

Studi Turbin Gas Mikro Berbahan Bakar Briket Limbah Bambu dan LPG

Fatkur Rachmanu, Janizal

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Enjinering Indorama
Kembangkuning, Jatiluhur Purwakarta, Indonesia
fatkur.rachman@gmail.com

Abstrak

Energi listrik berdaya kecil dapat dihasilkan salah satunya menggunakan turbin gas mikro (MGT). MGT dapat dibuat dengan menggunakan *turbocharger* yang dihubungkan dengan ruang bakar pada sisi dingin (kompresor) dan sisi panas (turbin). Tujuan penelitian ini adalah melakukan studi terkait MGT dengan bahan bakar yang digunakan adalah briket arang dari limbah bambu dan gas LPG sebagai bahan bakar pencampur agar api tidak padam. Pada pengujian pertama dengan menggunakan LPG dilakukan putaran sebesar 3328 rpm. Pengujian ini menghasilkan temperatur masuk kompresor 28°C, temperatur masuk ruang bakar 30°C, temperatur keluar ruang bakar 40°C, temperatur keluar turbin 73°C, dan temperatur *nozzle* 480°C. Untuk pengujian kedua dilakukan putaran 6445 rpm dan pengujian ketiga 7473 rpm. Secara umum diperoleh hasil dengan peningkatan jumlah briket arang dari limbah bambu, maka akan meningkatkan temperatur kerja. Untuk variasi kecepatan putar, dengan meningkatnya kecepatan maka akan menurunkan temperatur pada *nozzle* keluar turbin.

Kata kunci: *turbocharger*, kompresor, variasi, putaran, temperatur

Abstract

Small electric power can be produced using micro gas turbine (MGT). MGT can be made using *turbocharger* that connected to the combustion chamber on the cold side (compressor) and the hot side (turbine). This research aims to study about MGT with the fuel used is charcoal briquettes from bamboo waste and LPG as a mixing fuel so that the fire does not go out. In the first test using LPG, the first rotation was carried out at 3328 rpm. It resulted in the compressor entering temperature of 28°C, combustion chamber temperature of 30°C, combustion chamber exit temperature 40°C, turbine exhaust temperature 73°C, and nozzle temperature 480°C. The second test is 6445 rpm and the third test is 7473 rpm. The results are generally obtained by increasing the amount of charcoal briquettes from bamboo waste it will increase the working temperature. For variations in rotational speed, the increased speed will reduce the temperature at the turbine exit nozzle.

Keywords: *turbocharger*, compressor, variation, rotation, temperature

I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi baru terbarukan (EBT) berupa pemanfaatan limbah bambu dapat dilakukan untuk pembangkit energi skala mikro. Energi ini cocok digunakan di pedesaan, kantor usaha kecil, maupun perumahan. Pembuatan dan proses perakitan sebuah turbin gas mikro (MGT) berbahan bakar briket bambu merupakan salah satu cara untuk menjadikan suatu mesin turbin gas mikro sebagai penghasil listrik.

MGT dapat dirancang menggunakan *turbocharger*, sedangkan ruang bakar dibuat dalam bentuk tabung berbahan logam yang disambung dengan sisi kompresor dan sisi turbin serta instrumen pengukuran. Adapun siklus turbin gas sederhana dapat dilihat pada Gambar 1. Turbin gas merupakan pembangkit tenaga dengan sistem pembakaran luar. Turbin ini menggunakan udara yang dihisap oleh kompresor dan dimampatkan agar udara masuk ke dalam ruang bakar.

Di dalam ruang bakar, bahan bakar bersama udara di bakar dengan menggunakan busi. Hasil pembakaran berupa tenaga panas mengalir masuk di dalam turbin sehingga memutar poros turbin yang akan secara langsung terhubung dengan kompresor sehingga kompresor tersebut ikut berputar.

Beberapa studi terkait MGT telah dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. TET (*turbine exhaust temperature*) lebih tinggi dari TIT (*turbine inlet temperature*) dan TIT lebih tinggi dari temperatur masuk ruang bakar T2, juga temperatur masuk kompresor T1 [1]. Studi penggunaan turbin gas kecil yaitu GTM-120 dilakukan dengan menggunakan turbin gas jenis aksial [2]. Studi menunjukkan kinerja pada penelitian untuk 1,5 kW turbin gas mikro yang menggunakan penurunan temperatur pada udara masuk sistem (kompresor) menghasilkan daya luaran menurun secara linier dengan terdapat peningkatan pada temperatur udara masuk [3]. Penelitian selanjutnya memperbaharui pengujian MGT dengan menggunakan data akuisisi NI SCB-68 dengan NI USB-6251 terminal menggunakan LabVIEW pada mini jet turbin dan penggunaan Engineering Equatio Solver (EES) [4]. Pembangkit jenis mikro gas turbin ini memiliki keunggulan yaitu bersifat *mobile* serta mempunyai biaya pemeliharaan dan operasional yang murah [5].

Ada pula jenis MGT dengan ruang bakar yang digunakan dalam tipe turbular [6]. Kerugian terjadi pada sambungan pipa, belokan, ruang bakar, dan terjadi non adiabatik berupa pelepasan panas [7]. Pemilihan bahan bakar briket arang bambu juga telah diteliti sebelumnya dengan oleh beberapa peneliti. Di dalam penggunaan bahan bakar briket bambu dengan nilai kalor sebesar 7098 kkal/gr dan lama waktu nyala sebesar 63,27 menit menghasilkan nilai *desirability* mendekati angka 1 (= 0,905) ukuran partikel dan kuat tekan mesin pres briket tidak berpengaruh terhadap nilai kalor, tetapi berpengaruh terhadap lama waktu nyala [8]. Pada briket arang bambu temperatur tinggi 500 °C terjadi kenaikan persentase nilai kalor partikel 25 mesh dan

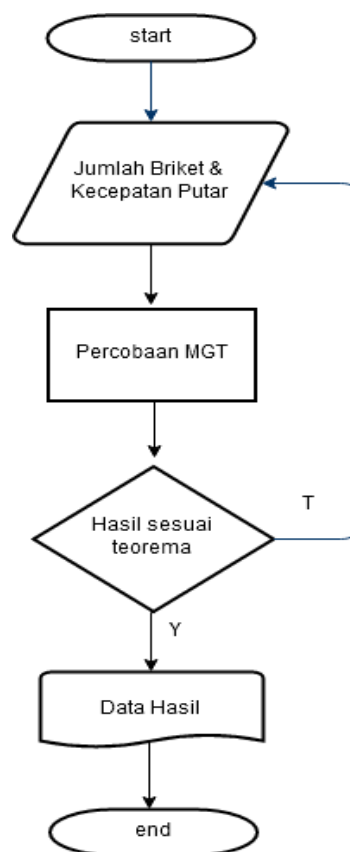
35 mesh pada temperatur tersebut. Kondisi ini dipengaruhi oleh regim reaksi kimia, dimana semakin tinggi temperatur maka reaksi akan naik. Selain itu, adanya sensitifitas terhadap temperatur dapat mengakibatkan reaksi naik [9]. Kemudian limbah bambu telah berhasil dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket dengan bantuan bahan perekat berupa plastik bekas PET dan tepung kanji pada kondisi karbonisasi dengan suhu 450 °C [10].

Tujuan penelitian ini adalah melakukan studi terhadap sebuah MGT dengan bahan bakar limbah bambu dan LPG. Dalam penelitian ini diamati kinerja mesin turbin gas mikro menggunakan bahan bakar briket dari limbah bambu dan LPG.

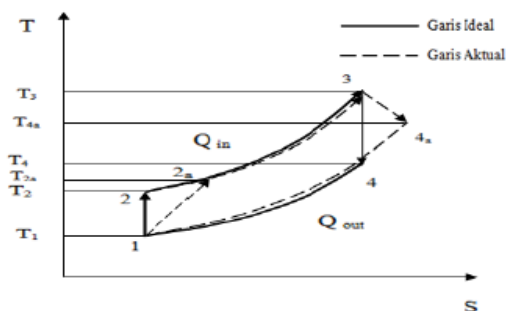
II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Metode yang digunakan adalah pengujian eksperimen yang didasari oleh studi literatur. Bahan bakar yang digunakan adalah briket dari limbah bambu dan gas LPG sebagai unsur penambah.



Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram T-S siklus Brayton ideal dan aktual [5]

B. Alat dan Bahan

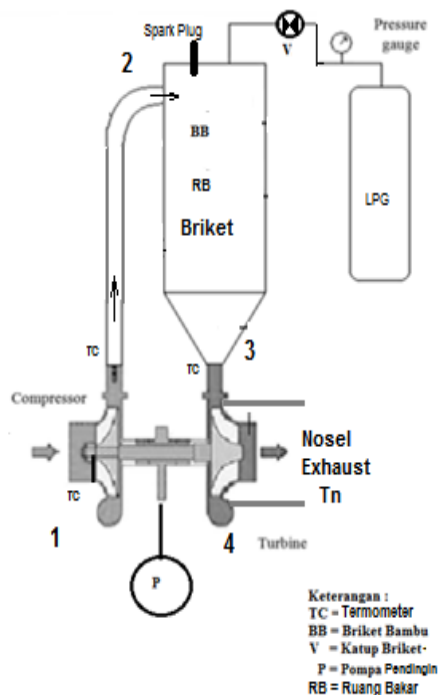
Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Turbocharger set
2. Ruang bakar
3. Limbah bambu
4. Mesin pres briket manual
5. Hasil pembuatan briket arang dari limbah bambu ukuran panjang 10 cm x diameter 2,5 cm
6. LPG
7. Thermometer infrared
8. Tachometer infrared

C. Aplikasi dan Analisis

Di dalam MGT berlaku $T_1 < T_2$ dan $T_2 < T_3$ serta $T_3 < T_4$ [11] serta sesuai dengan Gambar 1. Tahap pengujian dilakukan dengan skema seperti pada Gambar 3.

Udara masuk pada sisi kiri/kompresor atau nomor 1 kemudian masuk melalui pipa 2 ke dalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar dimasukkan LPG dan briket limbah. Setelah dipicu bunga api listrik/busi maka terjadi pembakaran dan hasil pembakaran ini (No. 3) akan menekan sudu turbin yang berada di dalam rumah turbin (No. 4) yang menghasilkan putaran turbin juga dihubungkan oleh poros kompresor sehingga memutar kompresor juga. Sisa pembakaran keluar melalui nosel luaran (*nozzle exhaust*).



Gambar 3. Skema pengujian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pembuatan briket dilakukan dengan membuat pembakaran limbah bambu berupa potongan bambu yang kecil dan dibakar di perapian sehingga menjadi arang. Arang dihaluskan dan dicampurkan dengan tepung tapioka yang telah dicampurkan air hangat sebagai bahan pengikat. Kemudian arang dipres menggunakan mesin pres manual yang dikempa dengan ukuran hasil briket arang panjang 10 cm dan diameter 2 cm. Setelah terbentuk silinder kemudian dijemur selama 2 hari di bawah sinar matahari langsung.

Untuk mengetahui pengaruh briket limbah bambu pada MGT, maka peneliti melakukan beberapa variasi jumlah briket yaitu percobaan pertama 2 buah briket dimasukkan melalui *flens* ruang bakar seperti Gambar 4. Kemudian ditutup dan dilakukan satu siklus percobaan dimana data yang diambil untuk temperatur T_1 , T_2 , T_3 , T_4 dan T_n terpenuhi sekitar 10 menit. Setelah selesai briket yang telah terpakai dikeluarkan dan dibersihkan.

Kemudian percobaan kedua yaitu 4 buah briket yang dimasukkan melalui penutup *flens* yang dibuka seperti pada Gambar 5 hingga satu siklus percobaan selesai. Seperti percobaan dua, percobaan ketiga dilakukan dengan jumlah 6 buah briket seperti Gambar 6 hingga percobaan selesai untuk pengambilan data temperatur.



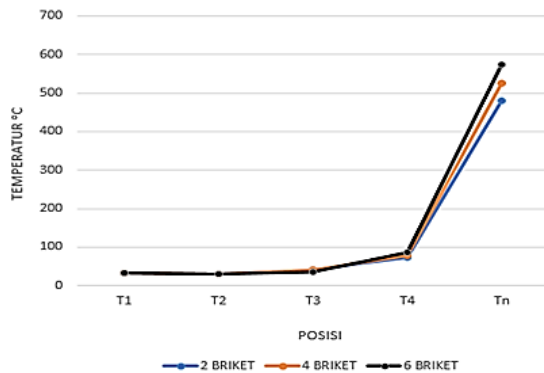
Gambar 4. Briket 2 buah pada ruang bakar



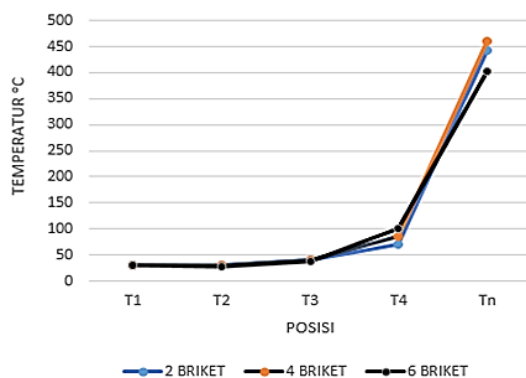
Gambar 5. Briket 4 buah pada ruang bakar



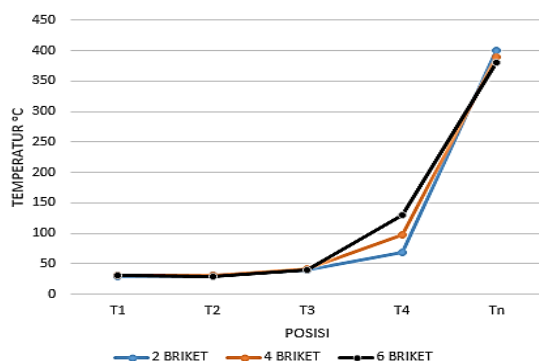
Gambar 6. Briket 6 buah pada ruang bakar



Gambar 7. Putaran MGT 3228 rpm



Gambar 8. Putaran MGT 6445 rpm



Gambar 9. Putaran MGT 7473 rpm

Di samping variasi jumlah briket bambu juga dibuat variasi kecepatan putar turbin gas mikro, sehingga dapat dibuat grafik hubungan jumlah

briket dan kecepatan putar turbin gas mikro. Setelah itu dibuat grafik gabungan antara variasi jumlah briket terhadap kecepatan putar turbin Seperti pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.

Pada Gambar 7, terlihat pengujian menggunakan 6 buah briket akan menghasilkan temperatur yang lebih tinggi dibanding dengan 2 dan 4 buah briket, kecuali diakhir *nozzle* keluar turbin akan menurun karena pengaruh kecepatan angin yang lebih tinggi dibanding putaran 3228 rpm.

Pada Gambar 8, terlihat pengujian 2, 4, dan 6 briket menghasilkan temperatur yang sama akan tetapi terjadi perbedaan pada T4 dimana 6 briket lebih panas dibandingkan dengan 4 briket dan 2 briket. Pada suhu nosel luaran tampak suhu yang dihasilkan 4 briket lebih tinggi dari 2 briket dan 6 briket.

Pada Gambar 9, terlihat pengujian menggunakan 6 buah briket lebih tinggi temperatur dibanding 2 dan 4 buah briket. Tetapi lebih rendah dari pada putaran 6445 rpm. Karena angin yang dihasilkan pada MGT lebih tinggi dibanding putaran 3228 rpm dan 6445 rpm.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah briket maka panas yang ditimbulkan pada ruang bakar MGT semakin meningkat. Hal ini terjadi karena briket mempunyai *Low Heat Value* (LHV). Selain itu, kondisi ini dipengaruhi juga dengan penambahan kecepatan putar. Semakin cepat putaran maka semakin tinggi temperatur yang dihasilkan. Kondisi ini terlihat pada meningkatnya temperatur masuk MGT. Pada penelitian selanjutnya sistem dilengkapi alat ukur yang lebih sensitif untuk mengetahui tekanan pada tiap titik pengamatan yaitu P1, P2, P3, P4, Pn.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Kementerian Ristekdikti yang telah memberikan anggaran penelitian dalam skema Penelitian Dosen Pemula dengan nomor kontrak No. 025/LPPM-PEI/VII/2019.

REFERENSI

- [1] G. Ragnolo and L. Aichmayer, "Technoeconomic design of a micro gas-turbine for a solar dish system," *International Conference on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems, Solar PACES*, 2014.
- [2] M. Chmielewski and M. Gieras, "Small Gas Turbine GTM-120 Bench Testing With Emission

- Measurements,” *Journal of KONES Powertrain and Transport*, vol. 22, no. 1, 2015.
- [3] A. M. Said and H. Suhaimi, “Experimental Investigation of Micro-Gas Turbine Performance at Reduced Air Inlet Temperature,” *MATEC Web of Conferences* 131, Universiti Teknologi PETRONAS, 2017.
- [4] E. Sadi, D. Haifa, and Anthony, “Application of Computational Tools to Analyze and Test Mini Gas Turbine,” *International Journal of Advanced Network Monitoring and Controls*, vol. 02, no. 01, pp. 90-99, 2017.
- [5] K. Kusnadi and M. Arifin, “Rancangan Mikro Gas Turbin Berbahan Biogas Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Biomass Berkapasitas 2,5 kw, studi kasus ciparay bandung,” *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF*, vol. 2 , 2016.
- [6] H. Rudi, P. Eko, R Damora, and P. Artanto, “Analisa Perancangan Ruang Bakar Pada Pembangkit Listrik Mikro Turbin Gas Bahan Bakar LPG,” *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2017.
- [7] R. Fatkur, “Studi Kinerja Termodinamika Turbin Gas Model Saturn-20 Menggunakan Excel”, *Elektra*, vol. 3, no. 2, pp. 35-42, Juli 2018.
- [8] I. Taufik and P. Hesti, “Identifikasi Nilai Kalor Dan Waktu Nyala Hasil Kombinasi Ukuran Partikel Dan Kuat Tekan Pada Bio-Briket Dari Bambu”, *Jurnal Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia*, vol. 9, no. 2, April 2015.
- [9] I. Eugenia, “Pengaruh Ukuran Partikel Dan Kuat Tekan Terhadap Kualitas Briket Arang Dari Bambu,” *Jurnal eUREKA*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [10] H. Iwan and H. Haryono, “Pembuatan Briket Dari Limbah Bambu Dengan Memakai Adhesive Pet Plastik Di Desa Cilayung,” *Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, vol. 7, no. 3, pp. 154-156, Sept 2018.
- [11] F. Oppong and S. J Spuy, “An overview on the performance investigation and improvement of micro gas turbine engine,” *R & D Journal of the South African Institution of Mechanical Engineering*, vol. 31, pp. 35-41, 2015.

