

RANCANG BANGUN PENGOLAHAN SAMPAH BERBASIS *THERMOELECTRIC* UNTUK MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK DAN MENINGKATKAN SANITASI DI PERMUKIMAN PADAT PENDUDUK

Bunga Chintya¹, Alpin Philip Nugraha Siagian², Mardiana³

Teknik Elektronika^{1,2,3}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

bungachintya@students.polmed.ac.id¹, alpinphilipnugraha@students.polmed.ac.id²,
mardiana@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Pengelolaan sampah sebagai sumber energi terbarukan merupakan solusi integral untuk mengatasi permasalahan sampah dan energi berkelanjutan. Di Indonesia, volume sampah terus meningkat, dengan 18,30 juta ton sampah setiap tahunnya, namun hanya 70% yang diolah dengan baik. Pembakaran sampah secara besar-besaran menghasilkan gas dan polusi udara berbahaya. Teknologi incinerator yang menggunakan generator termoelektrik (TEG) dapat mengubah energi panas dari incinerator menjadi sumber energi listrik. Pengujian menunjukkan bahwa pembakaran 1 kg sampah selama 15 menit pada suhu 51°C - 100°C menghasilkan tegangan 12 Volt. Variasi dalam jumlah listrik termal digunakan untuk meningkatkan efisiensi TEG. Prinsip "efek Seebeck" digunakan untuk menghantarkan arus listrik melalui perbedaan suhu antara dua bahan semikonduktor. Dengan demikian, pengelolaan sampah menjadi energi listrik dapat membantu mengurangi polusi udara dan meningkatkan kualitas lingkungan, serta mendukung transisi energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Kata Kunci : Incinerator, Peltier, Filter Manual, Energi, Baterai

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Energi listrik telah menjadi kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, terutama dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih. Namun, kebutuhan dan konsumsi listrik yang semakin meningkat telah meningkatkan ketergantungan pada energi fosil, yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Di Indonesia, permasalahan sampah juga semakin serius, terutama di kota-kota besar seperti Medan, Sumatera Utara, dengan volume sampah sebesar 1.768,94 ton per hari dan 645.661,28 ton per tahun.

Untuk mengatasi kedua permasalahan tersebut, pengembangan energi alternatif melalui pemanfaatan limbah menjadi energi listrik merupakan solusi yang efektif dan ramah lingkungan. Teknologi incinerator yang digunakan untuk membakar sampah dapat menghasilkan panas yang signifikan, yang kemudian diubah menjadi energi listrik menggunakan generator termoelektrik (TEG). Dengan demikian, panas yang dihasilkan dari pembakaran sampah dapat dimanfaatkan secara maksimal, mengurangi polusi udara, dan memberikan manfaat ekonomis melalui penggunaan abu sisa pembakaran sebagai bahan material konstruksi.

Penelitian terkini telah menunjukkan bahwa teknologi TEG dapat mengubah panas menjadi energi listrik dengan efisiensi yang tinggi, sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik di daerah tertinggal. Alat pembakar sampah (incinerator) yang dikembangkan juga telah menunjukkan kemampuan untuk membakar sampah secara efisien, namun masih memerlukan modifikasi untuk meningkatkan kualitas udara dan efisiensi panas. Dengan demikian, pengembangan alternatif dalam mengolah sampah melalui teknologi TEG dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan meningkatkan kualitas lingkungan.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana cara mengolah sampah untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan thermoelectric generator?

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Jenis sampah yang diolah adalah organik (daun, ranting kering, kertas, dan kain).
- 2) Kapasitas pengolahan sekitar 1 Kg dalam tong.
- 3) Mengukur tegangan yang ada pada TEG dan masuk pada baterai.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan laporan akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menghasilkan energi listrik dari sampah dengan menggunakan Inovasi Thermoelektrical.

TINJAUAN PUSTAKA

Uraian Teori

Sampah

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa bahan organik atau anorganik yang dapat terurai atau tidak dapat terurai, yang tidak berguna lagi dan dibuang begitu saja ke lingkungan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan 70 juta ton sampah setiap tahunnya. Rumah tangga menghasilkan 48,9 juta ton sampah. 21,1 juta ton limbah berasal dari industri. Layanan kesehatan menghasilkan 0,3 juta ton limbah. Jumlah sampah di Sumut: Data resmi mengenai jumlah sampah di Sumut sulit ditemukan. Namun Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Sumut (DLHK) memperkirakan provinsi ini menghasilkan 12 juta ton sampah setiap tahunnya. Rumah tangga menghasilkan 7,2 juta ton sampah dan 4,8 juta ton limbah berasal dari industri (Tutuko, 2008).



Gambar 1. Sampah

(Sumber: https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/66_sampah-plastik-cemari-sungai-di-indonesia)

Thermoelectric Generator

Modul termoelektrik adalah sirkuit terintegrasi dalam bentuk *solid* yang menggunakan tiga prinsip termodinamika yang dikenal sebagai efek Seebeck, Peltier dan Thompson. Konstruksinya terdiri dari pasangan material semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang membentuk termokopel yang memiliki bentuk seperti *sandwich* antar dua *wafer* keramik tipis. 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” (Rizaldi 2022).



Gambar 2. TEG bismut tellurium (SP1848-27145)

(Sumber : <https://www.belajaronline.net/2020/04/apa-itu-termoelektrik-teg-dan-tec.html>)

Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang dibebankan ke baterai dan dikirim dari baterai ke beban. Pengontrol pengisian daya panel surya memantau pengisian berlebih dan tegangan berlebih pada panel surya/baterai. Tegangan dan pengisian daya yang berlebihan akan memperpendek masa pakai baterai.



Gambar 3. Solar Charger Controller

(Sumber : <https://atonergi.com/apa-itu-solar-charge-controller-memahami-kontroler-surya/>)

Aki

Baterai merupakan sumber arus searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai mengandung sel elektrokimia yang dapat mempengaruhi reaktan, oleh karena itu disebut sel sekunder. Bagian utama baterai adalah:

1. Kutub positif (anoda), terbuat dari timbal oksida (Pb O₂)
2. Kutub negatif, (katoda), terbuat dari timbal murni (Pb)
3. Larutan elektrolit yang terbuat dari asam sulfat (H₂SO₄).

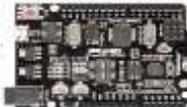


Gambar 4. Aki

(Sumber : <https://www.royalpv.com/produk/baterai-aki-kering-vrla-agm-kijoj12-7-12v-7ah/>)

Arduino Uno R3

Arduino ini adalah versi khusus dari ARDUINO UNO R3 klasik. Ini memiliki integrasi penuh antara mikrokontroler Atmel ATmega328P dan IC Wifi ESP8266 dengan memori flash 32 MB dan konverter USB-TTL CH340G dalam satu papan di mana semua modul dapat bekerja bersama atau berpisah dan dapat dikombinasikan dengan Internet of Things (IoT) atau firebase.

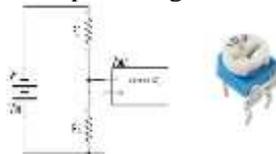


Gambar 5. Arduino Uno R3 ESP 8266

(Sumber : <https://indonesian.icschip.com/sale-14399587-atmega328p-esp8266-uno-wifi-r3-arduino-development-board.html>)

Modul Pembagi Tegangan

Modul pembagi tegangan merupakan rangkaian sederhana yang dapat mengubah tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Dengan hanya menggunakan dua resistor yang dipasang secara seri dan dengan sebuah input tegangan, kita dapat membuat tegangan output yang mana tegangan output ini merupakan hasil perhitungan dari tegangan input.



Gambar 6. Rangkaian dan modul pembagi tegangan sederhana

(Sumber : <https://probots.co.in/1k-ohm-trimpot-rm065-package-variable-resistor-trimmer-potentiometer.html>)

LCD 16x2 dengan I2C

LCD I2C (Liquid Crystal Display) adalah modul LCD yang dikontrol disinkronkan secara serial dengan protokol I2C/IIC (Inter Integrated Circuit). Biasanya, modul LD digerakkan secara paralel untuk jalur data dan kontrol. Namun, jalur ini membutuhkan banyak pin di sisi pengontrol, seperti Arduino. Pada LCD 16x2 dengan I2C/TWI, sistem komunikasinya hanya membutuhkan 4 kabel yang dihubungkan ke pin Arduino. Modul I2C ini menggunakan chip NXP IC PCF8574 sebagai pengontrolnya. IC ini merupakan IC

ekspansi I/O 8-bit yang pada dasarnya merupakan register geser. Namun pada LCD I2C ini kami hanya menggunakan dua pin saja dari arduino yaitu menggunakan pin SDA dan SCL.



Gambar 7. LCD 16x2 dengan I2C

(Sumber : <https://parnaek.medium.com/cara-menggunakan-i2c-display-16x2-lcd-pada-arduino-esp32-7b56c4d0c686>)

Heatsink

Heatsink merupakan suatu bahan yang dapat menyerap dan menghilangkan panas untuk memperpanjang proses perpindahan panas dari titik kontak dengan sumber panas dan menghilangkannya. Bagian penting dari sistem generator termoelektrik adalah penukar panas, seperti elemen pendingin dan pipa panas. Bagian ini mutlak diperlukan karena jika sisi panas unsur Peltier dapat dijaga konstan, maka sisi dingin unsur Peltier juga dapat menyerap panas secara terus menerus. Termoelektrik memerlukan elemen pendingin yang menyerap panas dari sisi dingin elemen Peltier dan membuang panas dari sisi panas elemen Peltier. Tata letak sistem penyerapan dan pembuangan panas termoelektrik bergantung pada media pertukaran panas yang digunakan. Penukar panas dapat berupa gas/udara, cair dan padat (Ginanjar et al., 2019).



Gambar 8. Heat Sink Aluminium

(Sumber : <https://jabatanteknologi maklumatmunikasikvjuasseh.wordpress.com/heatsink/>)

Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran untuk pengolahan limbah dan produksi TEG merupakan solusi inovatif untuk pengelolaan limbah, energi terbarukan, dan pupuk pestisida organik. Manfaatnya antara lain mengurangi jumlah sampah dan menghasilkan energi terbarukan, penggunaan asap dalam pupuk pestisida organik dan mengurangi gas rumah kaca dan polusi udara serta menyimpan cairan hasil kondensasi asap.



Gambar 9. Tungku Pembakaran

(Sumber : Penulis)

Kipas Angin Aksial

Kipas angin merupakan komponen penting dalam desain *incinerator* untuk pengolahan limbah dan produksi TEG. Kipas dapat meningkatkan kinerja sistem, keamanan, dan kontrol. Kipas aksial 12V bertegangan rendah dan aman digunakan dengan sistem TEG. Daya rendah, hemat energi, harga terjangkau, dan mudah dipasang.



Gambar 10. Kipas Angin Aksial

(Sumber : <https://www.soselectronic.com/en/products/ebm-papst/4114nh5-9694300262-221376>)

Filter Manual

Filter manual yang terbuat dari bahan kain kasa, ijuk dan cangkang telur merupakan salah satu solusi alternatif untuk menyaring asap kebakaran, terutama dalam skala kecil dan sederhana.

Keuntungan bahannya mudah didapat dan murah. Bahan ekologi bersifat alami dan dapat terurai secara hayati, sehingga tidak mencemari lingkungan serta mudah dibuat dan digunakan.



Gambar 11. Filter Manual
(Sumber : Penulis)

METODE PENELITIAN

Perancangan sistem alat ini diawali dengan pembuatan desain bentuk untuk menggambarkan secara umum bagaimana bentuk fisik dari alat ini kemudian membuat rangkaian dan program cara kerja (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software).

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada pendidikan vokasi di Medan Sumatera Utara yakni Program Studi Teknik Elektronika di Laboratorium dan Bengkel Teknik Elektronika Politeknik Negeri Medan.

Parameter Pengukuran dan Pengamatan

Pengelolaan sampah yang efektif dilakukan dengan memisahkan jenis sampah yaitu organik, anorganik, dan B3, serta menentukan komposisi sampah untuk menentukan persentase masing-masing jenis. Jumlah air dalam limbah dan nilai kalor juga penting dalam proses tersebut. Sistem pengolahan limbah harus mengukur berbagai parameter antara lain suhu, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. Selain itu, kualitas kebersihan juga harus dinilai dengan melakukan uji mikrobiologi, mengukur jumlah bau dan mengamati karakteristik visual lingkungan sekitar sistem pengolahan limbah. Dengan demikian, pengelolaan sampah dapat dipastikan dapat menjaga kebersihan lingkungan dan mengurangi dampak negatif aktivitas manusia terhadap lingkungan.

Rancangan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem pengelolaan sampah berbasis termoelektrik yang menghasilkan listrik dan meningkatkan sanitasi di daerah padat penduduk. Sistem ini dilengkapi dengan alat pemantauan baterai terintegrasi IoT untuk memantau kinerja dan optimalisasi sistem.



Gambar 12. Rancangan Alat
(Sumber : Penulis)

Metode Memperoleh Data

1. Studi Perpustakaan (Literatur)

Mempelajari buku, artikel dan referensi lain yang terkait dengan termoelektrik dan pengimplementasiannya terhadap energi listrik.

2. Konsultasi

Melakukan konsultasi kepada dosen pembimbing mengenai masalah laporan penelitian.

3. Penjadwalan

Membuat jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian sehingga pekerjaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Pengumpulan Bahan

Memilih komponen dan perangkat yang dibutuhkan berdasarkan teori dan referensi dari alat tersebut.

5. Perancangan

Merancang alat pengolahan sampah berbasis termoelektrik generator sesuai dengan hasil rancangan.

6. Pembuatan

Membuat alat sistem untuk pengolahan sampah berbasis termoelektrik generator sesuai dengan hasil rancangan.

7. Pengujian

Melakukan pengujian terhadap alat pengolahan sampah berbasis termoelektrik generator.

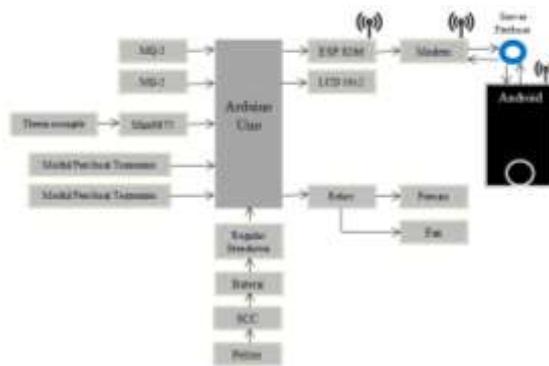
8. Analisis Data

Mengumpulkan dan mengolah data, kemudian menganalisis data berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

9. Simpulan

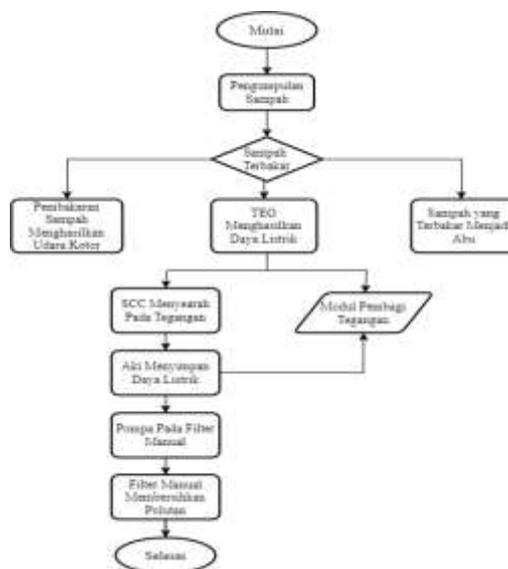
Penyusunan Laporan Akhir dan Publikasi Ilmiah.

Pembuatan Blok Diagram



Gambar 13. Blok Diagram (Sumber : Penulis)

Pembuatan Flowchart



Gambar 14. Flowchart (Sumber : Penulis)

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik Pengumpulan Data

Hal ini mencakup pemeriksaan yang tepat untuk mengamati jenis, jumlah dan karakteristik limbah. Wawancara dilakukan untuk memahami praktik pengelolaan sampah dan kebutuhan energi di masyarakat. Kuesioner digunakan untuk mengukur kepuasan masyarakat terhadap sistem pengelolaan sampah dan ketersediaan listrik. Selain itu, ada baiknya untuk meninjau literatur ilmiah untuk mempelajari tentang teknologi pengelolaan limbah elektronik, studi kasus dari bidang lain, dan praktik terbaik untuk pengelolaan dan pembersihan limbah. Parameter fisik dan kimia limbah, seperti kadar air, kalori, dan emisi gas rumah kaca, juga diukur untuk menilai efisiensi energi dan dampak lingkungan. Dengan menggabungkan seluruh metode tersebut, penelitian ini memberikan gambaran pengelolaan sampah yang efisien dan ramah lingkungan di kawasan terbangun.

Teknik Analisis Data

Data-data yang telah dikumpulkan akan dianalisa untuk diputuskan tindakan apa yang akan dilakukan pada alat agar alat tersebut dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan standar pemakaian termoelektrik generator pada alat pembakaran sampah serta dapat mengidentifikasi hal hal yang tidak wajar pada alat, sehingga dapat terus menerus dilakukan perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Adapun hasil yang didapat setelah pengujian dan penggunaan alat penelitian ini secara keseluruhan adalah berhasilnya termoelektrik generator menghasilkan energi dari pembakaran sampah pada incenerator. Hasil dari alat penelitian ini akan dirangkum menjadi beberapa keadaan pada termoelektrik generator.



Gambar 15. Bentuk Fisik Luar dan Dalam pada Alat
(Sumber : Penulis)

Tabel 1. Hasil Uji Output Peltier TEG Selama 15 Menit

Menit	Suhu Pembakaran (°C)	Termometer terhadap heatsink bagian panas TEG (°C)	Termometer terhadap heatsink bagian dingin TEG (°C)	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan TEG (Volt)
1	51,00	31,50	10,5	10.09	7.90
2	51,41	35,12	10,7	10.18	7.93
3	52,64	36,23	10,8	10.10	7.96
4	56,35	36,40	10,8	10.10	7.98
5	57,25	37,18	11,0	10.09	7.83
6	57,16	40,23	11,1	10.08	7.86
7	58,50	44,22	11,2	10.08	7.89
8	58,41	44,56	11,3	10.06	7.89
9	58,25	44,80	11,3	10.05	7.90
10	58,91	45,12	11,5	10.04	7.86
11	59,35	45,35	11,6	10.03	7.79
12	76,75	45,94	11,7	10.03	7.70
13	77,63	46,30	11,7	9,89	7.62
14	79,10	46,70	11,9	9,75	7.60
15	80,17	47,12	12,0	9,61	7.54

Pengukuran dilakukan setelah 5 menit dan pada suhu 51°C adalah suhu awal pada pembakaran sampah yang terdeteksi oleh sensor termocouple type k dan nilai suhu $34,56^{\circ}\text{C}$ pada heatsink untuk memanaskan thermoelektrikal dengan perbandingan keduanya $68,34\%$ dari kedua suhu tersebut, dan perbandingan uhu selama 30 menit adalah $63,43\%$, ini semua tergantung pada kelembapan pembakaran.

Hasil Pengujian Tegangan

Adapun hasil yang didapat setelah pengujian dan penggunaan alat penelitian ini secara keseluruhan adalah berhasilnya penggunaan modul peltier TEG SP1848 27145SA untuk menghasilkan energi listrik akibat adanya perbedaan temperatur dari pembakaran sampah dan tegangan yang ada pada baterai.

Pengukuran Tegangan TEG pada LCD



Gambar 16. Tampilan Tegangan TEG pada LCD
(Sumber : Penulis)

Gambar tersebut menunjukkan hasil pengukuran pada tegangan keluaran TEG dengan sensor tegangan ditampilkan pada layar LCD yaitu $7,93$ Volt.

Pengukuran Tegangan Baterai pada LCD



Gambar 17. Tampilan Tegangan Baterai pada LCD
(Sumber : Penulis)

Gambar tersebut menunjukkan hasil pengukuran pada tegangan keluaran baterai dengan sensor tegangan ditampilkan pada layar LCD yaitu $10,18$ Volt.

Pengukuran Tegangan pada TEG dengan Multitester



Gambar 18. Tampilan Tegangan pada TEG dengan Multitester
(Sumber : Penulis)

Gambar tersebut menunjukkan hasil pengukuran multitester untuk tegangan keluaran TEG ditampilkan pada layar LCD yaitu $8,17$ Volt.

Pengukuran Suhu pada Heatsink dengan Termometer



Gambar 19. Tampilan Suhu pada Heatsink dengan Termometer
(Sumber : Penulis)

Gambar tersebut menunjukkan hasil pengukuran suhu pada heatsink dengan termometer yang ditempelkan pada heatsink pemanas termoelektrikal dengan suhu yang dicapai adalah $52,5^{\circ}\text{C}$.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa TEG berfungsi dengan baik dan menghasilkan listrik. Perbedaan kecil antara nilai tegangan yang ditunjukkan oleh sensor dan multimeter dapat diabaikan. Suhu heatsink yang rendah menunjukkan bahwa sistem TEG bekerja dengan efisien.

Tabel 2. Hasil Keluaran Baterai

Menit	Beban	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (A/mA)
30	Pompa	24	12	2 A
30	Arduino Uno R3	1	5	50 mA
30	ESP 8266	0.66	3.3	0.2 A
30	Kipas	20	12	1.5 A

Tabel 3. Hasil Pengukuran Polusi Udara pada Filter Manual

Menit	Udara Sebelum Melewati Filter (PPM)	Udara Sesudah Melewati Filter (PPM)	Perbandingan Nilai (%)
1	2.821	1.436	49.06
2	2.840	1.461	48.55
3	2.860	1.487	48.05
4	3.008	1.512	49.75
5	3.146	1.537	51.14
6	3.232	1.563	51.64
7	3.319	1.588	52.16
8	3.365	1.623	51.78
9	3.411	1.659	51.31
10	3.458	1.623	53.06
11	3.458	1.588	54.08
12	3.986	1.224	69.31
13	3.981	1.249	69.31
14	3.981	1.224	69.27
15	3.997	1.224	69.56

Dari hasil pengujian ternyata filter manual dapat menurunkan polutan ataupun polusi sebesar 64,528%.

Pembahasan

Termoelektrik dan Tegangan Baterai

Pengukuran tegangan termoelektrik dan tegangan baterai dengan sensor tegangan yang dikirim ke Arduino dan ditampilkan di layar LCD dan di aplikasi Firebase. Berdasarkan hasil pengujian selama 30 menit dapat diketahui bahwa rata-rata hasil pengukuran menunjukkan tegangan sebesar 7,56 volt pada termoelektrik dan 9,92 volt pada baterai. Ketidakstabilan tegangan keluaran termoelektrik yang diukur dengan multimeter adalah 10,03 volt, yang mungkin disebabkan oleh pengaruh flensa pengatur generator. Pengontrol muatan Colar dapat menaikkan tegangan keluaran termoelektrik lebih tinggi dari tegangan baterai.

Sensor Tegangan dan Stepdown pada TEG

Fungsi utama sensor tegangan adalah untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh TEG. Tegangan ini timbul dari perbedaan suhu kedua sisi (sisi panas dan dingin) modul TEG melalui efek Seebeck. Sensor tegangan mengubah tegangan tersebut menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca dan diproses. Stepdown digunakan untuk mengatur tegangan listrik yang keluar pada TEG.

Solar charger controller pada TEG

Keluaran dari termoelektrik generator selanjutnya dihubungkan ke charger controller yang berfungsi sebagai pengisi baterai sehingga saat baterai terisi penuh maka pengisian baterai dihentikan otomatis. Dari charger controller kemudian dihubungkan ke baterai. Energi yang dibangkitkan tersebut akan disimpan dalam sebuah baterai 20Ah dengan tegangan pengisian

sebesar 12.4 volt dan arus pengisian sebesar 6.07 ampere. Sehingga lama pengisian baterai tersebut yaitu: Baterai dengan kapasitas 20Ah tersebut dapat terisi penuh selama 3.49 jam.

Pengukuran polusi udara

Udara kotor hasil pembakaran akan dibersihkan dengan sistem filtrasi. Filter manual juga diberi tambahan pompa untuk membantu menyemprotkan air. Udara keluaran dari sistem filtrasi akan di uji menggunakan sensor MQ2. Polusi udara diukur menggunakan sensor MQ-2 guna mengukur tingkat pencemaran udara yang dihasilkan setelah proses pembakaran sampah yang telah difiltrasi menggunakan sistem filter manual. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi polutan udara di udara ambien pada sistem media filter manual dilengkapi dengan cangkang telur, kain kasa, dan ijuk pohon aren menunjukkan kategori yang bervariasi tetapi belum sesuai dengan standar peraturan yang ada.

SIMPULAN

Peralatan pengolahan limbah berbasis termoelektrik dapat menjadi solusi efektif permasalahan limbah dan menyediakan listrik berkelanjutan. Namun, penelitian dan pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem ini. Penerapan sistem ini secara hati-hati dan terencana juga harus dilakukan dalam skala yang lebih besar. Kerjasama dengan berbagai pihak sangat penting untuk meluasnya penerapan sistem pengelolaan limbah termoelektrik yang bermanfaat bagi masyarakat.

Saran

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem pengelolaan limbah berbasis termoelektrik. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan bahan termoelektrik yang lebih efisien. Memperbaiki desain sistem pembakaran untuk menghasilkan panas yang optimal. Pengembangan sistem kontrol dan pemantauan yang canggih. Sistem pengelolaan limbah termoelektrik perlu diuji dan diterapkan dalam skala yang lebih besar untuk menunjukkan kelayakan dan efektivitasnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- D. Putri Kristiani Zega, I. Ganda Permana, and U. Sunarya, <Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Dan Kontrol Kualitas Incinerator Berbasis Iot Design Of Monitoring And Controlling Incinerator Quality Application Based on IoT,= pp. 2857–2863, 2018.
- A. Lasmana et al., <Rancang Bangun Alat Pembakar Sampah(Incinerator) Dengan Burner Oli Bekas (1),= 2021.
- Rony Setiawan, <Memahami Apa Itu Internet of Things,=dicoding.com, Sep. 08, 2021. <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-internet-of-things/> (accessed Jul. 30, 2023).
- Dicoding Intern, <Apa itu Firebase? Pengertian, Jenis- Jenis, dan Fungsi Kegunaannya,=dicoding.com, Nov. 25, 2020. <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-firebase-pengertian-jenis-jenis-dan-fungsi-kegunaannya/> (accessed Jul. 30, 2023).
- A. Wagyana, J. Teknik Elektro, P. Negeri Jakarta, J. G. Siwabessy, and K. U. Depok, <Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT),= Jurnal Ilmiah Setrum Article In Press, vol. 8, no. 2, pp. 238– 247, 2019.

- Jepri, Hendrayudi, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Sepeda Motor Menggunakan Sidik Jari Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Informatika Dan Komputer (JIK)*, 13(1), 27–33.
- Kahfi, A. (2017). Overview of Waste Management. *Jurisprudentie: Department of Law, Faculty of Sharia and Law*, 4(1), 12.
- Temy Nusa , Sherwin R.U.A. Sompie, ST., MT. , Dr.Eng Meita Rumbayan, ST., MT. Mahasiswa, Pembimbing 1, P. 2, & Nusatemy@gmail.com(1). (2015). Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(5), 19–26.