

PENERAPAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* SEBAGAI PENIUP UDARA PADA KOMPOR GASIFIKASI BIOMASSA SEKAM PADI TIPE KONTINYU

Apollo¹⁾, La Ode Musa²⁾

^{1, 2)} *Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang*

ABSTRAK

The purpose of this research is to maximize the application of thermoelectric generator in improving the performance of rice husk biomass stove. Modification of biomass stove design is done by utilizing exhaust heat on its wall to produce electric energy as kipas of air gasification kipas. The heat generated on the wall of the husk stove is converted to electrical energy by using thermoelectric generator type SP1848-27145. In the early stages of the study, the thermoelectric type was tested for performance separately to obtain an optimal arrangement for capable of rotating the gasification air-cooling kipass with specifications: size 80x80x23 mm, current 0.15 Ampere, 12 Volt dc. The effective arrangement variation of the 4 thermoelectric units mentioned above has been able to drive the kipas for the air supply requirement of gasification on the continuous rice husk biomass stove. The results showed that the voltage value of 0.110 Volts up to 2.40 Volts with a maximum current of 0.56 Ampere at the temperature difference obtained was 92,5°C up to 250,9 °C.

Keywords: *Rice husk, thermoelectric, gasification, TEG.*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat, sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama, ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami deplesi. Menurut *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun. Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti di berbagai negara untuk mencari energi lain yang kita kenal sekarang dengan istilah energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, biomassa serta gelombang laut. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah diperoleh dengan gratis; minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar. Pertimbangan konservasi energi ini memang menuntut kita untuk segera dapat memanfaatkan energi terbarukan khususnya yang berasal dari limbah hasil pertanian (biomassa) karena Negara Republik Indonesia merupakan Negara Agraris.

Peningkatan penggunaan biomassa yang ditargetkan oleh Pemerintah pada tahun 2025 dapat dicapai melalui pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi. Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi dapat diterapkan di daerah-daerah yang berpotensi memberikan kontribusi terhadap produk-produk biomassa limbah. Sulawesi Selatan sebagai salah satu daerah pertanian di Indonesia terdapat cukup banyak sumber energi yang belum dimanfaatkan secara optimal dari salah satu biomassa limbah seperti sekam padi yang merupakan residu hasil pertanian. Produksi padi di Sulawesi Selatan pada tahun 2008 sekitar 3,87 juta ton gabah kering giling (BPS Provinsi Sulawesi Selatan, 2008). Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah kering (Handiki, 2001), sehingga terdapat sekitar 0,774–1,161 juta ton sekam padi di Sulawesi Selatan pada tahun tersebut dan akan terus meningkat pada tahun berikutnya. Sekam dengan jumlah yang tinggi tersebut dapat menimbulkan problem lingkungan jika tidak dimanfaatkan.

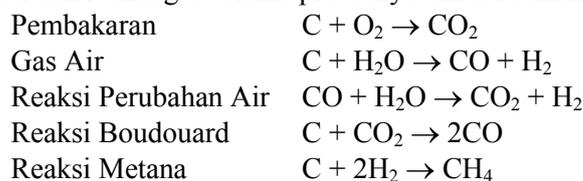
Penelitian tentang pemanfaatan sekam padi sebagai sumber energi telah dilakukan di Indonesia. Sebagian dari penelitian yang telah dilakukan tersebut memanfaatkan sekam padi sebagai sumber energi dengan membentuknya menjadi briket arang sekam melalui proses karbonisasi/pirolisis dan pemadatan seperti yang dilakukan oleh Handiki (2001). Tetapi, pemanfaatan briket arang sekam padi sebagai sumber energi ini, khususnya dalam industri kecil dan menengah belum banyak diterapkan oleh masyarakat. Alasannya, karena briket memerlukan proses tambahan yang membutuhkan biaya untuk pemanfaatannya

¹ Korespondensi: apol_sehal@yahoo.com

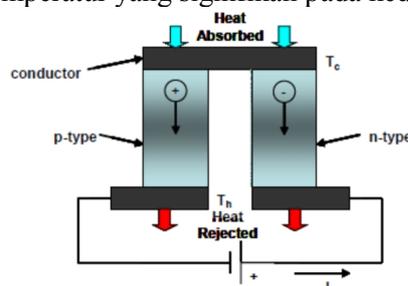
serta proses produksi arangnya yang tidak kontinu sehingga upaya industrialisasi produksi arang sekam padi hingga saat ini belum ada. Sedangkan pemanfaatan gas panas hasil pembakaran sekam padi juga belum dimanfaatkan secara optimal khususnya untuk industri kecil dan menengah, apalagi untuk industri besar. Meskipun Musa, dkk (2009), telah melakukan penelitian dengan membakar langsung sekam padi melalui proses gasifikasi dengan menggunakan aliran udara paksa yang dihasilkan oleh *kipas* telah mampu menghasilkan nyala api berwarna kebiru-biruan yang mirip gas propana atau LPG. Tetapi, kendala lain yang muncul dari masyarakat adalah karena kompor (*gasifier*) yang dihasilkan menggunakan masih membutuhkan energi listrik dalam pengoperasiannya, sehingga tidak dapat diterapkan di daerah-daerah yang belum teraliri listrik.

Pada daerah-daerah yang belum teraliri listrik, kompor dengan aliran udara alamiah, menjadi pertimbangan karena kompor seperti itu memberikan pilihan dan fleksibilitas yang memungkinkan penggunaannya dapat secara terus-menerus menggunakan biomassa secara langsung, seperti sekam padi (Mukunda dkk, 2010). Untuk dapat menghasilkan panas dan nyala yang bersih, Kompor-pirolisis sekam padi dibuat sedemikian rupa sehingga terbentuk suatu aliran udara secara alamiah, dengan meningkatkan jumlah aliran oksigen melewati bahan bakar yang menyala. Bentuk kompor yang lebih sederhana menggunakan sejumlah kecil kayu atau sampah untuk membantu nyala api telah di teliti oleh Thorburn (1982). Di samping untuk memperoleh nyala api yang bersih, kualitas pembakaran di dalam kompor dapat dicapai dengan menginjeksikan udara ke dalam sekam padi yang terbakar (Belonio, 2010).

Gasifikasi sekam padi adalah proses pengubahan bahan bakar sekam padi menjadi karbon monoksida yang mudah terbakar melalui reaksi termokimia oksigen di dalam udara dan karbon yang tersedia di dalam bahan sekam selama pembakaran. Dalam pembakaran sempurna bahan bakar, prosesnya terjadi disertai udara lebih. Di sisi lain, dalam proses gasifikasi, prosesnya terjadi disertai karbon lebih. Untuk menggasifikasi sekam padi, sekitar 30 sampai 40% udara stoikhiometrik (4,7 kg udara per kg sekam padi) diperlukan (Kaupp dalam Belonio, 2005). Gasifikasi sekam padi dilakukan di dalam sebuah ruang yang tertutup dari udara, yang dikenal sebagai reaktor. Jumlah udara terbatas dimasukkan oleh sebuah kipas ke dalam kolom bahan bakar untuk mengubah sekam padi menjadi arang yang kaya karbon agar melalui reaksi termokimia akan menghasilkan gas karbon monoksida, hidrogen, dan metana, yang mudah terbakar, jika dibakar. Gasifikasi dengan cara ini menggunakan aliran udara paksa yang disebabkan oleh sebuah kipas. Gasifikasi juga dapat dilakukan dengan aliran udara alamiah tanpa menggunakan kipas. Cara ini terjadi hampir di dalam semua kompor memasak domestik di seluruh dunia (Mukunda dkk, 2010). Pada dasarnya, gas yang dihasilkan selama gasifikasi terdiri dari karbon monoksida, hidrogen, metana, karbon dioksida, dan uap air. Kimia gasifikasi dan reaksi gas selama prosesnya diilustrasikan di bawah ini.



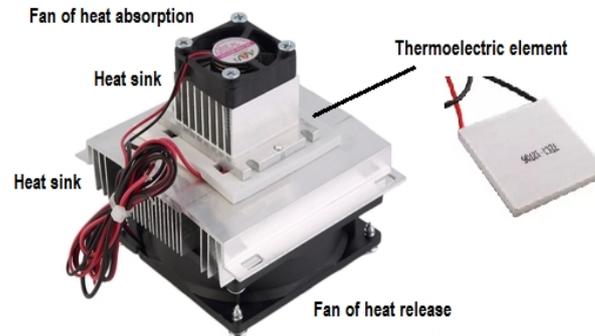
Thermoelectric generator menggunakan komponen yang menerapkan efek Peltier, dengan cara pembangkitan tegangan/ arus searah (DC) yang melalui sambungan dua material yang tidak sejenis yang diakibatkan oleh terjadi perbedaan temperatur yang signifikan pada kedua sisi lempengan.



Gambar 1. Skematik diagram sistem *thermoelectric generator*

Pada Gambar 1, memperlihatkan sepasang elemen-termo yang ditempelkan pada masing-masing ujungnya dengan lembaran logam yang berdempetan di salah satu ujung oleh lembaran logam sehingga membentuk sambungan antara kaki. Kaki-kaki tersebut membentuk rangkaian seri elektrik tetapi secara termal membentuk rangkaian paralel. Unit ini disebut sebagai pasangan termoelektrik dan merupakan blok

bangunan dasar dari sebuah modul pendingin termoelektrik (atau Peltier). Material termo-elemen adalah semikonduktor yang ditambahkan dengan satu tipe-n sebagai pembawa muatan negatif (elektron) mayoritas dan yang lainnya tipe-p sebagai pembawa muatan positif (hole) mayoritas. Bahan yang digunakan sebagai elemen kopel sitem pendingin termoelektrik adalah campuran bismuth, tellurium dan antimony sebagai elemen p, dan campuran bismuth, tellurium dan selenium sebagai elemen n. Jika arus dilewatkan melalui suatu termokopel maka akan terjadi 5 efek sebagai berikut: Efek Seebeck, Efek Joulean, Efek Konduksi, Efek Peltier, Efek Thomson. Contoh modul termoelektrik dapat diperhatikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Modul Thermoelectric generator yang direkatkan sebuah dengan sebuah *heat sink* (media transfer kalor)

Pengkonversian energi karena beda suhu menjadi energi listrik disebut sebagai efek Seebeck. Konduktor pada termokopel yang merupakan dua logam yang berbeda dan dinotasikan sebagai material x dan y . Apabila pada termokopel B diberikan panas sebesar T_h dan termokopel A lebih dingin pada suhu T_c , maka akan timbul tegangan (V_o) pada terminal T_1 dan T_2 . Tegangan itu disebut sebagai EMF (*electromotive force*) dan ditunjukkan sebagai berikut :

$$V = (\alpha_{xy}) \cdot (T_h - T_c)$$

dengan V adalah Tegangan (volt), α_{xy} adalah koefisien Seebeck material x dan y (volt/ $^{\circ}$ K), T_h adalah suhu termokopel yang panas ($^{\circ}$ K), dan T_c adalah suhu termokopel yang dingin ($^{\circ}$ K)

2. METODE PENELITIAN

Modifikasi kompor biomassa sekam padi yang mengacu pada disain sebelumnya (Belonio, 2010) yakni dengan memasang empat keping termoelektrik generator tipe SP1848-27145, pada masing-masing sisinya dipasang *heat sink* yang direkatkan dengan pasta konduktif. Kipas angin tegangan 12 volt dipasang untuk menerima energi listrik dari termoelektrik generator, untuk selanjutnya meniupkan udara segar melalui saluran yang ujungnya dipasang nosel. Nosel tersebut diletakkan dibagian atas ujung api kompor. Alat yang diperlukan dalam pengerjaan kompor gasifikasi biomassa sebagai berikut: Kompor Biomassa, termoelektrik generator, *heat sink*, kipas, gunting besi, bor, palu, las gas, las listrik, mistar baja, gergaji besi, voltmeter, amperemeter, pengukur suhu infrared, stopwatch, gerinda, dll. Sedangkan bahan yang digunakan ialah: sekam padi, plat baja, kawat, elektroda, korek api, dll.

Proses pengujian dilakukan setelah termoelektrik telah mampu memutar kipas dengan sumber panas dari kompor gasifikasi biomassa. Selanjutnya beberapa parameter yang dicatat yaitu: 1) Temperatur ($^{\circ}$ C), yaitu permukaan sisi panas sisi dingin termoelektrik, 2) Waktu (t) yang dibutuhkan disini untuk mengetahui perbedaan setiap pengambilan data, 3) Tegangan (Volt) yakni keluaran termoelektrik, dan 4) Arus (Ampere) yang mengalir dari termoelektrik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan ulang kompor gasifikasi sekam padi dengan memanfaatkan termoelektrik generator ini mengacu pada disain *rice husk gas stove* (Beloni, 2005), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

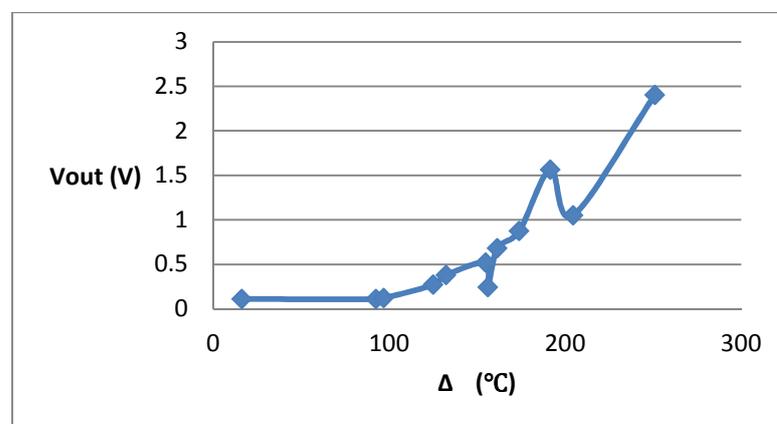
Modifikasi dilakukan pada penambahan 4 elemen termoelektrik pada dinding dalam, sebuah kipas angin, sebuah saluran udara, *heat sink* pada kedua sisi termoelektrik dan sebuah nosel saluran udara dibagian atas untuk hembusan udara gasifikasi. Panas pada dinding ruang bakar dikonversi oleh termoelektrik generator menjadi tegangan listrik arus searah, selanjutnya digunakan sebagai sumber daya listrik kipas angin untuk menghembuskan udara diujung nosel. Gasifikasi terjadi karena adanya suplai udara pada gas buang dari hasil pembakaran sekam padi yang mengandung karbonmonoksida (CO).



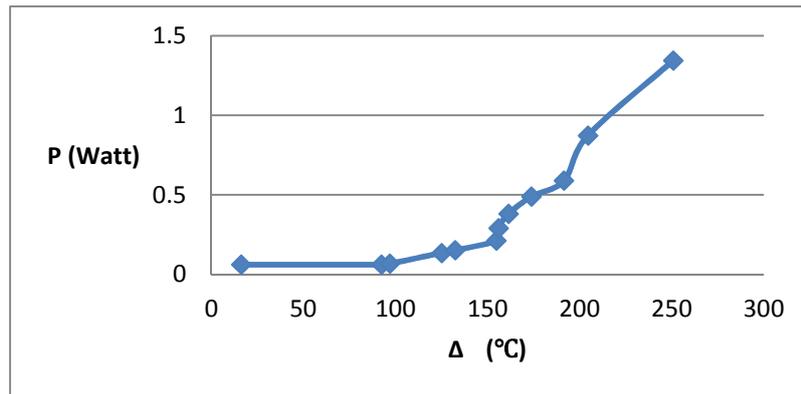
Gambar 3. Hasil modifikasi kompor biomassa sekam padi

Hasil pengujian kinerja kompor dalam menghasilkan tegangan dan arus listrik searah dapat diperhatikan grafik Gambar 4. Grafik pada Gambar 4 tersebut menampilkan hasil tegangan keluaran termoelektrik sebagai fungsi perubahan selisih suhu antara sisi dingin dan sisi panas termoelektrik. Sisi panas diperoleh dari dinding ruang bakar kompor sedangkan sisi dingin diperoleh dari udara sekitar. Kecenderungan ini juga telah dibuktikan oleh Sugiyanto, dkk (2014). Sedangkan pada grafik Gambar 5 menunjukkan peningkatan daya yang dibangkitkan oleh termoelektrik sebanding dengan peningkatan selisih suhu antara sisi dingin dan sisi panas termoelektrik.

Secara khusus pengujian kinerja kompor sekam padi gasifikasi hasil modifikasi ini belum bekerja maksimal karena proses manufaktur pembuatannya belum memaksimalkan hasil perancangan ulang khususnya pada jalur udara gasifikasi yang seharusnya terlebih dahulu melewati sisi dingin termoelektrik kemudian lalu menuju ke nosel gasifikasi. Selain itu, variasi susunan termoelektrik yang optimal untuk memanfaatkan panas dinding kompor juga belum dimaksimalkan. Namun demikian, dengan adanya kecenderungan peningkatan nilai tegangan dan daya keluaran termoelektrik sebagai fungsi peningkatan selisih suhu pada dua sisi termoelektrik telah menunjukkan bahwa gasifikasi mandiri dari kompor biomassa sekam padi dapat diperoleh dengan memanfaatkan panas yang dihasilkannya.



Gambar 4. Besarnya nilai tegangan terhadap selisih suhu termoelektrik



Gambar 5. Besarnya nilai daya keluaran terhadap selisih suhu termoelektrik

Tabel 1. Data Hasil Pengujian kompor biomassa dengan gasifikasi termoelektrik.

NO	t(s)	T _{panas} (°C)	T _{dingin} (°C)	ΔT (°C)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P (Watt)	η (%)
1	300	133	40,5	92,5	0,520	0,56	0,2912	54,25
2	600	67	45,7	16,3	0,241	0,56	0,1349	
3	900	135	38,1	96,9	0,120	0,56	0,0672	
4	1200	225	33,5	191,5	0,873	0,56	0,4888	
5	1500	215	41,1	173,9	0,681	0,56	0,3813	
6	1800	237	32,5	204,5	1,563	0,56	0,8752	
7	2100	192.3	37,5	154,8	1,051	0,56	0,5885	
8	2400	210	48,6	161,4	2,40	0,56	1,344	
9	2700	340	89,1	250,9	0,270	0,56	0,512	
10	3000	205	49	156	0,110	0,56	0,0616	
11	3300	204	79	125	0,380	0,56	0,2128	
12	3600	172	39,6	132,4	0,110	0,56	0,0616	
Rata-rata		194,60	47,54	144,1	0,7	0,56		

4. KESIMPULAN

- 1). Energi listrik tegangan rendah.dapat dibangkitkan dari pemanfaatan panas dari kompor gasifikasi biomassa
- 2) Besaran listrik yang dihasilkan oleh generator termoelektrik tipe SP1848-27145 yaitu antara 0,110 V s.d 2,40 V dengan arus rata 0,56 A.
- 3) Perbedaan temperatur pada pengujian generator termoelektrik tipe SP1848-27145 yaitu 92,5°C s.d. 250,9 °C.

5. DAFTAR PUSTAKA

Anderson, Paul S. dkk. 2007. “Micro-Gasification: What it is and why it works”, Boiling point, No. 53, 2007, pp 35 – 37.

Andreatta, Dale. 2007. “A Report on Some Experiments with the Top-Lit Up Draft (TLUD) Stove”, Presented at the ETHOS 2007 Conference, Kirkland, Washington, January 27, 2007.

Belonio, Alexis T. 2005. *Rice Husk Gas Stove Handbook*. Appropriate Technology Center, Department of Agricultural Engineering and Environmental Management, College of Agriculture, Central Philippine University, Iloilo City, Philippines.

BPS Provinsi Sulawesi Selatan. 2008. “Produksi Padi, Jagung dan Kedelai di Provinsi Sulawesi Selatan (Angka Tetap 2006-2007 dan Angka Ramalan II 2008)”, Berita Resmi Statistik Provinsi Sulawesi Selatan No. 29/07/73/Th. I, 1 Juli 2008.

Champier D, et al. 2009 *Thermoelectric power generation from biomass cook stoves*, www.elsevier.com/locate/energy, doi:10.1016/j.energy.2009.07.015

- Handiki, Tri Guna. 2001. “*Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Rumah Tangga Petani*”. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- IRRI. 2010. “*Properties of Rice Husk and Rice Straw*”, <http://www.knowledgebank.irri.org/rkb/index.php/rice-milling/contributions-and-references-milling/further-information-byproducts/husk-and-straw-properties>. [11 November 2010]
- Kurniawan, Yahya, dan Santoso, H. 2009. “*Listrik sebagai Ko-Produk Potensial Pabrik Gula*”, *Jurnal Litbang Pertanian*, 28(1). Hal. 23 – 28.
- Kuswanti, P. dkk. (2011). Pemanfaatan Gradien Suhu Tanah Sebagai Sumber Energi Alternatif dengan Generator Termoelektrik. <http://repository.library.uksw.edu/handle/123456789/2100>. Diakses 20 April 2014.
- Mukunda, H. S. dkk. 2010. “*Gasifier stoves—science, technology and field outreach*”, *Current Science*, Vol. 98, No. 5, pp 627 – 638.
- Musa, La Ode .dkk. 2009. “Rancang Bangun Kompor Gas Berbahan Bakar Sekam Padi” Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Rowe, D.M., 2006. *Thermoelectric Heat Recovery as a Renewable Source of Energy*, *International Journal of Innovations in Energy Systems and Power*, Vol. 1, no. 1
- Sugiyanto, Soeadgihardo Siswantoro. 2014. “Pemanfaatan Panas pada Kompor Gas LPG untuk Pembangkitan Energi Listrik Menggunakan Generator Termoelektrik”. *Jurnal Teknologi*, Volume 7 Nomor 2, Desember, 100-105
- Thorburn, Craig. 1982. *Rice Husk as a Fuel*. Bandung: PT Tekton Books

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselenggaranya penelitian ini, kami mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Ujung Pandang.