

Potensi Tempurung Kelapa Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Termoelektrik Generator

The Potential of Coconut Shell as a Power Plant Using a Thermoelectric Generator

Sintiani Perdani^{1*}, Didik Aribowo², Desmira³

¹Universitas sultan ageng tirtayasa

Jl. Raya Palka No.Km 3, Panancangan, Kec. Cipocok Jaya, Serang, Banten
42124^{2,3}Institution/affiliation

sintianiperdani@gmail.com^{1*}, d_aribowo@untirta.ac.id², desmira@untirta.ac.id³

Abstrak – Sekitar 35% dari total pemanfaatan buah kelapa pada saat ini masih belum sepenuhnya termanfaatkan. Termoelektrik adalah teknologi yang mengubah energi panas secara langsung menjadi energi listrik atau mengubah energi listrik menjadi energi pemanasan dan pendinginan. Pengambilan data menggunakan dua buah multimeter dan termometer elektrik, pengambilan data dilakukan 2 menit. Pada penelitian ini menggunakan eksperimental 200 gram, 300 gram, dan 400 gram. Tegangan rata-rata menghasilkan sekitar 11 VDC, dan arus sekitar 1 A, Daya sekitar 13 watt. Semakin banyak tempurung kelapa yang digunakan untuk pembakaran maka suhu semakin panas serta tegangan dan arus didapatkan semakin cepat, namun dengan catatan memperhatikan batas maksimum suhu dari termoelektrik yaitu dengan ΔT tidak lebih dari 200° C, hal ini dapat merukan struktur elemen dari termoelektrik dan dapat memperpendek umur pemakaian.

Kata Kunci: Termoelektrik, sumber panas,tempurung kelapa..

Abstract – Around 35% of the total utilization of coconuts at this time is still not fully utilized. Thermoelectric is a technology that converts heat energy directly into electrical energy or converts electrical energy into heating and cooling energy. Data retrieval using two multimeters and an electric thermometer, data collection was carried out for 2 minutes. In this study using experimental 200 grams, 300 grams, and 400 grams. The average voltage produces about 11 VDC, and the current is about 1 A, the power is about 13 watts. The more coconut shells are used for combustion, the hotter the temperature and the faster the voltage and current are obtained, but with a note of paying attention to the maximum temperature limit of the thermoelectric, namely with T not more than 200o C, it can be a structural element of the thermoelectric and can shorten the service life.

Keywords: Thermoelectric, heat source, coconut shell..

TELKA, Vol.X, No.Y, Mei/November 20XX, pp. xx~yy

1. Pendahuluan

Penggunaan sumber energi fosil di Indonesia masih didominasi minyak bumi dan batubara. Jika sumber energi terbarukan tidak ditemukan dalam waktu dekat, Indonesia khawatir negara akan kekurangan energi. Salah satu solusi pembangkit listrik yang paling ramah lingkungan adalah dengan menggunakan efek termoelektrik. Sekitar 35% dari total pemanfaatan buah kelapa pada saat ini masih belum sepenuhnya dimanfaatkan secara maksimal. Sumber panas api saat ini di Indonesia belum dimanfaatkan secara maksimal, sedangkan beberapa negara sudah mulai banyak yang memanfaatkan sumber panas api, karena sumber panas api ini dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik. Di Indonesia baru segelintir orang yang memanfaatkan sumber panas api ini sebagai penghasil listrik, kedepannya di harapkan sumber api ini digunakan untuk mengurangi pemakaian batu bara dan sumber daya alam lainnya.

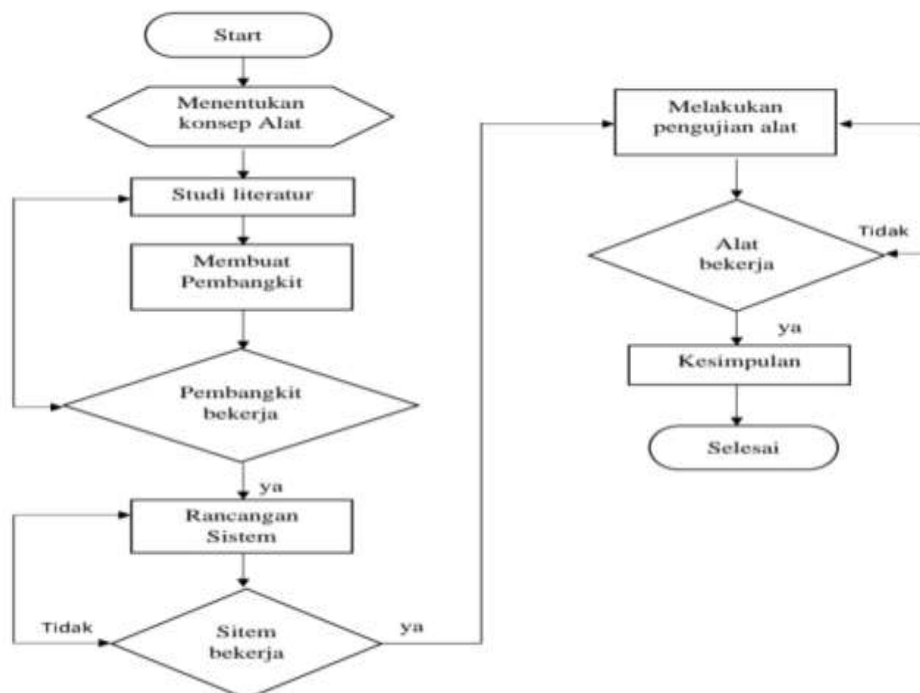
Penelitian ini didasari akan potensi pemanfaatan dari sumber panas pembakaran, yaitu pada perbedaan temperatur antara suhu panas dan suhu dingin pada termoelektrik sebagai penghasil listrik, yaitu dengan menggunakan termoelektrik generator. Termoelektrik adalah teknologi yang mengubah energi panas secara langsung menjadi energi listrik atau mengubah energi listrik menjadi energi pemanasan dan pendinginan.

Berdasarkan dana masalah yang disebutkan di atas, masalah dapat diformulasikan dalam penelitian ini sebagai berikut: 1) Bagaimana proses pembuatan alternatif pembangkit listrik dari tempurung kelapa dengan prinsip termoelektrik generator ?, 2) Bagaimana potensi pemanfatan sumber panas pembakaran sampah tempurung kelapa 200 gr, 300gr, 400 gr ?, 3) Bagaimana hasil perbandingan data yang didapatkan untuk berat yang berbeda? 4) Bagaimana memperoleh data perubahan setiap 2 menit dari proses pembakaran tempurung kelapa ?, 5) Berapa tegangan yang dihasilkan dari proses pembakaran dengan menggunakan prinsip termoelektrik generator?

2. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan menciptakan salah satu alat alternatif pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi panas lampu halogen sebagai pengganti energi panas matahari untuk dikonveksikan menjadi energi listrik. Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi suhu panas dan suhu dingin dari bahan, arus dan tegangan serta daya yang dihasilkan oleh sistem generator termoelektrik sederhana.

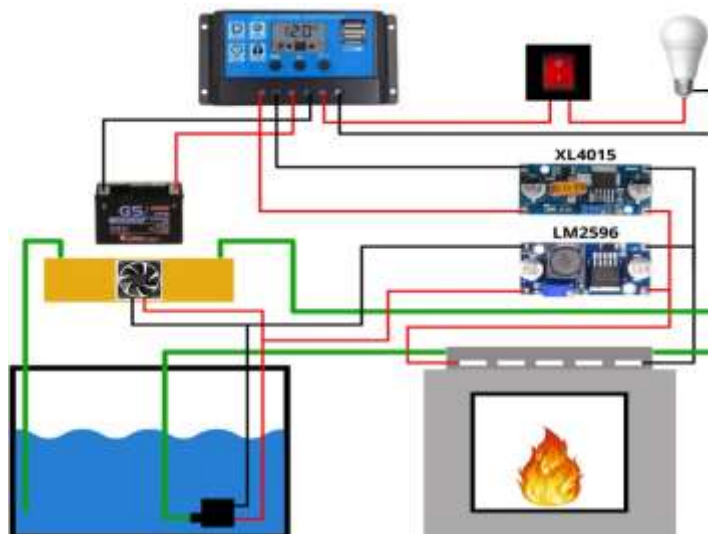
Pada penelitian ini membahas tentang potensi tempurung kelapa sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan prinsip termoelektrik generator. Sehingga dalam penelitian ini hanya untuk mengetahui output keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa dengan prinsip termoelektrik generator. Pada penelitian ini menggunakan objek tempurung kelapa yang akan dibakar dengan prinsip termoelektrik generator. Pada penelitian ini dilakukan empat pengukuran yaitu pengukuran suhu, tegangan dan arus, serta daya. Pengukuran pertama adalah pengukuran suhu dingin (T_c) yang dipasang pada bagian dingin sistem generator termoelektrik dan Suhu panas (T_h) yang dipasang pada bagian panas sistem generator termoelektrik dengan menggunakan sensor LM3569 dan XL4015. Pengukuran yang kedua adalah mengukur nilai tegangan (V) dan Arus (I) yang dihasilkan sistem generator termoelektrik dengan menggunakan multimeter digital. Bagian dingin sistem generator termoelektrik digunakan air sebagai insulator agar tetap dingin dan menjaga gradien suhu antara dua bagian sistem.



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

Gambar 1 merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini menggunakan instrumen berupa komponen untuk mendukung perencanaan alat pada penelitian. Komponen tersebut antara lain Baterai MTZ6S, Modul LM2596, Modul XL4015, Radiator , Kipas DC, Pompa DC, dan Tempurung kelapa.

Pada tahap perancangan komponen termoelektrik generator dibuatnya diagram alir sistem kerja alat dan modul *wiring* diagram alat yang saling berintegrasi. berikut



Gambar 2. Skema termoelektrik generator keseluruhan

Gambar 2 merupakan gambaran secara keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada gambar

ketika termoelektrik diberi perbedaan temperature diantara 2 sisi termoelektrik maka akan menghasilkan energi listrik, hal ini dinamakan termoelektrik generator. Selanjutnya keluaran energi listrik dari termoelektrik generator dihubungkan ke Modul LM2596 untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan dari termoelektrik generator yang bertujuan untuk menghidupkan kipas DC dan Pompa Air DC sebagai pendingin air agar temperatur tidak terlalu panas.

Keluaran energi listrik dari termoelektrik generator selanjutnya dihubungkan ke modul XL4015 untuk menurunkan tegangan dari hasil yang dikeluarkan termoelektrik generator dan setelah itu dihubungkan kembali ke charger Controller yang berfungsi sebagai pengisi baterai otomatis sehingga saat baterai terisi penuh maka pengisian baterai dihentikan otomatis. Dari charger controller kemudian dihubungkan ke baterai dan kemudian disambung lagi ke rangkaian *charger controller* untuk dapat menghidupkan lampu dengan besar tegangan 12Volt.

Dari hasil operasi termoelektrik ini bisa menghidupkan pompa air DC dan kipas DC, pada saat pompa air DC menyala akan mengalirkan air yang ada pada akuarium menuju waterblok, saat waterblok dialiri air maka beda temperatur pada termoelektrik pun semakin besar dan menghasilkan energi listrik yang semakin besar akan tetapi aliran air yang di waterblok akan mengalami pemanasan untuk itu maka dialirkan lagi ke radiator dan saat bersamaan kipas DC menyala untuk memberikan angin agar sisi panas di radiator terbuang untuk memberikan sirkulasi agar suhu air tidak terlalu panas. secara keseluruhan ditunjukkan keluaran dari termoelektrik dihubungkan ke modul penurun tegangan XL4015 agar tegangan tidak lebih dari 13 Volt selanjutnya dihubungkan ke *charger Controller* yang berfungsi sebagai pengisi baterai otomatis sehingga saat baterai terisi penuh maka pengisian baterai dihentikan otomatis. Generator termoelektrik dapat mengubah perbedaan suhu secara langsung menjadi energi listrik, namun TEG masih memiliki beberapa kekurangan. Dengan kata lain, nilai efektif terendah adalah 10%. Kerugian kinerja adalah TEG tidak bekerja secara optimal karena konveksi termal di TEG tidak sepenuhnya diserap dan sistem pendingin tidak sempurna. Hal inilah yang menjadi dasar dari penelitian ini, merancang sistem isolasi untuk memaksimalkan kerja modul TEG. Selain itu, menggunakan listrik yang dihasilkan untuk mengisi ulang baterai sebagai penghasil energi alternatif.

Pada penelitian ini menggunakan instrumen berupa komponen untuk mendukung perencanaan alat pada penelitian. Komponen tersebut antara lain Baterai MTZ6S, Modul LM2596, Modul XL4015, Radiator , Kipas DC, Pompa DC, dan Tempurung kelapa. Termoelektrik merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi perbedaan temperatur menjadi suatu tegangan listrik ataupun sebaliknya.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisa data dilakukan untuk mengolah hasil data yang telah diperoleh yaitu nilai suhu dan daya yang dihasilkan. Dari nilai tegangan dan hambatan yang diperoleh, maka dapat dihitung nilai daya yang dihasilkan. Dari nilai daya dan suhu yang diperoleh dapat diketahui nilai efisiensi dari termoelektrik generator TEC12706. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi Microsoft excel dan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Parameter penelitian ini akan mengambil data nilai tegangan dan arus yang telah terukur kemudian dicari berapa nilai daya yang dibangkitkan.

3.1. Pengujian Modul LM2596 & XL4015

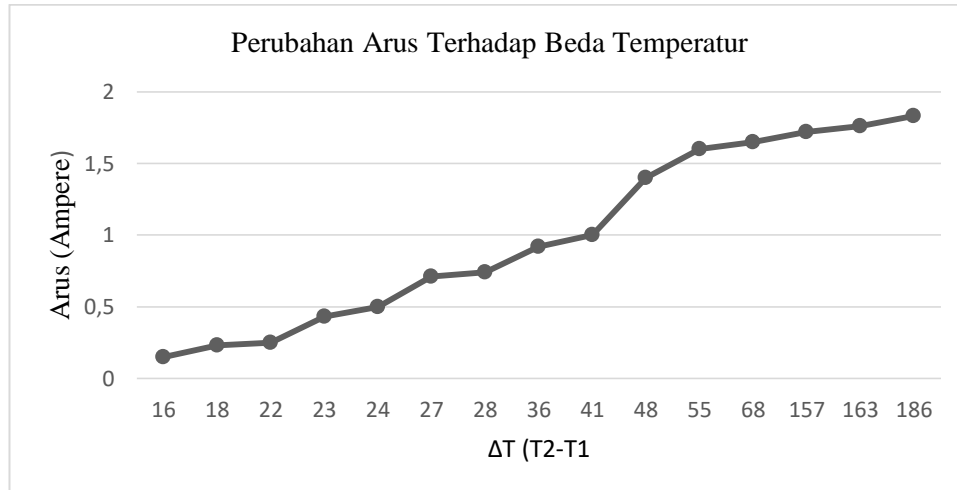
Pengujian modul penurun tegangan LM2596 ini diambil dengan cara mengukur tegangan yang masuk pada modul penurun tegangan LM2596 dan mengatur tegangan yang keluar agar tidak lebih dari 13.5 Volt.

Tabel 1. Total beban yang digunakan

No	Beban	Arus (A)
1	Kipas Dc	0.41
2	Pompa DC	0.375
3	Lampu	0.4
Jumlah		1.185

Tabel 2. Hasil Pengujian bahan bakar 200 gram

No	Bahan Sampah yang digunakan	Sisi Panas °C	Sisi Dingin °C	ΔT (T ₂ - T ₁)	Waktu (Menit)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	Tempurung kelapa 200 gram	46	30	16	2	2	0.15	0.3
2		48	30	18	4	2.6	0.23	0.598
3		55	33	22	6	3	0.25	0.75
4		57	34	23	8	3.8	0.43	1.634
5		60	36	24	10	4.6	0.5	2.3
6		63	36	27	12	5.9	0.71	4.189
7		65	37	28	14	7	0.74	5.18
8		73	37	36	16	7.9	0.92	7.268
9		78	37	41	18	10	1	10
10		86	38	48	20	12.2	1.4	17.08
11		94	39	55	22	15	1.6	24
12		107	39	68	24	15.8	1.65	26.07
13		198	41	157	26	18	1.72	30.96
14		207	44	163	28	20	1.76	35.2
15		232	47	186	30	23	1.83	42.09
Rata-rata		97.9333	37.2	60.8	16	10.0533	0.99267	13.8413

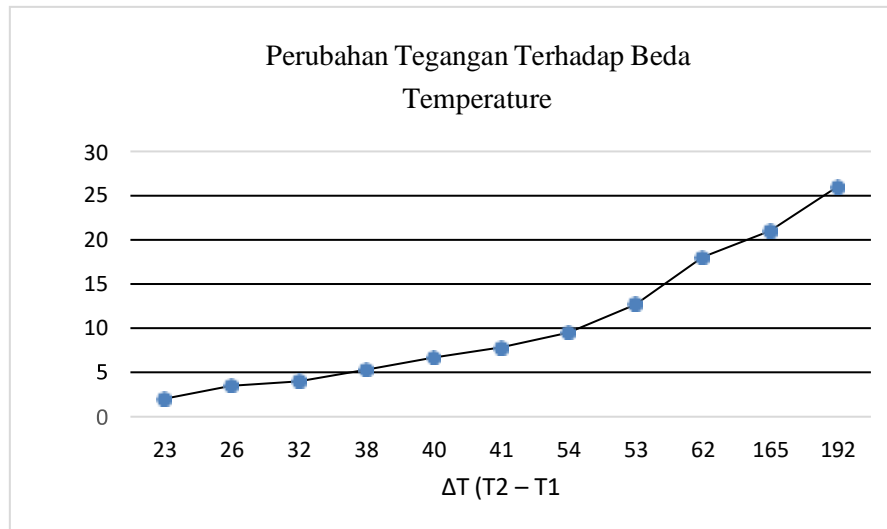


Gambar 3. Grafik pengujian perubahan tegangan terhadap beda temperature dengan pembakaran tempurung kelapa 200gram

Tabel 1 adalah total keseluruhan beban yang digunakan pada penelitian ini. Sednagkan Tabel 2 merupakan hasil data yang telah didapatkan selama pengujian dan disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 3. Pada pengujian ini dimana menggunakan tempurung kelapa sebesar 200gram dapat menghasilkan 10,05 Volt dan 0,99 A. Dari pembakaran tempurung kelapa kering sebanyak 200gr dalam 30 menit dan tiap 2 menit sekali diambil data kenaikan suhu dan tegangan, dapat menghasilkan rata-rata ΔT sebesar $60,8^\circ\text{C}$ dan rata-rata tegangan sebesar 10,05 Volt serta arus sebesar 0,99 A yang dapat menghidupkan kipas DC, pompa DC dan Lampu DC sebesar 5 watt. Tegangan dan arus yang telah didapat dari output modul LM2596 dan modul XL4015 kemudian arus serta tegangannya di simpan dalam aki kering yang berfungsi sebagai baterai dengan kapasitas 12 V/3,5 Ah. Maka dengan pembakaran tempurung kelapa 200 gram dapat mengisi penuh baterai sampai 3 jam 33 menit.

Tabel 3. Hasil Pengujian dengan bahan bakar 300 gram

No	Bahan Sampah yang digunakan	Sisi Panas $^\circ\text{C}$	Sisi Dingin $^\circ\text{C}$	ΔT ($T_2 - T_1$)	Waktu (Menit)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	Tempurung kelapa 300 gram	51	28	23	2	2	0.16	0.32
2		60	34	26	4	3.5	0.26	0.91
3		67	35	32	6	4	0.3	1.2
4		73	35	38	8	5.3	0.54	2.862
5		79	39	40	10	6.7	0.78	5.226
6		81	40	41	12	7.8	0.9	7.02
7		95	41	54	14	9.5	0.97	9.215
8		95	42	53	16	12.7	1.2	15.24
9		105	43	62	18	18	1.3	23.4
10		210	45	165	20	21	1.7	35.7
11		237	45	192	22	26	1.8	46.8
Rata-rata		104.818	38.8182	66	12	10.5909	0,97	13.4448

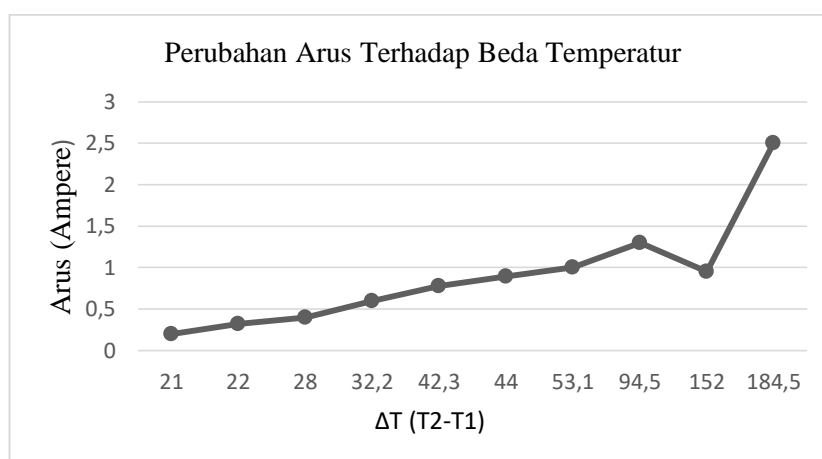


Gambar 4. Grafik pengujian perubahan tegangan terhadap beda temperature dengan pembakaran tempurung kelapa 300gram

Tabel 3 merupakan hasil data yang telah didapatkan selama pengujian dan disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4. Dari pembakaran sampah batok/tempurung kelapa kering sebanyak 300gr dalam 22menit dan tiap 2 menit sekali diambil data kenaikan suhu dan tegangan, dapat menghasilkan rata-rata ΔT sebesar 66°C dan rata-rata tegangan sebesar 10,7 Volt. Pada pengujian ini dimana menggunakan tempurung kelapa sebesar 300gram dapat menghasilkan 10,7 Volt dan 0,99 A. Dari pembakaran sampah batok/tempurung kelapa kering sebanyak 300gr dalam 22 menit dan tiap 2 menit sekali diambil data kenaikan suhu dan tegangan, dapat menghasilkan rata-rata ΔT sebesar 66°C dan rata-rata tegangan sebesar 10,7 Volt serta arus sebesar 0,995 A yang dapat menghidupkan kipas DC, pompa DC dan Lampu DC sebesar 5 watt. Tegangan dan arus yang telah didapat dari output modul LM2596 dan modul XL4015 kemudian arus serta tegangannya di simpan dalam aki kering yang berfungsi sebagai baterai dengan kapasitas 12 V/3,5 Ah. Tegangan dan arus yang telah didapat dari output modul LM2596 dan modul XL4015 kemudian arus serta tegangannya di simpan dalam aki kering yang berfungsi sebagai baterai dengan kapasitas 12 V/3,5 Ah. Maka dengan pembakaran tempurung kelapa 300 gram dapat mengisi penuh baterai sampai 3 jam 33 menit.

Tabel 4. Hasil pengujian dengan 400 gram

No	Bahan Sampah yang digunakan	Sisi Panas °C	Sisi Dingin °C	ΔT (T ₂ - T ₁)	Waktu (Menit)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	Tempurung kelapa 400 gram	55	34	21	2	3.5	0.2	1
2		57	35	22	4	4	0.32	1.28
3		64	36	28	6	4.3	0.4	1.72
4		70	37.8	32.2	8	5.7	0.6	3
5		81	38.7	42.3	10	7.5	0.78	6
6		83	39	44	12	8.6	0.89	7.654
7		94	40.9	54.1	14	13	1	13
8		136	41.5	94.5	16	17.8	1.3	23.14
9		194	42	152	18	22	0.95	20.9
10		227	42.5	184.5	20	23	2.5	57.5
Rata-rata		106.1	38.74	67.36	11	10.94	1	13,7



Gambar 5. Grafik pengujian perubahan tegangan terhadap beda temperature dengan pembakaran tempurung kelapa 300gram

Tabel 4 merupakan hasil data yang telah didapatkan selama pengujian dan disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 5. Pada saat percobaan dilakukan dengan membakar sampah tempurung kelapa kering sebanyak 400gram pembakaran dapat bertahan selama 20 menit, maka dari itu melakukan pengujian selama 20 menit dan mengambil data tiap 2 menitnya, pada pengujian ini pembangkit menghasilkan beda temperatur yang menghasilkan keluaran energi listrik, dari keluaran termoelektrik generator dengan tegangan sebesar 5 volt sudah mampu menyalakan kipas DC dan Pompa air DC dengan tegangan kerja minimum dari kipas DC dan pompa air DC. Maka dari itu dibutuhkan modul LM2596 untuk menurunkan tegangan sekitar 12 volt dan modul XL4015 untuk menurunkan arus sekitar 1 A. Dari pembakaran sampah batok/tempurung kelapa kering sebanyak 400gr dalam 20 menit dan tiap 2 menit sekali diambil data kenaikan suhu dan tegangan, dapat menghasilkan rata-rata ΔT sebesar 68,9°C dan rata-rata tegangan sebesar 11,67 Volt.

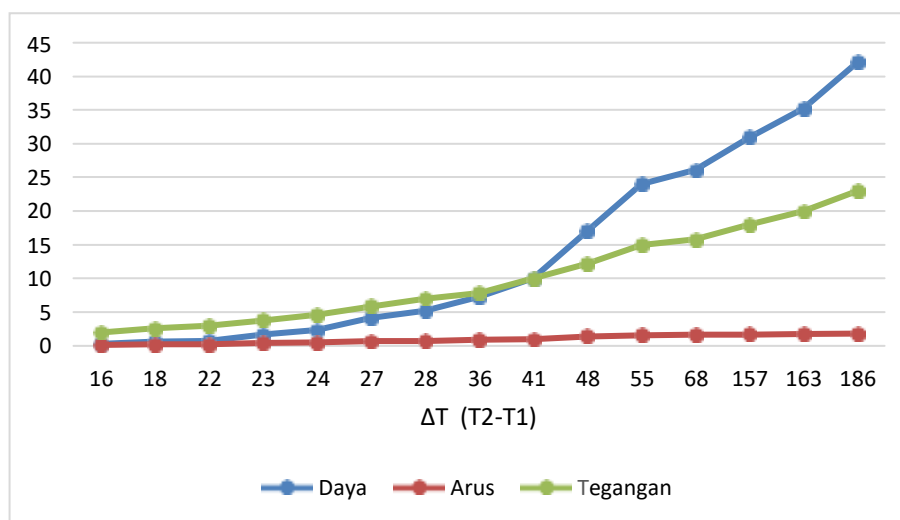
Rancangan alat termoelektrik generator secara keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada gambar ketika termoelektrik diberi perbedaan temperature diantara 2 sisi termoelektrik maka akan menghasilkan energi listrik, hal ini dinamakan termoelektrik generator. Selanjutnya keluaran energi listrik dari termoelektrik generator dihubungkan ke Modul LM2596 untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan dari termoelektrik generator yang bertujuan untuk menghidupkan kipas DC dan Pompa Air DC sebagai pendingin air agar temperatur tidak terlalu panas.

Keluaran energi listrik dari termoelektrik generator selanjutnya dihubungkan ke modul XL4015 untuk menurunkan tegangan dari hasil yang dikeluarkan termoelektrik generator dan setelah itu dihubungkan kembali ke charger Controller yang berfungsi sebagai pengisian baterai otomatis sehingga saat baterai terisi penuh maka pengisian baterai dihentikan otomatis. Dari charger controller kemudian dihubungkan ke baterai dan kemudian disambung lagi ke saklar untuk menghidupkan lampu taman 12Volt.

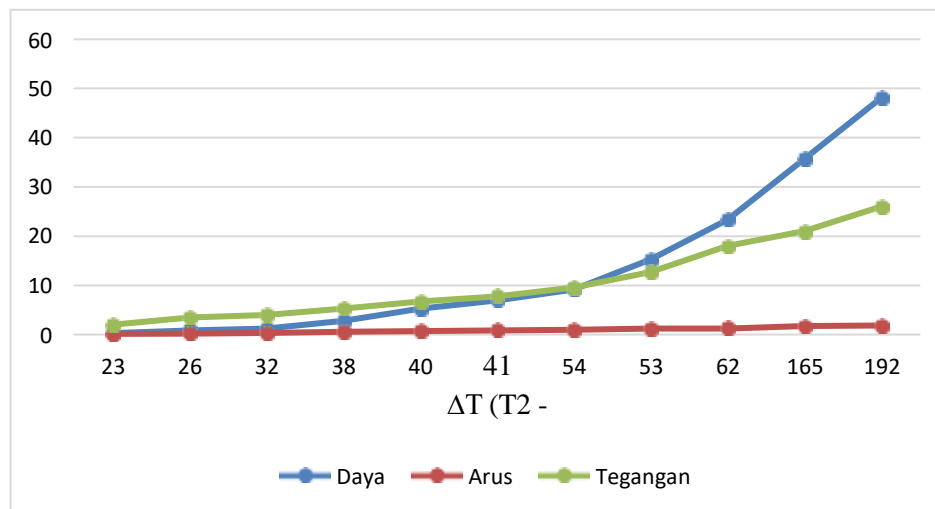
Secara keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada gambar diawali keinginan menghasilkan listrik sesuai keinginan lalu dilanjut dengan memasukan batok yang dibutuhkan untuk menghasilkan listrik yang diinginkan berapa besarnya, dilain sisi juga diperlukan pemicu pembakaran untuk berlangsungnya pembakaran sampah batok ini dan juga di butuhkan aliran air agar mendapatkan ΔT untuk menghasilkan listrik yang diinginkan semakin besar ΔT yang dihasilkan maka semakin besar juga listrik yang didapatkan dari operasi termoelektrik generator.

Dari hasil operasi termoelektrik ini bisa menghidupkan pompa air DC dan kipas DC, pada saat pompa air DC menyalah akan mengalirkan air yang ada pada akuarium menuju waterblok, saat waterblok dialiri air makan beda temperatur pada termoelektrik pun semakin besar dan menghasilkan energi listrik yang semakin besar akan tetapi aliran air yang di waterblok akan mengalami pemanasan untuk itu maka dialirkan lagi ke radiator dan saat bersamaan kipas DC menyala untuk memberikan angin agar sisi panas di radiator terbuang untuk memberikan sirkulasi agar suhu air tidak terlalu panas.

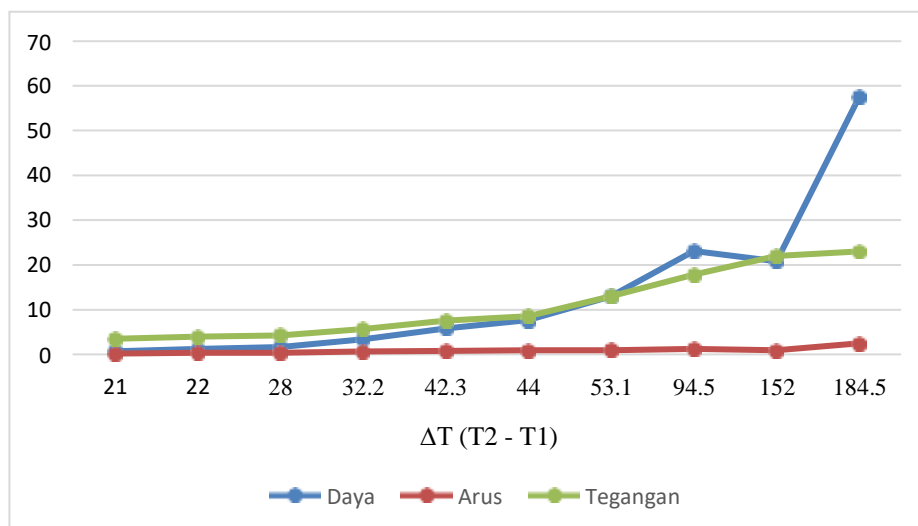
3.2 Grafik Keseluruhan Daya, arus, dan tegangan



Gambar 7. Grafik Perubahan Daya, Arus dan Tegangan Terhadap Temperatur 200 Gram



Gambar 8. Grafik Perubahan Daya, Arus dan Tegangan Terhadap Temperatur 300 Gram



Gambar 9. Grafik Perubahan Daya, Arus dan Tegangan Terhadap Temperatur 400 gram

4. Kesimpulan

Berikut beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan, pengimplementasian serta pengujian alat : 1) Dari pembakaran sampah tempurung kelapa 200gram, 300gram, 400 gram dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. 2) Pengambilan data menggunakan dua buah multimeter dan termometer elektrik, pengambilan data dilakukan 2 menit. Dari hasil pengujian alat ini dapat menghasilkan tegangan rata-rata 10,05 Volt untuk tempurung kelapa 200gram, Arus rata-rata 0,99 Ampere dan daya rata-rata sebesar 13,84 Watt dan dapat mengisi penuh baterai sampai 3 jam 33 menit. 3) Dari hasil pengujian alat ini dapat menghasilkan tegangan rata-rata 10,59 Volt untuk tempurung kelapa 300gram, Arus rata-rata 0,995 Ampere dan daya rata-rata sebesar 13,56 Watt dan baterai dapat terisi penuh sekitar 3 jam 36 menit. 4) Dari hasil pengujian alat ini dapat menghasilkan tegangan rata-rata 10,94 Volt untuk tempurung kelapa 400gram, Arus

rata-rata 1 Ampere dan daya rata-rata sebesar 13,70 Watt dan baterai dapat terisi penuh sekitar 3 jam 30 menit. 5) Semakin banyak tempurung kelapa yang digunakan untuk pembakaran maka suhu semakin panas serta tegangan dan arus didapatkan semakin cepat, namun dengan catatan memperhatikan batas maksimum suhu dari termoelektrik.

5. Referensi

- [1] Agyekum, E.R. (2020). Energy poverty in energy rich ghana : a swot analytical approach for the development of ghana's renewable energy. Sustainable energy technologies and assesments. 1 – 9.
- [2] Al Farissy, F. (2018). Studi Eksperimental Termoelektrik Generator (TEG) dengan variasi FIN dan NON FIN Pada Fluida Panas Supra X 125 cc. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [3] Al Fikri, H. A. (2016). Efektivitas modul peltier TEC- 12706 sebagai generator dengan memanfaatkan energi panas dari modul peltier TEC – 12706. Universitas muhammadiyah surakarta.
- [4] Alaoui., & Chakib. (2011). Peltier Thermoelectric Modules Modeling and Evaluation. International Journal of Engineering (IJE).
- [5] Amrullah. (2013). Uji Eksperimental Kinerja Termoelektrik Pada Pendingin Dispenser Air Minum. Universitas Hasanuddin.

- [6] Ansyori. (2017). Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Seebeck Effect . Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [7] Cahyaningtyas, R., Haris, A., Aziza, R.N, et al. (2019). Simulasi pembangkit listrik tenaga sampah di STT PLN sebagai bagian dari listrik kerakyatak (LK). Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang. 59 – 68.
- [8] California Institute of Technology. (2013). Brief History of Thermoelectric. (*online*). (<http://thermoelectrics.caltech.edu/thermoelectrics/history.html>).
- [9] Cekdin, C., Nawawi, Z., & Faizal, M. (2020). The usage of thermoelectric generator as a renewable energy source. *TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control*, Vol. 18, No. 4, August 2020, pp. 2186~2192. doi:DOI: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i4.13072
- [10] Cengel, Y.A., & Boles, M.A. (2006) Thermodynamics: An Engineering approach, 5th ed, McGraw-Hill.
- [11] Cheremisinoff, & Ellerbusch. (1978). Carbon Adsorption Handbook An Arbon Science.
- [12]Erhaneli., & Syawal , E.A. (2017). Pemanfaatan Cangkang Dan Serabut Sawit Sebagai Bahan Bakar Pada Pltu Untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Masyarakat Kabupaten Bungo. Jurnal Momentum. 10-18.
- [13]Green Car Congress. [BMW provides an update on waste heat recovery projects: Turbosteamer and the Thermoelectric Generator](#). Energy Technology issue and policies for sustainable mobility.
- [14]Harris,. Anam, S., & Mahmudsyah, S. (2013). Studi pemanfaatan limbah padat dari perkebunan kelapa sawit pada PLTU 6 MW di Bangka Belitung. Jurnal teknik pomits. 73-78.
- [15]Hulshof, D., & Mulder, M. (2020). The impact of renewable energy use on firm profit. Energy economics. 1- 10.
- [16]Jaworski, C.M. (2007). Opportunites For Thermoelectric Energy Conversion In Hybrid Vehicles. The Ohio State University Department Of Mechanical Engineering.
- [17]Jennie , R.J. (2020). Studi kelayakan desain pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) sebagai sumber energi listrik 200 MW. 52-61.
- [18]Karpe, S. (2016). Thermoelectric Power Generation Using Waste Heat of Automobile. International Journal of Current Engineering and Technology.
- [19]Klara , S., & Sutirno. (2016). Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik. Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan. 113 – 128.
- [20]Maneewan,S., Tipsaepnonprom,W., & Lertsatithanakom,C. (2010). Thermal Comfort Study Of A Compact Thermoelectric Sir Conditioner. Journal Of Electronic Materials.
- [21]Nibu, & Vinayakrishnan. (t.thn.). Photo acoustic evaluation of the thermal diffusivity of coconut shell. *J.Phys.: Condens. Matter*,, Vol. 14, pp. 4509-4513.
- [22]Pradana, M. A., & Widyarto , M. (2020). Prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator dengan menggunakan penghantar panas alumunium, kuningan dan seng. Jurnal teknik elektro. 251 – 257.
- [23]Puspita, S.C., Sunarno, H., & Indarto, B. (2017). Generator Termoelektrik Untuk Pengisian Aki. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. 84 – 87.
- [24]Poernomo Sari, d. (2016, oktober). kajian awal analisis kalor buang kondensor pendingin ruangan sebagai sumber energi listrik alternatif. *jurnal energi dan manufaktur*, 9, 2.

- [25]Putra, A.E., Rifky., & Fikri, A. (2018). Pemanfaatan Panas Buang Atap Seng Dengan Menggunakan Generator Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. Seminar Nasional Teknoka. 38 - 43.
- [26] Ramlati, hamka, & saenab, s. (2017). *Energi Dan Kalor Dalam Sistem Kehidupan*. Kemendikbud.
- [27]Ryanuargo., Anwar, S., & Sari, S.P. (2013). Generator Moni Dengan Prinsip Termoelektrikdari Uap Panas Kondensor Pada Sistem Pendingin. Jurnal Rekayasa Elekrika. 180 – 185.
- [28]Samsinar, R., & Anawar, K. Studi perencanaan pembangkit listrik tenaga sampah kapasitas 115 KW : Studi kasus kota tegal. 33 – 40.
- [29]Sari, S.P., Saputra, D.P., & Donawan. (2019). Analisis Energi Listrik Dari Panas Kondensor Air Conditioner Dengan Insulasi Dan Generator Termoelektrik. Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi. 65-72.
- [30]Sasmita, S.A., Ramadhan, M.T., & Kamal, M.I, et el. Alternatif pembangkit energi listrik menggunakan prinsip termoelektrik generator. TESLA. 57 – 61.
- [31]Shabbaz, M., Raghutla, C., Chittedi, K.R, et al. (2020). The effect of renewable energy consumption on economic growth : evidence from the renewable energy country attractive index. Jurnal pre – proof. 1 – 33.
- [32]Yono, N.T., Marpaung, M.A., & Desnita. (2016). Pengembangan Media Pembelajaran Termoelektrik Generator Sebagai Sumber Energi. Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika. 65.
- [33] Tellurex. (2006). The Most Frequenty Asked Questions About Thermoelectric