

KAJIAN BESAR DAYA DAN EFISIENSI THERMAL MESIN GENSET DIESEL SATU SILINDER DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR DAN BIOMASSA SERBUK KULIT PADI

Riky S. Situmorang¹, Himsar Ambarita², Tulus B. Sitorus³, Farel H. Napitupulu⁴, M. Sabri⁵, Mahadi⁶
^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
 Email : riky_s_situmorang@yahoo.com

ABSTRAK

Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak sangat tinggi. Disamping itu kelangkaan bahan bakar minyak dan harga minyak yang tinggi juga memperkeruh keadaan ini. Pemanfaatan biomassa sebagai energi alternatif campuran bahan bakar merupakan hal yang tepat untuk menghemat penggunaan minyak. Oleh karena itu, penulis melakukan pengujian menggunakan bahan bakar campuran solar dan biomassa serbuk kulit padi pada generator set Dong Fa model R 175 A. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan unjuk kerja mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan campuran serbuk kulit padi sehingga akan terlihat pengaruhnya terhadap parameter performansi mesin diesel. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa efisiensi thermal brake semakin menurun dan aaya semakin meningkat.

Kata kunci : Mesin Diesel, Bahan Bakar Diesel, Serbuk Kulit Padi, Performansi Mesin Diesel

ABSTRACT

Society's dependence on fuel is very high. Besides, the scarcity of fuel and its prices also worsen the situation. Utilization of biomass as an alternative energy fuel mix is the right thing to save the use of fuel. Therefore, the authors conducted a test using a mixture of diesel fuel and biomass bran powder on Dong Fa generator set models R 175. The purpose of this study is to compare the performance of a diesel engine using diesel fuel and a mixture of bran powder so it will look its effect on diesel engine performance parameters. The result showed that brake thermal efficiency decreases and power is increasing.

Keywords : Diesel Engines, Diesel Fuel, Skin Rice Powder, Diesel Engine Performance

1. PENDAHULUAN

Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak sangat tinggi, sehingga tidak jarang kerusakan dan demonstrasi dari masyarakat terjadi apabila pemerintah mengeluarkan kebijakan untuk menurunkan subsidi minyak sehingga harga minyak di Indonesia menjadi naik. Disamping itu kelangkaan bahan bakar minyak juga memperkeruh keadaan ini. Pemanfaatan biomassa sebagai energi alternatif campuran bahan bakar merupakan hal yang tepat untuk menghemat penggunaan minyak. Indonesia sangat kaya akan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biomassa, misalnya biomassa dari limbah kulit biji padi. Hampir seluruh penduduk Indonesia mengkonsumsi beras yang berasal dari padi sebagai makanan pokoknya. Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam pengembangan Pertanian di bidang tanaman padi karena memiliki potensi cadangan lahan yang cukup luas, ketersediaan tenaga kerja, kebutuhan masyarakat akan padi dan kesesuaian agroklimat. Kulit biji padi biasanya sering dibuang dan menjadi limbah dilingkungan sekitar, namun belakangan ini kulit biji padi sudah dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Pemanfaatan limbah memberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal. Salah satu upaya untuk

menghemat penggunaan bahan bakar minyak sekaligus memanfaatkan limbah padat tanaman padi adalah dengan memanfaatkan limbah ini sebagai campuran bahan bakar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Biomassa berasal dari kata bio dan massa. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. dan istilah ini mula-mula digunakan dalam bidang ekologi untuk merujuk pada jumlah hewan dan tumbuhan. Setelah isu goncangan minyak terjadi, makna kata itu diperluas melebihi bidang ekologi dan maknanya kini menjadi “sumber daya biologi sebagai sumber energi”, dikarenakan ada desakan agar sumber energi alternatif (baru) dipromosikan. Hingga kini masih belum ada definisi yang spesifik untuk biomassa dan definisinya bisa berbeda dari satu bidang ke bidang yang lain. Dari perspektif sumber daya energi, definisi umumnya adalah biomassa merupakan segala sesuatu yang bermassa dan memiliki nilai kalor serta bersifat organik [8]

Padi merupakan suatu tanaman yang sudah tidak langka lagi di Indonesia. Karena pada umumnya masyarakat Indonesia mengkonsumsi beras sebagai makanan pokoknya. Kulit biji padi memiliki kerapatan jenis (bulk densitas) 1125 kg/m^3 , dengan nilai kalori 1 kg kulit biji padi sebesar 3300 k. kalori, serta memiliki bulk density $0,100 \text{ g/ml}$, nilai kalor kulit biji padi antara 3300 -3600 kkalori/kg dengan konduktivitas panas $0,271 \text{ BTU}$. Kulit biji padi dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar ataupun sebagai adsorpsi pada logam-logam berat. Kulit biji padi tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras. Pada keadaan normal, kulit biji padi berperan penting melindungi biji beras dari kerusakan yang disebabkan oleh serangan jamur, dapat mencegah reaksi ketengikan karena dapat melindungi lapisan tipis yang kaya minyak terhadap kerusakan mekanis selama pemanenan, penggilingan dan pengangkutan. [6]

Sejarah penggunaan bahan bakar padat pada mesin pembakaran dalam dibedakan dalam 3 periode yaitu: Periode pertama, sebagian besar dibuat di Jerman dengan batubara kering, dan berakhir dengan Perang Dunia II dan menyebabkan banyak perbaikan pada mesin diesel. Dimana penelitian ini banyak dikembangkan oleh Rudolf Diesel. Hambatan terbesar terdapat pada pengoperasian mesin. Periode kedua dilakukan di Amerika Serikat antara tahun 1945 dan 1973 penelitian mencari penyebab penurunan dari keausan mesin ke tingkat lebih lanjut yang diamati dengan perbandingan ke solar murni. Masalah utama, yaitu ukuran bahan bakar dan penyampaian ke silinder dengan waktu yang tepat, namun belum terpecahkan juga pada masa itu. Periode ketiga dari tahun 1973 sampai sekarang yakni meliputi tes skala penuh mesin dengan beberapa studi teoritis dan mulai menggunakan keanekaan hayati. [3]

2.1. Daya

Daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Pada motor bakar daya yang berguna adalah daya poros, dikarenakan poros tersebut menggerakkan beban. Daya poros dibangkitkan oleh daya indikator, yang merupakan daya gas pembakaran yang menggerakkan torak selanjutnya menggerakkan semua mekanisme, sebagian daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, seperti pada torak dan dinding silinder dan gesekan antara poros dan bantalan. Prestasi motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang dapat ditimbulkannya. Semakin tinggi frekuensi putar motor makin tinggi daya yang diberikan hal ini disebabkan oleh semakin besarnya frekuensi semakin banyak langkah kerja yang dialami pada waktu yang sama. Dengan demikian besar daya poros itu adalah :

$$P_B = \frac{2\pi \cdot (n \cdot T)}{60} \quad (1)$$

Dimana :

P_B = daya (W)

T = torsi (Nm)

n = putaran mesin (Rpm)

2.2 Efisiensi Thermal Brake.

Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energi yang dibangkitkan piston karena sejumlah energi hilang akibat adanya rugi-rugi mekanis (*mechanical losses*). Dengan alasan ekonomis perlu dicari kerja maksimum yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar. Efisiensi ini disebut juga sebagai efisiensi termal brake (*thermal efficiency, η_b*).

Jika daya keluaran P_B dalam satuan KW, laju aliran bahan bakar m_f dalam satuan kg/jam, maka:

$$\eta_b = \frac{P_B}{m_f \cdot CV} \times 3600 \quad (2)$$

dimana :

- η_b :Efisiensi thermal brake
- CV :Nilai kalor bahan bakar (kj/kg)
- η_c :Efisiensi Pembakaran (0,97)

3. METODOLOGI

3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang menjadi objek pengujian ini adalah bahan bakar solar, dan serbuk kulit padi.

3.2 Pengamatan dan Tahap Pengujian

Parameter yang akan ditinjau dalam pengujian ini adalah :

1. Daya motor (P_b)
2. Konsumsi bahan bakar spesifik
3. Efisiensi thermal

Prosedur pengujian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Pengujian mesin diesel menggunakan bahan bakar solar
2. pengujian mesin diesel menggunakan bahan bakar solar + serbuk kulit padi 2,5%
3. Pengujian mesin diesel menggunakan bahan bakar solar + serbuk kulit padi 5%

3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian performansi motor dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengoperasikan mesin dengan cara memutar poros engkol mesin, kemudian memanaskan mesin selama 10-15 menit
2. Mengatur putaran mesin pada 700 rpm menggunakan tuas kecepatan dan memastikan putaran mesin menggunakan tacho meter
3. Menentukan konsumsi bahan bakar yang akan diuji.
4. Menyalakan lampu sebagai beban yaitu sebesar 400 watt
5. Mencatat tegangan dan kuat arus menggunakan multi meter
6. Menimbang Bahan Bakar yang habis setelah 5 menit pengujian.
7. Mengulang pengujian menggunakan beban dan variasi putaran yang berbeda

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Daya

Untuk mengetahui besar kuat arus yang mengalir digunakan variasi beban yaitu 400 watt dan 800 watt. Namun dalam perhitungan untuk mendapatkan torsi maka daya yang digunakan adalah daya hasil perkalian tegangan dan kuat arus yang dihasilkan, bukan daya yang ditetapkan sebagai beban yaitu 400 watt dan 800 watt. Besarnya daya yang dihasilkan oleh mesin didapat dari perkalian tegangan dengan besar kuat arus yang diukur dengan multimeter.

$$P = V \times I \quad (4.1) \text{ [Lit. 12]}$$

Dimana :

P = Daya yang dihasilkan genset diesel
(Watt)

V = Tegangan yang dihasilkan genset diesel (Volt)

I = Kuat arus yang dihasilkan genset diesel (Ampere)

Dalam penelitian ini, perhitungan daya akan dibagi menjadi dua yaitu untuk beban 400 Watt dan 800 Watt. Pada penelitian ini putaran yang dipakai yaitu pada putaran 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, 1000 rpm, 1100 rpm, dan 1200 rpm.

Untuk Beban 400 Watt

n = 700 rpm

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 112,7 \times 0,98 \\ &= 110,80 \text{ Watt} \end{aligned}$$

BEBAN 400 WATT					
BAHAN BAKAR	Putaran (RPM)	Waktu (sekon)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
SOLAR	700	300	112,667	0,98	110,8
	800	300	184,667	1,22	225,31
	900	300	215,667	1,43	308,41
	1000	300	257	1,59	409,45
	1100	300	283	1,64	464,4
	1200	300	362,333	1,89	686,12
SOLAR 97,5% SERBUK KULIT PADI 2,5%	700	300	140,33	1,14	159,51
	800	300	194,33	1,25	242,92
	900	300	238,67	1,51	359,59
	1000	300	292,33	1,57	458,01
	1100	300	333,67	1,84	613,96
	1200	300	352	1,81	637,12
SOLAR 95% SERBUK KULIT PADI 5%	700	300	152,33	1,21	183,83
	800	300	160	1,23	196,29
	900	300	210	1,34	282,11
	1000	300	226	1,52	343,52
	1100	300	259,67	1,46	380,04
	1200	300	332,67	1,81	603,25

n = 800 rpm

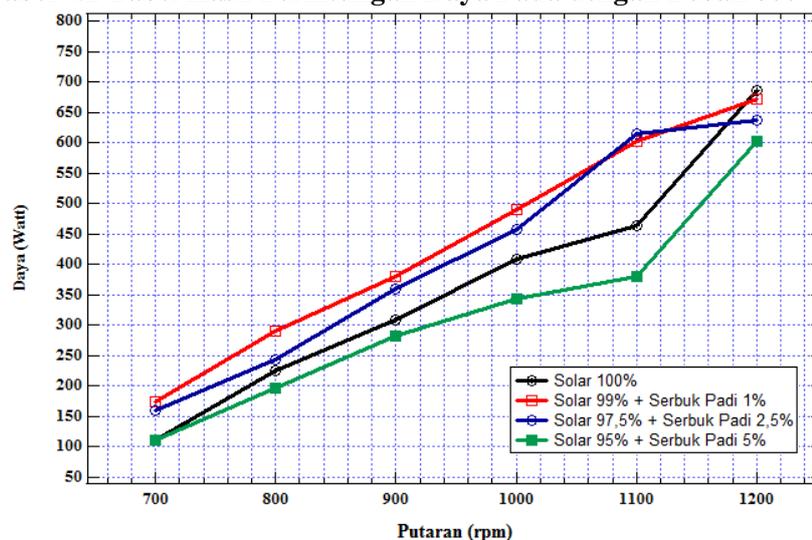
$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 184,7 \times 1,22 \\ &= 225,31 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk setiap jenis bahan bakar, variasi putaran mesin dan variasi beban, maka hasil perhitungan daya untuk setiap kondisi tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

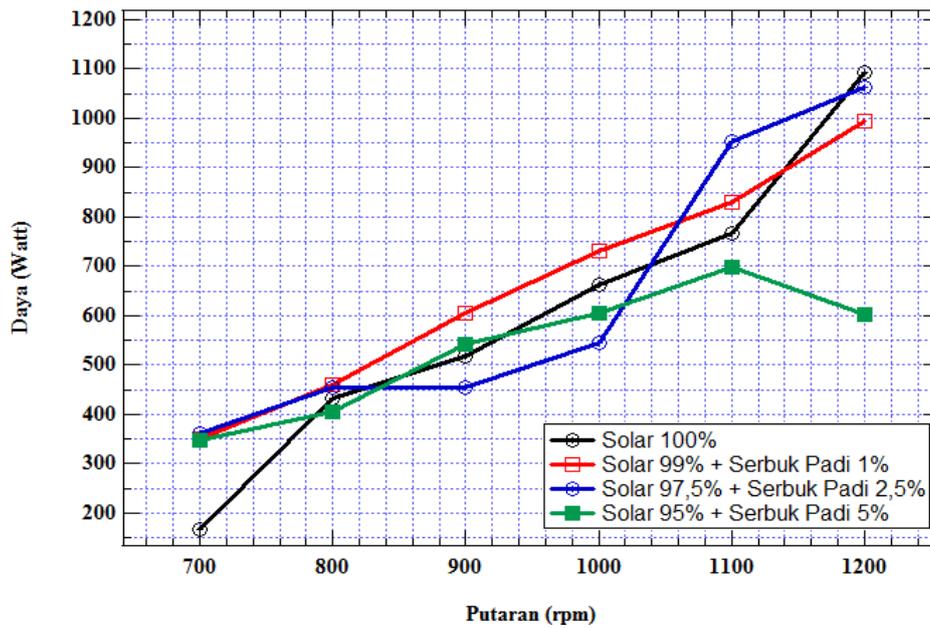
Tabel 4.1 Tabel Hasil Perhitungan Daya Pada dengan Beban 400 Watt

BEBAN 800 WATT					
BAHAN BAKAR	Putaran (RPM)	Waktu (sekon)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
SOLAR	700	300	97,33	1,7	165,11
	800	300	172,7	2,51	433,4
	900	300	194,67	2,66	518,47
	1000	300	228,3	2,9	661,38
	1100	300	248	3,09	767,12
	1200	300	309	3,53	1091,8
SOLAR 97,5% SERBUK KULIT PADI 2,5%	700	300	157	2,29	360,05
	800	300	179,33	2,53	453,72
	900	300	199,33	2,74	545,53
	1000	300	252,33	3,04	767,94
	1100	300	288,67	3,31	954,55
	1200	300	303	3,51	1063,54
SOLAR 95% SERBUK KULIT PADI 5%	700	300	149,67	2,32	346,77
	800	300	246,67	1,64	404,53
	900	300	200	2,71	541,41
	1000	300	215,67	2,8	603,87
	1100	300	235,67	2,96	698,41
	1200	300	283,67	3,34	946,5

Tabel 4.2 Tabel Hasil Perhitungan Daya Pada dengan Beban 800 Watt



Gambar 4.1 Grafik Daya Vs Putaran pada beban 400 Watt untuk setiap bahan bakar



Gambar 4.2 Grafik Daya Vs Putaran pada beban 800 Watt untuk setiap bahan bakar

Analisa :

1. Untuk pencampuran serbuk kulit padi 2,5 % daya yang dihasilkan semakin bertambah, namun untuk pencampuran 5 % daya yang dihasilkan semakin menurun
2. Daya yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin dan pembebanan daya, semakin tinggi putaran dan pembebanan daya maka semakin tinggi pula daya yang akan dihasilkan.
3. Pada pembebanan 400 Watt, daya minimum dihasilkan pada pengujian solar dengan putaran 700 rpm yakni sebesar 110,8 Watt dan daya maksimum dihasilkan pada pengujian solar dengan putaran 1200 rpm yakni sebesar 686,12 Watt
4. Pada pembebanan 800 Watt, daya minimum dihasilkan pada pengujian solar dengan putaran 700 rpm yakni sebesar 165,11 Watt dan daya maksimum dihasilkan pada pengujian solar dengan putaran 1200 rpm yakni sebesar 1091,8 Watt

4.2 Efisiensi Thermal Brake

Efisiensi thermal brake dari masing-masing pengujian pada tiap variasi beban dan putaran dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\eta_b = \frac{P_B}{m_f \cdot CV} \times 3600 \quad (4.2) \text{ [Lit. 3 hal 59]}$$

dimana :

- η_b : efisiensi thermal brake
- CV : nilai kalor bahan bakar (kj/kg)
- η_c : Efisiensi Pembakaran (0,97)

Dalam penelitian ini, perhitungan efisiensi thermal brake akan dibagi menjadi dua yaitu untuk beban 400 Watt dan 800 Watt. Pada penelitian ini putaran yang dipakai yaitu pada putaran 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, 1000 rpm, 1100 rpm, dan 1200 rpm.

Pada putaran 700 rpm, nilai m_f dapat dilihat pada perhitungan nilai m_f untuk putaran 700 rpm. Untuk nilai m_f pada variasi putaran yang lain juga dapat dilihat pada perhitungan nilai m_f pada masing-masing variasi putarannya. Untuk nilai kalor (*Caloric Value, CV*) untuk masing-masing bahan bakar dapat dilihat pada lampiran hasil pengujian menggunakan bom kalorimeter.

Putaran : 700 rpm

$$\begin{aligned} \eta_b &= \frac{P_B}{m_f CV \eta_c} \times 360 \\ &= \frac{0,1108}{0,0,1234 \times 56171,9168 \times 0,97} \times 3600 \\ &= 0,059319 = 5,9314 \% \end{aligned}$$

Putaran : 800 rpm

$$\eta_b = \frac{P_B}{\dot{m}_f CV \eta_c} \times 36$$

$$= \frac{0,2253}{0,1988 \times 56171,9168 \times 0,97} \times 3600$$

$$= 0,074874 = 7,4874 \%$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk setiap jenis bahan bakar, variasi putaran mesin dan variasi beban, maka hasil perhitungan efisiensi thermal brake untuk setiap kondisi tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

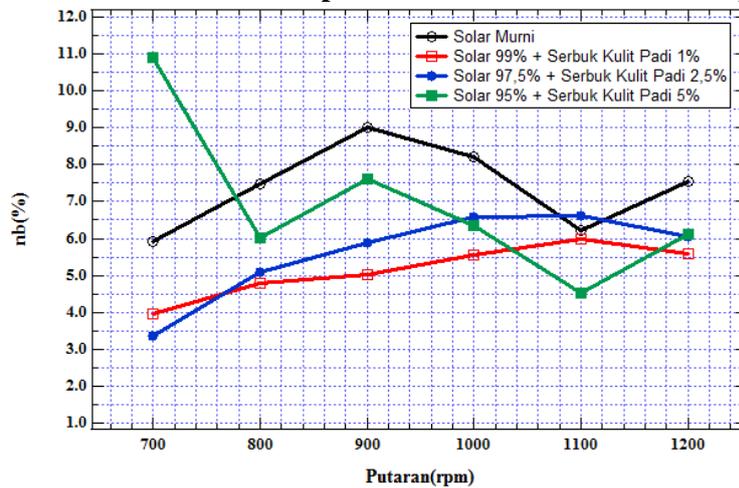
BEBAN 400 WATT					
BAHAN BAKAR	Putaran (RPM)	Daya (kW)	QHV (kJ/kg)	\dot{m}_f (kg/jam)	η_b (%)
SOLAR	700	0,1108	56171,9168	0,1234	5,9319
	800	0,22531	56171,9168	0,1988	7,4874
	900	0,30841	56171,9168	0,2262	9,0066
	1000	0,40945	56171,9168	0,3291	8,2205
	1100	0,4644	56171,9168	0,4936	6,2159
	1200	0,68612	56171,9168	0,5999	7,5567
SOLAR 97,5% SERBUK KULIT PADI 2,5%	700	0,15951	54995,4432	0,3214	3,3497
	800	0,24292	54995,4432	0,3214	5,1012
	900	0,35959	54995,4432	0,4120	5,8900
	1000	0,45801	54995,4432	0,4697	6,5808
	1100	0,61396	54995,4432	0,6262	6,6162
	1200	0,63712	54995,4432	0,7086	6,0674
SOLAR 95% SERBUK KULIT PADI 5%	700	0,18383	44701,2992	0,1400	10,8989
	800	0,19629	44701,2992	0,2707	6,0200
	900	0,28211	44701,2992	0,3078	7,6107
	1000	0,34352	44701,2992	0,4481	6,3644
	1100	0,38004	44701,2992	0,7002	4,5062
	1200	0,60325	44701,2992	0,8169	6,1311

Gambar 4.3 Grafik ETB Vs Putaran pada beban 400 Watt untuk setiap bahan bakar

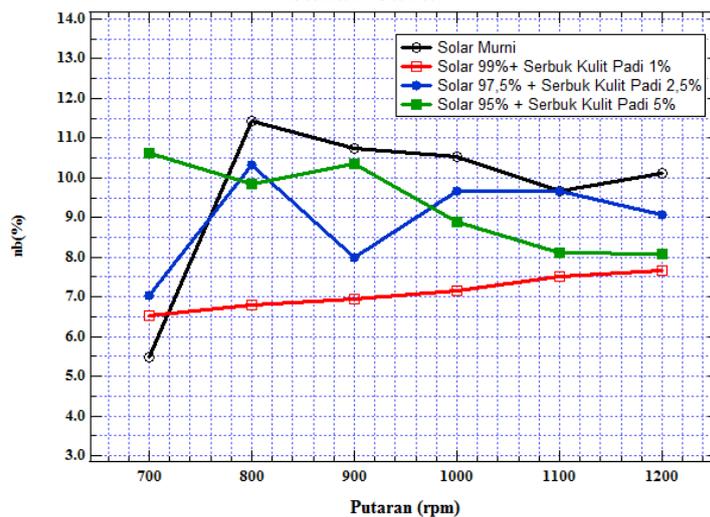
BEBAN 800 WATT					
BAHAN BAKAR	Putaran (RPM)	Daya (kW)	QHV (kJ/kg)	\dot{m}_f (kg/jam)	η_b (%)
SOLAR	700	0,16511	56171,9168	0,1988	5,4869
	800	0,4334	56171,9168	0,2502	11,4428
	900	0,51847	56171,9168	0,3188	10,7451
	1000	0,66138	56171,9168	0,4148	10,5350
	1100	0,76712	56171,9168	0,5245	9,6637
	1200	1,0918	56171,9168	0,7130	10,1170

SOLAR 97,5% SERBUK KULIT PADI 2,5%	700	0,36005	54995,4432	0,3461	7,0208
	800	0,45372	54995,4432	0,2966	10,3220
	900	0,54553	54995,4432	0,4614	7,9782
	1000	0,76794	54995,4432	0,5356	9,6758
	1100	0,95455	54995,4432	0,6674	9,6514
	1200	1,06354	54995,4432	0,7910	9,0732
SOLAR 95% SERBUK KULIT PADI 5%	700	0,34677	44701,2992	0,2707	10,6340
	800	0,40453	44701,2992	0,3408	9,8562
	900	0,54141	44701,2992	0,4341	10,3544
	1000	0,60387	44701,2992	0,5648	8,8764
	1100	0,69841	44701,2992	0,7142	8,1189
	1200	0,9465	44701,2992	0,9709	8,0935

Gambar 4.4 Grafik ETB Vs Putaran pada beban 800 Watt untuk setiap bahan bakar



Gambar 4.3 Grafik Efisiensi Thermal Brake Vs Putaran pada beban 400 Watt untuk setiap bahan bakar



Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Thermal Brake Vs Putaran pada beban 800 Watt untuk setiap bahan bakar

Analisa :

1. Terjadi penurunan nilai efisiensi thermal brake jika dicampurkan dengan serbuk kulit padi.

2. Pada pembebanan 400 Watt, efisiensi thermal brake minimum dihasilkan pada pengujian solar 97,5% + serbuk kulit padi 2,5% dengan putaran 700 rpm yakni sebesar 3,3497 % dan efisiensi thermal brake maksimum dihasilkan pada pengujian solar 95%+ serbuk kulit padi 5% dengan putaran 700 rpm yakni sebesar 10,8989%.
3. Pada pembebanan 800 Watt, efisiensi thermal brake minimum dihasilkan pada pengujian solar dengan putaran 700 rpm yakni sebesar 5,4869% dan efisiensi thermal brake maksimum dihasilkan pada pengujian solar dengan putaran 800 rpm yakni sebesar 11,4428

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu:

- Untuk pencampuran serbuk kulit padi 1% dan 2,5 % daya yang dihasilkan semakin bertambah, namun untuk pencampuran 5 % daya yang dihasilkan semakin menurun. Daya yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin dan pembebanan daya, semakin tinggi putaran dan pembebanan yang diberikan maka semakin tinggi pula daya yang akan dihasilkan. Daya maksimal yang dihasilkan pada bahan bakar solar beban 800 watt diperoleh pada putaran 1200 rpm, yaitu sebesar 1091,8 watt sedangkan daya minimum pada bahan bakar solar + serbuk padi 5% beban 400 watt diperoleh pada putaran 700 rpm, yaitu sebesar 110,8 watt.
- Terjadi penurunan nilai efisiensi thermal brake jika dicampurkan dengan serbuk kulit padi Nilai Efisiensi Thermal minimum pada campuran bahan bakar solar 97,5% + serbuk kulit padi 2,5% dengan beban 400 watt dan putaran 700 rpm yakni sebesar 3,3497. Nilai Efisiensi Thermal maximum pada bahan bakar solar dengan beban 800 watt dan putaran 800 rpm yakni sebesar 11,4428

5.1. Saran

1. Melengkapi alat ukur pada saat pengujian untuk memperoleh hasil pengujian yang lebih baik
2. Menunggu putaran mesin stabil pada saat menaikkan dan menurunkan putaran agar mendapat putaran mesin yang tepat pada saat pengujian pada putaran yang berbeda melalui pembacaan pada tachometer
3. Mengembangkan pengujian ini menggunakan dengan Variasi Campuran bahan bakar yang berbeda
4. Menggunakan zat aditif pada proses pencampuran serbuk kulit padi dan solar agar keduanya menjadi homogen. Penelitian ini tidak menggunakan senyawa pencampur (zat aditif) sehingga serbuk kulit padi dan solar tidak tercampur secara homogen.
5. Penelitian ini tepat untuk penggunaan mesin yang hidup konstan. Karena penggunaan pada mesin yang tidak konstan akan menyebabkan pengendapan serbuk kulit padi pada pompa mesin sehingga memungkinkan kerusakan pada pompa.
6. Adanya Alat pengaduk pada bahan bakar sehingga tidak terjadi endapan serbuk kulit padi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunanadar, Wiranto. Motor Diesel Putaran Tinggi. Pradnya Paramita, Jakarta, 2004
2. Heywod, Jhon B. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw Hill Book Company, New York, 1988
3. Piriou b, Vitilingom, g. dkk. Potential direct use of solid biomass in internal combustion engines. French.2012
4. Pulkrabek, Willard W. Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine. Prentice
5. <http://wordpress.com.prinsip-kerja-motor-diesel-4-tak>. 21 Nov 2011
6. <http://www.digilib.unimed.ac.id/public/UNIMED-Undergraduate-225465.pdf>

7. <http://www.scribd.com/doc/45920835/Bahan-Bakar-Solar-Diesel-Fuel>
8. <http://wiludjengtrisasiwi.wordpress.com/semester-ganjil/energi-dan-pertanian/teknologi-konversi-energi-biomassa/> elektrifikasi