

**PERFORMANCE CHARACTERIZATION OF 5 KW DIESEL
GENERATOR USING SAWDUST SYNGAS WITH
VARIATION OF LOADING**
(**KARAKTERISASI PERFORMA GENSET DIESEL 5 KW MENGGUNAKAN
SYNGAS SERBUK KAYU DENGAN VARIASI PEMBEBANAN**)

Wahyu¹, Erwin^{1*}, Slamet Wiyono¹

¹Labroratorium Energi Baru Terbarukan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng
Tirtayasa

*Corresponding author : Erwin@untita.ac.id

ABSTRACT

With the decreasing of world oil reserves, energy savings programs have started across the entire world. Recently, Indonesia has now become one of the importing countries for crude oil. Biomass gasification sustainability, especially in Indonesia, is very guaranteed because of the abundant availability of biomass in Indonesia. The goals of this study are examine the 5 kW diesel generator performance against various load with diesel fuel and diesel fuel plus syngas (synthetic gas) from sawdust. This research was carried out at Renewable Energy Labororium of Engineering Faculty UNTIRTA. The author performed this research using 5,2 kW total load of halogen lamp. In this research the load used was only at 3.2 kW because of the "not optimal condition" of the diesel generator resulting in not optimal engine rotation. Diesel generator power value at low loading point was increased. Whereas, at high loading point was decreased.

Keyword: gasification, renewable, sawdust, syngas

ABSTRAK

Dengan semakin berkurangnya cadangan minyak dunia, program penghematan energi telah dimulai di seluruh dunia. Belakangan ini, Indonesia kini menjadi salah satu negara pengimpor minyak mentah. Keberlanjutan gasifikasi biomassa khususnya di Indonesia sangat terjamin karena ketersediaan biomassa yang melimpah di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji unjuk kerja genset diesel 5 kW terhadap berbagai beban dengan bahan bakar solar dan solar plus syngas (gas sintetik) dari serbuk gergaji. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Energi Terbarukan Fakultas Teknik UNTIRTA. Penulis melakukan penelitian ini dengan menggunakan beban total lampu halogen sebesar 5,2 kW. Pada penelitian ini beban yang digunakan hanya sebesar 3,2 kW karena "kondisi tidak optimal" genset mengakibatkan putaran mesin tidak optimal. Nilai daya generator diesel pada titik pembebanan rendah meningkat. Sedangkan pada titik pembebanan tinggi mengalami penurunan.

Kata kunci: gasifikasi, serbuk gergaji, syngas, terbarukan

PENDAHULUAN

Dengan semakin berkurangnya cadangan minyak dunia, penghematan energi mulai diluncurkan hampir di seluruh negara dunia. Indonesia kini telah menjadi salah satu negara pengimpor minyak mentah, sehingga perlu adanya usaha untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar migas. Indonesia memiliki banyak sumber daya alam. Di antaranya ada yang belum dimanfaatkan secara optimal sebagai energi alternatif. Salah satu bahan energi alternatif adalah serbuk kayu (Nugraha dkk, 2017)

Kebutuhan energi di Indonesia tiap tahunnya tercatat semakin meningkat dengan seiringnya peningkatan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi dan industri. Tapi di sisi lain, cadangan energi yang tersedia di Indonesia semakin lama akan semakin menurun. Oleh karenanya untuk mengatasi krisis energi, diperlukan sumber-sumber energi alternatif baru yang lebih murah, berlimpah dan dapat diperbaharui. Energi alternatif yang saat ini banyak dikembangkan ialah biomasa

Pemenuhan kebutuhan energi perlu dikurangi, mengingat ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis dan proses pembentukan bahan bakar fosil membutuhkan waktu jutaan tahun. Lebih dari itu proses pembakaran bahan bakar fosil melepaskan karbon yang sebelumnya telah tersimpan di dalam perut bumi, sehingga terjadi akumulasi karbon di atmosfer yang semakin tinggi.

Lokasi pengujian yang penulis dilakukan (Cilegon) itu memiliki

akses yang cukup mudah untuk mendapatkan biomassa serbuk kayu, Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kinerja genset diesel 5 kW terhadap variasi pembebanan dengan bahan bakar solar. Yang kedua yaitu mengetahui kinerja genset diesel 5 kW terhadap variasi pembebanan dengan bahan bakar solar dan *syngas* serbuk kayu

Gasifikasi biomassa merupakan pembakaran biomassa secara sempurna sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar. Syngas terdiri dari sekitar 40% gas yang mudah terbakar, terutama karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂) dan metana (CH₄). Sisanya adalah gas yang tidak mudah terbakar dan terutama terdiri dari nitrogen (N₂) dan karbon dioksida (CO₂). Beragam proporsi dari Syngas terdiri antara lain : CO₂, H₂O, N₂, dan CH₄ (Rizal. A dkk)

METODOLOGI

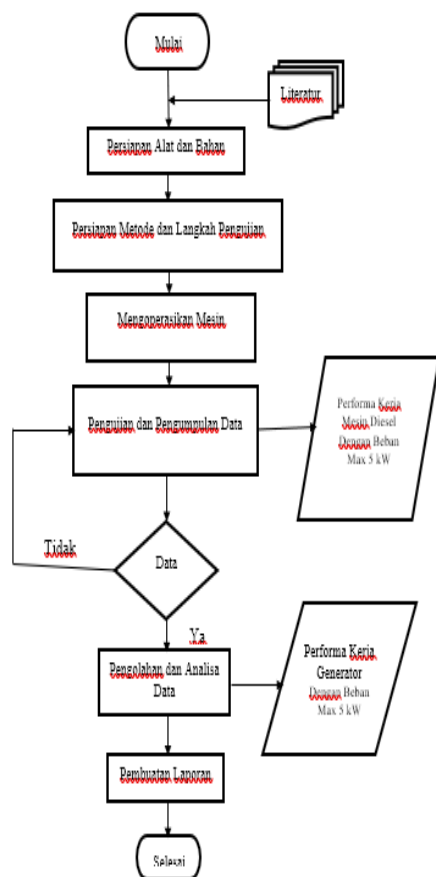
Metode penelitian karakteristik performa genset diesel 5 kW dari serbuk kayu *syngas* terhadap variasi pembebanan ini pernah di gunakan dengan bahan bakar yang berbeda yaitu sekam padi . Berikut adalah tahapannya

Pra Pengujian

- 1) Menimbang berat awal serbuk kayu .
- 2) Memastikan katup-katup pada mesin dalam keadaan tertutup.
- 3) Memastikan ketinggian air menutupi lubang pada keluaran *gasifier* menuju *cooling system*.

Pengujian

- 4) Menghidupkan mesin pompa air, dan biarkan katup terbuka untuk *flushing*.
- 5) Mengisi reaktor dengan serbuk kayu untuk pembuatan bara awal.
- 6) Membuka katup kontrol udara dan gas.
- 7) Menghidupkan beberapa kertas bekas dan jatuhkan ke dalam reaktor. Menyebarkan kertas yang terbakar secara merata di atas serbuk kayu dan biarkan terbakar. Lalu memasukkan serbuk kayu 1 kg ke dalam reaktor dan sebar secara merata.
- 8) Ketika biomassa terbakar, menyebarkan bara secara merata jika diperlukan dan kemudian mengisi ulang reaktor dengan serbuk kayu hingga jarak kedalaman 30 cm dari bibir luar reaktor.
- 9) Mengecek api pada udara buangan keluaran dari mesin untuk memastikan keberadaan api keluaran gas.
- 10) Mengisi balon biogas hingga mencapai volume 70-80% dari volume total.
- 11) Memasukkan biomassa serbuk kayu hingga 10 cm dari bibir reaktor dan pertahankan ketinggian biomassa dengan penambahan secara konsisten.
- 12) Melakukan langkah *de-ashing*, bersihkan drum *cooling system* dari sisa pembakaran.
- 13) Melakukan prosedur mematikan mesin *gasifier*.
- 14) Menghidupkan Generator untuk melakukan percampuran antara bahan bakar solar dan *Syn-gas*.
- 15) Membuka Exhaust dari balon yang berisikan gas untuk di salurkan ke generator.
- 16) Menghidupkan Generator
- 17) Mulai mencampurkan bahan bakar solar dengan *Syn-gas*. Yaitu dengan cara menghubungkan aliran syngas ke Generator diesel.
- 18) Menyambungkan Generator dengan *load* lampu 5kW
- 19) Melakukan prosedur mematikan Generator.
- 20) Selesai.
- 21) Mengetahui jumlah serbuk kayu yang terpakai selama proses pengisian balon biogas.
- 22) Menghidupkan Generator, dan biarkan dalam keadaan *idle*.
- 23) Mengetahui Rpm Diesel menggunakan Tachometer.
- 24) Mengetahui arus *Ampere* yang dihasilkan dengan *load* lampu 5Kw Menggunakan alat ukur *Bluetooth Digital Smart Clamp Meter*.
- 25) Mengukur berapa lama waktu masing-masing pengujian menggunakan *stopwatch*.
- 26) Selesai



Gambar 1. Metode penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah serbuk kayu , bisa di lihat pada gambar berikut



Gambar 2. Limbah serbuk kayu

Karakteristik suatu biomassa biasanya dilihat dari hasil uji *proximate* dan *ultimate*. Uji *proximate* bertujuan untuk mengetahui komposisi kandungan air, *fixed carbon*, *volatile matter*, *ash* dan nilai kalor suatu bahan bakar.

Sedangkan uji *ultimate* bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia biomassa berupa karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan belerang. Uji *ultimate* dan *proximate* kelapa sawit dapat dilihat hasilnya pada tabel berikut. (Sudarmanta, 2015).

Tabel 1. Hasil Pengujian Ultimate dan Proximate Serbuk kayu

No	Kandungan Syngas	Unit	Nilai
1.	Moisture Content	% wt	8,69
2.	Ash Content	% wt	2,28
3.	Volatile Content	% wt	77,33
4.	Fixed Content	% wt	11,7
5.	Component	Carbon	% wt 43,01
		Hydrogen	% wt 6,42
		Oxygen	% wt 36,6

Uji *proximate* bertujuan untuk mengetahui komposisi kandungan air, *fixed carbon*, *volatile matter*, *ash* dan nilai kalor suatu bahan bakar, Sedangkan uji *ultimate* bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia biomassa berupa karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan belerang

Gasifikasi

Proses gasifikasi dilakukan dalam suatu reaktor yang dikenal dengan *gasifier*. Jenis *gasifier* yang ada saat ini dapat dikelompokkan berdasarkan mode fluidisasi, arah aliran dan jenis media yang diperlukan untuk proses gasifikasi. Tipe gasifikasi berdasarkan arah aliran dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *downdraft*, *updraft*, dan *crossdraft*. Reaktor aliran searah (*downdraft gasifier*), reaktor aliran berlawanan (*updraft gasifier*) dan reaktor aliran menyilang

(*crossdraft gasifier*). Pada *downdraft gasifier*, arah aliran gas dan arah aliran padatan adalah sama-sama ke bawah tungku pembakaran. Pada *updraft gasifier*, arah aliran padatan ke bawah sedangkan arah aliran gas mengalir ke atas. Sedangkan *gasifier crossdraft* arah aliran gas dijaga mengalir mendatar dengan aliran padatan ke bawah (Zainuddin, 2015).

Penelitian ini menggunakan *gasifier* tipe *downdraft*, pada tipe ini sumber panas terletak di bawah bahan bakar seperti tampak dalam gambar berikut. Aliran udara bergerak ke zona gasifikasi di bagian bawah yang menyebabkan asap pirolisis yang dihasilkan melewati zona gasifikasi yang panas. Hal ini membuat tar yang terkandung dalam asap terbakar, sehingga gas yang dihasilkan oleh reaktor ini lebih bersih. Keuntungan reaktor tipe ini adalah reaktor ini dapat digunakan untuk operasi gasifikasi yang berkesinambungan dengan menambahkan bahan bakar melalui bagian atas reaktor.

Namun untuk operasi yang berkesinambungan dibutuhkan sistem pengeluaran abu yang baik, agar bahan bakar bisa terus ditambahkan (Subroto, 2015)

Mesin Gasifier TG 30-1 digunakan untuk membuat *syngas* serbuk kayu sebagai campuran bahan bakar pada genset diesel berkapasitas 5 kW. Trillion *gasifier* TG 30-1 adalah suatu mesin *gasifier* biomassa berkapasitas maksimal 30 HP yang diproduksi oleh Trillion International Pte. Ltd. Mesin ini memprakarsai penelitian dan kajian terperinci mengenai prinsip pembentukan tar dari proses pembakaran yang melibatkan sekam padi, kulit sirih, serbuk gergaji, tempurung kelapa

sawit dan limbah biomassa lainnya (Wiyono dkk, 2017).



Gambar 3. Mesin gasifier TG 30-1

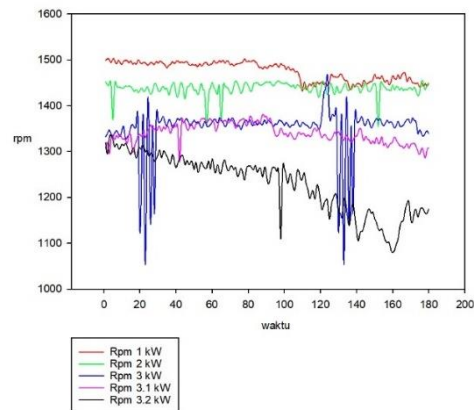
Proses gasifikasi serbuk kayu merupakan proses konversi secara kimia dari serbuk kayu yang berbentuk partikel atau padatan menjadi gas yang bernilai bakar atau *combustible*. Pada dasarnya gasifikasi serbuk kayu adalah reaksi oksidasi parsial dari serbuk kayu dengan oksigen atau udara. Proses gasifikasi dilakukan dalam suatu reaktor yang disebut dengan gasifier. *Combustible* gas atau syngas yang dapat dihasilkan dari proses gasifikasi adalah CO, H₂, CH₄ dan sebagainya. Keuntungan dari gasifikasi adalah penerapannya dapat dilakukan untuk berbagai macam bahan baku. Hampir semua zat karbon dapat digasifikasi: bahan bakar fosil seperti batubara, minyak, atau gas alam, biomassa (yaitu setiap jenis limbah pertanian seperti bongkol jagung atau berbagai tanaman), aspal, atau bahkan limbah, plastik, dan sampah kota. Gasifikasi dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai produk, termasuk listrik, gas alam, bahan bakar cair (seperti

bensin, solar, dan bahan bakar jet), hidrogen, dan berbagai bahan kimia.

Prinsip gasifikasi biomassa dengan cara melakukan pembakaran secara tidak sempurna di dalam sebuah ruangan yang mampu menahan temperatur tinggi yang disebut gasifier. Agar pembakaran tidak sempurna dapat terjadi, maka udara dengan jumlah yang sedikit dari kebutuhan stokiometrik pembakaran dialirkan ke dalam reaktor untuk mensuplai kebutuhan oksigen menggunakan fan/blower. Proses pembakaran yang terjadi menyebabkan reaksi termo-kimia yang menghasilkan CO, H₂, dan gas metana (CH₄). Salah satu jenis gasifier yaitu *Downdraft* gasifier dimana gas hasil pembakaran dilewatkan pada bagian oksidasi dari pembakaran dengan cara ditarik mengalir ke bawah sehingga gas yang dihasilkan akan lebih bersih karena tar dan minyak akan terbakar sewaktu melewati bagian oksidasi dari pembakaran.

Biomassa merupakan keseluruhan materi yang berasal dari makhluk hidup, termasuk bahan organik yang hidup maupun yang mati, baik di atas permukaan tanah maupun yang ada di bawah permukaan tanah. Potensi limbah biomassa terbesar adalah dari limbah kayu hutan, kemudian diikuti oleh limbah padi, jagung, ubi kayu, kelapa, kelapa sawit dan tebu. Secara umum bahan baku biomassa dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu pohon berkayu (*woddy*) dan rumput-rumputan (*herbaceous*). Saat ini material berkayu diperkirakan merupakan 50% dari total potensial bioenergi sedangkan 20% lainnya adalah jerami yang diperoleh dari

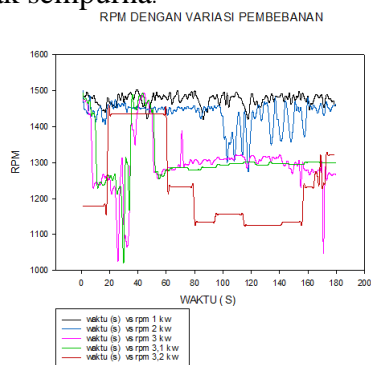
hasil samping pertanian (Rochman, 2009).



Gambar 4. Grafik Karakteristik Rpm Bahan Bakar Solar

Adapun gambar 4 yang terlampir menjelaskan kecepatan putaran mesin pada genset diesel yang sudah di beri beban yang pertama yaitu 1 kW dengan waktu puratan 180 sekon. Ketika di beri beban 1kW putaran awal mesin yang di hasilkan nilainya masih cukup baik, tetapi ketika menyentuh detik ke 140 sekon putaran mesin mulai menurun di karenakan genset diesel yang digunakan mesin mengalami respon yang cukup lambat. Dikarenakan putaran mesin tidak stabil akibat percampuran *syngas* dengan *dexlite* perbandingannya tidak sempurna Setelah di tambahkan beban menjadi 2 kW putaran mesin mulai stabil diangka rata-rata 1450 rpm. Putaran mesin turun kembali performanya ketika di beri beban 3 Kw. Putaran mesin turun pada detik ke 20 dan Kembali stabil kemudian putaran mesin turun Kembali pada detik ke 125 penyebabnya karena mesin mengalami respon yang cukup lambat. Setelah itu di tambah Kembali pembebanan sebesar 3.1

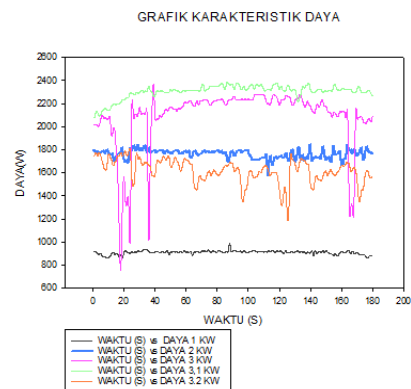
kW. Putaran mesinnya stabil tidak ada kendala pada mesin diesel atau gensetnya. Pembebanan terakhir yaitu 3.2 kW performanya turun Kembali hingga mencapai rpm 1099 dikarenakan kondisi mesin mengalami respon yang cukup lambat. Dikarenakan putaran mesin tidak stabil akibat percampuran *syngas* dengan *dexlite* perbandingannya tidak sempurna.



Gambar 5. Grafik Karakteristik Rpm Bahan Bakar Solar dan syngas

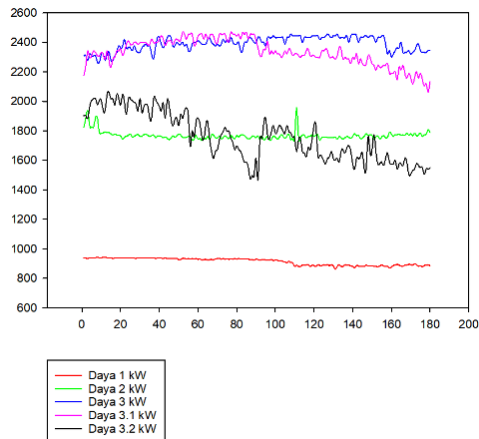
Pada gambar 5, genset yang diberi bahan bakar solar dan syngas serbuk kayu putaran mesinnya stabil untuk di pembebanan 1 kw nilai rpmnya stabil di angka 1490. Ketika diberi beban 2 kw kondisi putaran mesin stabil dari menit pertama hingga menit 2 namun di menit ke 2 hingga terakhir rpm mulai tidak stabil di karenakan mesin diesel sempat mengalami pelambatan. Ketika di beri beban 3 kw kondisi putaran mesin di detik ke 20 hingga 40 mesin mengalami penurunan di karenakan mesin mengalami respon yang melambat, di karenakan beban yang tinggi, dan mengalami penurunan Kembali di detik terakhir hingga Mencapai 1048 rpm, ketika diberi beban 3.1 kw kondisi putaran mesin mengalami penurunan Kembali di detik 30. Ketika mencapai 1028 rpm

di karenakan mesin mengalami respon yang cukup lambat. Ketika diberi beban 3.2 kw kondisi putaran mesin sempat stabil di detik ke 20 – 60, lalu mengalami penurunan putaran mesin pada detik 60-160 di karenakan mesin mengalami respon yang cukup lambat di karenakan pembebanan yang cukup besar.



Gambar 6. Grafik Karakteristik Daya Bahan Bakar Solar

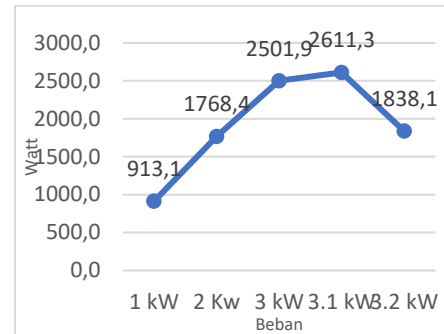
Pada Gambar 6. dapat diketahui performa genset diesel dengan variasi beban yang di gunakan yaitu 1 kW. Pada Variasi ini beban yang di hasilkan dari genset diesel ini yaitu berada di antara 995 Watt tidak mencapai daya yang seharusnya keluar dari genset diesel yaitu 1000. Beban berikutnya yaitu 2 Kw dengan daya yang di hasilkan dengan rata-rata daya 1800 Watt. Daya dari generator mulai turun besar Ketika di beri beban 3.2 kW dengan Watt yang dihasilkan turun mencapai 1500 Watt. Penyebabnya karena putaran mesin (rpm) tidak stabil.



Gambar 7. Grafik Karakteristik Daya Bahan Bakar Solar dan syngas

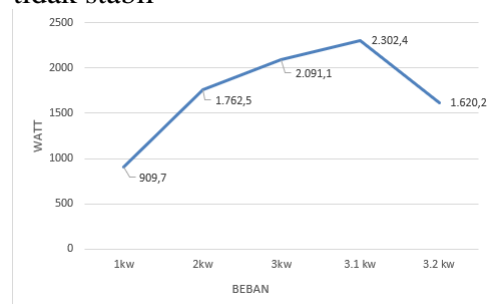
Untuk pembahasan pada Gambar 7. ini yaitu grafik untuk mengetahui performa genset diesel yang di beri bahan bakar solar dan *syngas* serbuk kayu. Perbedaan dari grafik sebelumnya Ketika hanya diberi bahan bakar solar saja daya nya tidak mencapai maksimal karena kurang stabilnya putaran pada genset diesel. Pada pembahasan ini genset diesel yang diberi bahan bakar diesel dan di tambahkan *syngas* serbuk kayu performanya hampir sama dengan genset yang di beri bahan bakar solar saja .

Hanya saja Ketika di berikan atau di tambahkan *syngas* serbuk kayu daya yang di hasilkan sedikit stabil di pembebanan 1 kw – 2 kw , perfoma genset mulai menurun Ketika diberikan beban 3 kw, dan di pembebanan 3.1 kw genset stabil Kembali, lalu Ketika di berikan beban 3.2 kw genset mengalami penurunan Kembali di karenakan mesin mengalami respon yang cukup lambat



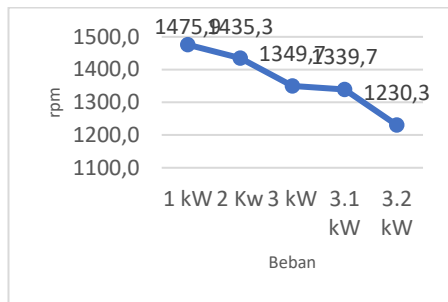
Gambar 8. Grafik Rata-Rata Daya Bahan Bakar Solar

Pada Gambar 8. Di sini menunjukkan nilai yang berbeda dari genset ketika diberi bahan bakar solar dan *syngas*, hanya saja daya yang dihasilkan mulai turun kembali di putaran mesin ketika diberi pembebanan 3.1kW dan 3.2Kw. Penyebabnya karena putaran mesin tidak stabil



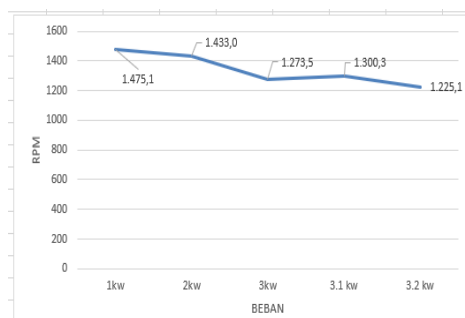
Gambar 9. Grafik Rata-Rata Daya Bahan Bakar Solar dan syngas

Grafik ini dibuat bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata daya yang dihasilkan terhadap performa genset diesel. Grafik ini naik nilai dayanya ketika diberi beban 1kW, 2kW, dan 3kW, terlihat menurun pada beban 3,2 kw di karenakan rpm yang tidak stabil



Gambar 10. Grafik Rata-Rata Rpm Bahan Bakar Solar

Pada gambar 10 . disini menjelaskan bahwa rpm Kembali menurun Ketika di beri pembebana 3,1kw sampai 3,2 kw di karenakan mesin mengalami respon yang melambat



Gambar 11. Grafik Rata-Rata Rpm Bahan Bakar Solar dan syngas

Pada gambar 11. Ini menjelaskan bahwa kecepatan putaran mesin pada genset yang di beri beban 1kw, 2kw ,3kw , mengalami penurunan , lalu putaran mesin mulai stabil di pembebanan 3Kw sampai 3,1kw dan putaran mesin mulai menurun Kembali Ketika diberi beban 3,2kw

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah perbedaan nilai daya dan rpm dari karakteristik genset diesel ketika dilakukan pembebanan 1kW, 2kW, 3kW, 3.1kW, dan 3.2 kW menggunakan bahan bakar solar dan

bahan bakar solar dan syngas serbuk kayu. Hasilnya stabil dan tidak stabil dikarenakan mesin mengalami respon yang cukup lambat sehingga dapat mempengaruhi kinerja mesin itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, R., Hawani, E., Loebis, E.S., Junaidi, L. dan Siregar, N.C. 2015. An Experimental Study on Synthetic Gas (Syngas) Production Through Gasification of Indonesian Biomass Pellet. *Energy Procedia* 65 292 – 299.
- Jain, A.K. dan Goss, J.R. 2003. Determination Of Reactor Scalling Factor for Throatless Risk Husk Gasifier,. *International Journal Biomass & Bioenergy*. Vol. 18, No. 3:249-256.
- Nugraha, K., Wiyono, S. dan Najib, A. 2017. Unjuk Kerja Tungku Gasifikasi Tg 30-1 dengan Bahan Bakar Serbuk kayu Dengan Variasi Kandungan Kadar Air Dan Kecepatan Udara Pembakaran. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. III No.2.
- Rochman, R. 2009. Biomass To Liquid (kayu dan rerumputan).
- Sudarmanta. 2015. Dual Fuel Engine Performance Using Biodiesel And Syn-Gas From Rice Husk Downdraft Gasification For Power Generation. *International Seminar on Sustainable Biomass Production and Utilization: Challenges and Opportunities*

- Suliono, B., Sudarmanta, F. D. dan Maolana., I. 2017. Studi Karakteristik Reaktor Gasifikasi Type Downdraft Serbuk Kayu Dengan Variasi Equivalensi Ratio, *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 3, no. 2, pp. 37-43.
- Wiyono, S. Erwin, Nugraha, K. dan Ferdiansyah, F. 2017. Rancang Bangun Sistem Cooling Water Recirculating Tank untuk Mesin Biomassa Model Tg30-1. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*. Vol. 2, No. 1.
- Zainuddin. 2017. Analisis Efisiensi Gasifikasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) Tongkol Jagung Kapasitas 500 KW Di Kabupaten Gorontalo. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*. Vol. 14, No. 2, pp. 192-198.