



Karakterisasi Performa Genset Diesel 5 kW Menggunakan Syngas Sekam Padi dengan Variasi Pembebanan

Performance Characterization of 5 kW Diesel Generator Using Rice Husk Syngas with Variation of Loading

Restu Ferdinandyah, Erwin Erwin* dan Slamet Wiyono

Lab. Rekasaya Energi Baru Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
29/11/2021
Direvisi:
12/12/2021
Disetujui:
21/12/2021

Abstract

With the decrease in world oil reserves, energy savings have begun to be launched in almost all countries of the world. Indonesia has now become one of the crude oil importing countries, so efforts are needed to reduce dependence on oil and gas fuels. The sustainability of biomass gasification technology, especially in Indonesia, is highly guaranteed because of the abundant availability of biomass in Indonesia. The purpose of this study is to determine the performance of a 5 kW diesel generator against variations in loading with diesel fuel. The second is to know the performance of a 5 kW diesel generator against variations in loading with diesel fuel and rice husk syngas. Data collection on the performance characterization of the 5 kW diesel generator set from syngas rice husks against variations in loading was carried out at the New Renewable Energy Engineering Laboratory. The loading carried out in this study was using a 5200 Watt halogen lamp. The power used in this study is only up to a maximum of 3200 Watt. The test result shows that the power generated by the generator is greater when using diesel fuel compared to using a mixture of diesel fuel with syngas. The value of the generator power for each loading variable increased when using low electrical load and decreasing when using high electrical load.

Keywords: *gasification, rice husk, syngas, renewable.*

Abstrak

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 ketegantungan terhadap bahan bakar migas. Keberlanjutan dari teknologi gasifikasi biomassa, khususnya di Indonesia, sangat terjamin karena melimpahnya ketersediaan biomassa di Indonesia. 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 sekam padi. Pengambilan data karakterisasi performa genset diesel 5 kW dari sekam padi syngas (campuran bahan bakar gas hidrogen, karbon monoksida, dan karbon dioksida) terhadap variasi pembebanan dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Energi Baru Terbarukan. Pembebanan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakan lampu halogen yang berjumlah 5200 Watt. Untuk daya yang dipergunakan dalam penelitian ini hanya sampai maksimal 3200 Watt. Karena generator tidak dalam kondisi yang baik sehingga putaran mesin tidak maksimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan genset lebih besar apabila menggunakan bahan bakar solar dibandingkan menggunakan campuran bahan bakar solar dengan syngas. Nilai daya genset setiap variabel pembebanan mengalami kenaikan di beban listrik rendah dan mengalami penurunan di pembebanan tinggi.

Kata Kunci: gasifikasi, sekam padi, syngas, terbarukan.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 821 8253 5758
email : erwin@untirta.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. 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 sekam padi (Nugraha, dkk., 2017).

Syngas (Gas sintetis) adalah campuran bahan bakar gas yang terutama terdiri dari hidrogen, karbon monoksida, dan sangat sering beberapa karbon dioksida. Dalam penelitian ini penulis memanfaatkan limbah biomassa sekam padi sehingga dapat menghasilkan energi baru terbarukan. Proses yang digunakan untuk menghasilkan *syngas* yaitu dengan proses gasifikasi.

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 sekam padi, sedangkan untuk biomassa lainnya mengapa tidak digunakan karena bahan yang tidak siap pakai untuk melakukan penelitian ini.

Keberlanjutan dari teknologi gasifikasi biomassa, khususnya di Indonesia, sangat terjamin karena melimpahnya ketersediaan biomassa di Indonesia. Biomassa yang paling melimpah di Indonesia adalah sekam padi, dengan jumlah produksi pada tahun 2014 mencapai 14,16 juta ton per tahun (BPS, 2015).

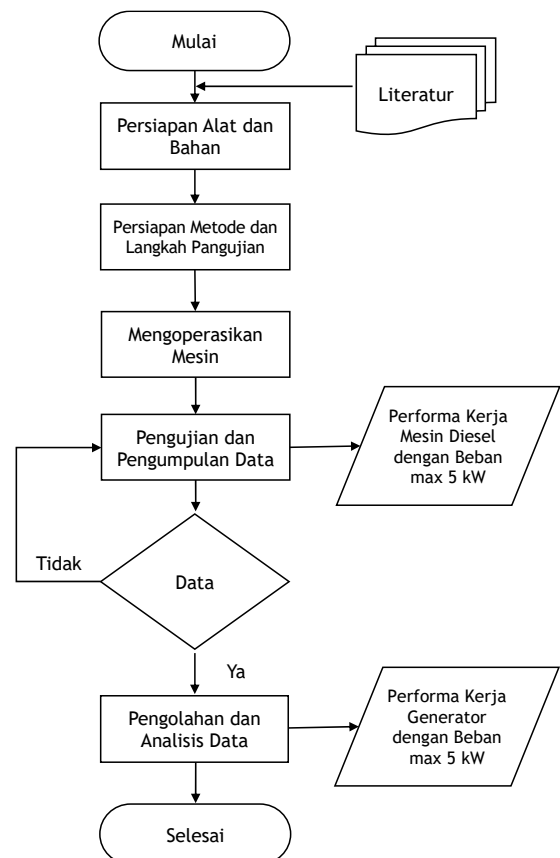
Pemanfaatan sekam padi sebagai umpan gasifikasi dapat mengurangi jumlah limbah pertanian sekaligus menambah nilai pemanfaatan sekam padi (Al-afifi, dkk., 2020; Dewi, 2020). Dengan diterapkannya teknologi ini,

ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dapat dikurangi (Pranolo, dkk., 2015).

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* sekam padi.

2. METODOLOGI

Adapun tahapan penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1. Diagram Alir metode penelitian karakterisasi performa genset diesel 5 kW dari sekam padi *syngas* terhadap variasi pembebanan.



Gambar 1. Metode penelitian

2.1. Pra Pengujian

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

2.2. Pengujian

- 1) Menghidupkan mesin pompa air, dan biarkan katup terbuka untuk *flushing*.
- 2) Mengisi reaktor dengan sekam padi untuk pembuatan bara awal.
- 3) Membuka katup kontrol udara dan gas.
- 4) Menghidupkan beberapa kertas bekas dan jatuhkan ke dalam reaktor. Menyebarkan kertas yang terbakar secara merata di atas sekam padi dan biarkan terbakar. Lalu memasukkan sekam padi 1-2 kg ke dalam reaktor dan sebar secara merata.
- 5) Ketika biomassa terbakar, menyebarkan bara secara merata jika diperlukan dan kemudian mengisi ulang reaktor dengan sekam padi hingga jarak kedalaman 30 cm dari bibir luar reaktor.
- 6) Mengecek api pada udara buangan keluaran dari mesin untuk memastikan keberadaan api keluaran gas.
- 7) Mengisi balon biogas hingga mencapai volume 70-80% dari volume total.
- 8) Memasukkan biomassa sekam padi hingga 10 cm dari bibir reaktor dan pertahankan ketinggian biomassa dengan penambahan secara konsisten.
- 9) Melakukan langkah *de-ashing*, bersihkan drum *cooling system* dari sisa pembakaran.
- 10) Melakukan prosedur mematikan mesin *gasifier*.
- 11) Menghidupkan Generator untuk melakukan percampuran antara bahan bakar solar dan Syngas.
- 12) Membuka Exhaust dari balon yang berisikan gas untuk di salurkan ke generator.
- 13) Menghidupkan Generator
- 14) Mulai mencampurkan bahan bakar solar dengan Syn-gas.
- 15) Menyambungkan Generator dengan *load* lampu 5kW
- 16) Melakukan prosedur mematikan Generator.
- 17) Selesai.

2.3. Pengambilan Data

- 1) Mengetahui jumlah sekam padi yang terpakai selama proses pengisian balon biogas.
- 2) Menghidupkan Generator, dan biarkan dalam keadaan *idle*.
- 3) Mengetahui Rpm Diesel menggunakan Tachometer.
- 4) Mengetahui arus *Ampere* yang dihasilkan dengan *load* lampu 5 kW Menggunakan alat ukur *Bluetooth Digital Smart Clamp Meter*.
- 5) Mengukur berapa lama waktu masing-masing pengujian menggunakan *stopwatch*.
- 6) Selesai

Pengambilan data karakterisasi performa genset diesel 5 kW dari sekam padi *syngas* terhadap variasi pembebanan di laksanakan di Laboratorium Rekayasa Energi Baru Terbarukan, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jl, Jendral Sudirman km 3, Kotabumi, Kec. Purwakarta, Kota Cilegon, Banten 42435 Pada tanggal 27 Oktober 2021. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sekam padi bisa dilihat pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Limbah sekam padi

Berdasarkan perbandingan standar pengujian dengan hasil pengujian didapatkan bahwa kriteria hasil pengujian yang memenuhi standar di antaranya adalah pengujian kadar air, kadar abu, *stability*, *drop test* dan densitas. Sedangkan yang tidak memenuhi kriteria standar pengujian antara lain: *volatile matter*, kadar karbon dan nilai kalor ([Satmoko, 2013](#)).

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* sekam padi dapat dilihat hasilnya pada tabel berikut:

Biomassa yang akan digunakan untuk menghasilkan *syngas* adalah sekam padi. Sekam padi yang didatangkan dari Cilegon, Banten memiliki spesifikasi yang telah didapatkan dari hasil pengujian *proximat* dan *ultimate* yang ditampilkan pada Tabel 1 (Sudarmanta, 2015).

Tabel 1. Hasil Pengujian *Ultimate* dan *Proximate* Sekam Padi

No	Kandungan Syngas	Unit	Nilai
1.	<i>Moisture Content</i>	% wt	9,2
2.	<i>Ash Content</i>	% wt	17,5
3.	<i>Volatile Content</i>	% wt	65,3
4.	<i>Fixed Content</i>	% wt	17,4
5.	<i>Density</i>	kg/m ³	188
6.	<i>LHV</i>	mJ/kg	14,1
7.	<i>Component</i>		
	<i>Carbon</i>	% wt	37,6
	<i>Hydrogen</i>	% wt	5,0
	<i>Nitrogen</i>	% wt	0,3
	<i>Oxygen</i>	% wt	36,6



Gambar 3. Mesin gasifier TG 30-1

Mesin Gasifier TG 30-1 seperti pada Gambar 3 digunakan untuk membuat *syngas* sekam padi 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.

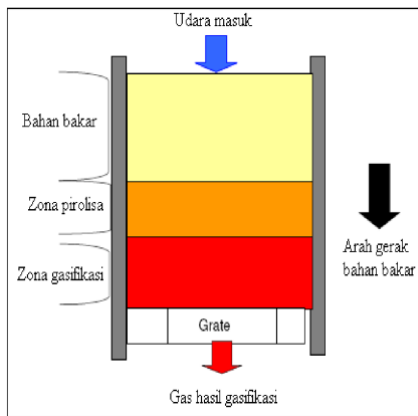
Mesin ini memprakarsai penelitian dan kajian terperinci mengenai prinsip pembentukan tar dari proses pembakaran yang melibatkan sekam padi, kulit sirih, serbuk gergaji, tempurung kelapa sawit dan limbah biomassa lainnya (Wiyono, dkk., 2017).

Proses gasifikasi adalah proses yang mengubah biomassa dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas (Sjaffriadi dan Nurachman, 2011). Dengan mengubah biomassa menjadi gas, maka material yang tidak diinginkan yang terkandung dalam biomassa seperti senyawa sulfur dan abu dapat dihilangkan dari gas dengan menggunakan metode tertentu sehingga dapat dihasilkan gas bersih dan dapat dialirkan sebagai sumber energi (Iswanto, dkk., 2015).

2.4. 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 (Suliono, dkk., 2017). 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 4. 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.



Gambar 4. Skema reaktor gasifier

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

2.5. Genset Diesel

Mesin diesel (lihat Gambar 5) bekerja dengan menghisap udara luar murni, kemudian dikompreskan sehingga mencapai tekanan dan temperatur yang tinggi. Sesaat sebelum mencapai TMA (Titik Mati Atas), bahan bakar diinjeksikan dengan tekanan yang sangat tinggi dalam bentuk butiran-butiran halus dan lembut. Kemudian butiran-butiran lembut bahan bakar tersebut bercampur dengan udara bertemperatur tinggi dalam ruang bakar dan menghasilkan pembakaran (Sudaramanta, 2015).



Gambar 5. Genset diesel (Lab. Rekayasa Energi Baru Terbarukan)

Pembebanan yang dilakukan dalam Penelitian ini yaitu menggunakan lampu halogen yang berjumlah 5200 Watt seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Untuk daya yang di pakai dalam penelitian ini hanya sampai maximal 3200 Watt.



Gambar 6. Load 5200 Watt (Lab. Rekayasa Energi Baru Terbarukan)

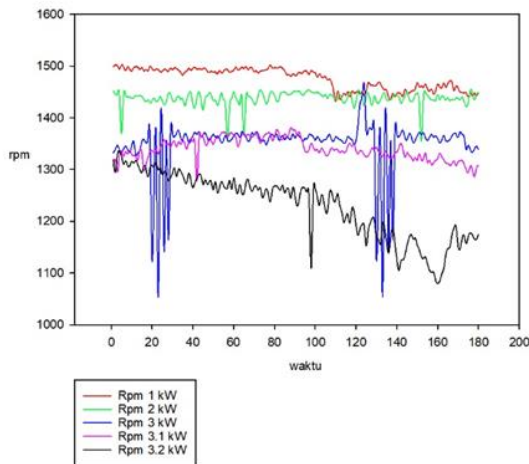
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kecepatan putaran dan daya pada genset diesel

Referensi dalam penelitian ini dari mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan judul Karakteristik Kerja Mesin Diesel Dual Fuel System Solar - Syngas Sekam Padi Berdasarkan Variasi Kecepatan Aliran Syngas oleh Muin Farizal tahun 2019. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik unjuk kerja mesin diesel *dual fuel system solar - syngas* sekam padi.

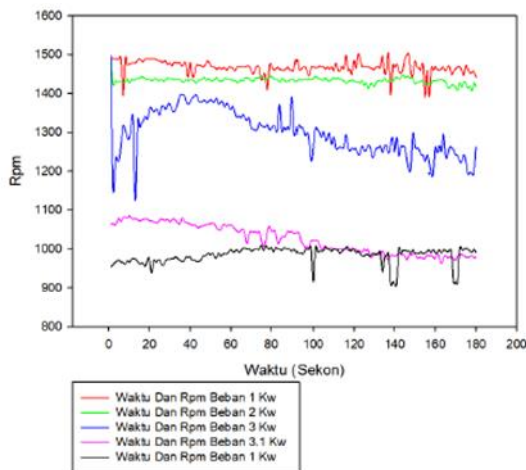
Menentukan pengaruh laju aliran syngas terhadap unjuk kerja motor diesel dual fuel system solar - syngas sekam padi. Menentukan seberapa besar efisiensi syngas sekam padi pada mesin diesel *dual fuel system solar - syngas* sekam padi. Dari beberapa data yang didapatkan, nilai performa yang berbeda - beda dengan kecepatan tertentu. Beban yang di pakai dalam pengujian karakteristik genset ini adalah 1 kW, 2 kW, 3 kW, 3.1 kW dan 3.2 kW. Masing-masing beban yang di hasilkan oleh genset diesel dapat diketahui karakteristiknya dengan grafik pada Gambar 7-14.

Adapun Gambar 7 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 1 kW 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.



Gambar 7. Grafik karakteristik rpm bahan bakar solar

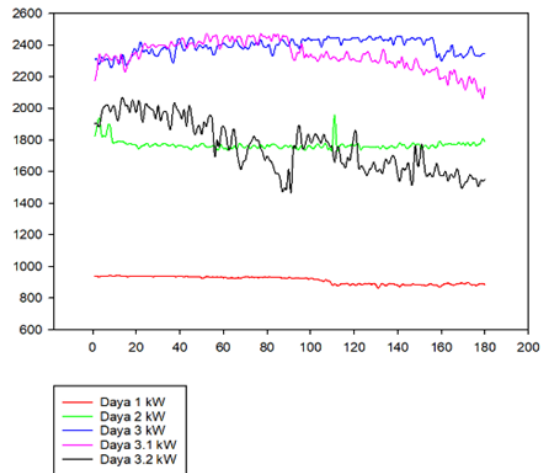
Setelah di tambahkan beban menjadi 2 kW putaran mesin mulai stabil diangka rata-rata 1450 rpm. Putaran mesin turun kembali performanya ketika di beri beban 3 kW. Putaran mesin turun pada detik ke 20 dan Kembali stabil kemudian putaran mesin turun Kembali pada detik ke 125 penyebabnya karena mesin mengalami repon 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 megalami respon yang cukup lambat.



Gambar 8. Grafik karakteristik rpm bahan bakar solar

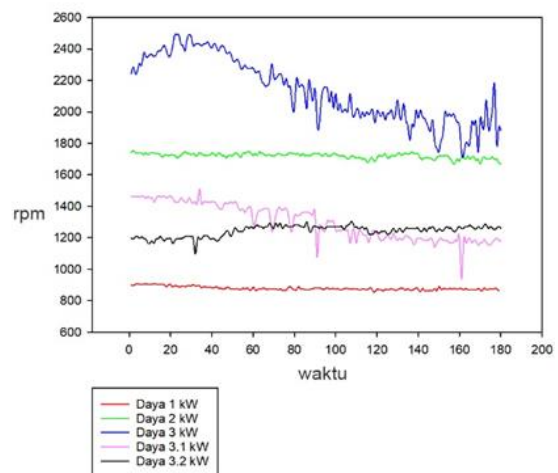
Pada Gambar 8, genset diesel yang di beri bahan bakar solar dan syngas sekam padi putaran mesinnya lebih stabil. Untuk pembebanan 1 kW nilai rpm nya stabil di angka 1490. Ketika diberikan beban 2 kW kondisi putaran mesin masih

stabil di antara 1420. Rpm mulai menurun Ketika di beri beban 3.1 kW sampai 999 di akibatkan mesin mengalami respon yang cukup lambat. Rpm naik Kembali Ketika di beri beban 3.2 kW, Mesin mulai Kembali merespon putarannya dengan stabil.



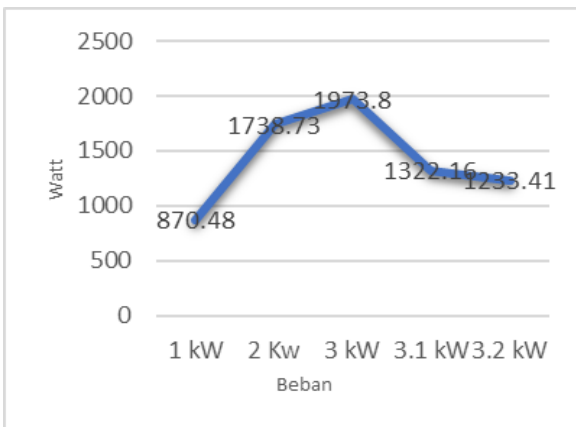
Gambar 9. Grafik karakteristik daya bahan bakar solar

Pada Gambar 9, 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 10. Grafik karakteristik daya bahan bakar solar dan syngas

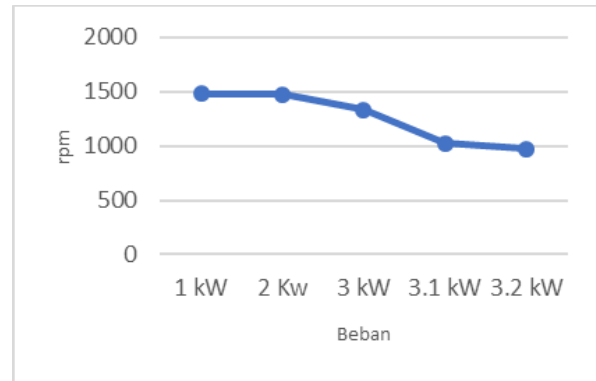
Gambar 10 adalah grafik untuk mengetahui performa genset diesel yang di beri bahan bakar solar dan syngas sekam padi. Perbedaan dari grafik sebelumnya ketika hanya diberi bahan bakar solar saja daya nya tidak mencapai maksimal karena kurang stabilnya putaran pada genset diesel. Pada pembahasan ini genset diesel yang diberi bahan bakar diesel dan di tambahkan syngas sekam padi performanya hampir sama dengan genset yang diberi bahan bakar solar saja. Hanya saja bedanya ketika ditambahkan syngas sekam padi daya yang di dihasilkan stabil tidak turun mau pun naik Ketika di beri beban 1 kW dan 2 kW, dengan saya rata-rata yang dihasilkan ketika di beri beban 1 kW yaitu 900 Watt dengan waktu 180 detik dan 1700 Watt Ketika di beri pembebanan 2 kW. Performa genset diesel mulai turun Ketika diberikan beban 3 kW mencapai 1790 Watt.



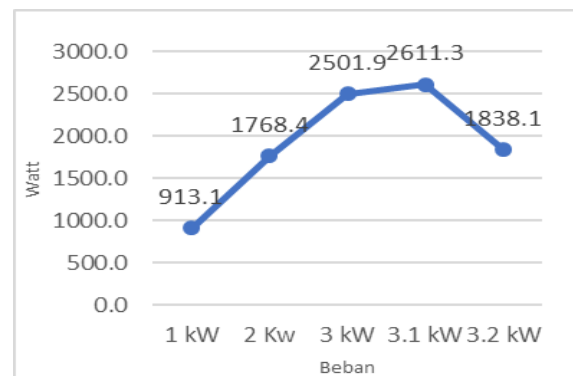
Gambar 11. Grafik rata-rata daya bahan bakar solar dan syngas

Pada Gambar 11 menampilkan nilai rata-rata daya yang dihasilkan terhadap performa genset diesel. Grafik ini naik nilai dayanya ketika diberi beban 1 kW, 2 kW, dan 3 kW. Daya yang dihasilkan mulai terlihat menurun ketika diberi beban 3.1 kW dan 3.2 kW, dikarenakan rpm tidak stabil.

Gambar 12 menampilkan rata-rata nilai kecepatan putaran mesin pada genset diesel yang di beri beban 1 kW, 2 kW, 3 kW, 3.1 kW dan 3,2 kW. Putaran awal mesin naik ketika di beri beban sampai 3 kW, dan putaran mesin mulai menurun ketika di beri beban 3.1 kW dan 3.2 kW penyebabnya adalah mesin mengalami respon yang cukup lambat.

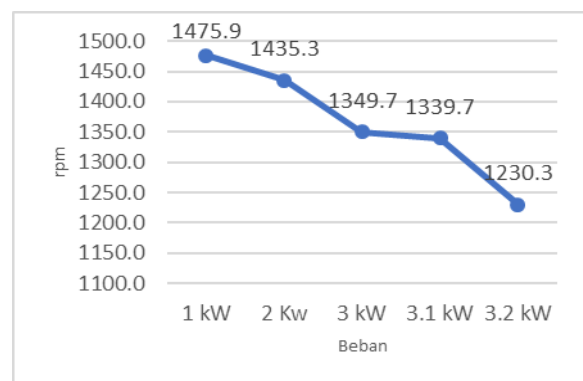


Gambar 12. Grafik rata-rata rpm bahan bakar solar dan syngas



Gambar 13. Grafik rata-rata daya bahan bakar solar

Pada Gambar 13 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 3.1 kW dan 3.2 kW penyebabnya karena putaran mesin tidak stabil.



Gambar 14. Grafik rata-rata rpm bahan bakar solar

Pada Gambar 14 menjelaskan nilai rpm yang di dapat kembali menurun ketika di beri pembebanan 3.1 kW dan 3.2 kW. Penyebabnya karena mesin mengalami repon yang cukup lambat.

4. SIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah perbedaan nilai daya dan rpm dari karakteristik genset diesel ketika dilakukan pembebanan 1 kW, 2 kW, 3 kW, 3.1 kW, dan 3.2 kW menggunakan bahan bakar solar dan bahan bakar solar dan syngas sekam padi. Performa genset terlihat dari daya yang dihasilkan yaitu 1000 Watt Sampai daya maksimal 2611 Watt. Dan bisa dilihat juga dari putaran mesin genset diesel dengan nilai 1475 sampai titik putaran terberat yaitu 1230. Hasilnya stabil dan tidak stabil, dikarenakan mesin mengalami respon yang cukup lambat sehingga mempengaruhi kinerja putaran mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-afifi, U.F., Syam, E. dan Piter, E., 2020. Perhitungan Potensi Energi Listrik Pada Sekam Padi Melalui Metode Gasifikasi. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 4(2), hal. 48-56.
- Sudarmanta, B., 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*.
- BPS (Badan Pusat Statistik), 2015. Produksi Padi Tahun 2015 Diperkirakan Naik 6,64%, <http://bps.go.id/index.php/brs/1157>. [Diakses pada 20 Juli 2015]
- Dewi, R.P., 2020, Kajian Potensi Sekam Padi Sebagai Energi Alternatif Pendukung Ketahanan Energi Di Wilayah Magelang. *SEMASTER "Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan"* (Vol. 1, No. 1).
- Nugraha, K., Erwin, E., Wiyono, S. dan Najib, A., 2017. Unjuk Kerja Tungku Gasifikasi Tg 30-1 Dengan Bahan Bakar Sekam Padi Dengan Variasi Kandungan Kadar Air Dan Kecepatan Udara Pembakaran. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 3(2). hal. 69 - 75.
- Iswanto, T., Rifa'i, M., Rahmawati, Y. dan Susianto, S., 2015. Desain Pabrik Synthetic Gas (Syngas) dari Gasifikasi Batu Bara Kualitas Rendah sebagai Pasokan Gas PT Pupuk Sriwidjaja. *Jurnal Teknik ITS*, 4(2), hal. F145-F148.
- Zainuddin, M., 2017. Analisis Efisiensi Gasifikasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) Tongkol Jagung Kapasitas 500 KW Di Kabupaten Gorontalo. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 14(2), hal. 192-198.
- Satmoko, M.E.A., 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Cetakan Terhadap Karakteristik Briket Kayu Sengon pada Tekanan Kompaksi 6000 psig. *Doctoral Dissertation*, Unnes.
- Sjaffriadi, S. dan Nurachman, B., 2011. Gasifikasi Sekam Padi (Bioner-1). *Jurnal Energi dan Lingkungan (Enerlink)*, 7(1), hal. 36-40.
- Pranolo, S.H., Ratmana, I.F. dan Pratama, N.S., 2015. Kinerja Pembangkit Listrik Dual-Fuel Kapasitas 5 kW Berbasis Gasifikasi Sekam Padi Berunggun Tetap. *Ekulibrium*, 14(2), hal. 51-56.
- Suliono, S., Sudarmanta, B., Dionisius, F. dan Maolana, I., 2017. Studi Karakteristik Reaktor Gasifikasi Type Downdraft Serbuk Kayu Dengan Variasi Equivalensi Ratio. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(2), hal. 37-43.
- Wiyono, S., Erwin, E., Nugraha, K. dan Ferdiansyah, F., 2017. Rancang Bangun Sistem Cooling Water Recirculating Tank Untuk Mesin Biomassa Model TG30-1. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 3(2). hal. 52 - 58.