

Kaji Experimental Pengaruh Variasi Bahan Baku Dan Tingkat Pembebanan Terhadap Unjuk Kerja Generator Gasifikasi Tipe Power Pallet 10 kW

Disusun Oleh:

Novi Caroko, Rahmad Adiprasetya dan Hermanto Dwi Putra

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Linkar Barat, Tamantirto, Kasihan Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia

Email: hermanto.dwi.2009@ft.umy.ac.id / hermantodw@gmail.com

Intisari

Setiap unit gasifikasi memiliki karakteristik tertentu bergantung pada umpan biomassa yang akan mempengaruhi kemampuan kerja unit, dikarenakan hal tersebut maka dilakukanlah penelitian terhadap generator gasifikasi Power Pallet 10 kW untuk mengetahui unjuk kerja optimal unit, yang didapatkan dari nilai volume konsumsi bahan bakar dan kualitas daya keluaran terhadap variasi massa jenis bahan bakar dan tingkat pembebanan yang dilakukan.

Pada penelitian ini digunakan kayu Sengon, kayu Mahoni dan Pelet kayu sebagai umpan biomassa atau bahan bakar generator gasifikasi Power Pallet 10 kW. Variabel yang menjadi acuan perbandingan adalah massa jenis dari masing-masing bahan bakar serta kadar karbon yang terkandung di dalam setiap tipe bahan bakar.

Dari serangkaian penelitian dan pengkajian secara teori didapatkan dua langkah untuk pengoperasian generator gasifikasi Power Pallet yaitu penggunaan dua tipe bahan bakar dengan waktu penggunaan yang berbeda. Bahan bakar Sengon yang memiliki nilai laju aliran paling rendah dan memiliki waktu tempuh untuk mencapai T_{red} paling cepat dapat digunakan sebagai bahan bakar tahap persiapan gasifikasi. Kemudian untuk tahap gasifikasi pembebanan daya listrik, dapat digunakan bahan bakar Mahoni karena memiliki nilai SFC rata-rata bahan bakar paling rendah. Dari hasil rekaman keluaran kualitas daya listrik, bahan bakar Mahoni memiliki nilai voltase tegangan dan frekuensi rata-rata daya listrik paling baik dan stabil terhadap variasi pembebanan antara beban daya 1 kW sampai 5 kW yang dilakukan.

Kata kunci: *Gasifikasi, Power Pallet, unjuk kerja, pembebanan, SFC.*

A. Pendahuluan

Penggunaan energi di Indonesia masih sangat didominasi oleh energi fosil yang tidak terbarukan. Pada sisi lain diketahui bahwa potensi energi terbarukan masih sangat melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimum. Sebagai gambaran potensi energi air yang tersedia 75.000 MW baru dimanfaatkan 7,54%, energi panas bumi 28.543 MW baru dimanfaatkan 4,17%, potensi energi biomassa 49.810 MW baru dimanfaatkan 3,25%. Dengan masalah ketersediaan energi tersebut menuntut kita memiliki usaha lebih serius untuk mengembangkan dan

menerapkan sumber energi terbarukan, guna mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Pemanfaatan energi yang terkandung dalam bahan bakar fosil melibatkan pembakaran sehingga karbon (C) yang telah terkumpul selama jutaan tahun terlepas kembali ke atmosfer, menambah kadar karbon dioksida (CO_2) di atmosfer dan menyebabkan pemanasan global serta perubahan iklim. Hal ini berbanding terbalik dengan pemanfaatan biomassa yang dimana bersifat mendaur ulang CO_2 sehingga emisi CO_2 ke atmosfer secara netto berjumlah nol dan akan tercapainya keseimbangan karbon.

Terdapat beberapa pilihan teknologi yang tersedia untuk mengolah berbagai jenis biomassa menjadi sumber energi terbarukan antara lainnya adalah Gasifikasi. Setiap unit gasifikasi memiliki karakteristik tertentu bergantung pada umpan biomassa yang mempengaruhi kemampuan kerja unit, sebagaimana pengujian unjuk kerja generator gasifikasi Power Pallet 10 kW, dimana kayu Sengon, kayu Mahoni dan Pelet kayu yang akan diberikan sebagai umpan biomassa.

Pemilihan mesin generator gasifikasi Power Pallet 10 kW sebagai objek penelitian dikarenakan sistem Power Pallet 10 kW adalah salah satu sistem energi terbarukan yang dirancang pada skala yang bisa digunakan secara individu atau komunitas dengan sumber bahan bakar biomassa lokal dan berkelanjutan. Hal ini dimungkinkan untuk operasi dan manajemen yang mudah tanpa ketergantungan pada rantai pasokan biomassa skala besar, sehingga memungkinkan operasi di daerah atau desa-desa terpencil sebagai sumber energi listrik.

Rumusan Masalah

Potensi pengembangan sumber energi biomassa di Indonesia untuk menggantikan keberadaan sumber energi fosil yang semakin terbatas sangat mendukung dilihat dari letak Indonesia secara geografis, namun sampai saat sekarang ini energi biomassa masih belum banyak dikembangkan. Oleh karena itu untuk

menjangkau dan membantu masyarakat pedesaan dalam pemenuhan kebutuhan baik energi listrik maupun energi panas diperlukan tindak lanjut untuk mendukung pengembangan biomassa.

Batasan Masalah

Kegiatan penelitian difokuskan pada pengaruh variasi massa jenis bahan baku dan pembebanan terhadap nilai konsumsi bahan bakar. Penelitian dilaksanakan melalui pendekatan eksperimental yang meliputi: pengukuran nilai kalor, pengukuran daya keluaran yang mampu dihasilkan oleh bahan uji, serta menghitung nilai konsumsi bahan bakar terhadap pembebanan yang diberikan.

Tujuan Penelitian

- 1). Mengetahui nilai volume konsumsi bahan bakar pada unjuk kerja generator gasifikasi Power Pallet 10 kW dengan penggunaan variasi bahan bakar terhadap daya pembebanan yang diberikan.
- 2). Mengetahui kualitas daya keluaran yang dihasilkan oleh masing-masing variasi bahan baku.

Manfaat Penelitian

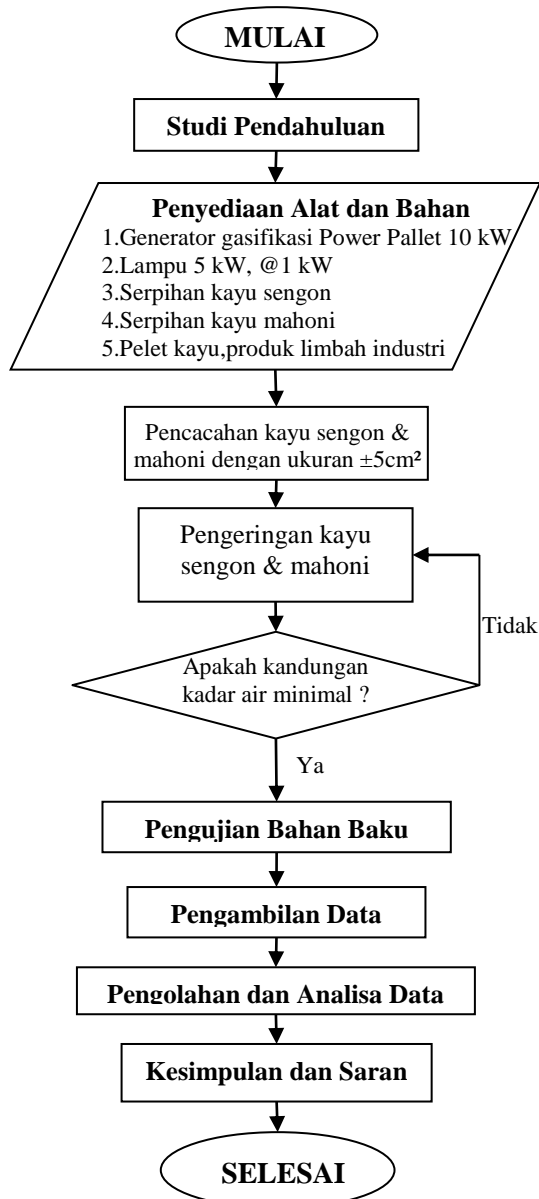
Dengan diketahuinya tipe bahan baku dan nilai pembebanan yang baik terhadap unjuk kerja genset, maka akan dapat dilakukan pemilihan bahan baku yang tepat untuk menghasilkan daya optimal. Dimana daya optimal tersebut didapatkan dari nilai konsumsi bahan bakar yang

ekonomis.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pusat Pengembangan Energi Regional (PUSPER) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada bulan November 2013 sampai Januari 2014.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahapan Penelitian

b). Tahap pengambilan data

- 1). Pemberian beban daya lampu yaitu 1000 sampai 5000 Watt, masing-masing beban untuk pengambilan data dilakukan selama 5 menit.
- 2). Data pada indikator panel mesin generator yang berupa temperatur, tekanan, dan *Air Fuel Ratio (AFR)* dicatat secara manual ± 30 detik setelah dan sebelum waktu pemberian beban tercapai.
- 3). Data konsumsi bahan bakar didapatkan dengan cara dicatat dan dilihat langsung pada pita pengukur yang terdapat pada bagian dalam *hopper*.
- 4). Perekaman data keluaran yang dihasilkan generator menggunakan *Power Quality Analyzer 3949-B* pada masing-masing beban daya yang diberikan, dilakukan ± 2 menit setelah pemberian beban daya berlangsung. Perekaman data selama 1 menit.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Biomassa

Hasil pegujian proksimat dari bahan baku kayu Sengon, Mahoni, dan Pelet kayu tersaji pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian Proksimat

Bahan Baku	Kadar Air (%)	Kadar Volatile (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalori (Kalori/gram)
Sengon	7,21	74,63	0,79	17,36	4605,26
Mahoni	11,69	71,98	0,93	15,39	4522,04
Pelet	7,84	75,02	2,25	14,88	4173,59

Sumber: Hasil uji Lab. PAU UGM (2013)

Dari tabel 1 dapat diamati bahwa nilai kalori tertinggi terdapat pada bahan baku Sengon, kemudian diikuti oleh Mahoni dan Pelet. Hal ini dipengaruhi oleh persentase kadar abu dari Sengon dan Mahoni yang jauh lebih kecil yaitu 0,79% dan 0,93% dari persentase kadar abu Pelet sebesar 2,25%, walaupun kadar volatile meter Pelet memiliki persentase yang lebih tinggi dari bahan baku yang lain.

Reaksi Operasi Generator

Tabel 2. Temperatur dan tekanan awal

Reaksi	T _{tred}	T _{bred}	P _{ratio}	P _{comb}	P _{reac}	P _{filt}
Nilai	25	25	120	-35	-29	0

Nilai reaksi pada tabel 2 merupakan nilai reaksi Power Pallet pada keadaan dingin belum beroperasi.

Persiapan Pengujian

Proses persiapan ini merupakan tahapan proses untuk mendapatkan temperatur (T_{tred}) gasifikasi yang baik, sebagai bahan bakar yang akan digunakan untuk penyalaan awal mesin generator Power Pallet

Nilai laju aliran bahan bakar pada tabel 4.3 didapatkan dari persamaan laju aliran sebagai berikut:

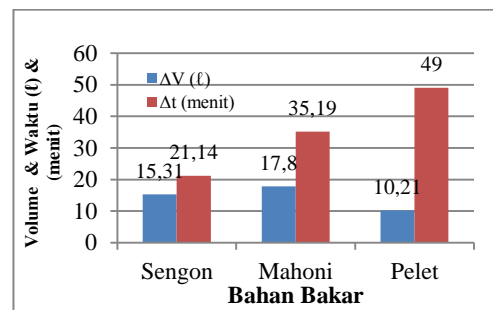
$$\dot{m} = \frac{\rho}{\Delta t} \times \Delta V \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : \dot{m} =Laju aliran (kg/menit)
 ρ =Massa jenis (kg/l)
 Δt =Waktu tempuh (menit), dan
 ΔV =Volume (l).

Tabel 3. Waktu tempuh, volume dan laju aliran bahan bakar untuk gasifikasi persiapan penyalaan

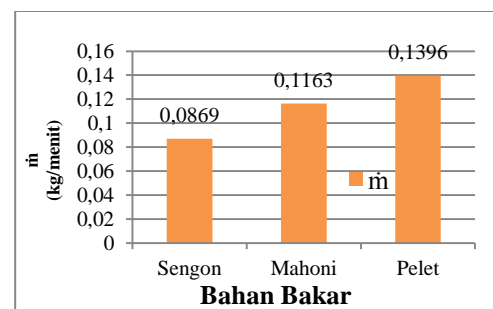
Bahan Bakar	ρ (kg/l)	Δt (menit)	ΔV (l)	\dot{m} (kg/menit)
Sengon	0,12	21,14	15,31	0,0869
Mahoni	0,23	35,19	17,80	0,1163
Pelet	0,67	49,00	10,21	0,1396

Data pada tabel 3 dapat disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 2 dan 3 berikut.



Gambar 2. Grafik volume dan waktu tempuh gasifikasi untuk persiapan penyalaan generator

Grafik pada gambar 2 menunjukkan variasi yang terjadi tidak berbanding lurus antara waktu tempuh dan konsumsi bahan bakar antara jenis bahan bakar yang satu dengan bahan bakar yang lainnya. Hal ini disebabkan karna masing-masing bahan bakar memiliki massa jenis yang berbeda dan akan mempengaruhi kelancaran suplai bahan bakar yang otomatis.



Gambar 3. Grafik laju aliran bahan bakar untuk tahap persiapan gasifikasi

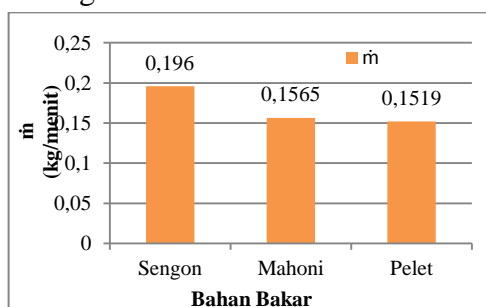
Laju aliran bahan bakar Sengon memiliki nilai yang paling rendah, dan Pelet memiliki nilai paling tinggi. Kemungkinan hal ini dipengaruhi oleh nilai massa jenis bahan bakar yang akan berbanding lurus dengan nilai laju aliran, dimana semakin tinggi nilai massa jenis maka akan diikuti dengan nilai laju aliran yang semakin tinggi juga.

Pengujian Gasifikasi

Pada tahap ini temperatur T_{ired} telah tercapai dan gas hasil dari tahap persiapan gasifikasi dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada mesin generator dan dilakukan pembebanan daya listrik pada generator.

1). Konsumsi bahan bakar

Untuk pengujian pembebanan daya sebesar 1–5 kW, dimana masing-masing pemberian beban daya dilakukan selama 5 menit didapatkan data laju aliran konsumsi bahan bakar sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik laju aliran bahan bakar terhadap pemberian beban daya listrik pada masing-masing massa jenis bahan bakar

Grafik pada gambar 4 dapat menunjukkan bahwa laju aliran

konsumsi bahan bakar paling tinggi terdapat pada bahan bakar Sengon kemudian diikuti dengan Mahoni dan yang terendah adalah Pelet. Hal ini dimungkinkan karena pengaruh nilai kalor dan persentase karbon terikat dari setiap bahan bakar, dimana semakin tinggi nilai kalor maka semakin tinggi pula temperatur yang dihasilkan. Dari data hasil pengujian nilai kalor pada setiap massa jenis *bahan bakar, Sengon memiliki nilai kalor dan kadar karbon terikat tertinggi, kemudian diikuti Mahoni dan Pelet.* Dengan demikian bisa disimpulkan bahwa pada proses gasifikasi, nilai kalor dan massa jenis dari setiap jenis bahan bakar akan mempengaruhi nilai laju aliran konsumsi bahan bakar. Hal ini dikarenakan semakin rendah massa jenis suatu bahan bakar akan menyebabkan bahan bakar itu semakin mudah terbakar. Sedangkan nilai kalor yang tinggi akan menyebabkan panas hasil pembakarannya akan semakin tinggi sehingga akan semakin mempercepat proses pembakaran.

Untuk mengetahui massa konsumsi bahan bakar pada setiap variasi pembebanan daya yang dilakukan dibutuhkan persamaan sebagai berikut:

$$m = \left[\frac{\bar{W}}{\sum \bar{W}} \times \frac{\Delta V}{\sum t} \right] \times 60 \text{ menit} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: m = Massa (kg)

\bar{W} = Daya rata-rata (kW)

$\sum \bar{W}$ = Total daya rata-rata (kW)

ΔV = Volume total pembebanan (ℓ)

$\sum t$ = Total waktu pembebanan (menit)

ρ = Massa jenis (kg/l)

Persamaan menghitung daya adalah:

$$\text{Daya hasil} = \bar{W} \times \frac{t}{60} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana: Daya hasil (kWh)

\bar{W} = Daya rata-rata (kW)

t = Waktu pembebanan (menit)

Tabel 4. Tabel beban daya hasil dan SFC pada setiap bahan bakar berdasarkan daya pembebanan dari masing-masing bahan bakar

Bahan Bakar	W (kW)	\bar{W} (kW)	Massa (kg)	W_{hasil} (kWh)	SFC (kg/kWh)
Sengon	1	0,918	0,852	0,0765	11,1373
	2	1,599	1,482	0,1332	11,1261
	3	2,723	2,526	0,2269	11,1327
	4	3,301	3,06	0,2751	11,1232
	5	4,141	3,84	0,3451	11,1272
Σ		12,682	11,76	1,0568	
Rata ²			2,352		11,1293
Mahoni	1	0,955	0,69	0,0796	8,6683
	2	1,894	1,374	0,1578	8,7072
	3	2,694	1,956	0,2245	8,7127
	4	3,331	2,418	0,2776	8,7104
	5	4,074	2,952	0,3395	8,6951
Σ		12,948	9,39	1,0790	
Rata ²			1,878		8,6988
Pelet	1	0,903	0,702	0,0752	9,3351
	2	1,871	1,458	0,1559	9,3521
	3	2,442	1,902	0,2035	9,3464
	4	3,057	2,382	0,2547	9,3522
	5	3,431	2,676	0,2859	9,3599
Σ		11,704	9,12	0,9752	
Rata ²			1,824		9,3492

Pada tabel 4 nilai SFC (*Specific Fuel Consumption*) didapatkan dari persamaan 4:

$$\text{SFC} = m / W_{\text{hasil}} \dots \dots \dots (4)$$

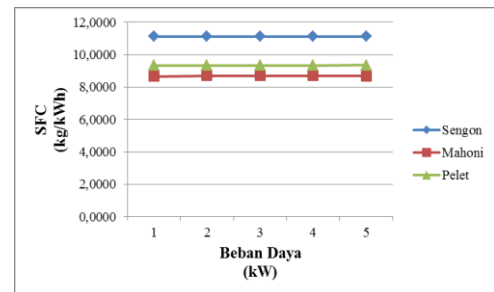
Dimana: SFC = Specific Fuel Consumption (kg/kWh)

m = Massa (kg)

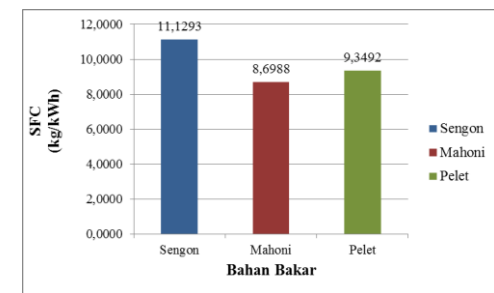
W_{hasil} = Daya hasil (kWh)

Untuk dapat mengamati perbedaan nilai SFC yang terjadi pada setiap tingkat pembebanan dari masing-masing tipe bahan bakar, maka untuk

lebih jelasnya nilai SFC pada tabel 4 tergambar pada grafik SFC sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik nilai SFC dari setiap tingkat pembebanan yang dilakukan pada masing-masing tipe bahan bakar.



Gambar 6. Grafik SFC rata-rata pada setiap tipe bahan bakar dari semua tingkat pembebanan yang dilakukan

Berdasarkan gambar grafik nilai SFC yang tersaji pada gambar 5, bahan bakar Mahoni memiliki nilai SFC yang paling rendah dari setiap tingkat pembebanan yang dilakukan. Sehingga untuk nilai SFC rata-rata dari tingkat pembebanan yang terdapat pada gambar 6 juga menunjukkan bahan bakar Mahoni yang terendah. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar Mahoni memiliki nilai konsumsi bahan bakar yang paling baik dari ketiga tipe bahan bakar untuk menghasilkan setiap 1 kWh daya listrik pada pembebanan 1-5 kW dalam operasi kerja generator Power

Pallet. Nilai konsumsi bahan bakar Mahoni yang lebih rendah kemungkinan di akibatkan dari nilai karbon terikat yang dimiliki Mahoni pada proses gasifikasi lebih tinggi walaupun pada tabel 1 hasil uji proksimat menyatakan nilai kalor Mahoni lebih rendah dari Sengon. Pada sisi lain dari hasil pengujian proksimat kadar air Mahoni paling tinggi dari ketiga spesimen uji dan karena kadar air yang tinggi ini membuat nilai kalor Mahoni pada waktu pengujian proksimat menjadi rendah dan berada diantara nilai kalor Sengon dan Pelet kayu.

Pada proses pengujian, bahan bakar akan mengalami pengeringan maksimum sebelum memasuki reaktor oleh gas panas hasil dari gasifikasi. Selain itu gas hasil gasifikasi yang akan mengalir menuju ruang bakar mesin akan melalui saluran yang sudah dirancang sedemikian rupa agar dapat membantu pengeringan bahan bakar pada saluran antara *hopper* dan *totti*.

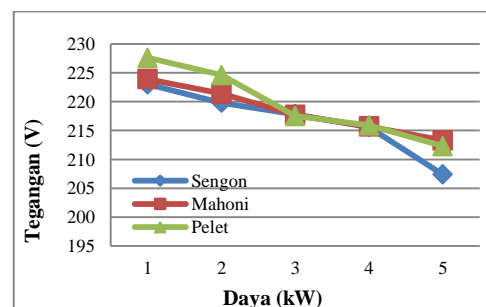
Dari tahapan pengeringan yang dilalui bahan bakar dalam proses gasifikasi tersebut, memungkinkan bahan bakar kayu Mahoni mengalami pengeringan yang sempurna sehingga didapatkan kadar air yang minimum untuk proses selanjutnya, hal ini tentu akan berpengaruh pada nilai karbon terikat yang dimiliki bahan bakar Mahoni menjadi lebih besar dari nilai karbon terikat yang terdapat pada hasil pengujian proksimat, sehingga tentu tidak lepas kemungkinan juga

nilai karbon terikat akan ada di atas nilai karbon terikat kayu Sengon.

2). Kualitas daya listrik

Pada pengujian kualitas daya listrik sebesar 1-5 kW yang terekam pada alat *Power Quality Analyzer 3945-B*, dilakukan perekaman data pada masing-masing pembebanan dari setiap percobaan yaitu lebih kurang 2 menit setelah pembebanan dan pengambilan data berlangsung selama 1 menit dengan pembacaan kualitas listrik setiap 1 detik. Data hasil rekaman kualitas tegangan dan frekuensi pembebanan daya, dapat diketahui kualitas listrik yang dihasilkan oleh Power Pallet masih berada pada setandar ijin toleransi kualitas yang di terapkan oleh PLN. Standar toleransi tegangan yang diijinkan PLN adalah -10% sampai +5% dari nilai tegangan sebesar 220 Volt, dan sedangkan untuk standar toleransi frekuensi adalah $\pm 0,5$ Hz dari harga frekuensi yang digunakan yaitu 50 Hz.

a). Tegangan (V)

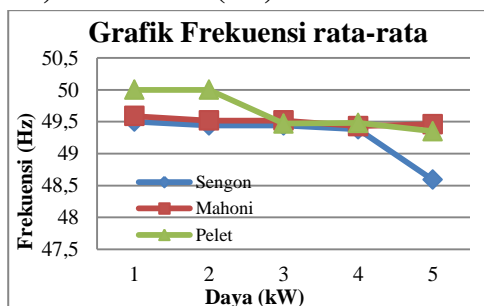


Gambar 7. Grafik tegangan (V) rata-rata

Dari grafik perbandingan voltase tegangan rata-rata dapat

diamati, semakin besar pembebanan daya yang diberikan maka nilai voltase tegangan akan turun. Pada grafik menunjukkan penurunan tegangan yang terus bergerak turun seiring dengan pembebanan yang lebih tinggi, hal ini kemungkinan disebabkan karena penambahan beban daya yang tidak diikuti dengan perubahan penampang medan magnet dan jumlah lilitan kumparan pada generator yang berpengaruh pada tinggi rendah voltase tegangan daya listrik.

b). Frekuensi (Hz)



Gambar 8. Grafik frekuensi (Hz) rata-rata

Dari gambar 8 dapat diamati harga frekuensi rata-rata bahan bakar Mahoni memiliki frekuensi yang cenderung stabil pada saat pemberian variasi beban daya karena tidak mengalami penurunan ataupun kenaikan yang tinggi. Pada percobaan untuk bahan bakar Sengon terjadi penurunan drastis harga frekuensi pada pembebanan 5 kW, dan pada percobaan bahan bakar Pelet mengalami dua kali penurunan yaitu pada pembebanan 3 kW memiliki frekuensi yang turun cukup drastis dan pada pembebanan 5 kW namun tidak mengalami penurunan tinggi

seperti pada 3 kW. Hal ini menunjukkan pengaruh kerja mesin khususnya suplai bahan bakar gas terhadap kerja generator pada saat pemberian beban daya tinggi.

3). Perhitungan segi finansial

Dari segi finansial dapat ditentukan harga pokok penjualan (HPP) untuk setiap penggunaan bahan baku sebagai bahan bakar generator gasifikasi Power Pallet 10kW, terhadap daya keluaran yang dihasilkan pada tingkat pembebanan daya 1-5 kW. Mengacu pada buku manual (ALL Power Labs) untuk Power Pallet 10 kW dengan estimasi pembebanan 75%, dinyatakan untuk menghasilkan 1 kWh daya listrik dibutuhkan biaya sebesar US\$0,02 – US\$0,05. Perhitungan HPP bertujuan mendapatkan berapa rupiah yang dibutuhkan untuk mendapatkan 1 kWh daya listrik dari masing-masing tipe bahan baku. Berikut pada tabel 5 tersaji data hasil pengamatan terhadap segi finansial dari setiap tipe bahan baku untuk menghasilkan 1 kWh daya listrik.

Tabel 5. Data hasil perhitungan nilai finansial

Nilai HPP didapatkan dari persamaan

Bahan baku	Harga bahan baku (Rp/kg)	SFC rata-rata (kg/kWh)	HPP (Rp/kWh)
Sengon	3.000	11,1293	33.388
Mahoni	1.740	8,6988	15.136
Pelet	3.000	9,3492	28.048

berikut:

$$\text{HPP} = \overline{\text{SFC}} \times (\text{Harga bahan baku/kg}) \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

$$\text{HPP} = \text{Harga Pokok Penjualan (Rp/kWh)}$$

\overline{SFC} = *Sepecification fuel consumption*
rata-rata (kg/kWh)

Harga listrik setiap 1 kWh yang didapatkan dari perhitungan nilai HPP pada tabel 5 memiliki harga yang cukup mahal jika dibandingkan dengan kisaran harga tarif dasar listrik yang diberlakukan oleh kebanyakan perusahaan produsen listrik, hal ini dikarenakan asumsi harga bahan baku yang digunakan merupakan harga bahan baku skala industri. Oleh sebab itu untuk tahap pengkajian selanjutnya diharapkan penggunaan bahan baku sebagai bahan bakar generator khususnya bahan baku kayu, diutamakan dapat memberdayakan limbah dari hasil industri sehingga pada perhitungan HPP bisa didapatkan harga listrik setiap 1 kWh akan jauh lebih ekonomis.

D. PENUTUP

1). Kesimpulan

a). Untuk langkah pengoperasian generator gasifikasi Power Pallet bisa digunakan dua jenis bahan bakar dengan waktu penggunaan yang berbeda. Bahan bakar kayu Sengon yang memiliki nilai laju aliran paling rendah dan memiliki waktu tempuh untuk mencapai Tred paling cepat dapat digunakan sebagai bahan bakar awal yaitu pada proses tahap persiapan gasifikasi. Kemudian untuk tahap selanjutnya yaitu penyalaan mesin generator dan pembebanan daya listrik, dapat digunakan bahan bakar kayu

Mahoni karena kayu Mahoni memiliki nilai SFC rata-rata dari variasi tingkat pembebanan yang dilakukan paling rendah.

b). Pada pengamatan tentang kualitas daya listrik yang dihasilkan untuk penggunaan bahan bakar Mahoni memiliki hasil voltase tegangan serta harga frekuensi rata-rata paling baik dan stabil.

2). Saran

a). Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengkajian lebih spesifik sampai ke nilai mata uang yang di perlukan untuk menghasilkan setiap 1 kWh daya hasil, agar dapat mengetahui nilai ekonomis yang lebih terperinci secara finansial dari setiap bahan baku yang digunakan sebagai bahan bakar Power Pallet, dan jika dimungkinkan nilai HPP dapat bersaing dengan harga tarif dasar listrik yang berlaku.

b). Perlunya pengadaan alat pendukung, seperti alat pencacah kayu yang memiliki keluaran sesuai dengan standar ukuran bahan bakar yang digunakan pada Power Pallet.

c). Pelatihan khusus untuk pengoperasian, perawatan dan perbaikan pada mesin generator gasifikasi Power Pallet agar mempermudah dan menarik daya minat mahasiswa untuk melalukan penelitian dan pengujian lebih lanjut.

Daftar Pustaka

Buku :

- Kristiati, M. Th., 2011. *“Sumber Energi Penghasil Listrik”*. PT Citra Aji Parama, Yogyakarta
- Purnama, S., 2013. *“Analisa Kualitas Daya Listrik Pada Bangunan Gedung Perguruan Tinggi”*. Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta
- Siregar, Iskandar Z., 2008. *“Prospek bisnis, budi daya, panen & pascapanen kayu sengon”*. Penebar Swadaya. Bogor
- Sitompul, Rislina, 2011. Manual Pelatihan. *“Teknologi Energi Terbarukan yang tepat untuk aplikasi masyarakat pedesaan”*. Jakarta
- Sumarna, Salim Hardja. 2012. *“Sukses Budidaya 9 Jenis Kayu Penghasil Rupiah”*. Cable book. Klaten
- Yokoyama, Sinya (ed), 2008. *“Buku Panduan Biomassa Asia”*. Jepang: University of Tokyo. Diakses 30 Oktober 2013.

Website :

- Anis, Samsudin. Karnowo. Wahyudi. & Respati, S.M.B., 2009. Jurnal: *“Studi Eksperimental Gasifikasi Sekam Padi pada Updraft Circulating Fluidized bed Gasifier”*. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Semarang. Jurnal Online. www.google.com. Diakses 06 Januari 2014.
- Adimrf, 2013. *“Gasification: Finally Revealed”*. <http://adiimrf.wordpress.com/>. Diakses 23 Februari 2014.
- All Power Labs, *“Personal Scale Power”*. www.gekgasifier.com. Diakses 23 Februari 2014.
- Bioenergiesysteme, *“Gasification Technologies”*. <http://www.bios-bioenergy.at/>. Diakses 23 Februari 2014.
- Departement, of Energi USA., *“Types Of Gasifier”*. <http://www.netl.doe.gov/>. Diakses 23 Februari 2014.
- Dzikri, Usman, 2010. *“Penentuan Kadar Kalor Pada Bahan Kayu dan Hubungannya dengan Nilai Densitas Bahan”*. <http://lib.uin-malang.ac.id/>. Diakses 10 Maret 2014.
- Finance News, 2013. *“Wilayah Indonesia makin luas”*. <http://inafinance.com/>. Diakses 06 September 2013.
- Gaos, Yogi Sirodz. 2008. Disertasi Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor: *“Gasifikasi Biomassa untuk pembangkit listrik dan pemanfaatan gas buang sebagai pemasok panas bagi pendingin adsorpsi”*. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Jurnal Online, www.google.com. Diakses 06 Januari 2014.
- Gravatar, 2009. *“Mencari kandidat energi alternatif pengganti minyak bumi di Indonesia”*. <http://r2dyluminescence.wordpress.com/>. Diakses 25 Oktober 2013.
- <http://budidayasengon.blogspot.com/>. Diakses 25 Oktober 2013.
- <http://formatnews.com/>. Diakses 25 Oktober 2013.
- <http://inovasibiomassa.blogspot.com/>. Diakses 05 November 2013.
- <http://jamuborobudur.com/>. Diakses 25 Oktober 2013.
- <http://uksmp24.blogspot.com/>. Diakses 18 Februari 2014.

- Koestoer, R.A., 2013. “*Analisa unjuk kerja PLTU 450 Watt dengan variasi temperatur superheater*”. <http://koestoer.wordpress.com/>. Diakses 25 Oktober 2013.
- Koga, Arie, 2011. “*Proses Gasifikasi*”. <http://arie-koga.blogspot.com/>. Diakses 06 September 2013.
- Mangas Power, 2013. “*vortec industrial engine*”. <http://www.mangaspower.com/>. Diakses 18 Maret 2014.
- Meyrizal, 2012. “*energi alternatif*”. <http://meyrizal.wordpress.com/>. Diakses 25 Oktober 2013.
- Mulanto, Agus, 2012. “*Kumpulan rumus fisika smp*”. <http://www.slideshare.net/>. Diakses 07 Maret 2014.
- Putra, Rahmad cahaya. Indra. M. Gandidi. H. Burhanudin, 2013. *Jurnal FEMA: “Perancangan, pembuatan dan pengujian pembangkit listrik Energi Biomassa”*. Teknik Mesin, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Jurnal Online, www.google.com. Diakses 06 Januari 2014.
- Ramandita, Shindu, 2012. “*trend data grafik*”. <http://shinduramandita-fst09.web.unair.ac.id/>. Diakses 05 April 2014.
- Sarmoko, M.E.A., 2009. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang: “*Pengaruh variasi temperatur cetakan terhadap karakteristik briket kayu sengon pada tekanan kompaksi 6000 psi*”. Universitas Negeri Semarang, Semarang. Jurnal Online. www.google.com. Diakses 06 Januari 2014.
- Setyawan, Eko S.B., 2013. “*Proses Produksi Wood Pellet*”. <http://www.slideshare.net/>. Diakses 10 Maret 2014.
- Subakti, 2011. “*besaran dan satuan*”. <http://blog.uad.ac.id/>. Diakses 23 Februari 2014.
- Susanto, Herri. “*Sekilas Teknologi Gasifikasi*”. <http://esptk.fti.itb.ac.id/>. Diakses 06 September 2013.
- Sutrisno, K.F. & Rahardjo, A.P., 2009. “*Pembangkit listrik masa depan Indonesia*”. <http://konversi.wordpress.com>. Diakses 25 Oktober 2013.
- www.fordaq.com. Diakses 05 November 2013.