

Pengaruh Posisi Jebakan Panas pada Tungku Terhadap Listrik yang Dihasilkan

Daud Pulo Mangesa¹⁾, Ben Vasco Tarigan¹⁾, Wahyudi Hasan¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

Email : wahyudihasan67@yahoo.co.id

Abstrak

Pada dasarnya sumber energi yang digunakan untuk bahan bakar digolongkan menjadi dua yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui dan sumber energi yang tidak dapat dipengaruhi. Untuk mengurangi bahan bakar minyak bumi oleh industri kecil dan rumah tangga, maka perlu energi alternatif lain yang dapat diperbarui, murah dan terdapat di daerah sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui posisi jebakan panas pada tungku penghasil panas kemudian panas tersebut dikonversikan menjadi energi listrik yang berskala kecil dengan termoelektrik. Penelitian ini dilakukan dengan membuat tungku dimana biomassa yang digunakan ada tiga jenis yaitu kayu kusambi, arang kusambi, dan arang tempurung kelapa. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu semua data hasil eksperimen kemudian di analisis menggunakan rumus yang ada. Data hasil penelitian ini berupa temperatur air, temperatur panas buang pada tungku, tegangan dan arus. Dari hasil yang didapat dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan dan arus tertinggi berada pada biomassa kayu kusambi dengan variasi 2 peltier yaitu 3.31 volt dan 0.084 amper. Hasil yang didapat juga menunjukkan bahwa posisi jebakan berada pada posisi samping dengan biomassa kayu kesambi 3 kg menghasilkan performa yang jauh lebih baik.

Kata kunci: Tungku, Termoelektrik, Jebakan Panas.

Abstract

Basically the source of energy used for fuel are classified into two: a source of renewable energy and can not be influenced. To reduce petroleum fuels by small industry and households, it is necessary to alternative energy renewable, inexpensive and available in the surrounding area. This research was conducted by making furnace in which biomass is used, there are three types of wood kesambi, kesambi charcoal and coconut shell charcoal. The method used in this study is an experimental method that all data later in the analysis of experimental results using a formula. Data from this study of the water temperature, the temperature at the furnace exhaust heat, voltage, current and power. From the results obtained it can be concluded that the highest voltage and current values that are in the wood biomass kesambi with variation 2 peltier is 3:31 volts and 0084 amperes. The results also indicate that the position of the trap are in a position next to the wood biomass kesambi 3 kg to produce a much better performance.

Keyword: Furnaces, Thermoelectric, Trap heat.

PENDAHULUAN

Pada dasarnya sumber energi yang digunakan sebagai bahan bakar, digolongkan menjadi dua yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui dan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui.

Kayu sebagai bahan bakar masih merupakan sumber energi dominan bagi

masyarakat pedesaan yang pada umumnya berpenghasilan rendah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2014, 40% atau sekitar 24,5 juta rumah tangga Indonesia masih menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar utama memasak. Sebanyak 3.081 di antaranya tersebar di NTT. Diperkirakan 50% penduduk Indonesia menggunakan kayu bakar sebagai sumber energi dengan tingkat konsumsi 1,2 m³/orang/tahun. Sekitar 80% sumber energi

masyarakat pedesaan diperoleh dari kayu bakar khususnya untuk memasak.

Sebagian masyarakat pedesaan pada umumnya masih menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak sehari-hari. Penggunaan bahan bakar kayu ini karena murah, mudah didapatkan dan aman akan bahaya ledakan. Pada saat ini kayu bakar masih mudah didapatkan dari kebun atau halaman sekitar rumah atau bisa juga dibeli dengan harga yang masih murah. Pemerintah beberapa tahun yang lalu telah melakukan konversi minyak tanah ke gas LPG, tetapi sebagian masyarakat yang sebelumnya menggunakan kompor minyak justru beralih menggunakan kayu bakar, dengan berbagai alasan karena gas LPG lebih mahal dan mudah meledak. Tungku yang biasa digunakan adalah tungku tradisional yang terbuat dari tanah liat, dengan bentuk sederhana warisan leluhur.

Tungku semacam ini biasanya boros bahan bakar. Tungku yang menggunakan kayu bakar di samping menghasilkan efisiensi thermal yang rendah juga mempunyai emisi yang lebih tinggi dibandingkan kompor minyak tanah atau kompor gas (Berkeley Air Monitoring Group, 2012).

Pada saat terjadinya proses pembakaran pada tungku maka secara otomatis ada panas yang terbuang. Panas yang terjadi pada saat proses pembakaran tidak terbuang begitu saja, panas tersebut bisa dijebak atau bisa dimanfaatkan kembali untuk dikonversikan menjadi energi listrik yang berskala kecil. Salah satu yang dihasilkan pada proses pembakaran pada tungku bisa dimanfaatkan kembali dengan cara mencari posisi jebakan yang tepat agar panas tersebut bisa dikonversi menjadi energi listrik yang berskala kecil. Dalam proses jebakan untuk mendapatkan panas yang berlebihan maka tungku yang didesain harus dapat menahan panas yang baik pada dinding-dindingnya, mampu mengalirkan panas dari ruang pembakaran ke bagian atas tungku, dan meminimalkan asap/ jelaga yang keluar. Efisiensi tungku sangat dipengaruhi oleh perambatan panas yang diserap oleh dinding tungku. Semakin sedikit panas yang diserap di dinding berarti tingkat efisiensi tungku semakin baik.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mencari posisi jebakan panas yang ada pada tungku untuk menghasilkan panas yang berlebihan agar dapat menghasilkan listrik.

DASAR TEORI

Pembakaran

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses/reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar (*fuel*) dan oksidator dengan menimbulkan nyala dan panas. Bahan bakar merupakan segala substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar.

Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan "Tiga T" yaitu :

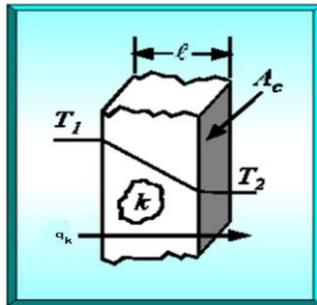
- a. T – Temperatur
Temperatur yang digunakan dalam pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia
- b. T – Turbulensi
Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pembakaran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi
- c. T – Time (Waktu)

Perpindahan Panas

Menurut J. P. Holman (1997), perpindahan panas adalah proses berpindahnya energi dari suatu tempat ke tempat yang lain dikarenakan adanya perbedaan suhu di tempat-tempat tersebut. Perpindahan panas dapat berlangsung dengan beberapa cara seperti :

1. Konduksi

Merupakan proses transport panas dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah di dalam medium (padat, cair, gas) atau antara medium yang bersinggungan langsung.



Gambar 1. Proses Perpindahan Kalor secara Konduksi

Persamaan dasar untuk konduksi satu-dimensi dalam keadaan stedi dapat ditulis :

$$q_k = k A_c \frac{\Delta t}{l}$$

di mana :

q_k = laju perpindahan panas dengan cara konduksi, Watt

A_c = luas perpindahan panas, m^2

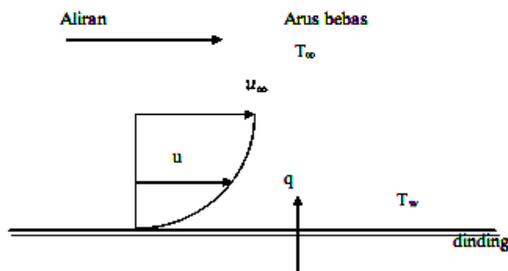
ΔT = gradien suhu pada penampang, K

l = jarak dalam arah aliran panas, m

k = konduktivitas thermal bahan, W/m K

2. Konveksi

Merupakan proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan proses mencampur. Proses ini terjadi pada permukaan padat, cair dan gas.



Pada gambar di atas T_w adalah suatu pelat T_{∞} adalah suhu fluida. Apabila kecepatan di atas pelat adalah nol, maka kalor hanya dapat berpindah dengan cara konduksi. Akan tetapi apabila fluida di atas plat bergerak dengan kecepatan tertentu. Maka kalor berpindah dengan cara konveksi, yang mana gradient suhu bergantung dari laju fluida membawa kalor. Sedangkan laju perpindahan kalor dipengaruhi oleh luas permukaan perpindahan kalor (A) dan beda suhu menyeluruh antara permukaan bidang

dengan fluida yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$q = h A (T_w - T_{\infty})$$

Dimana,

q : Laju perpindahan kalor (Watt)

h : Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A : Luas permukaan bidang perpindahan kalor (m^2)

T_w : Temperatur dinding ($^\circ C$)

T_{∞} : Temperatur fluida ($^\circ C$)

3. Radiasi

Merupakan proses transport panas dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam suatu ruangan bahkan bila terdapat suatu ruang hampa diantara benda-benda tersebut

$$q_{rad} = \sigma A (T_3^4 - T_4^4)$$

Dimana :

q_{rad} = Laju perpindahan panas dengan radiasi (Watt)

A = Luas permukaan (m^2)

σ = Konstanta *Stefan-Boltzman* ($5,669 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$)

T_3 = Temperatur benda kelabu (K)

T_4 = Temperatur Benda Hitam (K)

Termoelektrik

Termoelektrik adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik secara langsung. Selain itu, termoelektrik juga mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor / refrigerasi.

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai.

Efek termoelektrik adalah peristiwa pengkonversian secara langsung dari energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya

karena beda suhu suatu material. Material generator termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang terdiri dari tipe P dan tipe N. Material tipe P adalah material yang kekurangan elektron (*hole*) dan material tipe N kelebihan elektron. Ketika material tersebut diberikan beda suhu, maka elektron akan bergerak dari sisi bersuhu panas ke sisi yang bersuhu lebih dingin. 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 T1 dan T2. Tegangan itu disebut sebagai EMF (*electromotive force*) dan ditunjukkan sebagai berikut :

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

Dimana :

V : Tegangan (Volt)

α_{XY} : koefisien Seebeck material X dan Y (volt/K)

T_h : Suhu Termokopel panas (K)

T_c : Suhu Termokopel dingin (K)

Sifat material yang yang digunakan untuk mengukur seluruh performa termoelektrik disebut dengan *figure of merit* (Z). *Figure of merit* pada material termoelektrik ditunjukkan dengan:

$$Z = \alpha^2 \sigma / \lambda$$

Dimana :

α : Koefisien Seebeck material ($V.K^{-1}$)

σ : Konduktifitas listrik material ($A.V^{-1}.m^{-1}$)

λ : Konduktifitas panas material ($W.m^{-1}.K^{-1}$)

Efek seebeck merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua bahan yang berbeda yang kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Jika terjadi perbedaan temperatur di antara kedua sambungan ini, maka akan terjadi arus listrik. Prinsip inilah yang digunakan termoelektrik sebagai generator (pembangkit listrik). Setiap bahan memiliki koefisien seebeck yang berbeda-beda. Semakin besar koefisien seebeck ini, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar. Karena perbedaan temperatur disini dapat diubah

menjadi tegangan listrik, maka prinsip ini juga digunakan sebagai sensor temperatur yang dinamakan thermocouple.

Koefisien seebeck (S) disebut juga daya termoelektrik, seperti pada persamaan berikut:

$$S = \frac{dE_s}{T}$$

Keterangan:

S = Koefisien seebeck [Volt/ K]

dE_s = Potential termoelektrik terinduksi [Volt]

T = Temperatur [K]

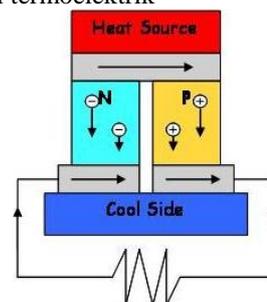


Gambar 2. Modul Termoelektrik

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan Efek Seebeck yaitu "jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain" (Muhaimin, 1993).

Semakin besar perbedaan temperatur, semakin besar tegangan diantara junction. Koefisien disimbolkan dengan α (synder 2008). Perbedaan temperatur disimbolkan dengan ΔT dan beda potensial yang dihasilkan adalah ΔV , maka koefisien seebeck dituliskan : $\alpha = \Delta V / \Delta T$.

Koefisien merupakan parameter yang sangat penting untuk mengetahui efisiensi bahan dari termoelektrik



Gambar 3. Efek Seebeck

Biomassa

Biomassa adalah bahan bakar organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Istilah biomassa adalah bahan organik baik dari tumbuhan ataupun hewan yang kaya akan cadangan energi. Sehingga setelah diubah menjadi energi tersebut dengan bioenergi. Selanjutnya bioenergi tersebut dapat digunakan sesuai kebutuhan manusia. Untuk menghasilkan panas, gerak, atau untuk menghasilkan listrik. Ada tiga jenis biomassa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kayu kesambi, arang kesambi dan tempurung kelapa.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini kurang lebih tiga bulan (3 bulan) terhitung sejak proposal ini diseminarkan. Sedangkan lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Undana dan Laboratorium Biosains Undana.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Thermoelektrik yang berfungsi untuk mengkonversi energi panas menjadi listrik
- Multimeter digital sebagai alat ukur tegangan dan suhu
- Termokopel digital berfungsi sebagai pengukur suhu
- Kabel untuk mentransmisikan sinyal dari tempat ke tempat yang lain
- Amperemeter sebagai alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik
- Timbangan untuk menimbang biomassa

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

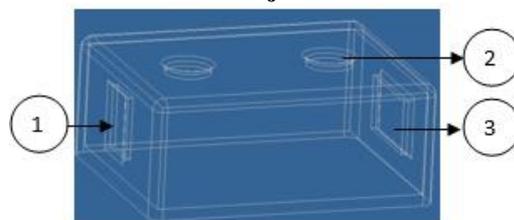
- Arang kesambi, kayu kesambi dan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakar
- Bejana atau panic

Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan pengambilan data langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan alat ukur yang akan digunakan

dalam proses pengambilan data, kemudian mengukur temperatur awal pada air, ruang bakar, dinding pada tungku, sisi panas dan sisi dingin peltier. Setelah alat ukur disiapkan maka langkah selanjutnya adalah membuat bara api dari biomassa yang akan digunakan dalam proses pengambilan data, setelah bara api sudah mengalami kondisi stabil maka proses pengambilan data mulai berlangsung

Gambar Sketsa Alat Uji

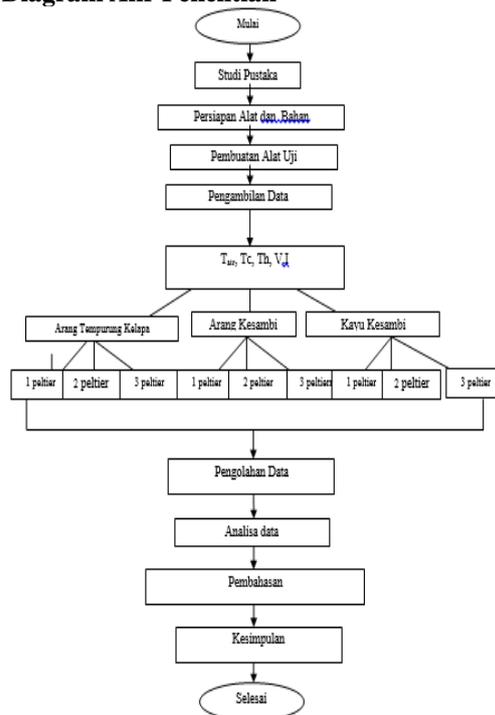


Gambar 4. Desain bentuk tungku dan posisi jebakan panas

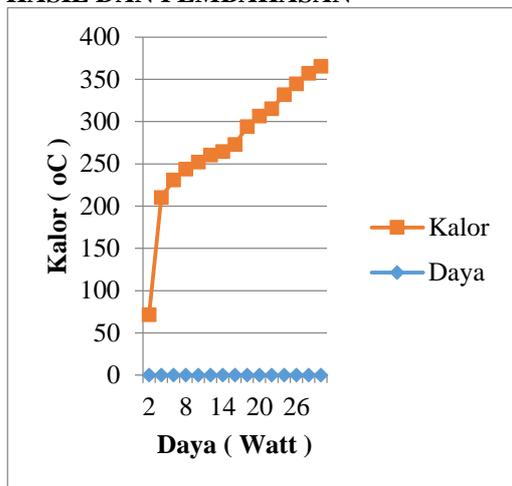
Keterangan:

- Ruang udara dan pengisian biomassa
- Posisi jebakan atas
- Posisi jebakan samping

Diagram Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN



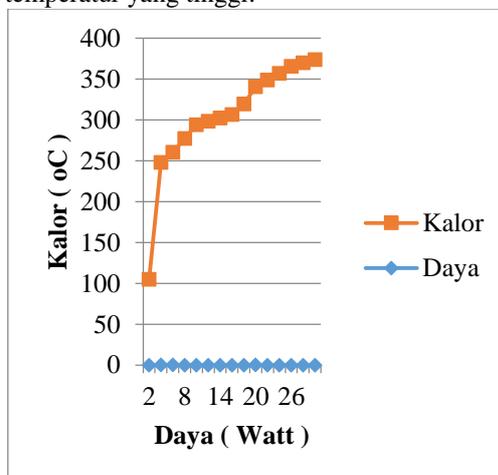
Gambar 5. Grafik Hubungan Kalor terhadap Daya uji TEG pada Biomassa Kayu Kesambi 1 Peltier pada Posisi Samping

Berdasarkan grafik 4.3.1 kalor yang dihasilkan pada biomassa kayu kesambi dengan 1 peltier tampak bahwa semakin besar kalor yang dihasilkan maka daya yang akan dihasilkan semakin besar pula. Kalor yang dihasilkan cenderung naik secara perlahan – lahan setiap menitnya hal ini disebabkan karena temperatur yang dihasilkan dari proses pembakaran cukup stabil. Selain itu dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan dengan 1 peltier cukup stabil karena permukaan plat langsung mengenai sisi peltier sehingga proses perpindahan panas tanpa mengalami hambatan.

Daya yang dihasilkan oleh modul termoelektrik generator sangat bergantung pada perbedaan temperatur yang didapatkan. Perbedaan temperatur terbesar berada pada menit ke 8 yaitu 36 °C yang mampu menghasilkan daya sebesar 0.19 W, sedangkan perbedaan temperatur terkecil berada pada menit ke 30 yaitu 9 °C yang menghasilkan daya sebesar 0.01 W.

Pada saat modul termoelektrik dialiri arus listrik maka terjadi penyerapan kalor di sisi dingin dan pembuangan kalor di sisi panas. Jika pembuangan kalor berlangsung dengan baik maka temperaturnya di sisi panas dapat terjaga dengan baik sehingga temperatur pada sisi dingin menjadi lebih rendah. Proses penyerapan panas dalam pada pengujian dengan 1 peltier

berjalan dengan baik hal ini disebabkan oleh tanpa adanya hambatan pada proses perpindahan panas pada sisi peltier yang dapat memperluas temperatur kerja dari termoelektrik sehingga termoelektrik dapat bekerja pada temperatur yang tinggi.



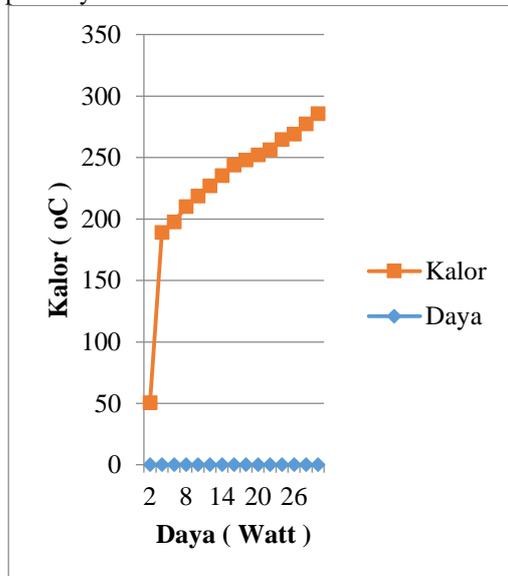
Gambar 6. Grafik Hubungan Kalor terhadap Daya uji TEG pada Biomassa Kayu Kesambi 2 Peltier pada Posisi Samping

Pada pengujian ini menggunakan dua modul TEG dengan type yang sama yang dipasangkan disisi kanan dan kiri dari rangkaian. Hasil tegangan yang terukur merupakan hasil seri keluran dari masing masing TEG. Suhu yang terukur dari sisi panas modul TEG bisa mencapai 129.2 °C, sedangkan pada sisi dingin berkisar 46 °C – 58 °C.

Pada grafik 6 kalor yang dihasilkan pada biomassa kayu kusambi dengan menggunakan 2 modul termoelektrik lebih besar dibandingkan dengan menggunakan 1 modul termoelektrik. Kenaikan kalor akan menyebabkan kenaikan pada daya dan penurunan kalor akan menyebabkan penurunan daya. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar kalor yang dihasilkan maka daya yang dihasilkan semakin besar pula. Hal ini terjadi karena perbedaan suhu semakin besar disebabkan proses pendinginan pada heatsing dengan fan mampu menjaga temperatur sisi panas dan sisi dingin.

Daya yang dihasilkan dengan menggunakan 2 modul termoelektrik lebih baik hal ini terjadi karena permukaan plat langsung mengenai pada sisi kedua peltier sehingga tanpa

ada hambatan untuk proses perpindahan panasnya



Gambar 7. Grafik Hubungan Kalor terhadap Daya uji TEG pada Biomassa Kayu Kesambi 3 Peltier pada Posisi Samping

Pada pengujian ini menggunakan tiga modul TEG dengan type yang sama yang dipasangkan disisi kanan dan kiri dari rangkaian. Hasil tegangan yang terukur merupakan hasil seri keluaran dari masing masing TEG. Suhu yang terukur dari sisi panas modul TEG bisa mencapai 167.2 °C, sedangkan pada sisi dingin berkisar 93.2 °C – 128.4 °C.

Kenaikan kalor akan menyebabkan kenaikan pada daya dan penurunan kalor akan menyebabkan penurunan daya. Kalor yang dihasilkan cenderung naik secara perlahan – lahan setiap menitnya hal ini disebabkan karena temperatur yang dihasilkan dari proses pembakaran cukup stabil. Selain itu dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan dengan 3 peltier kurang stabil. Terdapat perbedaan daya antara 1,2 dan 3 peltier, hal ini diakibatkan oleh permukaan plat yang kurang datar sehingga memperluas area kerja dar termoelektrik yang menghambat perpindahan panas salah satu sisi termoelektrik.

Grafik 7. menunjukan pula termoelektrik yang disusun secara seri sehingga kalor yang ada pada awalnya dipindahkan oleh 1 peltier kini dipindahkan oleh 2 peltier. Penggunaan sel

yang secara seri ini dapat memperluas temperatur kerja dari termoelektrik sehingga termoelektrik dapat bekerja pada temperatur yang tinggi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan (volt) tertinggi yang dihasilkan pada biomassa kayu kesambi 3 kg terhadap 2 peltier yaitu 3.31 volt dan diikuti dengan biomassa arang kesambi 3 kg terhadap 3 peltier berada pada posisi samping
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus (amper) tertinggi yang dihasilkan pada biomassa kayu kesambi 3 kg terhadap 2 peltier yaitu 0.084 amper dan diikuti dengan biomassa arang kesambi 3 kg terhadap 3 peltier berada pada posisi atas
3. Hasil perhitungan dari grafik hubungan waktu terhadap temperatur uji TEG biomassa kayu kesambi terhadap 2 peltier pada posisi samping menunjukkan bahwa temperatur tertinggi pada plat adalah 187.4 °C, temperatur tertinggi pada heatsink adalah 165.9 °C, sedangkan temperatur air tertinggi adalah 89 °C, sedangkan hasil perhitungan dari grafik hubungan waktu terhadap temperatur uji TEG biomassa kayu kesambi terhadap 2 peltier pada posisi atas menunjukkan bahwa temperatur tertinggi pada plat adalah 81.8°C, temperatur tertinggi pada heatsink adalah 57 °C.
4. Jika posisi jebakan berada pada posisi samping dengan 2 peltier dan dengan biomassa kayu kesambi 3 kg menghasilkan performa yang jauh yang lebih baik.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan untuk pengembangan lebih lanjut, maka disarankan hal - hal sebagai berikut :

1. Untuk menghasilkan listrik temperatur sisi panas dan dingin harus lebih baik, oleh karenanya dipikirkan lagi kedepan bagi penelitian selanjutnya dengan menggunakan fluida non udara (oli, dan air).
2. Diharapkan penelitian TEG selanjutnya dengan memvariasikan peltier dengan

susunan seri dan parallel.

3. Diharapkan penelitiannya TEG selanjutnya menggunakan termoelektrik dengan type yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2014. Provinsi NTT.
- [2] Berkeley Air Monitoring Group, 2012, Stove Performance Inventory Report, Prepared for the Global Alliance for Clean Cookstoves, United Nasional Foundation.
- [3] Dewi dan Siagian, 1992, The Potential Of Biomassa As Energy Source In Indonesia
- [4] Eakburanawat dan I Boonyaroonate, 2006. Development of a thermoelectric batter – charger with microcontroller-based maximum power point tracking thecnique, *J. Appl. Energy*, 83/7.
- [5] Frank Kreith., 1976, *Principle of Heat Transfer*, Third edition, Harper Internasional, London.
- [6] [Http:// www.thermoelectrics.caltech.edu/graphics/thermoelectrics/science-8a.gif](http://www.thermoelectrics.caltech.edu/graphics/thermoelectrics/science-8a.gif).
- [7] J.P. Holman., 1994, *Perpindahan Kalor*, Edisi enam, Erlangga, Jakarta.
- [8] Letsattithanakorn, 2007, Electrical performance analysis and economic Evaluation of Combined Biomass Cook Stove Thermoelectric Generator, Bioreosource Technology 1998.
- [9] Maneewan, 2009, Thermoelectric Power Generation System Using Waste Heat from Biomass Drying, *J.Electronic Material* Vol 38 no 7.
- [10] Nuwayhid, R.Y., Rowe, D.M., dan Min, G., Low Cost Stove –*Top Thermoelectric Generator for Region with Unreliable Electricity Supply*, *J. Renewable Energy* 29, p. 205 – 222, 2003.