

Analisa Performa Mesin Kendaraan Bermotor dengan Memanfaatkan Biogas Dari Bahan Baku Sorgum sebagai Bahan Bakar Alternatif

I Made Rai Arta Wiguna, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma dan Hendra Wijaksana

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus berdampak buruk terhadap lingkungan, termasuk diantaranya pencemaran udara, emisi gas rumah kaca dan pemanasan global. Oleh karena itu sudah saatnya semua negara berupaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan beralih ke sumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan dan ramah lingkungan. Biogas merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang memiliki prospek untuk dikembangkan. Keunggulan biogas dibandingkan dengan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil adalah sifat yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana performa kendaraan bermotor dengan memanfaatkan biogas dari bahan baku sorgum sebagai bahan bakar alternatifnya dengan memvariasikan AFR (air fuel ratio) antara Biogas dengan udara. Berdasarkan hasil Analisa unjuk kerja yang telah dihasilkan dari beberapa AFR didapatkan torsi dan daya paling baik yang dihasilkan oleh mesin kendaraan bermotor pada AFR 1:4 dengan nilai torsi sebesar 6,4 Nm, daya sebesar 4,2 HP dan SFC paling baik sebesar 1,52 kg/kWh.

Kata Kunci : Sorgum, Biogas, Torsi, Daya, AFR, SFC.

Abstract

The use of fossil fuels continuously has a negative impact on the environment, including issuing air pollution, greenhouse gas emissions and global warming. Therefore, it has gone beyond all countries that refuse to replace fossil energy sources and switch to alternative energy sources that are made from plant-based ingredients that are renewable and environmentally friendly. Biogas is a form of energy that has prospects for development. The advantages of biogas compared to fossil fuels are environmentally friendly and renewable. This research was conducted to find out how the performance of motorized vehicles by using biogas from sorghum raw material as an alternative fuel by varying the AFR (air fuel ratio) between Biogas and air. Based on the performance analysis results that have been produced from several AFR, the best torque and power produced by motor vehicle engines at AFR 1: 4 with a torque value of 6.4 Nm, a power of 4.2 HP and SFC at best of 1, 52 kg / kWh.

Keywords: Sorghum, Biogas, Torque, Power, AFR, SFC.

1. Pendahuluan

Kebutuhan bahan bakar fosil seperti minyak bumi semakin hari akan semakin bertambah, sedangkan keberadaan sumber bahan bakar fosil akan terus berkurang, maka dari itu perlu dicarinya bahan bakar alternatif yang bisa menggantikan seperti Biogas. Bahan bakar biogas yang bisa didapatkan dari limbah tanaman maupun hewan menjadi pilihan yang paling tepat untuk menjadi sumber energi alternative. Sorgum menjadi salah satu tanaman yang berpotensi untuk dijadikan bahan baku dasar pembuatan biogas. Hal ini dikarenakan tanaman sorgum dapat tumbuh pada kondisi ekstrim, bagian bijinya bisa dijadikan bahan pakan pengganti nasi sedangkan batangnya bisa dijadikan bahan baku dasar pembuatan biogas.

Dalam hal ini adapun permasalahan yang akan dikaji, yaitu bagaimana performa mesin kendaraan bermotor dengan memanfaatkan biogas dari bahan baku sorgum. Dengan permasalahan yang ada diharapkan kita dapat mengetahui bagaimana

performa mesin kendaraan bermotor saat menggunakan bahan bakar alternatif sebagai langkah awal untuk menghemat penggunaan bahan bakar fosil yang setiap hari semakin berkurang.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Biogas yang digunakan adalah biogas yang dibuat dari batang tanaman sorgum.
2. Mesin kendaraan yang digunakan bertipe transmisi manual berbahan bakar premium.
3. Pembakaran diruang bakar diasumsikan sempurna.
4. Aliran fluida diasumsikan *steady state*.
5. Kondisi lingkungan diasumsikan sama saat melakukan pengujian.

2. Dasar Teori

Produksi biji sorgum menghasilkan batang sorgum sebagai limbah padat yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku untuk produksi bahan bakar biogas [1]. Komposisi terbesar biogas yang

dihasilkan dari fermentasi adalah gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂) dengan nilai komposisi yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Biogas

| No. | Gas | Hadil (1981) | Price (1981) |
|-----|-------------------------------------|--------------|-----------------|
| 1 | Metana (CH ₄) | 54-70 | 65 - 75 |
| 2 | Karbondioksida (CO ₂) | 27-35 | 25 - 30 |
| 3 | Nitrogen (N ₂) | 0.5 - 2.0 | Kurang dari 1.0 |
| 4 | Hidrogen (H ₂) | - | Kurang dari 1.0 |
| 5 | Karbon Monoksida (CO) | 0.1 | - |
| 6 | Hidrogen Sulfida (H ₂ S) | kecil | Kurang dari 1.0 |

Sumber: (Wahyuni 2011)

untuk bahan bakar, oleh karna itu biogas dapat digunakan sebagai keperluan penerangan, memasak, menggerakkan mesin dan sebagainya. Nilai fisik pada biogas untuk menjadi sumber energi dapat terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Bahan Bakar Biogas

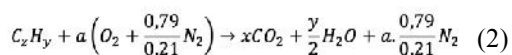
| Sifat Fisika | Keterangan |
|---------------------|------------|
| Nilai Methane | 134 |
| Nilai Kalor (kJ/kg) | 18000 |
| Massa Jenis Normal | 1.16 |

Pada pembakaran motor empat langkah bahan bakar biogas juga memerlukan proses yang sama seperti bahan bakar premium pada umumnya. Langkah kerja motor empat langkah adalah yang pertama langkah isap, kemudian langkah kompresi selanjutnya diteruskan dengan langkah kerja dan yang terakhir adalah langkah buang [2].

Perbandingan jumlah udara dan bahan bakar (AFR) berperan penting dalam proses pembakaran didalam ruang bakar saat menggunakan bahan bakar biogas. Perbandingan ini dapat dibandingkan baik dalam jumlah massa ataupun dalam jumlah volume.

$$AFR = \frac{m_{udara}}{m_{fuel}} = \frac{v_{udara}}{v_{fuel}} \quad (1)$$

AFR dapat diketahui dengan cara menghitung jumlah atom C, H dan O pada suatu reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran menggunakan udara kering pada umumnya berumuskan sebagai berikut:



Proses pembakaran akan menghasilkan Torsi dan Daya serta Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC), dimana Torsi diartikan besarnya momen putar pada poros output mesin yang menyebabkan adanya pembebanan dengan sejumlah massa (kg), dan daya diartikan sebagai besarnya tenaga yang dihasilkan motor tiap satu satuan waktu.

Besarnya torsi dapat diperoleh dengan persamaan :

$$T = m \cdot g \cdot L \quad (N.m) \quad (3)$$

Dengan,

- m = massa yang terukur pada dinamometer (kg)
- g = gravitasi bumi (m/s²)
- L = panjang lengan dynamometer (m)

Dan daya yang dihasilkan oleh motor dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = \frac{2\pi nT}{6000} \quad (kW) \quad (4)$$

Dengan,

T = torsi

n = putaran mesin

Specific Fuel Consumption (SFC) adalah nilai ekonomis sebuah mesin yang dilihat dari kinerja mesin tersebut, dalam waktu tertentu dihitung jumlah bahan bakar yang dihabiskan untuk menghasilkan sejumlah daya. SFC dapat diperoleh dengan persamaan :

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \quad (5)$$

Dimana :

SFC = Specific Fuel Consumption (kg/kWh)

\dot{m}_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/h)

P_b = Daya motor (kWh)

3. Metode Penelitian

Pengujian dan penelitian kali ini mempergunakan peralatan dan bahan sebagai berikut :

1. Bahan bakar biogas
2. Bahan bakar minyak premium sebagai pembanding biogas.
3. Sepeda motor bensin manual sebagai alat untuk proses pengujian bahan bakar biogas.
4. Tabung Gas Freon bekas untuk penyimpanan Biogas.
5. Kompresor udara dan kelengkapan seperti nozzle dengan indikator bar untuk memasukan biogas kedalam tabung Freon.
6. Selang untuk menyalurkan biogas dari tabung Freon ke karburator.
7. Timbangan untuk mengukur berat tabung sebelum dan sesudah terisi biogas.
8. Plat besi dengan lubang kecil untuk saluran udara pada karburator (untuk mengatur air-fuel ratio).
9. Dynamometer sebagai alat untuk mengambil data daya dan torsi mesin.

Adapun langkah penelitian dalam proses pengambilan data pengujian biogas berbahan dasar sorgum sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah sebagai berikut :

1. Timbang berat tabung Freon kosong sebelum diisi oleh bahan bakar biogas.
2. Biogas yang ada dimasukan kedalam tabung Freon dengan menggunakan kompresor udara.
3. Timbang kembali berat tabung Freon yang telah terisi dengan bahan bakar biogas.

4. Biogas yang sudah ditampung dalam tabung Freon, dialirkan ke ruang bakar menggunakan selang bening.
5. Pada sepeda motor dilakukan modifikasi di karburatornya dengan memasang plat besi di saluran udara yang sebelumnya telah dibuat, agar rasio udara bahan bakar dan rasio kompresi engine bisa terpenuhi.
6. Sepeda motor diset diatas alat Dynotest untuk melakukan pengujian mencari torsi dan daya.
7. Dilakukan pengujian terhadap torsi dan daya sepeda motor dengan menaikkan putaran dari 1500 rpm hingga 6000 rpm.
8. Data torsi dan daya akan secara otomatis terlihat pada layar alat dynotest.
9. Kemudian untuk bahan bakar premium saluran bahan bakar diganti dari tangki awal motor menjadi gelas ukur yang telah terisi ukuran bahan bakar premium.
10. Dilakukan pengujian yang sama dengan menggunakan premium pada putaran 1500 rpm hingga 6000 rpm.
11. Data torsi dan daya saat menggunakan premium juga akan keluar secara otomatis pada layar alat dynotest.
12. Setelahnya dilahat bahan bakar premium yang dihabiskan untuk mendapatkan torsi dan daya tersebut.
13. Dilakukan analisa pada unjuk dengan membandingkan antara pemakaian biogas dan premium tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengaturan AFR

Massa jenis bahan bakar biogas dengan udara memiliki selisih $0,05 \text{ kg/m}^3$ sehingga bisa dikatakan sama. Dengan tekanan udara dan biogas yang sama maka pengaturan AFR hanya bergantung pada diameter lubang udara dan bahan bakar ke ruang bakar. Diameter udara yang digunakan untuk bahan bakar premium adalah diameter awal yang ada pada karburator bensin manual dengan besar diameter 3,212 cm. Diameter bahan bakar yang digunakan adalah diameter awal yang sudah tersedia pada karburator motor bensin manual dengan besar diameter 0,32 cm untuk bahan bakar biogas juga menggunakan diameter bahan bakar yang sama dengan bahan bakar premium.

Adapun perbandingan AFR yang digunakan didapatkan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{biogas}} &= \dot{m}_{\text{udara}} \\ \rho_{\text{biogas}} \cdot A \cdot V_{\text{biogas}} &= \rho_{\text{udara}} \cdot A \cdot V_{\text{udara}} \\ \rho_{\text{biogas}} \cdot 0,32 \text{ cm} \cdot V_{\text{biogas}} &= \rho_{\text{udara}} \cdot 0,32 \text{ cm} \cdot V_{\text{udara}} \\ 0,32 \text{ cm} &= 0,32 \text{ cm} \\ 1 &= 1 \end{aligned}$$

Untuk AFR 1 : 1 ukuran diameter lubang udara dan bahan bakar sama yaitu 0,32 cm, AFR 1 : 2 diameter udara sebesar 0,16 cm, dan untuk AFR 1 : 4 diameter udara sebesar 0,08 cm.

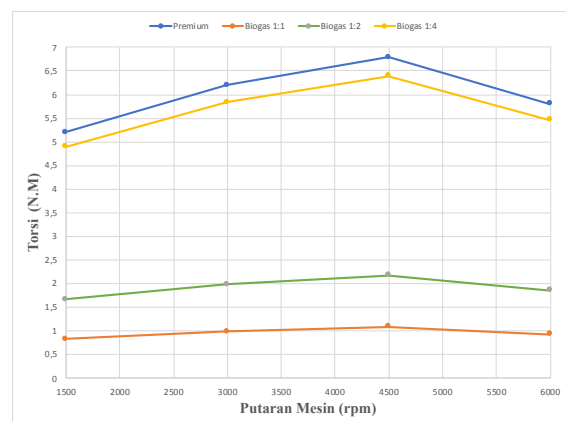
4.2. Torsi

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai torsi kendaraan bermotor saat menggunakan bahan bakar premium dan bahan bakar biogas seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Torsi saat menggunakan Premium dan Biogas

| Rpm | Torsi (N.m) | | | |
|------|-------------|------------|------------|------------|
| | Premium | Biogas 1:1 | Biogas 1:2 | Biogas 1:4 |
| 1500 | 5,2 | 0,8 | 1,7 | 4,9 |
| 3000 | 6,2 | 1,0 | 2,0 | 5,8 |
| 4500 | 6,79 | 1,09 | 2,2 | 6,4 |
| 6000 | 5,8 | 1 | 1,9 | 5,5 |

Berdasarkan data yang di hasilkan pada Tabel 3 didapatkan grafik perbandingan Torsi saat motor menggunakan premium murni dan biogas



Gambar 1. Grafik perbandingan torsi bahan bakar premium dengan biogas.

Berdasarkan Gambar 1 dapat kita ketahui bahwa bahan bakar premium masih menghasilkan torsi yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar biogas pada semua kondisi AFR.

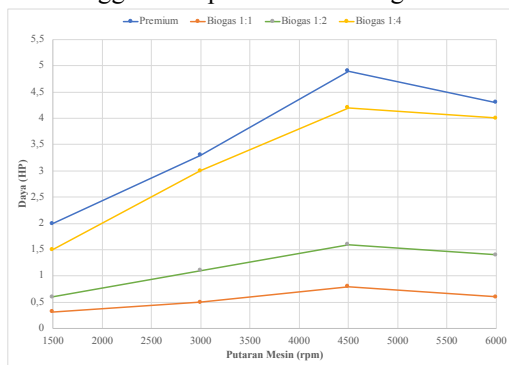
4.3. Daya

Tabel 4. Data Daya saat menggunakan Premium dan Biogas

| Rpm | Daya (HP) | | | |
|------|-----------|------------|------------|------------|
| | Premium | Biogas 1:1 | Biogas 1:2 | Biogas 1:4 |
| 1500 | 2 | 0,32 | 0,6 | 1,5 |
| 3000 | 3,3 | 0,5 | 1,1 | 3 |

| | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 4500 | 4,9 | 0,8 | 1,6 | 4,2 |
| 6000 | 4,3 | 0,6 | 1,4 | 4 |

Dari tabel 4 diperoleh grafik perbandingan daya saat motor menggunakan premium dan biogas.



Gambar 2. Grafik perbandingan daya bahan bakar premium dengan biogas.

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan oleh bahan bakar biogas masih belum bisa lebih tinggi atau sama dengan bahan bakar premium.

4.4 Specific Fuel Consumption (SFC)

SFC pada penelitian ini didapatkan menggunakan persamaan 5, contoh perhitungan pada tabel 4.3 di dapatkan dengan cara sebagai berikut :

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{\text{Daya rata-rata}}$$

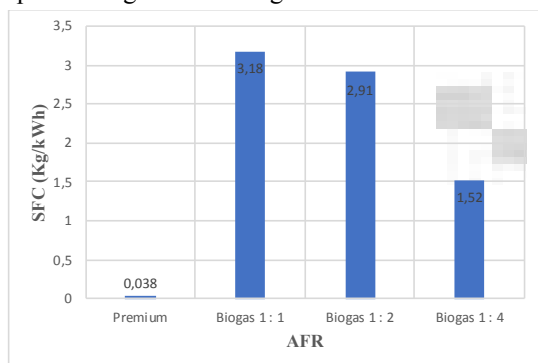
$$SFC = \frac{1,364 \text{ kg/h}}{0,43 \text{ kW}}$$

$$SFC = 3,18 \text{ kg/kWh}$$

Tabel 5. SFC Premium dan Biogas pada semua kondisi AFR

| Bahan Bakar | SFC (kg/kWh) |
|--------------|--------------|
| Premium | 0,038 |
| Biogas 1 : 1 | 3,18 |
| Biogas 1 : 2 | 2,91 |
| Biogas 1 : 4 | 1,52 |

Berdasarkan data Tabel 5 didapatkan grafik perbandingan SFC sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik perbandingan SFC bahan bakar premium dan biogas.

Dari Gambar 3 diketahui bahwa bahan bakar premium jauh lebih hemat dibandingkan dengan bahan bakar biogas pada semua kondisi AFR dan bahan bakar biogas paling efisien didapatkan saat menggunakan AFR 1 :4.

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan saat motor menggunakan bahan bakar biogas dan premium adalah :

1. Torsi maksimal yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar Biogas sebesar 6,4 N.m pada AFR 1 : 4 diputaran 4500 rpm dan Torsi maksimal yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar Premium sebesar 7,65 N.m pada perseneling ke-2 diputaran 1500 rpm.
2. Daya maksimal yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar Biogas sebesar 4,2 HP pada AFR 1 : 4 diputaran 4500 rpm dan Daya maksimal yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar Premium sebesar 4,9 HP pada perseneling ke-3 diputaran 4500 rpm.
3. SFC minimal yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar biogas sebesar 1,52 kg/kWh pada AFR 1 : 4 dan SFC minimal yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar premium sebesar 0,03 kg/kWh pada perseneling ke-3.

Daftar Pustaka

- [1] Purwoko. 2016. *Perlakuan Awal Jerami Sorgum Secara Biologis dan Co-Digestion Dengan Sludge Pada Produksi Biogas*. Bogor, Indonesia.
- [2] Wahyuni. 2011. *Menghasilkan Biogas Dari Aneka Limbah*. Jakarta.
- [3] Wjayanti, Fitri, dan Dadan Irwan. 2014. "Analisis Pengaruh Bentuk Permukaan Piston Terhadap Kinerja Motor Bensin." 2(1): 34-42.



I Made Rai Arta Wiguna menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2016 sampai 2020.

Bidang penelitian yang dilakukan adalah mengenai motor bakar empat langkah dan bahan bakar alternative yang bisa diperbaharui.