

ANALISA KINERJA MESIN DAN EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR BERBAHAN BAKAR CAMPURAN BIOETANOL DARI AMPAS TEBU DAN PREMIUM

Zabil Ibnu Sholeq

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: zabilsholeq@mhs.unesa.ac.id

I Wayan Susila

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: wayansusila@unesa.ac.id

Abstrak

Jumlah kendaraan bermotor yang semakin meningkat mengakibatkan penggunaan bensin semakin banyak. Sejalan dengan itu polusi akibat asap kendaraan bermotor juga meningkat. Hal ini dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan, selain itu ketersediaan minyak bumi sebagai bahan baku pembuatan bensin sangat terbatas di alam. Banyak penelitian dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif yang terbarukan. Salah satunya ialah penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Bioetanol diperlukan untuk mengurangi dampak negatif dari minyak bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin dan emisi gas buang mesin sepeda motor berbahan bakar campuran premium dengan bioetanol dari ampas tebu. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui campuran terbaik premium dengan bioetanol, sehingga dapat dibandingkan dengan kinerja mesin dan emisi gas buang yang berbahan bakar premium murni. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen deskriptif kuantitatif, dimana sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2009 diuji menggunakan campuran premium dengan bioetanol (E0, E5, E10, E15, E20). Pengujian kinerja mesin berpedoman pada standar SAE J1349. Hasil pengujian kinerja mesin terbaik akan di uji emisi gas buang berdasarkan SNI 19-7118.3-2005. Pengujian emisi gas buang mesin yang dilakukan untuk mengetahui kandungan gas O₂, CO, CO₂, dan HC dari campuran bahan bakar terbaik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan biopremium ampas tebu lebih baik daripada premium murni E0 dilihat dari kinerja mesin maupun emisi gas buang. Kinerja mesin terbaik diperoleh dari bahan bakar E15 (premium 85% dan bioetanol 15%) dari ampas tebu. Hal ini ditunjukkan oleh perolehan daya efektif terbaik sebesar 7,909 PS pada putaran mesin 7000 rpm, torsi terbaik sebesar 9,120 Nm pada putaran mesin 5500 rpm, konsumsi bahan bakar spesifik terendah sebesar 0,051 kg/PS.jam pada putaran mesin 5500 rpm. Pada pengujian emisi gas buang penggunaan bahan bakar E15 (premium 85% dan bioetanol 15%) dari ampas tebu dapat mengurangi emisi gas HC, CO, dan O₂, dengan gas HC terendah 85 ppm pada 8000 rpm, sedangkan gas CO terendah 2,30% pada 8000 rpm dan gas O₂ terendah 3,33% pada 9000 rpm. Serta meningkatkan emisi gas CO₂, dengan CO₂ tertinggi 11% pada 9000 rpm. Emisi gas HC dan CO yang dihasilkan biopremium ampas tebu masih di bawah ambang batas standar emisi gas buang berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2006.

Kata kunci: mesin sepeda motor, kinerja mesin, emisi gas buang mesin, bioetanol, ampas tebu.

Abstract

The increasing number of motor vehicles results in the increasing use of gasoline. Correspondingly, pollution from motor vehicle fumes has also increased. This can have a negative impact on the environment and health, besides the availability of petroleum as a raw material for making gasoline is very limited in nature. Much research has been done to find alternative renewable fuels. One of them is the use of bioethanol as an environmentally friendly alternative fuel. Bioethanol is needed to reduce the negative effects of petroleum. This study aims to determine the performance of the engine and exhaust emissions of motorcycle engines with a mixture of premium fuel with bioethanol from bagasse. This study also aims to determine the best mix of premium with bioethanol, so that it can be compared with engine performance and exhaust emissions with pure premium fuel. This study uses a quantitative descriptive experimental method, in which the 2009 Honda Supra X 125 motorcycle was tested using a premium mixture with bioethanol (E0, E5, E10, E15, E20). Engine performance testing is guided by the SAE J1349 standard. The best engine performance test results will be tested for exhaust emissions based on SNI 19-7118.3-2005. Engine exhaust emissions testing conducted to determine the gas content of O₂, CO, CO₂, and HC from the best fuel mixture. The results, this study shows that the use of bagasse biopremium is better than pure premium E0 in terms of engine performance and exhaust emissions. The best engine performance is obtained from E15 fuel (premium 85% and bioethanol 15%) from sugarcane bagasse. This is shown by the acquisition of the best effective power of 7.909 PS at 7000 rpm engine speed, the best torque of 9.120 Nm at 5500 rpm engine speed, the lowest specific fuel consumption of 0.051 kg / PS.hours at 5500 rpm engine speed. In testing the exhaust emissions of the use of E15 fuel (premium 85% and bioethanol 15%) from bagasse can reduce emissions of HC, CO, and O₂, with

the lowest HC gas 85 ppm at 8000 rpm, while the lowest CO gas is 2.30% at 8000 rpm and O₂ gas the lowest at 3.33% at 9000 rpm. As well as increasing CO₂ gas emissions, with the highest CO₂ 11% at 9000 rpm. The emission of HC and CO gas produced by bagasse biopremium is still below the threshold standard of exhaust emissions based on the Regulation of the Minister of Environment No. 05 of 2006.

Keywords: motorcycle engine, engine performance, engine exhaust emissions, bioethanol, bagasse.

PENDAHULUAN

Teknologi yang berkembang begitu pesat berdampak terhadap aspek kehidupan baik secara positif atau negatif. Di Indonesia sepeda motor sangat diminati masyarakat saat ini. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat dalam kurun waktu 5 tahun (2012 sampai 2016) pemilik sepeda motor mengalami peningkatan yang cukup tinggi dari 76.381.183 unit menjadi 105.150.082 unit. Hal ini menimbulkan masalah karena cadangan minyak bumi Indonesia menipis. Data Kementerian ESDM menyebutkan pada tahun 2012-2016 cadangan minyak bumi Indonesia turun sebesar 0,12%. Pengembangan bahan bakar tebarukan bioetanol merupakan langkah mengurangi penggunaan minyak bumi. Konversi biomassa menjadi bioetanol merupakan teknologi yang mempunyai nilai ekonomis, karena dapat memanfaatkan bahan limbah sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Teknologi ini sudah dikembangkan mulai abad ke 18 dan hingga saat ini (Ningrum, 2015). Bioetanol digunakan sebagai campuran bahan bakar kendaraan untuk mendapatkan kinerja mesin yang tinggi dan menghasilkan emisi gas buang yang rendah.

Berdasarkan penelitian Pradana (2014) penggunaan bahan bakar biopremium dapat meningkatkan kinerja mesin motor Supra x 125 tahun 2008 (pengapian dimajukan 17,5° sebelum TMA) dengan campuran optimal E20 (premium 80% dan bioetanol 20%) karena torsi yang optimal dihasilkan pada variasi E20 sebesar 1,02 kgf.m pada 5500 rpm jika dibandingkan dengan E0. Daya efektif optimal dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biopremium E20 sebesar 9,68 PS pada 7000 rpm jika dibandingkan dengan E0. Tekanan efektif rata-rata optimal dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biopremium E20 sebesar 11,24 kg/cm² pada putaran 5500 rpm jika dibandingkan dengan E0.

Penelitian yang dilakukan oleh Farhan (2019) tentang bioetanol dari ampas tebu, diperoleh bioetanol dengan kadar etanol 98,005%, *heating value* 6947,06 kcal/kg, *flash point* 10°C, viskositas 2 cPs, densitas 0,78628 gr/cm³.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui campuran optimal antara bioetanol dari ampas tebu dengan premium berdasarkan kinerja mesin (daya efektif, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik) dan emisi gas buang (CO, CO₂, O₂ dan HC).

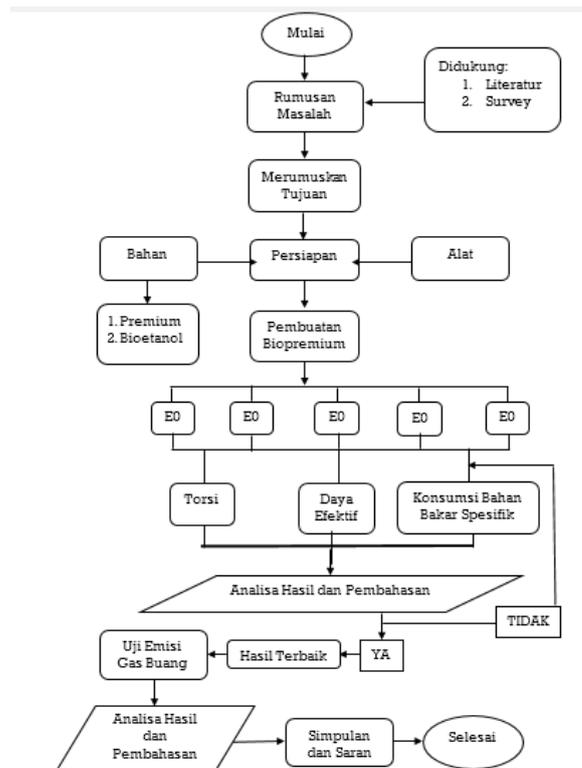
Hasil pengujian daya efektif dan torsi diperoleh dari *chassis dynamometer* sedangkan, pengujian emisi gas

buang menggunakan *gas analyzer*. Untuk konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\dot{m}_f = m_f/s \text{ (kg/jam)}$$

Heywood 1988:52

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Variabel Penelitian

- **Variabel Bebas**
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah bio-premium E0, E5, E10, E15, dan E20.
- **Variabel Terikat**
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kinerja mesin (daya efektif, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik) dan emisi gas buang (CO, HC, CO₂, O₂).
- **Variabel Kontrol**
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:
 - ✓ Mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2009
 - ✓ Pengujian kinerja mesin dilakukan pada putaran mesin 3000-9000 rpm dengan *range* 500 rpm.

- ✓ Pengujian emisi gas buang mesin dilakukan pada kondisi *idle* (1200 rpm)-9000 rpm dengan *range* 500 rpm.
- ✓ Temperatur oli mesin saat bekerja 60°-80°C.
- ✓ Celah busi dalam kondisi standar (0,8 mm).
- ✓ Temperatur udara sekitar 25°-35°C.
- ✓ Kelembaban udara (*humidity*) 25-60%.

Tabel 1. Karakteristik Biopremium

Parameter	E0	E5	E10	E15	E20	Metode Uji
Densitas (g/cm ³)	0,7172	0,7288	0,7388	0,7403	0,7530	ASTM D 1480
Flashpoint (°C)	60	69	74	76	79	ASTM D 93
Heating Value (cal/g)	8500	1137	11182	10972	10789	ASTM D 240
Viskositas (cPs)	0,65	0,490	0,486	0,475	0,466	ASTM D 45
Pour Point (°C)	-21	-35	-39	-42	-45	ASTM D 97

Metode Pengujian

Metode pengujian kinerja mesin berpedoman pada SAE J1349, yaitu “*Engine Test Code-Spark Ignition and Compression Ignition-Net Power Rating*”. Pengujian ini dilakukan pada kondisi bukaan *throttle* kontinyu mulai dari *idle* sampai bukaan *throttle* maksimum (akselerasi). Metode pengujian emisi gas buang mesin berpedoman pada SNI 19-7118.3-2005 dan hasil pengujian harus sesuai standar Kementerian Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian diperoleh dengan melakukan eksperimen dan data dianalisis menggunakan metode deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

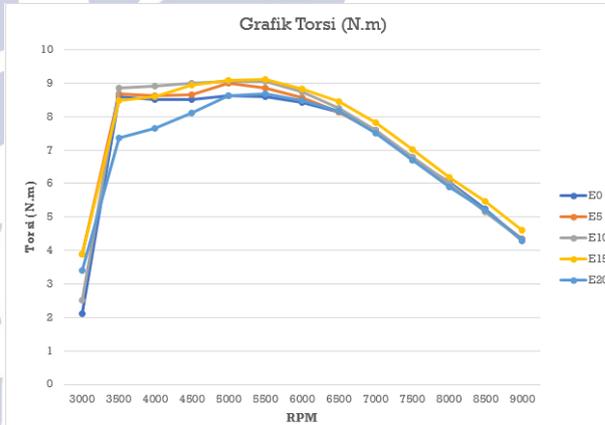
Torsi

Berdasarkan tabel 2 kenaikan torsi terjadi peningkatan pada rentang 3000 – 5500 rpm, karena dengan naiknya putaran mesin efisiensi volumetrik juga meningkat. Peningkatan ini membuat bahan bakar yang dikompresi didalam ruang bakar lebih besar, sehingga ledakan pada saat pembakaran lebih besar. Pembakaran pada ruang bakar menciptakan gaya mekanik, sehingga mengakibatkan torsi meningkat. Peningkatan oktan bahan bakar biopremium juga berpengaruh pada peningkatan torsi karena titik nyala bahan bakar semakin tinggi, sehingga bahan bakar yang dikompresi oleh piston tidak meledak sebelum mencapai TMA. Pada rentang 5500-9000 rpm grafik torsi mengalami penurunan karena bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mulai berkurang dan kompresi pada ruang bakar menurun. Torsi terbaik di dapatkan oleh bahan bakar E15 pada putaran 5500 rpm sebesar 9,120 N.m. Pada bahan bakar E20 terjadi penurunan torsi dikarenakan pengapian kendaraan yang

terlalu maju (15° sebelum TMA) sehingga bahan bakar E20 tidak terbakar dengan sempurna.

Tabel 2. Hasil Pengujian Torsi

Rpm	Torsi (N.m)				
	E0	E5	E10	E15	E20
3000	2,106	3,891	2,499	3,878	3,403
3500	8,600	8,682	8,862	8,474	7,367
4000	8,510	8,618	8,917	8,605	7,656
4500	8,514	8,659	9,012	8,939	8,094
5000	8,636	9,012	9,066	9,079	8,632
5500	8,587	8,844	9,066	9,120	8,695
6000	8,420	8,564	8,749	8,835	8,492
6500	8,148	8,130	8,257	8,456	8,157
7000	7,583	7,525	7,588	7,818	7,502
7500	6,698	6,802	6,784	7,009	6,716
8000	6,033	5,956	6,006	6,196	5,907
8500	5,238	5,170	5,166	5,455	5,215
9000	4,289	4,361	4,320	4,610	4,316



Gambar 2. Grafik Torsi

Daya Efektif

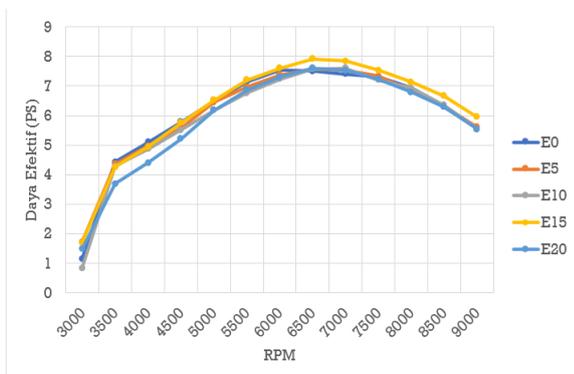
Berdasarkan tabel 3 kenaikan torsi sejalan dengan peningkatan daya efektif. Daya efektif dihasilkan dari gerakan rotasi poros engkol mesin yang bergerak akibat gaya mekanik piston yang bersumber dari ledakan bahan bakar diruang bakar. Pada saat torsi mencapai titik maksimal daya tetap dapat bertambah akibat gaya yang tersimpan pada poros engkol. Kenaikan daya efektif dimulai dari 3000-7000, kemudian mulai menurun karena gaya yang tersimpan sudah hilang dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mulai berkurang dan kompresi pada ruang bakar menurun. Hal ini disebabkan putaran mesin yang semakin tinggi sehingga piston tidak dapat mengisi volume ruang bakar dengan sempurna dan pergerakan piston yang semakin cepat menyebabkan gesekan antara piston dan dinding silinder meningkat.

Penelitian ini menunjukkan penggunaan bahan bakar biopremium mampu meningkatkan daya efektif

kendaraan. Daya efektif yang paling baik terdapat di bahan bakar E15 pada putaran 6500 rpm sebesar 7,909 PS. Pada bahan bakar E20 terjadi penurunan daya efektif dikarenakan pengapian kendaraan yang terlalu maju (15^o sebelum TMA) sehingga bahan bakar E20 tidak terbakar dengan sempurna.

Tabel 3. Hasil Pengujian Daya Efektif

Rpm	Daya Efektif (PS)				
	E0	E5	E10	E15	E20
3000	1,149	1,724	0,845	1,690	1,487
3500	4,428	4,360	4,293	4,259	3,684
4000	5,104	4,969	4,867	4,935	4,394
4500	5,780	5,577	5,509	5,746	5,205
5000	6,490	6,456	6,185	6,523	6,185
5500	7,132	6,963	6,760	7,199	6,861
6000	7,537	7,368	7,233	7,605	7,301
6500	7,504	7,571	7,571	7,909	7,605
7000	7,402	7,537	7,605	7,842	7,537
7500	7,301	7,335	7,199	7,537	7,233
8000	6,929	6,828	6,929	7,132	6,794
8500	6,287	6,321	6,354	6,659	6,287
9000	5,577	5,611	5,543	5,949	5,543



Gambar 3. Grafik Daya Efektif

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

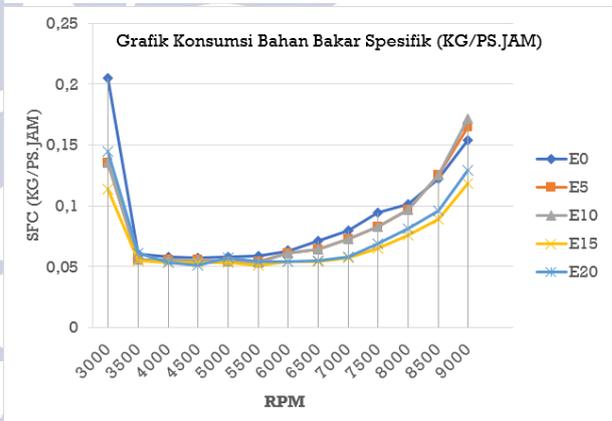
Berdasarkan tabel 4 konsumsi bahan bakar spesifik pada 3000 rpm sangat tinggi. Karena peralihan kondisi dari diam untuk bergerak membutuhkan tenaga yang lebih besar karena tidak ada gaya yang tersimpan pada poros engkol. Pada 3500-7000 rpm konsumsi bahan bakar menurun karena kinerja piston optimal. Akan tetapi pada 7000-9000 rpm konsumsi bahan bakar efektif mengalami kenaikan karena kinerja piston untuk menghisap dan mengkrompesikan bahan bakar tidak sempurna, dan udara yang masuk ke ruang bakar berkurang sehingga menjadikan campuran kaya (lebih banyak bahan bakar dibandingkan udara).

Bahan bakar E15 menjadi yang terbaik dengan 0,051 kg/PS.jam pada 5500 rpm. Hal ini dikarenakan bio-premium mendapatkan tambahan oksigen dari bioetanol, menjadikan campuran bahan bakar tetap dalam kondisi

misin (lebih banyak udara daripada bahan bakar) menjadikan bahan bakar lebih hemat.

Tabel 4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc)

RPM	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/PS.jam)				
	E0	E5	E10	E15	E20
IDLE (1200)	-	-	-	-	-
3000	0,205	0,135	0,135	0,114	0,145
3500	0,060	0,056	0,056	0,055	0,061
4000	0,058	0,056	0,056	0,053	0,053
4500	0,057	0,056	0,056	0,053	0,051
5000	0,058	0,054	0,054	0,053	0,057
5500	0,059	0,054	0,053	0,051	0,054
6000	0,063	0,061	0,061	0,054	0,054
6500	0,071	0,064	0,064	0,054	0,055
7000	0,080	0,073	0,073	0,057	0,058
7500	0,094	0,083	0,083	0,065	0,069
8000	0,101	0,097	0,097	0,076	0,081
8500	0,122	0,125	0,125	0,089	0,096
9000	0,154	0,165	0,172	0,118	0,129



Gambar 4. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Emisi Gas Buang

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat kadar CO terendah dengan bahan bakar premium adalah 3,04% pada putaran mesin 3000 rpm. Sedangkan kadar CO tertinggi 7,01% pada putaran mesin 8500 rpm. Dari data di atas bahwa bahan bakar premium akan menghasilkan emisi CO yang melebihi ambang batas di saat putaran mesin 6000 rpm sampai 9000 rpm. Hal ini dikarenakan kurangnya campuran udara pada ruang bakar. Sedangkan untuk kadar HC tidak ada yang melebihi ambang batas yang ditentukan. Untuk E0 HC terendah sebanyak 183 ppm pada 9000 rpm, untuk E15 kadar HC sebanyak 85 ppm pada 9000 rpm. Hal ini disebabkan pembakaran yang terjadi di ruang bakar sempurna. Hal ini sejalan dengan semakin turunnya gas O₂ disetiap pengujian. Gas O₂ terendah pada saat putaran mesin 9000 rpm. Selain itu naiknya gas CO₂ menandakan bahwa emisi gas buang baik, gas CO₂ tertinggi pada saat putaran mesin 9000 rpm.

Berdasarkan tabel 6 emisi gas buang menggunakan bahan bakar biopremium E15 menunjukkan hasil yang

sangat baik karena emisi yang dihasilkan rendah. Dengan kadar CO tertinggi 5,04% pada putaran mesin 7000 rpm dan kadar CO terendah 2,30% pada putaran mesin 8000 rpm. Hal ini disebabkan oleh pembakaran sempurna di dalam ruang bakar serta bertambahnya oksigen pada bahan bakar hasil pencampuran premium dan bioetanol. Emisi HC E15 juga sangat baik dengan HC tertinggi 542 ppm pada saat idle dan terendah 85 ppm pada 8000 rpm. Gas HC tinggi pada saat idle dikarenakan bahan bakar E15 mempunyai titik nyala yang lebih tinggi dan kondisi ruang bakar yang kurang panas, hal ini berakibat bahan bakar tidak terbakar sempurna sehingga emisi gas HC tinggi. Pada saat 8000 rpm gas HC pada titik terendah, hal ini dipengaruhi campuran bahan bakar dan udara mendekati stokiometri. Dan kandungan oksigen dalam bahan bakar juga memperbaiki kualitas bahan bakar, serta sistem pengapian kendaraan yang menggunakan CDI (*control digital ignition*) tipe AC (bolak balik) dimana semakin tinggi putaran mesin maka arus listrik yang di-alirkan semakin besar sehingga suhu diruang bakar me-ningkat dan bahan bakar akan terbakar sempurna.

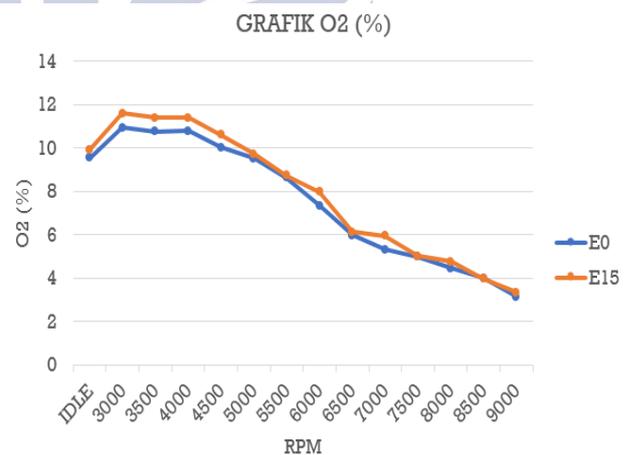
Jika ditinjau dari standar ambang batas emisi gas buang yang ditentukan. Kementerian Lingkungan Hidup no 5 tahun 2006, bahan bakar E15 masih di bawah ambang batas yang ditentukan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Bahan Bakar Premium

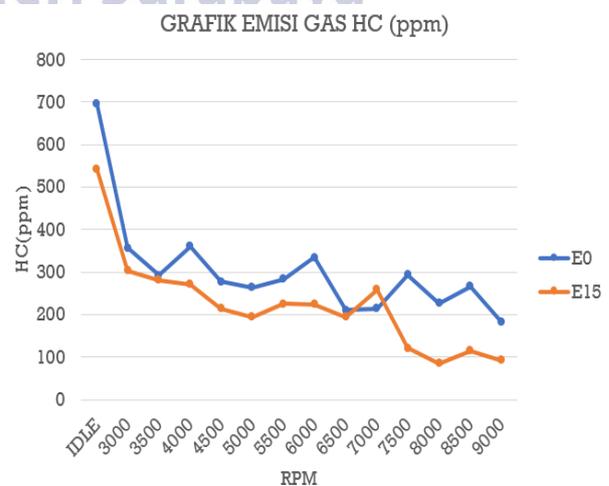
RPM	Hasil Pengujian Premium				λ
	HC (ppm)	CO (%vol)	O ₂ (%vol)	CO ₂ (%vol)	
IDLE	696	3,55	9,55	5,4	1,493
3000	357	3,04	10,92	4,9	1,740
3500	293	3,79	10,76	4,5	1,658
4000	361	4,08	10,78	4,4	1,626
4500	278	4,76	10,02	4,5	1,483
5000	264	4,86	9,52	4,8	1,424
5500	284	5,14	8,62	5,2	1,323
6000	334	5,59	7,33	5,9	1,192
6500	210	5,91	5,96	6,7	1,095
7000	214	6,08	5,32	7	1,052
7500	294	6,23	4,99	7,1	1,025
8000	227	6,23	4,46	7,6	1,001
8500	267	7,01	3,99	7,4	0,949
9000	183	6,55	3,13	8,4	0,931

Tabel 6. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Bahan Bakar E15

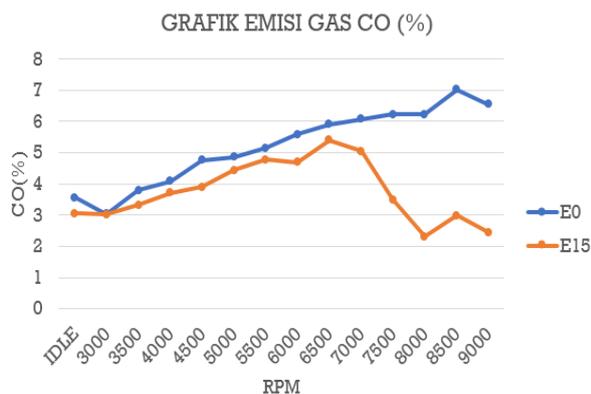
RPM	Hasil Pengujian E15				λ
	HC (ppm)	CO (%vol)	O ₂ (%vol)	CO ₂ (%vol)	
IDLE	542	3,05	9,91	5,6	1,581
3000	303	3,02	11,60	4,5	1,850
3500	281	3,32	11,39	4,4	1,793
4000	271	3,70	11,38	4,3	1,742
4500	214	3,90	10,61	4,7	1,625
5000	194	4,43	9,71	5,0	1,479
5500	225	4,78	8,74	5,5	1,356
6000	224	4,69	7,98	6,2	1,294
6500	195	5,39	6,12	7	1,129
7000	259	5,04	5,94	7,4	1,130
7500	121	3,49	5,00	9,1	1,145
8000	85	2,30	4,75	9,9	1,184
8500	115	2,99	3,96	10,1	1,103
9000	93	2,45	3,33	11	1,087



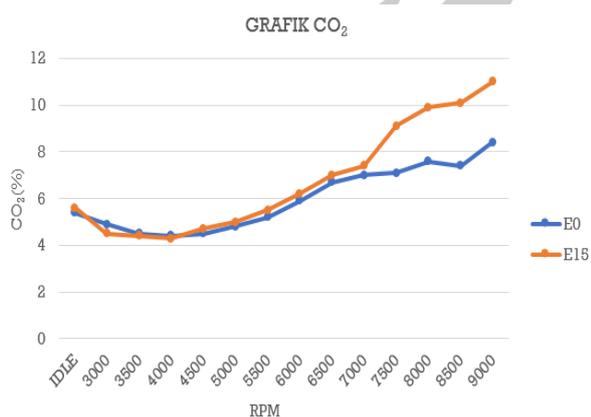
Gambar 5. Grafik Emisi O₂



Gambar 6. Grafik Emisi HC



Gambar 7. Grafik Emisi CO

Gambar 8. Grafik Emisi CO₂

PENUTUP

KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan tentang kinerja mesin dan emisi gas buang menggunakan bioetanol ampas tebu (*bagasse*) mendapatkan campuran terbaik E15 dengan:

- Torsi terbaik sebesar 9,120 Nm pada putaran mesin 5500 rpm, daya efektif terbaik sebesar 7,909 PS pada putaran mesin 7000 rpm dan konsumsi bahan bakar spesifik terendah sebesar 0,051 kg/PS.jam pada putaran mesin 5500 rpm.
- Bahan bakar biopremium E15 mempunyai emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar E0 (premium), berikut merupakan hasilnya:
 - Emisi gas CO terendah E15 sebanyak 2,30% pada 8000 rpm
 - Emisi gas CO₂ tertinggi 11% pada 9000 rpm.
 - Emisi gas HC E15 mengandung gas HC terendah sebanyak 85 ppm pada 8000 rpm.
 - Emisi O₂ terendah E15 3,33% pada 9000 rpm. Karena bioetanol menambah senyawa O₂, maka kandungan O₂ E15 lebih banyak.
- Berdasarkan standar Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang

ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor bahan bakar E15 memenuhi standar.

SARAN

Dari hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan, terdapat saran untuk dilakukan penelitian lebih lanjut:

- Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sepeda motor berteknologi *fuel injection*, karena teknologi terbaru dalam industri otomotif adalah *fuel injection*.
- Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya meningkatkan *volume cylinder* kendaraan untuk mengetahui pengaruh pemberian bioetanol ampas tebu (*bagasse*) terhadap performa mesin kendaraan.
- Menambahkan variasi E25 (premium 75% dan bioetanol 25%) untuk memperoleh perbandingan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis 1949-2016 Tahun 2016.

Badan Standarisasi Nasional, Standar Pengujian SNI Tahun 2005.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Tahun 2016.

Farhan. 2019. *Pemanfaatan Ampas Tebu (Bagasse) sebagai Bahan Bakar Alternatif Bioetanol dengan Metode Distilasi Menggunakan Batu Kapur Mesh 80 dengan Variasi Berat dan Suhu Pemanasan Batu Kapur*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: Mcgraw-Hill.

International SAE Surface Vehicle Standard.

Kementrian Lingkungan Hidup Negara Republik Indonesia No 5 Tahun 2006.

Ningrum, E. F. (2015). *Pembuatan Bioetanol dari Mahkota Buah Nenas Varietas Queen dengan Menggunakan Mikroba Saccharomyces cerevisiae*, Skripsi, Politeknik Negeri Sriwijaya.Palembang.

Pradana. 2014. *Kinerja Mesin Sepeda Motor Supra X 125 Berbahan Bakar Biopremium dari Biskuit Afkir Produksi PT.UBM Waru Sidoarjo*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.