

PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR PERTALITE DAN BIOETANOL BERAS KETAN PUTIH (*ORYZA SATIVA GLUTINOSA*) TERHADAP KINERJA MESIN YAMAHA NMAX 155CC 2019

Jonas Dhito Agape Siahaan

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: jonas.19076@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan bahan bakar minyak saat ini terjadi peningkatan seiring dengan terus bertambahnya kendaraan transportasi. Energi alternatif salah satunya Bioetanol dinilai layak untuk digunakan sebagai paduan bahan bakar minyak. Arah maksud adanya penelitian ini yaitu melakukan analisa mendalam tentang pengaruh penggunaan bioetanol dari beras ketan putih pada performa *engine* (efisiensi termal, torsi, tekanan efektif *average*, daya, dan *fuel consumption*) sepeda motor Yamaha Nmax 155cc 2019. Jenis eksperimen diterapkan penelitian ini. Sebagai objeknya, peneliti menggunakan sepeda motor Yamaha Nmax 155cc 2019. Instrumen uji kinerja mesin yaitu *chassis dynamometer*, *fuel flow meter*, *stopwatch*, dan *tachometer digital*. Kemudian untuk bahan bakar yang dipakai yaitu pertalite (E0) dan biopertalite (E10, E20, E30, E40, E50, E60). Pengujian dilakukan mulai putaran mesin dari 3000 - 9000 rpm menggunakan interval 1000 rpm. Metode pengujian menggunakan *full open throttle valve* mengacu ke SAE J1349. Pengujian karakteristik bahan bakar mengacu ke ASTM (densitas D1298, viskositas D445, dan titik nyala D39) serta nilai kalor berpedoman pada IKA/LEL-ITS/BK. Hasil dari pengujian karakteristik (densitas, viskositas, dan titik nyala) bahan bakar semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi bioetanol, namun nilai kalor bahan bakar semakin menurun ketika konsentrasi bioetanol bertambah. Sedangkan hasil pengujian kinerja mesin menunjukkan bahwa E50 memberikan pengaruh terbesar. Hal ini dibuktikan dengan torsi yaitu 12,05 Nm dengan 6000 rpm putaran mesinnya, untuk efisiensi daya sejumlah 12,1 HP pada 8000 rpm putaran mesin, tekanan efektif *average* mendapat 11,06 kgf/cm² pada putaran mesin 5000 rpm, laju konsumsi bahan bakar sebesar 0,52 liter/jam pada putaran mesin 3000 rpm, dan efisiensi termal sebesar 30,78% di 5000 rpm.

Kata Kunci: beras ketan putih, bioetanol, pertalite, kinerja mesin

Abstract

The need for fuel oil is currently increasing along with the continued increase in transportation vehicles. Alternative energy, one of which is Bioethanol, is considered suitable for use as a fuel oil blend. The aim of this research is to carry out an in-depth analysis of the effect of using bioethanol from white glutinous rice on engine performance (thermal efficiency, torque, average effective pressure, power and fuel consumption) of the 2019 Yamaha Nmax 155cc motorbike. This type of experiment is applied in this research. As the object, researchers used a 2019 Yamaha Nmax 155cc motorbike. The engine performance test instruments were a chassis dynamometer, fuel flow meter, stopwatch and digital tachometer. Then the fuel used is pertalite (E0) and biopertalite (E10, E20, E30, E40, E50, E60). Testing was carried out starting with engine speed from 3000 - 9000 rpm using 1000 rpm intervals. The test method uses a full open throttle valve referring to SAE J1349. Testing of fuel characteristics refers to ASTM (density D1298, viscosity D445, and flash point D39) and the heating value is guided by IKA/LEL-ITS/BK. The results of testing the characteristics (density, viscosity and flash point) of fuel increase as the bioethanol concentration increases, but the heating value of the fuel decreases as the bioethanol concentration increases. Meanwhile, the engine performance test results show that the E50 has the biggest impact. This is proven by the torque of 12.05 Nm at 6000 rpm engine speed, for power efficiency of 12.1 HP at 8000 rpm engine speed, average effective pressure of 11.06 kgf/cm² at 5000 rpm engine speed, fuel consumption rate of 0.52 liters/hour at engine speed of 3000 rpm, and thermal efficiency of 30.78% at 5000 rpm.

Keywords: white glutinous rice, bioethanol, pertalite, engine performance

PENDAHULUAN

Pada tahun 2021 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 143,79 juta unit (Badan Pusat Statistik, 2020). Jumlah tersebut didominasi oleh sepeda motor sebanyak 121,2 juta unit (Badan Pusat Statistik, 2020). Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor membuat konsumsi bahan bakar minyak juga meningkat (Fatah dan Pratama, 2021). Pemakaian bahan bakar minyak dari fosil pun menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan, yaitu mencemari udara dengan

karbondioksida. Bahan bakar minyak dikenal dunia sebagai penyumbang karbondioksida terbesar setelah batu bara (Prasetyo, 2018). Oleh karena itu, harus dilakukan upaya untuk meminimalisasi emisi hasil penggunaan bahan bakar minyak (Prasetyo dkk., 2018).

Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan mengurangi penggunaan fosil sebagai bahan bakar atau menggantinya dengan bahan alternatif lainnya yang mengandung nilai oktan sama atau lebih tinggi dari bahan bakar terbarukan (Pratama dan Trisna, 2020). Salah satu sumber bahan bakar alternatif yang diproyeksikan untuk menggantikan atau sebagai campuran bahan bakar fosil

adalah bioetanol karena sumbernya tidak terbatas (Saikhrishnan *et al.*, 2017).

Bioetanol merupakan bahan bakar yang terbuat dari bahan-bahan botani, bahan-bahan tersebut biasanya mengandung gula dan pati seperti ubi kayu, ubi jalar, sorgum, beras ketan putih, dan lain-lain (Herawati dkk., 2021).

Bioetanol seringkali digunakan sebagai campuran bahan bakar karena dapat diperbarui dan emisi yang dihasilkan lebih ramah lingkungan (Sugiarto *et al.*, 2018). Bioetanol juga dapat membuat bilangan oktan meningkat jika digunakan sebagai campuran bensin (Sugiarto *et al.*, 2020).

Thakur *et al.* (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan campuran etanol dan bensin terhadap kinerja mesin pengapian busi, didapatkan hasil bahwa penggunaan campuran E20 meningkatkan daya sebesar 4,16% dan torsi sebesar 4,77%. Selain itu, efisiensi termal juga meningkat seiring dengan bertambahnya persentase etanol.

Putri dan Muhaji (2023) melakukan penelitian dengan menggunakan campuran pertalite dan bioetanol limbah brom (E10, E20, E30, E40, E50) sebagai bahan bakar sepeda motor dengan rasio kompresi 12:1, hasil penelitian menyebutkan bahwa campuran pertalite dan bioetanol (E50) menghasilkan torsi, daya, tekanan efektif rata-rata paling tinggi, dengan tiap jenisnya sejumlah 1,41 kgf.m, 12,2 HP, dan 12,21 kgf/cm². Selain itu campuran E50 menghasilkan laju konsumsi bahan bakar terendah.

Setiawan dan Muhaji (2023) menggunakan campuran bahan bakar pertalite dan bioetanol limbah umbi batang pisang raja (E10, E20, E30, E40, E50) pada mesin dengan rasio kompresi 11:1, hasil penelitian juga menyatakan bahwa campuran E50 merupakan campuran terbaik karena menghasilkan torsi, daya, dan tekanan efektif *average* tertinggi, yaitu 1,09 kgf.m, 9,37 HP, dan 110577,89 kg.m⁻².

Adanya penelitian ini bermaksud menganalisis besarnya efek atau pengaruh pertalite (E0) dan *mixture* pertalite dengan bioetanol beras ketan putih (E10, E20, E30, E40, E50, E60) pada *performance* mesin (daya, torsi, tekanan efektif rata-rata, efisiensi termal, dan *fuel consumption*) sepeda motor Yamaha Nmax 155cc 2019.

METODE

Jenis Penelitian

Experimental sebagai jenis penelitian yang dipakai peneliti. suatu bentuk analisis komparatif di mana mempelajari dua variabel atau lebih dan mengamati suatu kelompok dalam kondisi tertentu atau kelompok yang mengalami kondisi berbeda. Perlakuan dalam penelitian ini berupa penggunaan bahan bakar pertalite (E0) dan campuran pertalite dengan bioetanol beras ketan putih (E10, E20, E30, E40, E50, E60) kemudian nantinya diketahui hasilnya berupa perubahan pada kinerja mesin.

Tempat dan Waktu Penelitian

➤ Tempat Penelitian

- Untuk pengujian karakteristik (densitas) campuran bahan bakar pertalite dan bioetanol

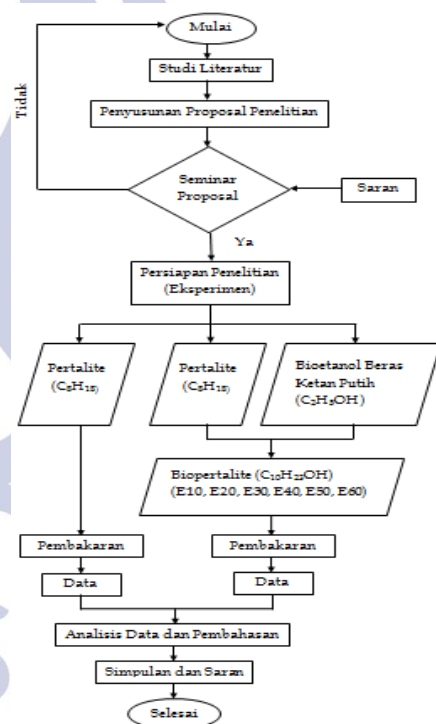
beras ketan putih dikerjakan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Universitas Negeri Surabaya.

- Untuk pengujian karakteristik (viskositas dan nilai kalor) campuran bahan bakar pertalite dan bioetanol beras ketan putih dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan ITS.
- Untuk pengujian kinerja mesin dikerjakan di Lab. *Engine Performance Testing* Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

➤ Waktu Penelitian

- Untuk pengujian karakteristik bahan bakar biopertalite dilakukan setelah proses pembuatan bioetanol dari beras ketan putih selesai.
- Untuk pengujian kinerja mesin dilakukan setelah pengujian karakteristik bahan bakar biopertalite.

Rencana Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

➤ Variabel Bebas

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

➤ Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu torsi, daya, laju konsumsi bahan bakar, tekanan efektif rata-rata dan efisiensi termal Yamaha Nmax 155cc 2019.

- Variabel Kontrol
 - Sepeda motor Yamaha Nmax 155cc tahun 2019 yang telah *tune up*.
 - Pengujian kinerja mesin dilakukan di kondisi 3000-9000 rpm dengan interval 1000 rpm.
 - Temperatur oli mesin saat bekerja 60°-80°C.
 - Kekentalan minyak pelumas SAE 10W-40.

Rangkaian Peralatan Instrumen



Gambar 2. Rangkaian Peralatan Instrumen

Keterangan Gambar:

1. Chasis dynamometer
2. Tie down
3. Sepeda motor Yamaha Nmax 155cc tahun 2019
4. Kabel console dan penjepit busi
5. Tachometer digital
6. Monitor
7. Selang bahan bakar
8. Blower
9. Stopwatch
10. Fuel flow meter

Prosedur Pengujian

Prosedur penelitian yang dimaksud meliputi proses persiapan pengujian kinerja mesin dan pengujian kinerja mesin.

- Persiapan Pegujian Kinerja mesin
 1. Pastikan sepeda motor yang akan diuji sudah menjalani tune up.
 2. Siapkan berbagai jenis bahan bakar, antara lain pertalite murni (E0) dan berbagai campuran biopertalite (E10, E20, E30, E40, E50, E60).
 3. Angkat sepeda motor ke atas sasis dinamometer.
 4. Pasangkan pengikat pada suspensi depan sepeda motor dengan kuat.
 5. Hubungkan kabel klem tachometer digital ke kabel busi motor. Nyalakan sepeda motor dan pastikan RPM (putaran per menit) terhubung dengan benar.
 6. Menyalakan monitor.
 7. Membuka software chasis dynamometer.
- Pengujian Kinerja Mesin
 1. Torsi dan Daya
 - a. Menyalakan blower.
 - b. Melakukan akselerasi hingga mencapai 3000 rpm dan periksa apakah roda belakang sepeda

motor sudah berputar. Setelah mencapai putaran di 3000 rpm tekan tombol switch sekali untuk merekam data, dan putar handle gas agar diketahui throttle terbuka semua.

- c. Melakukan prosedur ke 2 hingga sepeda motor di kondisi putaran 9000 rpm, lalu tekan tombol switch dan kembalikan handle gas ke posisi awal pada waktu yang bersamaan.
 - d. Menyimpan data hasil pengujian.
 - e. Pengujian dan pengambilan data dilakukan minimal 3 kali agar hasil yang didapatkan valid.
2. Volume Konsumsi Bahan Bakar
 - a. Menghubungkan selang injektor dengan fuel flow meter yang sudah terhubung dengan tangki bahan bakar terpisah.
 - b. Mengisi tangki terpisah tersebut dan mengisi buret hingga penuh.
 - c. Menyalakan blower.
 - d. Mengatur bukaan valve bahan bakar sesuai dengan mesin sepeda motor yaitu pada putaran 3000-9000 rpm dengan interval 1000 rpm menggunakan handle gas.
 - e. Menggunakan stopwatch untuk mengukur waktu penggunaan bahan bakar selama 1 menit.
 - f. Mencatat volume bahan bakar yang digunakan.
 - g. Pengujian dan pengambilan data dilakukan minimal 3 kali agar hasil yang didapatkan valid.
 3. Tekanan Efektif Rata-Rata
Data tekanan efektif average dihitung pada rumus berikut:

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

4. Laju Fuel Consumption
Data laju konsumsi bahan bakar dihitung pada rumus berikut:

$$fc = \frac{V_f}{t}$$

5. Efisiensi Termal
Data efisiensi termal dihitung melalui rumus berikut:

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

Teknik Pengumpulan Data

Data karakteristik bahan bakar diperoleh dengan melakukan percobaan dengan menguji karakteristik biopertalite beras putih dan merekap data yang dibutuhkan. Untuk data tersebut yaitu komposisi variabel independen yang sesuai untuk memperoleh karakteristik bahan bakar (densitas, viskositas, titik nyala, nilai kalor, dan nilai oktan).

Untuk data kinerja mesin didapat melalui cara mengerjakan eksperimen dengan dilakukan pengujian

pada sepeda motor Yamaha Nmax 155cc 2019 dengan perbandingan kompresi 10,5:1 dan melakukan rekapitulasi data-data yang dibutuhkan. Data tersebut yaitu komposisi yang sesuai mengacu variabel independen/bebas sehingga diperoleh kinerja mesin (torsi, daya, tekanan efektif rata-rata, laju konsumsi bahan bakar, dan efisiensi termal) yang optimal.

Teknik Analisis Data

Penelitian yang diuraikan dalam konteks ini menggunakan teknik analisis data deskriptif kuantitatif. Teknik ini melibatkan analisis data kuantitatif yang diperoleh dari pengujian karakteristik bahan bakar dan kinerja mesin. Data disusun dalam tabel dan disajikan secara grafis. Informasi dalam tabel dan grafik tersebut kemudian diuraikan dalam kalimat yang sederhana dan mudah dipahami sehingga memungkinkan dilakukannya penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencampuran Bahan Bakar

Melakukan penggabungan bahan bakar pertalite dan bioetanol beras ketan putih dikerjakan di *Fuel and lubricants laboratory* Universitas Negeri Surabaya dengan menggunakan *magnetic stirrer* agar kedua bahan bakar menjadi homogen. Komposisi bahan bakar yang dicampurkan adalah Biopertalite E10 (pertalite 90%+bioetanol 10%), Biopertalite E20 (pertalite 80%+bioetanol 20%), Biopertalite E30 (pertalite 70%+bioetanol 30%), Biopertalite E40 (pertalite 60%+bioetanol 40%), Biopertalite E50 (pertalite 50%+bioetanol 50%), Biopertalite E60 (pertalite 40%+bioetanol 60%).



Gambar 3. Campuran Bahan Bakar Biopertalite

Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar

Pengujian karakteristik bahan bakar pertalite (E0) dan campuran pertalite dengan bioetanol beras ketan putih (E10, E20, E30, E40, E50, E60) meliputi uji viskositas, densitas, nilai kalor, dan titik nyala.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar

Parameter Uji	Satuan	Hasil Pengujian						
		E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60
Viskositas 40°C	cSt	0,495	0,515	0,585	0,630	0,692	0,786	0,884
Densitas	g/cm ³	0,75	0,756	0,760	0,762	0,772	0,774	0,779
Nilai Kalor	Kkal/Kg	10375	9845	9358	9067	8691	8379	7929
Titik Nyala	°C	-44	-38	-32	-26	-20	-14	-8

Hasil Pengujian Kinerja Mesin

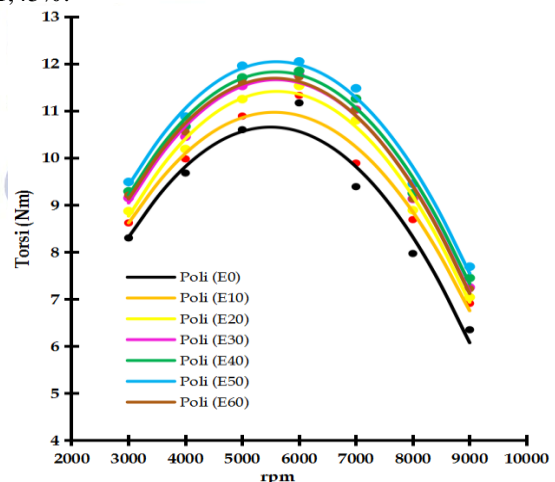
Pengujian *engine performance* dengan bahan bakar pertalite (E0) dan campuran pertalite dengan bioetanol beras ketan putih (E10, E20, E30, E40, E50, E60). Pengujian kinerja mesin menggunakan 7 variabel yang akan diuji. Setiap variabel akan diuji daya, torsi, dan volume konsumsi bahan bakar yang dihasilkan sepeda motor Yamaha Nmax 155cc 2019.

Torsi

Tabel 2. Hasil Pengujian Torsi

rpm	Torsi (Nm)												
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6
3000	8,30	8,62	8,87	9,15	9,29	9,49	9,21	3,86%	6,87%	10,24%	11,93%	14,34%	10,96%
4000	9,68	9,98	10,19	10,45	10,67	10,88	10,55	3,10%	5,27%	7,95%	10,23%	12,40%	8,99%
5000	10,60	10,89	11,25	11,53	11,71	11,96	11,61	2,74%	6,13%	8,77%	10,47%	12,83%	9,53%
6000	11,17	11,33	11,53	11,75	11,85	12,05	11,72	1,43%	3,22%	5,19%	6,09%	7,88%	4,92%
7000	9,39	9,89	10,80	11,03	11,26	11,48	11,03	5,32%	15,02%	17,47%	19,91%	22,26%	17,47%
8000	7,97	8,69	8,89	9,13	9,25	9,45	9,13	9,03%	11,54%	14,55%	16,06%	18,57%	14,55%
9000	6,35	6,91	7,04	7,25	7,45	7,69	7,22	8,82%	10,87%	14,17%	17,32%	21,10%	13,70%
Rata-rata								4,90%	8,42%	11,19%	13,14%	15,62%	11,45%

Torsi mesin yang dihasilkan oleh campuran bahan bakar pertalite dengan bioetanol beras ketan putih masing-masing mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan E0, E10 meningkat sebesar 4,90%, E20 meningkat sebesar 8,42%, E30 meningkat sebesar 11,19%, E40 meningkat sebesar 13,14%, E50 meningkat sebesar 15,62%, sedangkan E60 meningkat sebesar 11,45%.



Gambar 4. Grafik Hasil Torsi

Torsi mesin menandakan kenaikan di interval 3000-6000 rpm. Hal tersebut terjadi akibat seiring dengan meningkatnya putaran mesin akan diikuti dengan meningkatnya efisiensi volumetrik, sehingga campuran

udara- bahan bakar yang dikompresi didalam ruang bakar juga semakin banyak. Ketika bahan bakar yang dikompresi semakin banyak maka ledakan yang terjadi di dalam ruang bakar juga semakin besar. Ledakan yang besar ini akan memberikan gaya dorong yang besar pula terhadap kepala piston, sehingga torsi akan meningkat. Meningkatnya nilai oktan bahan bakar biopertalite juga memberikan pengaruh pada meningkatnya torsi mesin, karena semakin besar nilai oktan maka pembakaran semakin sempurna dan ledakan yang dihasilkan juga semakin besar, akibatnya gaya dorong yang diterima oleh kepala piston meningkat dan torsi meningkat juga.

Torsi mesin mengalami penurunan ketika memasuki rentang putaran mesin 7000-9000 rpm. Hal ini dikarenakan pada putaran mesin yang tinggi, volume campuran udara – bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar untuk dikompresi semakin berkurang. Torsi mesin yang dihasilkan pada pengujian ini juga mengalami penurunan jika dibandingkan dengan torsi standar, hal ini disebabkan karena faktor usia dan perawatan mesin.

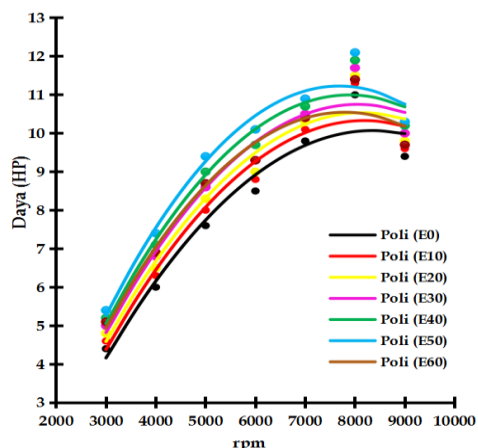
Hasil penelitian menyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya konsentrasi bioetanol ke dalam campuran bahan bakar maka torsi akan semakin meningkat juga. Akan tetapi, pada campuran bahan bakar E60 torsi mengalami penurunan jika dibandingkan dengan bahan bakar E50. Hal ini disebabkan oleh rasio kompresi mesin yang sudah menurun, sehingga bahan bakar E60 dengan nilai oktan yang lebih tinggi tidak dapat terkompresi dengan sempurna.

Daya Efektif

Tabel 3. Hasil Pengujian Daya

rpm	Daya (HP)												
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6
3000	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,1	4,55%	9,09%	13,64%	18,18%	22,73%	15,91%
4000	6,0	6,3	6,5	6,8	7,1	7,4	6,9	5,00%	8,33%	13,33%	18,33%	23,33%	15,00%
5000	7,6	8,0	8,3	8,6	9,0	9,4	8,7	5,26%	9,21%	13,16%	18,42%	23,68%	14,47%
6000	8,5	8,8	9,0	9,3	9,7	10,1	9,3	3,53%	5,88%	9,41%	14,12%	18,82%	9,41%
7000	9,8	10,1	10,3	10,5	10,7	10,9	10,4	3,06%	5,10%	7,14%	9,18%	11,22%	6,12%
8000	11,0	11,3	11,5	11,7	11,9	12,1	11,4	2,73%	4,55%	6,36%	8,18%	10,00%	3,64%
9000	9,4	9,6	9,8	10,0	10,2	10,3	9,7	2,13%	4,26%	6,38%	8,51%	9,57%	3,19%
Rata-rata								3,75%	6,63%	9,92%	13,56%	17,05%	9,68%

Daya efektif yang dihasilkan oleh campuran bahan bakar pertalite dengan bioetanol beras ketan putih masing-masing mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan E0, E10 meningkat sebesar 3,75%, E20 meningkat sebesar 6,63%, E30 meningkat sebesar 9,92%, E40 meningkat sebesar 13,56%, E50 meningkat sebesar 17,05%, sedangkan E60 meningkat sebesar 9,68%.



Gambar 5. Grafik Daya

Daya efektif mengalami kenaikan pada rentang 3000-8000 rpm. Hal ini terjadi dikarenakan ketika pada putaran mesin yang tinggi maka bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar untuk dikompresi juga semakin banyak, akibatnya daya yang dihasilkan semakin meningkat. Nilai oktan biopertalite yang tinggi juga menyebabkan pembakaran berlangsung lebih sempurna sehingga semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh mesin.

Daya efektif mengalami penurunan ketika memasuki rentang putaran mesin 9000 rpm. Hal ini dikarenakan pada putaran mesin yang tinggi, pembakaran berlangsung lebih cepat sehingga bahan bakar yang ada di dalam ruang bakar tidak mampu terkompresi secara sempurna. Daya yang dihasilkan pada pengujian ini juga mengalami penurunan jika dibandingkan dengan daya standar, hal ini disebabkan karena faktor usia dan perawatan mesin.

Hasil penelitian menyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya konsentrasi bioetanol ke dalam campuran bahan bakar maka daya efektif akan semakin meningkat juga. Akan tetapi, pada campuran bahan bakar E60 daya efektif mengalami penurunan jika dibandingkan dengan bahan bakar E50. Hal ini disebabkan oleh rasio kompresi mesin yang sudah menurun, sehingga bahan bakar E60 dengan nilai oktan yang lebih tinggi tidak dapat terkompresi dengan sempurna.

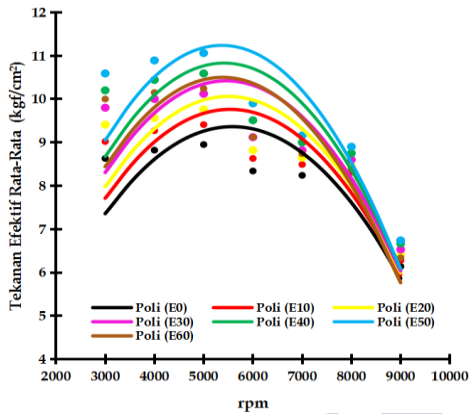
Tekanan Efektif Rata-Rata

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tekanan Efektif Rata-Rata

rpm	Tekanan Efektif Rata-Rata (kgf/cm ²)												
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6
3000	8,63	9,02	9,41	9,80	10,20	10,59	10,00	4,52%	9,04%	13,56%	18,19%	22,71%	15,87%
4000	8,82	9,27	9,56	10,00	10,44	10,89	10,15	5,10%	8,39%	13,38%	18,37%	23,47%	15,08%
5000	8,95	9,41	9,76	10,12	10,59	11,06	10,24	5,14%	9,05%	13,07%	18,32%	23,58%	14,41%
6000	8,34	8,63	8,82	9,12	9,51	9,90	9,12	3,48%	5,76%	9,35%	14,03%	18,71%	9,35%
7000	8,24	8,49	8,65	8,82	9,00	9,16	8,74	3,03%	4,98%	7,04%	9,22%	11,17%	6,07%
8000	8,09	8,31	8,45	8,60	8,75	8,90	8,39	2,72%	4,45%	6,30%	8,16%	10,01%	3,71%
9000	6,14	6,28	6,40	6,53	6,67	6,74	6,34	2,28%	4,23%	6,35%	8,63%	9,77%	3,26%
Rata-rata								3,75%	6,56%	9,87%	13,56%	17,06%	9,68%

Tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan oleh campuran bahan bakar pertalite dengan bioetanol beras ketan putih masing-masing mengalami peningkatan jika

dibandingkan dengan E0, E10 meningkat sebesar 3,75%, E20 meningkat sebesar 6,56%, E30 meningkat sebesar 9,87%, E40 meningkat sebesar 13,56%, E50 meningkat sebesar 17,06%, sedangkan E60 meningkat sebesar 9,68%.



Grafik 6. Grafik Tekanan Efektif Rata-Rata

Rata-rata tekanan efektif cenderung meningkat pada kisaran 3000-5000 rpm. Hal ini terjadi karena seiring dengan meningkatnya putaran mesin, pembakaran berlangsung lebih efisien sehingga perambatan api menjadi lebih cepat. Hal ini, pada gilirannya, menyebabkan peningkatan suhu dan tekanan pembakaran, yang pada akhirnya menghasilkan tekanan efektif rata-rata yang lebih tinggi.

Tingginya nilai oktan biopertalite juga berkontribusi terhadap peningkatan rata-rata tekanan efektif. Nilai oktan yang lebih tinggi memungkinkan terjadinya pembakaran yang lebih sempurna dan ledakan yang lebih besar akibat pembakaran. Hal ini menghasilkan gaya dorong yang lebih besar pada kepala piston, yang menyebabkan peningkatan tekanan efektif rata-rata.

Namun saat putaran mesin memasuki kisaran 6000-9000 rpm, tekanan efektif rata-rata mulai menurun. Pada putaran mesin tinggi, waktu piston untuk menarik campuran udara-bahan bakar lebih sedikit, sehingga mengakibatkan penurunan volume campuran yang dihirup. Akibatnya, tekanan efektif rata-rata juga menurun.

Hasil penelitian menyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya konsentrasi bioetanol ke dalam campuran bahan bakar maka tekanan efektif rata-rata akan semakin meningkat juga. Akan tetapi, pada campuran bahan bakar E60 tekanan efektif rata-rata mengalami penurunan jika dibandingkan dengan bahan bakar E50. Hal ini disebabkan oleh rasio kompresi mesin yang sudah menurun, sehingga bahan bakar E60 dengan nilai oktan yang lebih tinggi tidak dapat terkompresi dengan sempurna.

Laju Konsumsi Bahan Bakar

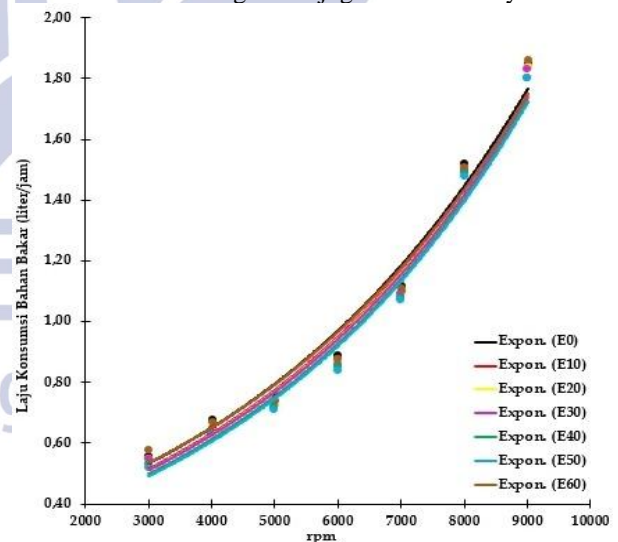
Tabel 5. Hasil Perhitungan Laju Konsumsi Bahan Bakar

rpm	Laju Konsumsi Bahan Bakar (Liter/jam)												
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6
3000	0,56	0,55	0,55	0,55	0,53	0,52	0,58	-1,79%	-1,79%	-1,79%	-5,36%	-7,14%	3,57%
4000	0,68	0,65	0,64	0,64	0,63	0,63	0,67	-4,41%	-5,88%	-5,88%	-7,35%	-7,35%	-1,47%
5000	0,76	0,73	0,73	0,73	0,72	0,71	0,74	-3,95%	-3,95%	-3,95%	-5,26%	-6,58%	-2,63%
6000	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,88	-1,12%	-2,25%	-3,37%	-4,49%	-5,62%	-1,12%
7000	1,12	1,10	1,09	1,09	1,08	1,07	1,11	-1,79%	-2,68%	-2,68%	-3,57%	-4,46%	-0,89%
8000	1,52	1,50	1,50	1,50	1,49	1,48	1,51	-1,32%	-1,32%	-1,32%	-1,97%	-2,63%	-0,66%
9000	1,85	1,84	1,84	1,83	1,80	1,80	1,86	-0,54%	-0,54%	-1,08%	-2,70%	-2,70%	0,54%
Rata-rata								-2,13%	-2,63%	-2,87%	-4,39%	-5,21%	-0,38%

Laju konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh campuran bahan bakar pertalite dengan bioetanol beras ketan putih masing-masing mengalami penurunan jika dibandingkan dengan E0, E10 menurun sebesar -2,13%, E20 menurun sebesar -2,63%, E30 menurun sebesar -2,87%, E40 menurun sebesar -4,39%, E50 menurun sebesar -5,21%, sedangkan E60 menurun sebesar -0,38%.

Laju konsumsi bahan bakar pada rentang 3000-5000 rpm masih cenderung rendah. Hal ini terjadi karena ketika putaran mesin awal *throttle valve* masih belum terbuka lebar. Akibatnya, bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin juga masih sedikit.

Laju konsumsi bahan bakar cenderung mengalami peningkatan ketika memasuki rentang putaran mesin 6000-9000 rpm. Hal ini dikarenakan pada ketika putaran mesin yang semakin tinggi maka *throttle valve* juga terbuka semakin lebar. Akibatnya, bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar juga semakin banyak.



Gambar 7. Grafik Laju Konsumsi Bahan Bakar

Hasil penelitian menyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya konsentrasi bioetanol ke dalam campuran bahan bakar maka laju konsumsi bahan bakar akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh tingginya nilai oktan dan kandungan oksigen yang ada pada bioetanol sehingga pembakaran berlangsung lebih sempurna serta waktu pembakaran lebih lama. Akan tetapi, pada campuran bahan bakar E60 laju konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan jika dibandingkan

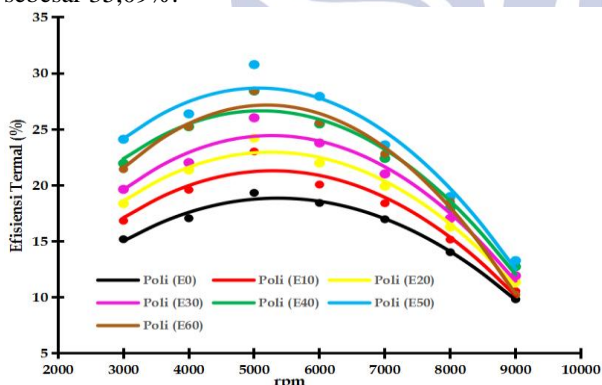
dengan bahan bakar E50. Hal ini disebabkan karena nilai oktan bahan bakar E60 yang tinggi tidak diimbangi dengan rasio kompresi mesin yang tinggi juga, sehingga bahan bakar E60 dengan nilai oktan yang lebih tinggi tidak dapat terkompresi dengan sempurna (Arianto dkk., 2020).

Efisiensi Termal

Tabel 6. Hasil Perhitungan Efisiensi Termal

rpm	Efisiensi Termal (%)													
	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6	
3000	15,19	16,84	18,37	19,64	21,96	24,11	21,44	10,86%	20,93%	29,30%	44,57%	58,72%	41,15%	
4000	17,06	19,60	21,37	22,03	25,23	26,38	25,23	14,89%	25,26%	29,13%	47,89%	54,63%	47,89%	
5000	19,33	23,02	24,22	26,03	28,42	30,78	28,41	19,09%	25,30%	34,66%	47,03%	59,23%	46,97%	
6000	18,43	20,07	21,99	23,78	25,48	26,79	25,61	8,90%	19,32%	29,03%	38,25%	45,36%	38,96%	
7000	16,97	18,40	19,92	21,02	22,40	23,61	22,81	8,43%	17,38%	23,87%	32,00%	39,13%	34,41%	
8000	14,03	15,16	16,28	17,05	17,98	19,00	18,53	8,05%	16,04%	21,53%	28,15%	35,42%	32,07%	
9000	9,83	10,55	11,37	11,93	12,74	13,28	10,24	7,32%	15,67%	21,36%	29,60%	35,10%	4,17%	
Rata-rata								11,08%	19,99%	26,98%	38,21%	46,80%	35,09%	

Efisiensi termal yang dihasilkan oleh campuran bahan bakar pertalite dengan bioetanol beras ketan putih masing-masing mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan E0, E10 meningkat sebesar 11,08%, E20 meningkat sebesar 19,99%, E30 meningkat sebesar 26,98%, E40 meningkat sebesar 38,21%, E50 meningkat sebesar 46,80%, sedangkan E60 meningkat sebesar 35,09%.



Gambar 8. Grafik Efisiensi Termal

Efisiensi termal pada rentang 3000-5000 rpm cenderung meningkat. Hal ini terjadi karena ketika putaran semakin meningkat, campuran udara - bahan bakar akan semakin mendekati campuran stoikiometri sehingga perambatan nyala api akan semakin cepat dan pembakaran berlangsung lebih sempurna. Akibatnya, tekanan dan temperatur pembakaran juga semakin meningkat sehingga menghasilkan efisiensi termal yang lebih tinggi.

Efisiensi termal mengalami penurunan ketika memasuki rentang putaran mesin 6000-9000 rpm. Hal ini dikarenakan pada putaran mesin yang tinggi, torak tidak memiliki cukup waktu untuk menghisap campuran udara-bahan bakar. Akibatnya volume bahan bakar yang terhisap semakin berkurang dan tekanan kompresi semakin menurun, sehingga

efisiensi termal juga semakin menurun (Aji dan Sutjahjo, 2013).

Hasil penelitian menyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya konsentrasi bioetanol ke dalam campuran bahan bakar maka efisiensi termal akan semakin meningkat juga. Hal ini dikarenakan ketika konsentrasi bioetanol semakin meningkat akan menghasilkan daya yang semakin besar dan laju konsumsi bahan bakar yang semakin kecil, sehingga efisiensi termal semakin meningkat. Akan tetapi, pada campuran bahan bakar E60 efisiensi termal mengalami penurunan jika dibandingkan dengan bahan bakar E50. Hal ini disebabkan oleh kompresi mesin yang sudah menurun, sehingga bahan bakar E60 dengan nilai oktan yang lebih tinggi tidak dapat terkompresi dengan sempurna.

PENUTUP

Simpulan

Simpulan dari hasil penelitian, analisis, serta pembahasan tentang pengaruh campuran bahan bakar pertalite dengan bioetanol beras ketan putih terhadap kinerja mesin Yamaha Nmax 155cc 2019 adalah sebagai berikut:

- Karakteristik bahan bakar (densitas, viskositas, dan titik nyala) tertinggi dihasilkan oleh E60 dan semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi bioetanol di dalam bahan bakar. Akan tetapi, nilai kalor tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar E0 dan semakin menurun ketika konsentrasi bioetanol semakin bertambah.
- Torsi yang dihasilkan oleh mesin semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi bioetanol didalam campuran bahan bakar biopertalite. Torsi mesin tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar E50 pada putaran mesin 6000 rpm yaitu sebesar 12,05 Nm dan mengalami peningkatan sebesar 15,62% jika dibandingkan dengan bahan bakar E0. Selanjutnya, daya efektif yang dihasilkan oleh mesin semakin meningkat juga seiring bertambahnya konsentrasi bioetanol didalam campuran bahan bakar biopertalite. Daya Efektif tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar E50 pada putaran mesin 8000 rpm yaitu sebesar 12,1 HP dan mengalami peningkatan sebesar 17,05% jika dibandingkan dengan bahan bakar E0. Tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan oleh mesin semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi bioetanol didalam campuran bahan bakar biopertalite. Tekanan efektif rata-rata tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar E50 pada putaran mesin 5000 rpm yaitu sebesar 11,06 kgf/ cm² dan mengalami peningkatan sebesar 17,06% jika dibandingkan dengan bahan bakar E0. Sedangkan laju konsumsi bahan bakar semakin menurun seiring semakin bertambahnya konsentrasi bioetanol didalam campuran bahan bakar biopertalite. Laju konsumsi bahan bakar terendah dihasilkan oleh bahan bakar E50 pada putaran mesin 3000 rpm yaitu sebesar 0,52 liter/jam dan mengalami penurunan sebesar -5,21% jika dibandingkan dengan bahan bakar E0. Efisiensi termal yang dihasilkan oleh

mesin semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi bioetanol didalam campuran bahan bakar biopertalite. Efisiensi termal tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar E50 pada putaran mesin 5000 rpm yaitu sebesar 30,78% dan mengalami peningkatan sebesar 46,80% jika dibandingkan dengan bahan bakar E0.

Saran

Dari hasil penelitian, analisis, serta pembahasan yang telah dilaksanakan, penulis memberikan saran untuk penelitian di masa mendatang sebagai berikut:

- Konsentrasi bioetanol yang digunakan dalam campuran bahan bakar hendaknya disesuaikan dengan rasio kompresi mesin tersebut.
- Sebelum melaksanakan pengujian kinerja mesin hendaknya mesin ditune up agar kinerja yg dihasilkan lebih optimal.
- Sebaiknya menggunakan mesin uji yang baru atau mesin dengan rasio kompresi yang lebih tinggi agar bahan bakar E60 menghasilkan kinerja mesin yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, S. W., & Sutjahjo, D. W. 2013. "Uji Kinerja Mesin 4 Langkah Dengan Bahan Bakar Bioethanol Dari Polong Trembesi sebagai Campuran Premium". *Jurnal Teknik Mesin Unesa*. Vol. 1 (2): hal. 94-101.
- Arianto, I., Wijayanto, D. S., & Rohman, N. 2020. "Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Melalui Pipa Tembaga Bersirip Radial di Dalam Upper Tank Radiator dan Penambahan Etanol Pada Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar". *Nozel: Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. Vol. 2 (2): hal. 129-136.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis Kendaraan (unit)*. Jakarta.
- Fatah, K. M. A., & Pratama, A. 2021. "Analisis Kinerja Mesin dan Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor dengan Variasi Kondisi Filter Udara". *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada masyarakat*. Vol. 2 (1): hal. 25-29.
- Herawati, N., Juniar, H., & Setiana, R. W. 2021. "Pembuatan Bioetanol Dari Pati Ubi Talas". *Jurnal Distilas*. Vol. 6 (1): hal. 7-17.
- Prasetyo, I. 2018. "Analisa Performa Mesin dan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Memanfaatkan Bioetanol Dari Bahan Baku Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Campuran Pertalite". *Jurnal Surya Teknik Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan*. Vol. 2 (1): hal. 14-21.
- Prasetyo, I., Sarjito, & Effendy, M. 2018. "Analisa Performa Mesin dan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Memanfaatkan Bioetanol Dari Bahan Baku Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Campuran Pertalite". *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*. Vol. 19 (2): hal. 43-54.
- Pratama, A. W., & Trisna, I. 2020. "Analisa Campuran Bahan Bakar Bioetanol Dari Nira Tebu Dengan Bahan Bakar Premium Terhadap Nilai Kalor Dan Unjuk Kerja Mesin 4 Langkah". *Journal Mechanical and Manufacture Technology*. Vol. 1 (1): hal. 31-37.
- Putri, M. U. H., & Muhaji. 2023. "Studi Eksperimental Pembakaran Bahan Bakar Pertalite Dengan Campuran Bioethanol Dari Limbah Brem Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Honda PCX 160CC". *Jurnal Teknik Mesin Unesa*. Vol. 11 (1): hal. 25-32.
- Saikrishnan, V., Karthikeyan, A., & Jayaprabakar, J. 2017. "Analysis of ethanol blends on spark ignition engines". *International Journal of Ambient Energy*. Vol. 39 (2): pp. 103-107.
- Setiawan, E. W., & Muhaji. 2023. "Uji Kinerja Mesin 4 Langkah Dengan Bahan Bakar Campuran Bioetanol Dari Limbah Umbi Batang Pisang Raja dan Pertalite". *Jurnal Teknik Mesin Unesa*. Vol. 11 (1): hal. 79-84.
- Sugiarto, B., Maymuchar, Wibowo, C. S., P., D. D., Hargiyanto, R., & Krisnanto, H. 2020. "The effects of gasoline-bioethanol blends to the performance of an otto engine". *AIP Conference Proceedings* 2255, 030043 (2020).
- Sugiarto, B., Wibowo, C. S., Zikra, A., Budi, A., & Mulya, T. 2018. "Characteristic of Gasoline Fuels in Indonesia Blend with Varying Percentages of Bioethanol". *E3S Web Confrences*, 67, 02031.
- Thakur, A. K., Kaviti, A. K., Mehra, R., & Merr, K. K. S. 2017. "Progress in performance analysis of ethanol-gasoline blends on SI engine". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 324-340.