

KARAKTERISTIK UNJUK KERJA PANAS PADA GENERATOR TERMOELEKTRIKDENGAN PENGATURAN JARAK SECARA CENTROID

Suliono¹, Emin Haris², Rachmatullah³, Siti Zulfa⁴

^{1,2}Teknik Mesin, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu
Alamat Jl. Lohbener Lama No. 08 Desa Lohbener, Kecamatan Lohbener, Kabupaten
Indramayu

¹Sulionolee@gmail.com, ²Eminharis@gmail.com, ³Rachmatullah@polindra.ac.id ,
⁴Szulfa215@gmail.com

Abstract

Alternative energy sources of biomass in Indonesia have considerable potential, one of which is wood pellets. Besides being used as fuel for cooking purposes using a biomass stove, the heat generated from combustion can be converted into electrical energy using thermoelectric generators, which are devices that can generate electricity by utilizing different hot and cold temperatures. The hot temperature is produced from the combustion results and the cold temperature is obtained from 2 fans installed on the opposite side. This device is mounted on a biomass stove. There are 3 variations of installation based on the distance to the starting point of the ignition, which is a distance of 15 cm, 20 cm and 25 cm. This study aims to determine which parts produce the largest electricity output from the three variations of the distance of the thermoelectric generator. The electricity produced is directly proportional to the difference in temperature produced. To produce a large temperature difference the positioning position of the thermoelectric generator device must be able to produce maximum heat but on the cold side it can maintain its cold temperature from the influence of heat. In this study the best position is at a distance of 20 cm from the starting point of the ignition, with a maximum temperature difference of 110 ° C and electricity generated 2,983 V.

Keywords: wood pellet biomass, biomass stove, thermoelectric generator, heat transfer, heat performance characteristics

1. PENDAHULUAN

Sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui di Indonesia cukup banyak, diantaranya adalah biomassa atau bahan-bahan limbah organik. Beberapa biomassa memiliki potensi yang cukup besar adalah limbah kayu, sekam padi, jerami, ampas tebu, tempurung kelapa, cangkang sawit, kotoran ternak dan sampah kota [1]. Pellet kayu adalah serpihan kayu atau sisa-sisa hasil produksi kayu yang berdiameter 6-8 mm dan berukuran panjang 10-30 mm, dan sudah kering. Serpihan kayu ini emudian mengalami proses lanjut tanpa campuran kimia, ditekan dengan tekanan kuat menggunakan mesin khusus. Pellet menghasilkan panas kurang lebih 4,9 kWh/kg karena memiliki kadar air yang rendah (8-10%), kadar abu (0,5-1%) dengan erapatan 650 kg/m³. Satu kilogram pellet kayu menghasilkan panas yang sama dengan yang dihasilkan oleh setengah liter minyak [2].

Kalor yang dihasilkan, selain untuk keperluan memasak juga bisa dimanfaatkan sebagai penghasil listrik. Dengan memanfaatkan efek *seebeck* melalui generator termoelektik, atau juga disebut *seebeck* generator yaitu perangkat generator listrik yang

mengkonversikan panas (perbedaan suhu) langsung menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari termoelektrik adalah 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. Semakin besar nilai perbedaan suhu, maka listrik yang dihasilkan juga semakin besar [3]. Pemanfaatan generator termoelektrik sebagai pembangkit listrik juga merupakan salah satu langkah untuk menanggulangi seputar masalah kelistrikan yang terjadi di masyarakat. Dewasa ini, energi listrik merupakan hal yang tak pernah lepas dari kehidupan sehari-hari. Namun, seiring berjalannya waktu terdapat beberapa permasalahan yang cukup krusial mengenai penggunaan energi listrik, diantaranya harga listrik yang semakin tahun semakin meningkat dan kondisi perekonomian masyarakat Indonesia sebagian besar berada ditingkat menengah kebawah dirasa sangat membebani masyarakat [4]. Dilakukan beberapa variasi penempatan perangkat termoelektrik pada kompor berdasarkan jarak dengan permukaan bahan bakar. Adapun variasi yang dilakukan sebesar 15 cm, 20 cm dan 25 cm. Hal ini dilakukan selain untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing variasi penempatan generator termoelektrik serta untuk mengetahui posisi penempatan perangkat termoelektrik yang dapat menghasilkan output berupa tegangan listrik maksimal dari ketiga variasi tersebut.

2. KAJIAN LITERATUR

Generator Termoelektrik

Pembangkit termoelektrik (TEG) merupakan suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada efek seebeck, yang pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh Thomas Johan Seebeck, ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Diantara kedua logam tersebut diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan jarum tersebut ternyata bergerak [5].

Efek Seebeck

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 diantara kedua sambungan ini, maka arus listrik akan terjadi. Prinsip ini lah yang digunakan termoelektrik sebagai generator (pembangkit listrik) [6]. Koefisien Seebeck disimbolkan dengan huruf dengan α . maka koefisien Seebeck dituliskan:

$$\alpha = \frac{V}{\Delta T} \quad (1)$$

α = Koefisien seebeck Volt per Menit (V/m)

V = Tegangan dalam Volt (V)

ΔT = Perbedaan *Temprature* dalam Kelvin (K)

Adapun besarnya kalor yang diserap disimbolkan dengan q , dengan satuan internasional (W)

$$q = \alpha \cdot I \cdot \Delta T \quad (2)$$

q = besar Kalor yang diserap dalam (W)

I = Arus listrik dalam Ampere (A)

ΔT = Perbedaan *Temprature* dalam Kelvin (K)

Sistem Konversi Energi Panas dengan Termoelektrik

Kalor mengalir dengan sendirinya dari suatu benda yang temperaturnya lebih tinggi ke benda lain dengan temperatur yang lebih rendah. Perpindahan panas pada termoelektrik terjadi secara konduksi dan konveksi.

- a. Perpindahan Panas Konduksi
Konduksi merupakan proses perpindahan panas yang terjadi pada media padat tak tembus cahaya
- b. Perpindahan Panas Konveksi
Konveksi merupakan perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan massa medianya, dan media konveksi adalah fluida. Konveksi terjadi karena adanya perbedaan kecepatan fluida bila suhunya berbeda.

Perhitungan Perpindahan Panas Pada Heatsink

Fungsi sirip (*Heatsink*) adalah untuk memperluas proses perpindahan panas di permukaan benda yang dipasang sirip.

Sirip yang digunakan pada pengujian ini adalah sirip jenis extrude. Laju perpindahan panas heat sink dengan sirip plat (extrude) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut, (Incropera, Frank. P, 1981)

$$Q_t = h[N \cdot \eta \cdot A_f + (A_t - N \cdot A_f)] \cdot \Delta T \quad (3)$$

Keterangan :

Q_t = Laju perpindahan kalor (Watt)

h = Tetapan Konveksi (W/m.k)

N = Jumlah sirip

η = Efisiensi

A_f = Luas penampang sirip (m²)

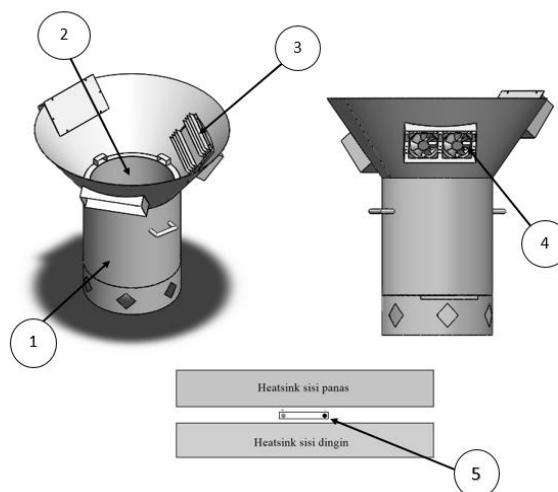
A_t = Luas permukaan Heatsink (m²)

ΔT = Selisih suhu yang diserap dengan suhu lingkungan (Kelvin)

3. METODE PENELITIAN

Langkah pertama adalah membuat kompor generator termoelektrik, Sisi panas dihasilkan dari hasil pembakaran biomassa pelet kayu dan sisi dingin dari kipas, selanjutnya adalah pengambilan data terhadap masing-masing penempatan perangkat generator termoelektrik dan membandingkan ketiganya.

3.1 Pembuatan Kompor Generator Termoelektrik



Gambar 1. Desain Kompor Generator Termoelektrik

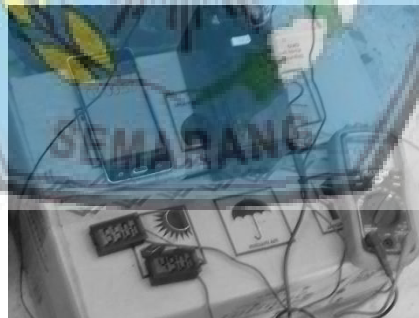
Keterangan:

1. Tungku kompor
2. Ruang pembakaran
3. Heatsink
4. Fan cooler
5. Peltier

Kompor terbuat dari plat dengan ketebalan 1 mm, bagian dalam kompor yang digunakan untuk pembakaran dilapisi dengan semen tahan api agar plat tidak terkena panas langsung karena dikhawatirkan tidak akan bertahan lama. Selain itu fungsi semen sebagai pembantu untuk memperlambat penyalaan karena terjaganya suhu panas dari pengaruh konduksi. Bagian bawah dari ruang pembakaran diberikan lubang sebagai tempat masuknya udara untuk keperluan pembakaran, udara akan masuk dari plat bawah bagian samping dan di teruskan ke lubang ruang pembakaran. Bagian lubang juga digunakan sebagai tempat pembuangan hasil pembakaran. Lubang bisa dibuka dan ditutup sesuai kebutuhan dengan menggeser plat dibawahnya. Dibagian plat berbentuk corong diletakan 3 lubang di sekelilingnya untuk variasi peletakan generator termoelektrik dengan variasi jarak 15cm, 20cm dan 25cm terhadap titik awal penyalaan api. Plat berbentuk corong dimaksudkan agar ketika api menyala, tiupa angin dari sekitar bisa dihalangi sehingga api tidak menyebar terlalu jauh. Diatas semen tahan api diletakan tungku sebagaiudukan alat masak. Peletakan alat masak dimaksudkan agar api bisa bergerak secara centroid dan merata. Terdapat 2 gagang pada samping kanan dan kiri kompor yang berfungsi sebagai pegangan kompor.

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan saat proses pembakaran pada kompor berlangsung. Adapun data yang diambil diantaranya suhu disisi panas (T_h), suhu disisi dingin (T_c) dan Tegangan listrik (V) yang dihasilkan dengan selisih pengambilan data selama 2 menit. Proses pengambilan data ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 2. Proses Pengambilan data

3.3 Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul selanjutnya dirangkum kemudian diinterpretasikan ke dalam grafik. Selain itu dilakukan pula analisa perpindahan panas secara numerik melalui perhitungan perpindahan panas dan dilakukan pula simulasi penyebaran panas dengan menggunakan aplikasi solidworks flow simation.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Tabel 1. Hasil Pengujian

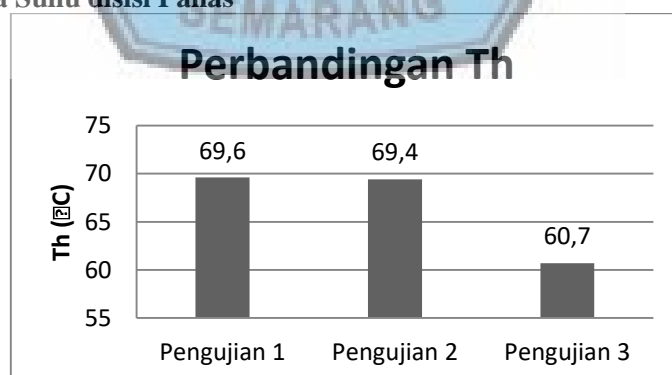
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
T°H Maks (°C)	109	165	90.67
T°H Min (°C)	55	51	48.67
T°H Rata-rata (°C)	75.927	99.044	69.908
T°C Maks (°C)	76.8	56.1	51.9
T°C Min (°C)	44.3	37	40.6
T°C Rata-rata (°C)	53.238	45.26	46.085
DT Maks (°C)	38.8	110.9	43.87
DT Rata-rata (°C)	22.688	53.784	23.823
Kenaikan rata-rata DT (°C)	1.008	11.276	1.19
Tegangan Maksimal (Volt)	2.289	2.983	1.404
Tegangan rata-rata (Volt)	1.167	1.716	0.957

Pengujian 1 dimulai dari menit ke 3 sampai menit ke 53, karena pada menit ke 54 api mulai mati. Pengujian 2 dimulai dari menit ke 7 sampai menit ke 61 dengan kondisi api yang masih konstan. Pengujian ke 3 dimulai dari menit ke 7 sampai menit ke 67, kondisi api terakhir pada pengujian ini pun masih konstan.

Data hasil pengujian dianalisis secara manual dengan bantuan Microsoft Excel, dari hasil analisis dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai karakteristik dari masing-masing pengujian dan dibandingkan menurut kategori-kategori dibawah ini.

4.2 Membandingkan Pengujian 1,2 dan 3

4.2.1 Rata-rata Suhu disisi Panas

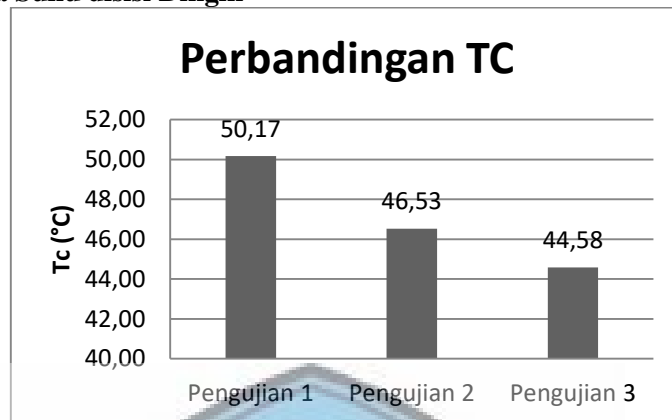


Gambar 8 Grafik Perbandingan Rata-rata Suhu Sisi Panas

Pada grafik tersebut terlihat suhu panas tertinggi yaitu pada pengujian 1 sebesar 69,6°C, yang kedua pengujian ke 2 sebesar 69,4°C dan yang ke tiga ialah pengujian ke 3 sebesar 60,7°C. Besarnya suhu titik ini bergantung pada jarak antara generator dengan sumber api, semakin dekat dengan sumber api maka suhu yang di terima lebih besar. Dari grafik yang disajikan pengujian dengan jarak 20 cm menghasilkan rata-rata suhu panas

tertinggi yaitu sebesar $89,9^{\circ}\text{C}$, diikuti oleh pengujian yang berjarak 15cm yaitu $78,8^{\circ}\text{C}$ dan yang terkecil adalah pengujian dengan jarak 25cm sebesar $65,3^{\circ}\text{C}$.

4.2.2 Rata-rata Suhu disisi Dingin



Gambar 9. Grafik perbandingan rata-rata Suhu Sisi Dingin

Grafik menunjukkan posisi generator yang paling dapat mempertahankan suhu dinginnya yaitu pada pengujian 3 dengan besar rata-rata nilai T_c $44,58^{\circ}\text{C}$, diikuti oleh pengujian 2 sebesar $46,53^{\circ}\text{C}$, dan yang ketiga ialah pengujian 1 sebesar $50,17^{\circ}\text{C}$.

Kemampuan suhu dingin dalam mempertahankan suhu dinginnya bergantung pada jarak antara generator dengan api, semakin jauh generator dengan api maka suhu sisi dingin lebih sedikit mendapatkan pengaruh dari panas api.

4.2.3 Rata-rata ΔT

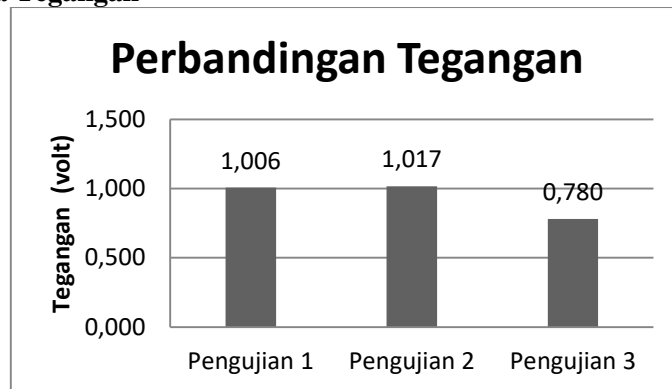


Gambar 10. Grafik Perbandingan Rata-rata ΔT

Grafik menunjukkan ΔT terbesar dihasilkan oleh pengujian 2 dengan besar rata-rata $22,87^{\circ}\text{C}$, kedua ialah pengujian ke dua dengan nilai $19,43^{\circ}\text{C}$ dan yang terakhir atau terkecil yaitu pengujian ke 3 sebesar $16,12^{\circ}\text{C}$.

Besarnya ΔT tergantung dari T_h dan T_c yang dihasilkan, semakin besar nilai T_c dan semakin stabil suhu T_c dalam mempertahankan suhu dinginnya, maka ΔT yang dihasilkan semakin besar. Pengujian ke 2 mendapatkan hasil terbesar karena memperoleh suhu disisi panas yang cukup tinggi dan suhu disisi dingin yang stabil. Walaupun nilai suhu sisi tinggi maksimal dicapai oleh pengujian 1, namun sisi suhu dingin dari pengujian 2 lebih besar daripada pengujian 1. Serta walaupun suhu dingin terkecil yang dihasilkan adalah pada pengujian 3, namun suhu sisi panas pengujian 2 lebih tinggi daripada pengujian 3.

4.2.4 Rata-rata Tegangan



Gambar 11. Grafik rata-rata tegangan

Berdasarkan grafik nilai tegangan tertinggi dihasilkan oleh pengujian 3 yaitu sebesar 1,02 volt, diikuti oleh pengujian 1 sebesar 1,01 volt dan terakhir atau yang paling kecil ialah pengujian 3 sebesar 0,78°C. jumlah tegangan yang dihasilkan tidak sama persis dengan jumlah ΔT yang dihasilkan, artinya bisa saja ΔT yang dihasilkan angkanya lebih besar tetapi hanya menghasilkan tegangan yang angkanya lebih kecil. Seperti yang terlihat pada pengujian 1 dan 2 yang hanya mencapai selisih 0,01 volt saja Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan faktor tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing data. Faktor tegangan menjadi salah satu ketidak pastian dalam menentukan jumlah tegangan. Nilai dari faktor tegangan tidak dapat terprediksi namun tidak terlalu dipermasalahkan karena nilainya yang cukup kecil.

4.3 Perhitungan Perpindahan Kalor pada Generator Termoelektrik

Panas dari api diserap oleh heatsink pada sisi panas kemudian panas pada sisi dingin dilepaskan oleh heatsink dengan bantuan kipas. Perpindahan panas terjadi secara konveksi dan konduksi.

1. Perpindahan panas pada generator di dengan jarak 15 cm dari permukaan bahan bakar

a. Perpindahan panas pada heatsink sisi panas

Dik :

$$Q_t = 1.377,8 [8.0,42.4,7 \times 10^{-4} + (0,019.8. 4,7 \times 10^{-4})] . 350$$

$$Q_t = 179,49 \text{ Watt}$$

b. Perpindahan Panas pada Heatsink Sisi Dingin

$$Q_t = 2.155,56 [8.0,42.4,7 \times 10^{-4} + (0,019.8. 4,7 \times 10^{-4})] . 33$$

$$Q_t = 26,48 \text{ Watt}$$

Pada Pengujian 1 sisi panas menyerap kalor sebesar 179,49 Watt dan sisi dingin melepaskan kalor sebesar 26,48 Watt.

2. Perpindahan panas pada generator di dengan jarak 20 cm dari permukaan bahan bakar

a. Perpindahan panas pada heatsink sisi panas

$$Q_t = 1.377,8 [8.0,42.4,7 \times 10^{-4} + (0,019.8. 4,7 \times 10^{-4})] . 220$$

$$Q_t = 112 \text{ Watt}$$

b. Perpindahan Panas pada Heatsink Sisi Dingin

$$Q_t = 2.155,56 [8.0,42.4,7 \times 10^{-4} + (0,019.8. 4,7 \times 10^{-4})] . 37,6$$

$$Q_t = 30,16 \text{ Watt}$$

Pada Pengujian 2 sisi panas menyerap kalor sebesar 112 Watt dan sisi dingin melepaskan kalor sebesar 30,16 Watt.

3. Perpindahan panas pada generator di dengan jarak 25 cm dari permukaan bahan bakar

a. Perpindahan panas pada heatsink sisi panas

$$Q_t = 1.377,8 [8.0,42.4,7 \times 10^{-4} + (0,019.8. 4,7 \times 10^{-4})] \cdot 210$$

$$Q_t = 107,69 \text{ Watt}$$

b. Perpindahan Panas pada Heatsink Sisi Dingin

$$Q_t = 2.155,56 [8.0,42.4,7 \times 10^{-4} + (0,019.8. 4,7 \times 10^{-4})] \cdot 38$$

$$Q_t = 30,5 \text{ Watt}$$

Pada Pengujian 3 sisi panas menyerap kalor sebesar 107,69 Watt dan sisi dingin melepaskan kalor sebesar 30,5 Watt.

4.3.1 Perbandingan Perpindahan Panas pada Sisi Panas

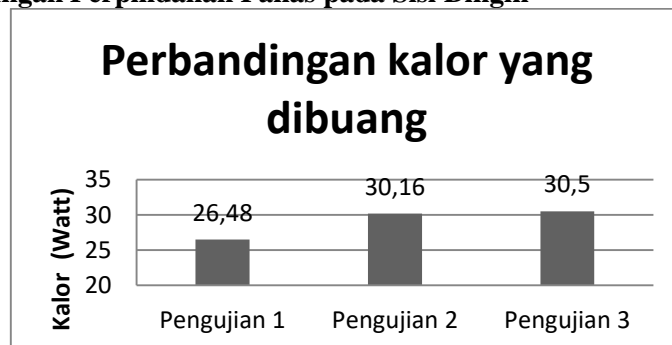


Gambar 12. Perbandingan Kalor yang Diserap disisi Panas

Pada gambar terlihat pengujian 1 menghasilkan laju perpindahan kalor tertinggi yaitu sebesar 179 watt, yang kedua ialah pada pengujian 2 sebesar 113 watt, dan yang terakhir ialah pengujian 3 sebesar 107,69 watt.

Pengujian 1 menghasilkan laju perpindahan kalor terbesar, dalam hal ini menyerap kalor dari lingkungan, disebabkan karena dekatnya heatsink dengan sumber api, sehingga Tling yang dihasilkan cukup besar dan menghasilkan ΔT yang besar pula dan laju perpindahan kalor yang besar pula. Hal ini yang menyebabkan suhu sisi panas pada pengujian 1 nilai nya paling besar dibandingkan pengujian 2 dan 3.

4.3.2 Perbandingan Perpindahan Panas pada Sisi Dingin

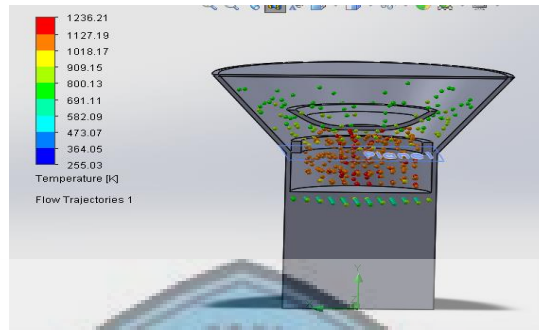


Gambar 13. Perbandingan Kalor yang dibuang Disisi Dingin

Pada gambar terlihat pengujian 3 membuang kalor paling banyak yaitu sebesar 30,5 watt, diikuti oleh pengujian 2 sebesar 30,16 watt, dan terakhir pada pengujian 1 sebesar 26,48.

Pengujian 3 membuang kalor paling banyak dikarenakan jarak heatsink dengan api yang cukup jauh sehingga suhu akhir dari heatsink pun tidak terlalu besar, hal ini membuat nilai ΔT semakin besar pula dan hasil laju perpindahan kalor nya juga besar. Hal ini yang menyebabkan suhu disisi dingin pada pengujian 3 mencapai nilai terendah jika dibandingkan dengan pengujian 1 dan 2.

4.4 Simulasi Penyebaran Panas pada Kompor Generator Termoelektrik menggunakan *Solidworks Flow Simulation*



Gambar 14. Flow simulasi Penyebaran Panas pada Kompor

Flow simulasi dilakukan untuk mengetahui penyebaran panas yang terjadi pada kompor. Pada gambar terlihat laju aliran panas pada proses pembakaran mengalami titik penyebaran panas terbanyak di ruang pembakaran, panas kemudian menyebar pada bagian corong, namun tidak keseluruhan mendapat pengaruh panas yang merata, semakin keatas penyebarannya, panas yang disebarkan semakin berkurang. Hal itu yang menyebabkan semakin jauh posisi generator termoelektrik dari permukaan bahan bakar pengaruh panas yang dirasakan semakin sedikit, begitu pula sebaliknya.

Dibagian ruang pembakaran suhu yang dihasilkan cukup tinggi, dapat dilihat dari bentuk sphere yang berwarna orange kemerahan, pada keterangan warna yang ada disamping kiri gambar, warna orange kemerahan menunjukkan besar suhu sekitar 1018,17-1127,19 K.

Setelah api menyebar pada area corong suhu yang dihasilkan berkurang, semakin atas penyebaran panas, suhu semakin kecil. Penyebaran panas di area corong ditunjukkan dengan sphere yang berwarna hijau, pada deskripsi warna, warna hijau menunjukkan besarnya suhu sekitar 582,69-909,15 K.

5. KESIMPULAN

1. Pelet kayu bisa digunakan sebagai bahan bakar untuk kompor generator termoelektrik, karena selain bisa digunakan untuk memasak, panas yang dihasilkan bisa dimanfaatkan menjadi energy listrik melalui efek *seebeck*
2. Posisi penempatan generator termoelektrik terbaik yang dapat menghasilkan output maksimal yaitu dengan jarak 20 cm dari permukaan bahan bakar, karena ΔT yang dihasilkan cukup besar sehingga menghasilkan output tegangan yang maksimal pula..

6. REFERENSI

- Putri, R.E. dan Andasuryani. Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas Vol. 21, No.2, ISSN 1410-1920, EISSN 2579-4019. 2017
- Sylviani, et al., (Cost Comparison Analysis of Wood Waste Fuels for SMI (Case Study in Wonosobo District. JURNAL Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan Vol. 10 No. 1. Hal. 48 – 60, 2013

- Puspita, S.C. et al., Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya. VOLUME 13, NOMOR 2. 2017
- Anwar, M.C., Analisis Penerapan Auto Buck/Boost Pada Generator Termoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. Seminar Nasional Pendidikan. ISSN : 2527 – 5917, Vol.12016
- Asmara, B.P & Tansa, S. Pembuatan Pembangkit Energi Listrik Alternatif Dengan Model Sistem Hybrid Thermoelektrik Dengan Panel Sel Surya Mini Untuk Desa Mandiri Energi (Tinjauan Potensi). Seminar Nasional Teknik Elektro. ISBN 978-602-8692-34-2. 2018
- AL FIKRI, H.A. Efektifitas Modul Peltier Tec-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier Tec-12706. Skripsi 2016
- Syam, L.N. Analisis Kelistrikan Akibat Perbedaan Temperatur Sambungan Kawat Logam Tembaga Dan Seng Untuk Peraga Termoelektrik. Skripsi 2017

