) adalah standar. Sedangkan semakin bertambahnya persentase campuran bioetanol dengan bahan bakar pertalite dari E10 hingga E60, nilai konsumsi bahan bakar semakin bertambah. Nilai laju konsumsi bahan bakar tertinggi dalam penelitian ini sebesar 2,96liter/jam menggunakan bahan bakar E60 pada 9000rpm

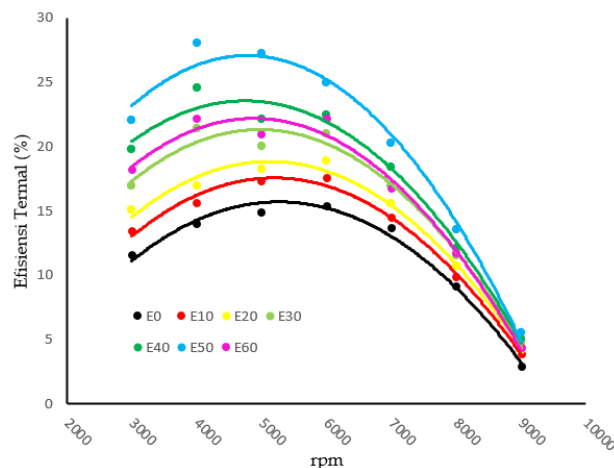
Efisiensi Termal

Perhitungan efisiensi termal menggunakan rumus berikut:

$$\eta_{th} = \frac{Ne}{fc \times Q_{bb}} \times 100\%$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Efisiensi Termal

Putaran Mesin (rpm)	Efisiensi Termal (%)							Persentase Perubahan ($\Delta\%$)						
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	E10	E20	E30	E40	E50	E60	
3000	11,5	13,4	15,1	17,0	19,8	22,0	18,2	16,21	30,58	47,12	71,62	90,84	57,47	
4000	14,0	15,6	16,9	21,4	24,6	28,1	22,2	11,47	20,81	53,00	75,25	100,36	58,28	
5000	14,9	17,3	18,3	20,0	22,1	27,2	21,0	16,17	22,30	34,07	48,17	82,43	40,53	
6000	15,4	17,6	18,9	21,0	22,4	24,9	22,1	14,42	23,16	36,79	45,95	62,20	44,05	
7000	13,7	14,5	15,6	17,0	18,4	20,2	16,8	6,27	13,99	24,33	34,60	48,23	22,83	
8000	9,2	9,8	10,8	11,5	12,1	13,6	11,7	7,37	17,44	25,92	32,18	48,28	27,96	
9000	2,9	3,9	4,2	4,7	5,0	5,5	4,4	35,22	44,32	63,23	74,55	91,92	51,48	
Rata – rata								15,30	24,66	40,64	54,62	74,89	43,23	



Gambar 3. Grafik Efisiensi Termal

Efisiensi termal mesin dipengaruhi oleh daya mesin, laju konsumsi bahan bakar, dan nilai kalor bahan bakar, efisiensi termal akan menurun ketika kecepatan putaran mesin semakin meningkat karena semakin cepat putaran mesin maka semakin sedikit waktu yang tersedia untuk proses pemasukan udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi termal menggunakan bahan bakar pertalite (E0) adalah standar. Sedangkan semakin bertambahnya persentase campuran bioetanol dengan bahan bakar pertalite dari E10 hingga E50 nilai efisiensi termal semakin meningkat. Namun pada E60 menurun dibandingkan dengan E50 dikarenakan kompresi mesin sudah mengalami penurunan sehingga bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar tidak terbakar secara sempurna. Nilai efisiensi termal tertinggi dalam penelitian ini sebesar 28,1% menggunakan bahan bakar E50 pada 4000rpm.

PENUTUP

Simpulan

- Peningkatan torsi mesin menggunakan E10, E20, E30, E40, E50, dan E60 dikarenakan karakteristik bioetanol yang mudah menguap sehingga proses pencampuran bahan bakar dan udara lebih homogen di dalam ruang bakar mengakibatkan pembakaran lebih sempurna.
- Peningkatan daya mesin menggunakan E10, E20, E30, E40, E50, dan E60 dikarenakan daya mesin dipengaruhi torsi, sehingga semakin tinggi nilai torsi maka nilai daya juga akan meningkat.
- Tekanan efektif rata—rata menggunakan E10, E20, E30, E40, E50, dan E60 meningkat. Tekanan efektif rata—rata menurun seiring meningkatnya putaran mesin hal tersebut dikarenakan waktu pembakaran semakin singkat sehingga bahan bakar tidak terbakar sempurna.

- Peningkatan laju konsumsi bahan bakar E10, E20, E30, E40, E50 dan E60 meningkat jika dibandingkan dengan E0 dikarenakan karakteristik bahan bakar bioetanol mudah menguap sehingga bahan bakar menguap sebelum terbakar percikan api busi dan kondisi mesin yang telah mengalami penurunan tekanan kompresi.
- Peningkatan efisiensi termal bahan bakar E10, E20, E30, E40, E50, dan E60 meningkat dikarenakan karakteristik bioetanol yang mudah menguap mengakibatkan efisiensi termal meningkat pada putaran mesin rendah.

Saran

- Hendaknya menggunakan mesin uji baru agar grafik performa E60 tidak turun
- Mesin yang digunakan selama pengujian disarankan telah melalui proses tune-up agar hasil pengujian optimal.
- Persentase campuran bioetanol disesuaikan dengan kondisi mesin dan karakteristik bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. 1988. *Motor Bakar Torak*. Edisi kelima. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Bugis, H. 2013. *Dasar-Dasar Motor Bensin Konvensional*. Surakarta
- Celik, M. B. 2008. "Experimental determination of suitable ethanol-gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine". *Applied Thermal Engineering*, 28(5–6), 396–404. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.10.028>
- Najafi, G., Ghobadian, B., Yusaf, T., Ardebili, S. M. S., & Mamat, R. 2015. "Optimization of performance and exhaust emission parameters of a SI (spark ignition) engine with gasoline-ethanol blended fuels using response surface methodology". *Energy*, 90, 1815–1829. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.004>
- Zabed, H., Sahu, J. N., Suely, A., Boyce, A. N., & Faruq, G. 2017. "Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71 (January), 475–501. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.076>
- Thakur, A. K., Kaviti, A. K., Mehra, R., & Mer, K. K. S. 2017. "Progress in performance analysis of ethanol-gasoline blends on SI engine". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69(November 2016), 324–340. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.056>
- Tibaquirá, J. E., Huertas, J. I., Ospina, S., Quirama, L. F., & Niño, J. E. 2018. "The Effect of Using Ethanol-Gasoline Blends on the Mechanical, Energy and Environmental Performance of In-Use Vehicles". *Energies*, 11(1), 1–17. <https://doi.org/10.3390/en11010221>

SAE Internasional. 2004. *Engine Power Test Code—Spark Ignition and Compression Ignition—Net Power Rating*. United States of America.

