

Rancang bangun kompor biomassa penghasil energi listrik untuk mengisi baterai 12 V

Muhammad Fachrul Rosyidi^{a,1}, Dian Budhi Santoso^a, Lela Nurpulaela^a

^aJurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo Kota Karawang 41361, Indonesia

¹E-mail: muhammad.fachrul16087@student.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 29 Agustus 2020

Direvisi pada 26 September 2020

Disetujui pada 17 Oktober 2020

Tersedia daring pada 15 November 2020

Kata kunci:

Energi alternatif, *thermoelektrik generator*, efek *seebeck*.

Keywords:

Alternative energy, thermoelectric generator, seebeck effect.

ABSTRAK

Bahan bakar fosil sebagai sumber energi listrik sangat terbatas, sehingga dibutuhkan sumber energi alternatif dimana salah satunya adalah dengan memanfaatkan *thermoelectric generator* (TEG). Artikel ini membahas tentang perancangan kompor penghasil energi listrik menggunakan komponen TEG dengan memanfaatkan limbah biomassa dalam pembakarannya. Energi yang dihasilkan terhubung dengan baterai untuk penyimpanan energi listrik. Penelitian ini menggunakan 5 TEG yang tersusun secara seri dengan tipe TEG SP 1848–27145. Cara kerjanya adalah dengan menggunakan prinsip efek *Seebeck* yaitu memanfaatkan sistem perbedaan temperatur untuk menghasilkan energi listrik. Media pada bagian panas dihasilkan pada kompor dan pada bagian dingin menggunakan kipas DC 12 V. Pengujian untuk pengisian baterai telah dilakukan dengan waktu selama 60 menit. Hasil pengujian didapat bahwa selama pengisian baterai mengalami kenaikan tegangan sebesar 0,03 V.

ABSTRACT

Fossil fuel as an electrical energy source is very limited so the alternative energy source is needed. One of the way to make it happen is by utilizing thermoelectric generator (TEG). This paper discussed about designing electrical energy-producer stove using TEG component by taking the advantage of biomass waste in the combustion. The produced energy was connected with a battery as a place to save electrical energy. This research was using 5 TEGs with serial arrangement in the type of TEG SP 1848 - 27145. Seebeck effect was used to know how this system works, in which the researcher took the advantage of temperature differences to produce energy. The heat media was produced on the stove and the cold side used DC 12 V fan. The test for battery charging had done in 60 minutes. The result showed that there is 0,03 V.

Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9112>.

1. Pendahuluan

Indonesia menghadapi permasalahan diantaranya adalah ketidakseimbangan antara konsumsi listrik pelanggan dibanding dengan produksi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) [1]. Meningkatnya kuantitas manusia seiring meningkatnya kebutuhan manusia akan konsumsi listrik untuk kehidupan sehari-hari, ditambah lagi semakin berkurangnya ketersediaan bahan bakar fosil yang terdapat di Indonesia karena selama ini dijadikan komoditas primer untuk penunjang energi namun memiliki ketersediaan yang semakin sedikit [2]. Butuhnya pengganti bahan bakar fosil tersebut membuat manusia menciptakan energi yang ramah lingkungan dan efisien. Pemerintah Indonesia memberikan solusi dalam menanggulangi permasalahan tersebut yaitu dengan membangun pembangkit–pembangkit listrik alternatif.

Tahun yang akan datang diprediksi kebutuhan energi listrik semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya populasi manusia. Jika mengandalkan sumber energi yang berasal dari minyak, gas dan batu bara yang hampir habis, maka dalam jangka panjang tidak akan mampu memenuhi kebutuhan atas energi listrik, dimana untuk aktivitas sehari-hari akan semakin meningkat [3]. Program untuk mengembangkan energi alternatif contohnya energi yang berasal dari panas bumi, sel matahari (*solar cell*), angin, OTEC (*ocean thermal energy conversion*) perlu diperhatikan lebih serius baik dari masyarakat, akademisi, dunia industri sampai pada pemerintahan. Selain itu perlu pula diperhatikan pada konservasi energi atau penghematan energi, karena dengan melakukan penghematan energi dan meningkatkan efisiensi termal akan berakibat pada sistem energi yang dapat memperpanjang persediaan bahan bakar fosil. Efisiensi pada pembangkit listrik tenaga uap dan gas atau sistem termal lainnya berkisara pada angka 30–40%, sehingga walaupun telah dibuat beberapa



teknologi yang digunakan dengan memanfaatkan panas buang tersebut, contohnya sistem *combine cycle*, namun limbah panas yang dihasilkan pada lingkungan masih cukup besar [4]. Kebutuhan energi alternatif lain sedang dikembangkan salah satunya dengan mengkonversi biomassa menjadi energi listrik dengan teknik pembakaran menggunakan udara yang terbatas atau gasifikasi. Energi dari biomassa dapat diperoleh dengan pembakaran secara langsung, dapat juga dengan pirolisis (tanpa adanya oksigen) atau gasifikasi (dengan oksigen terbatas) untuk menghasilkan bahan bakar cair atau bahan bakar gas. Pemanfaatan biomassa sekam padi dengan cara membakar secara langsung tidak efisien. Salah satu yang dilakukan untuk mengkonversi biomassa sekam padi menjadi energi adalah dengan proses pembakaran menggunakan udara yang terbatas. Teknologi yang lain yang digunakan dalam proses mengubah energi panas menjadi energi listrik langsung dapat menggunakan *thermoelektrik generator* yang sumber energinya dapat memanfaatkan limbah panas, dimana perkembangannya dapat menjadi salah satu teknologi yang baik sebagai alternatif sumber energi alternatif di masa depan [5].

Meningkatnya penggunaan limbah biomassa ditargetkan Pemerintah pada tahun 2025 dapat dicapai dengan memanfaatkan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan limbah biomassa yang digunakan diharapkan dapat menjadi sumber energi alternatif yang dapat direalisasikan pada daerah-daerah yang berpotensi memberikan kontribusi terhadap produk-produk limbah biomassa [6]. Limbah biomassa akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar kompor penghasil energi listrik. Kompor biomassa adalah salah satu teknologi energi terbarukan yang dikembangkan menggunakan bahan bakar limbah biomassa yang sangat banyak ditemui di sekitar kita. Penggunaan kompor biomassa yang memanfaatkan panas buangan memiliki potensi, sehingga dapat digunakan untuk sumber energi listrik alternatif. Panas buangan yang dihasilkan pada kompor dapat diubah menjadi energi listrik dengan komponen *thermoelektrik generator*. Salah satu sumber energi alternatif baru yang potensial untuk menghasilkan energi listrik alternatif adalah *thermoelektrik generator* (TEG) [7]. Generator ini kemudian dipasangkan pada kompor biomassa untuk dimanfaatkan panas buangnya dan kemudian diubah menjadi energi listrik [8]. Material termoelektrik yaitu cukup diletakkan sedemikian rupa dalam kompor untuk mendapatkan limbah panasnya dan menghubungkan antara sumber sisi panas dan sisi dingin dengan dibantu dengan kipas, dimana mekanisme ini dapat menghasilkan sejumlah arus listrik [9]. Termoelektrik merupakan alat yang memiliki prinsip fisika dalam kerjanya untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas, namun memiliki fungsi lain yang dapat dimanfaatkan pada termoelektrik yang jarang diketahui masyarakat yaitu kebalikannya dengan mengubah energi panas menjadi energi listrik [10]. Awal fenomena termoelektrik ditemukan pada tahun 1821 pertamakalinya oleh seorang ilmuwan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck. Ilmuwan tersebut mencoba menyambungkan tembaga dan besi dalam suatu rangkaian. Kemudian diantara logam tembaga dan besi diletakkan sebuah jarum kompas. Fenomena yang terjadi pada saat kedua logam tersebut diberi panas yaitu jarum kompas bergerak. Bergeraknya jarum kompas dapat dinyatakan bahwa adanya medan listrik pada kedua logam tersebut akibat adanya panas pada salah satu sisinya, fenomena tersebut disebut efek *Seebeck* [11].

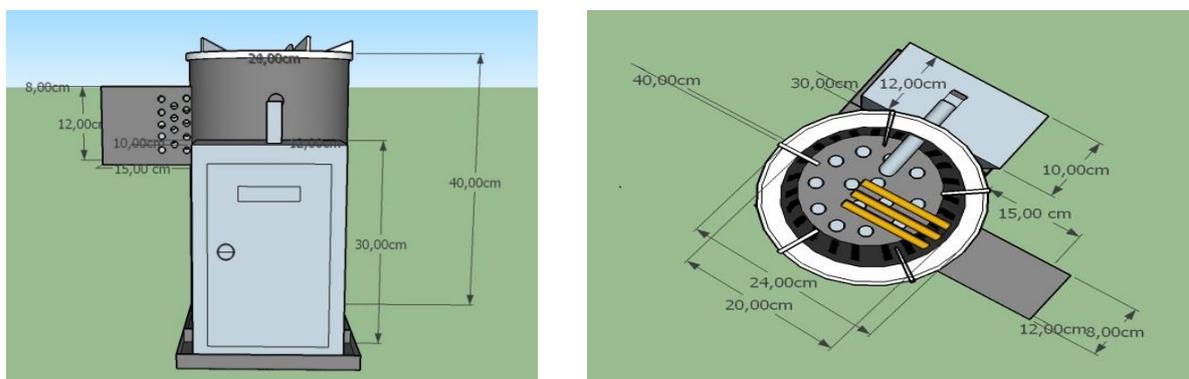
Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan pada Sumarjo *et al.* (2017) yaitu memanfaatkan energi panas dari pembakaran dengan spiritus, gas elpiji dan kayu bakar menggunakan 10 TEG yang terpasang seri untuk menghidupkan lampu [12]. Penelitian lain Busthomy dan Widyartono (2020) memanfaatkan panas yang digunakan sebagai pengisian baterai *handphone*. Media penelitian tersebut masih menggunakan bahan bakar gas, penggunaan modul TEG yang memiliki perbedaan temperatur yang rendah dan tidak adanya penyimpanan pada saat energi listrik yang dihasilkan [13]. Dari permasalahan-permasalahan di atas, maka peneliti terdorong untuk melakukan penelitian memanfaatkan limbah biomassa sebagai media pembakaran, penggunaan modul TEG SP 1848 – 27145 dan energi listrik yang dihasilkan oleh kompor yang disimpan melalui baterai 12 V. Sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi rekomendasi yang sederhana dan efisien dalam menghasilkan energi alternatif.

2. Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan memiliki beberapa tahapan yaitu, perancangan sistem pembangkit, pengujian pada kenaikan baterai 12 V dan pengambilan data kenaikan baterai 12 V. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan *heatsink*, kipas DC 12 V, modul XL6009 *step up DC converter*, dioda proteksi jenis 1N4007, serta baterai 12 V 7.2 Ah yang digunakan untuk penyimpanan energi listrik yang dihasilkan.

2.1. Deskripsi Kompor Biomassa Hasil Desain

Bentuk perancangan kompor biomassa penghasil listrik dirancang dengan bentuk tabung dilengkapi dengan komponen pendukung, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain kompor biomassa.

Komponen pendukung kompor listrik ini diantaranya adalah terdapat 2 panel box yang terletak pada sisi kompor. Panel box yang besar berisi baterai 12 V, arduino, sensor arus, dan sensor tegangan. Pada panel box yang berukuran kecil berisi kipas, *heatsink*, dan *thermoelektrik generator* (TEG). Selanjutnya terdapat cerobong asap yang digunakan sebagai tempat monitoring gas karbon monoksida (CO) dan 6 buah tembaga yang dipasang dengan atas dan bawah masing-masing 3 buah sebagai tempat penghantar panas menuju TEG. Dimensi kompor mempunyai ukuran dengan tinggi 40 cm dan memiliki diameter senilai 24 cm, sedangkan tungku pembakaran kompor memiliki diameter 20 cm. Dimensi pada panel box besar memiliki ukuran 20 x 12 x 30 dalam satuan cm, sedangkan untuk ukuran yang kecil memiliki dimensi 15 x 12 x 8 dalam satuan cm. Bentuk kompor yang menyerupai tabung dikarenakan

ketika proses pembakaran akan menimbulkan api yang diperoleh dari reaksi kimia sehingga menghasilkan gas. Bentuk tabung dan lubang pada kompor akan mempermudah proses pembakaran dan memiliki tingkat efisiensi pembakaran yang tinggi [14-15]. Gambar 2 merupakan hasil rancangan kompor biomassa yang telah dibuat dan digunakan dalam penelitian ini.



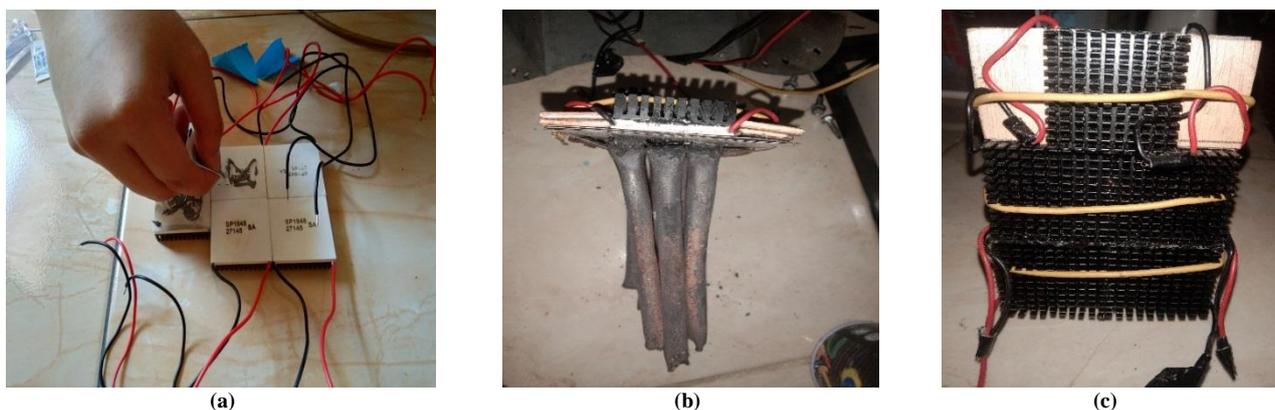
Gambar 2. Hasil rancangan kompor biomassa.

2.2. Tahapan Penelitian

Proses penghasilan listrik dari pembangkit memiliki beberapa tahapan, diantaranya adalah pembakaran tungku kompor, terjadinya perbedaan suhu pada TEG dan proses pengambilan data pengujian. Pertama dimulai ketika terjadinya proses pembakaran pada kompor, maka akan mengakibatkan timbulnya energi listrik dari perbedaan suhu pada bagian sisi TEG. Sisi panas TEG akan diperoleh dari pembakaran tungku kompor dan sisi dingin TEG akan diperoleh dari kipas yang telah dipasangkan. Bahan pembakaran yang digunakan adalah limbah biomassa seperti sekam padi, kayu dan daun. Energi listrik yang ada selanjutnya digunakan untuk pengisian baterai yang memiliki tegangan 12 volt. Selama proses pengisian baterai, sistem pembangkit akan menghasilkan listrik selama proses pengujian. Pada penelitian ini yang diamati adalah kenaikan yang terjadi pada tegangan baterai. Data selanjutnya diambil sebanyak 30 data dalam waktu 60 menit. Penetapan waktu pengambilan data dalam penelitian ini berkaitan dengan lamanya pembakaran yang efektif dalam tungku pembakaran untuk bahan bakar yang menggunakan limbah biomassa [16].

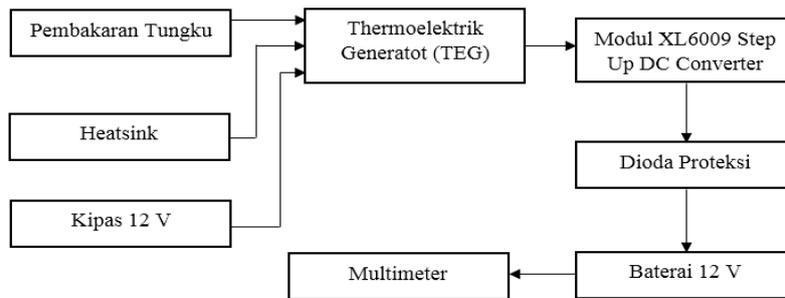
2.3. Perancangan hardware

Implementasi perancangan kompor penghasil listrik menggunakan modul TEG sebanyak 5 buah dan dirancang seri agar menghasilkan tegangan yang tinggi dengan tipe yang digunakan TEG SP 1848 – 27145 [1]. Setiap modul menghasilkan tegangan 1V – 2V DC dan bahkan dapat mencapai 5V DC bergantung dengan perbedaan suhu yang dihasilkan [4]. Setelah TEG disusun secara seri maka selanjutnya dipasang ke *heatsink*, dimana penggunaan *heatsink* berjumlah 5 dengan mengikuti jumlah TEG yang dirancang. Modul TEG selanjutnya dieratkan ke *heatsink* pada sisi dingin TEG dan pada sisi yang lain ditempel pada plat seng dan untuk mengeratkannya menggunakan *thermal* pasta untuk lebih meningkatkan perpindahan panas dari plat ke sisi bagian TEG seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. -(a). TEG yang diberikan *thermal* pasta; (b)-(c) Hasil perakitan tembaga, TEG dan *heatsink*.

Bagian sisi dari TEG pada sisi dingin akan dibantu dalam proses pendinginannya selain menggunakan *heatsink*, digunakan pula kipas DC 12 volt. Pemasangan kipas sejajar dengan bagian TEG dan *heatsink* agar memaksimalkan proses penurunan panas, sehingga kedua bagian TEG mengalami perbedaan suhu. Energi listrik yang ada selanjutnya digunakan untuk pengisian baterai yang memiliki tegangan 12 volt, tetapi dalam aliran listrik menuju baterai akan melewati beberapa komponen yaitu Modul XL6009 4A *step up* DC dan dioda proteksi. Pada penelitian ini menggunakan *voltage regulator* berjenis *step up* yang dapat menaikkan tegangan [17]. Penggunaan regulator tegangan bertujuan agar tegangan yang didapat dari pembangkit tetap stabil dengan tegangan spesifikasi tegangan *input* sebesar 3V – 18V dan tegangan *output* sebesar 4V – 24V [18] dan penggunaan baterai agar energi listrik tetap tersedia walau pembangkit dalam keadaan mati dengan spesifikasi tegangan 12 V dan 7.2 Ah. Pemasangan modul *step up* dan dioda proteksi akan membantu dalam memaksimalkan tegangan yang didapat.



Gambar 4. Diagram blok sistem.

Gambar 4 merupakan diagram blok sistem yang dilakukan pada penelitian ini. Pengujian dalam penelitian ini diberikan tegangan sebesar 13,6 volt dikarenakan biasanya dilakukan *setting* 110% -115% dari nominal tegangan baterai dan arus yang diberikan mengikuti besarnya arus yang bersumber dari pembangkit listrik [19].

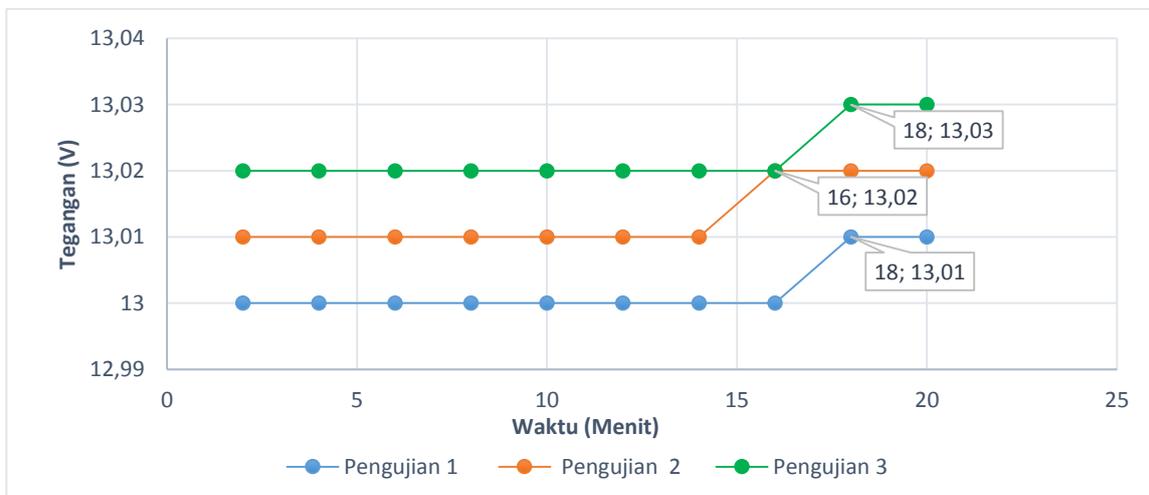
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian baterai 12 V pada penelitian ini bertujuan untuk menguji apakah kompor penghasil listrik yang dirancang dapat mengisi baterai. Pengujian dilakukan dengan metode manual, dimana menggunakan alat ukur multimeter untuk mengetahui kenaikan baterai selama waktu yang ditetapkan. Pengujian dilakukan ketika kompor sedang dalam proses pembakaran. Selama proses pembakaran yang dilakukan, api yang terdapat pada tungku pembakaran sulit untuk distabilkan sehingga panas yang diserap sulit untuk konstan, seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses pembakaran tungku kompor.

Data pengujian sistem dilakukan untuk menguji penambahan tegangan baterai pada jangka waktu 60 menit, dimana selanjutnya dibagi dalam 3 bagian pengujian, yaitu memiliki waktu selama 20 menit setiap bagiannya. Setiap percobaan diambil data pengujian dalam selang waktu 2 menit, sehingga data yang diperoleh didapatkan 10 data. Data yang dihasilkan dalam 60 menit akan berjumlah 30 data. Gambar 6 memperlihatkan kenaikan pada baterai selama proses pengujian.



Gambar 6. Grafik kenaikan tegangan dalam pengisian baterai.

Grafik kenaikan tegangan dalam pengisian baterai di atas menunjukkan bahwa setiap pengujian memiliki warna garis yang berbeda. Garis berwarna biru mewakili hasil pengujian 1, kemudian garis berwarna orange mewakili hasil pengujian 2, sedangkan garis berwarna hijau mewakili hasil pengujian 3. Pada grafik tersebut terdapat titik–titik besar pada setiap warnanya, yang mengartikan jumlah data didapatkan pada setiap pengujian berjumlah 30 data. Selama proses pengujian pada pengisian baterai selama 20 menit, yaitu pada pengujian pertama, mengalami kenaikan 0,01 V. Berikutnya kenaikan pada

pengujian kedua baterai mengalami kenaikan sebesar 0,01 V. Selanjutnya ketika pengujian ketiga mengalami kenaikan pada baterai tetap sebesar 0,01 V. Gambar 7 memperlihatkan hasil dari pengujian 1 selama 20 menit.



Gambar 7. Hasil pengujian 1.

Penambahan kenaikan dalam pengisian baterai dapat dilakukan analisis yaitu selama proses pengisian tegangan mengalami kenaikan dari kondisi mula-mula baterai 13,00 V sampai 13,03 V. Pengisian baterai menghasilkan tegangan yang konstan yaitu 0,01 V setiap pengujian. Lambatnya pengisian baterai dikarenakan tegangan yang masuk pada modul *step up* tidak melewati batas tegangan minimumnya. Batas tegangan minum pada modul *step up* adalah 3 V. Hal ini mengakibatkan tegangan yang masuk pada baterai tidak mencapai 13,6 V secara konstan. Serta ketika pengujian baterai dalam kondisi sudah melewati titik jenuh. Oleh karena itu baterai dalam keadaan sudah melewati titik jenuhnya akan mengecilkan arus yang masuk seiring dengan penuhnya baterai [20]. Pada proses pembakan pada kompor, jika api yang dihasilkan tidak stabil maka berdampak penyerapan panas selalu naik turun. Ketika pengujian baterai sudah selesai selama 60 menit pengisian dan didapat tegangan pada baterai menjadi 13,03 V.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam penelitian ini menghasilkan kompor yang dapat membangkitkan energi listrik dengan menggunakan *termoelektrik generator* (TEG) yang memanfaatkan limbah biomassa sebagai media pembakarannya. Limbah biomassa yang digunakan meliputi sekam padi, kayu dan daun. Selama proses pembakaran, api yang terdapat pada tungku sulit untuk distabilkan sehingga tegangan yang masuk pada baterai tidak konstan berakibat pada lambatnya proses pengisian pada baterai tersebut. Lambatnya pengisian baterai juga dipengaruhi oleh kondisi baterai yang sudah dalam kondisi penuh sehingga arus yang masuk akan mengecil. Banyaknya pengujian pada proses pengisian baterai memiliki 3 data pengujian, yaitu setiap pengujian memiliki waktu selama 20 menit dan didapatkan kenaikan pada baterai 0,01 V dalam setiap pengujiannya dari tegangan mula-mula 13,00 V sampai 13,03 V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rafika, H., Mainil, R. I., & Aziz, A. (2016). Kaji eksperimental pembangkit listrik berbasis *thermoelectric generator* (TEG) dengan pendinginan menggunakan udara. *J. Sains dan Teknol*, vol. 15, no. 1, pp. 7–11.
- [2] Siwi, Y. R., Facta, M., & Winardi, B. (2019). Perancangan konverter arus searah buck pada *thermoelectric generator*. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 7, no. 4, pp. 996-1001.
- [3] Sasmita, S. A., Ramadhan, M. T., Kamal, M. I., & Dewanto, Y. (2019). Alternatif pembangkit energi listrik menggunakan prinsip termoelektrik generator. *TESLA: J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 1, pp. 57-61.
- [4] Putra, N., Koestoer, R. A., Adhitya, M., Roekettino, A., & Trianto, B. (2010). Potensi pembangkit daya termoelektrik untuk kendaraan *hibrid*. *MAKARA Journal of Technology Series*, vol. 13, no. 2, pp. 53–58.
- [5] Andrapica, G., Mainil, R. I., & Aziz, A. (2015). Pengujian *thermoelectric generator* sebagai pembangkit listrik dengan sisi dingin menggunakan air bertemperatur 10° C. *J. Sains dan Teknol*, vol. 14, no. 2, pp. 45–50.
- [6] Apollo, & Musa, L. O. (2017). Penerapan *thermoelectric generator* sebagai peniup udara pada kompor gasifikasi biomassa sekam padi tipe kontinyu. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 2017*, pp.104-109. ISSN: 978-602-60766-3-2.
- [7] Masid, M., Susanto, T. B., Rahman, A. F., & Martini, N. (2018). Pemanfaatan panas panci yang terbuang sebagai sumber energi listrik alternatif berbasis termoelektrik generator. *Publ. Online Mhs. Tek. Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8.
- [8] Natasha., Salsabila., Suwandi, & Ajiwiguna, T. A. (2019). Studi pemanfaatan panas buangan kompor biomassa dengan menggunakan generator termoelektrik. *e-Proceeding Eng*, vol. 6, no. 2, pp. 5421–5428.
- [9] Khalid, M., Syukri, M., & Gapy, M. (2016). Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit listrik alternatif berskala kecil dengan menggunakan termoelektrik. *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 57–62.
- [10] Huda, D., N., & Kumala, S. A. (2020). Identifikasi termoelektrik generator sebagai pembangkit tenaga listrik. *Prosiding Seminar Nasional Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 6–13.
- [11] Puspita, S.C., Sunarno, H., & Indarto, B. (2017). Generator termoelektrik untuk pengisian aki. *JFA (Jurnal Fisika dan Aplikasinya)*, vol. 13, no. 2, pp. 84-87.

- [12] Sumarjo, J., Santosa, A., & Permana, M. I. (2017). Pemanfaatan sumber panas pada kompor menggunakan 10 termoelektrik generator dirangkai secara seri untuk aplikasi lampu penerangan. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 123–128.
- [13] Busthomy, P. L., & Widyartono, M. (2020). Generator termoelektrik dengan memanfaatkan panas yang terbuang dari api pembakaran untuk pengisian baterai handphone. *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no. 02, pp. 451–457.
- [14] Pambudi, P., Widodo, S., & Suharno, K. (2019). Pengaruh variasi jumlah lubang udara terhadap efisiensi kompor biomassa. *Jurnal Teknik Mesin MER-C (Mechanical Engineering Research Collection)*, vol. 2, no. 1. E-ISSN 2622-5735
- [15] Zuhri, S. (2017). Perancangan kompor biomassa berbahan bakar tongkol jagung. *Jurnal Simki-Techsain*, vol. 01, no. 04, pp. 1–9.
- [16] Purnomo, R. H., Kuncoro, E. A., & Wahyuni, D. (2014). Rancang bangun dan uji teknik kompor berbahan bakar limbah biomasa pertanian. *Buana Sains*, vol. 14, no. 2, pp. 71–78.
- [17] Raban, R., Kurniawan, E., & Sunarya, U. (2015). Desain dan implementasi *charger* baterai *portable* menggunakan modul Ic Xl6009E1 sebagai *boost converter* dengan memanfaatkan tenaga surya. *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 1900–1908.
- [18] Rimbawati., Ardiansyah, N., & Evalina, N. (2019). Perancangan sistem pengontrolan tegangan pada PLTB menggunakan potensio DC. *Semnastek Uisu*, vol. 1, pp. 14–20.
- [19] Mahardika, I. G. N. A., Wijaya, I. W. A., & Rinas, I. W. (2016). Rancang bangun baterai *charge control* untuk sistem pengangkat air berbasis arduino uno memanfaatkan sumber PLTS. *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 3, no. 1, pp. 26–32.
- [20] Budiman, W., Hariyanto, N., & Syahrial (2014). Perancangan dan realisasi sistem pengisian baterai 12 Volt 45 Ah pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di UPI Bandung. *Jurnal Reka Elkomika*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12.