

RANCANGAN PENGHASIL ENERGI LISTRIK DARI PANAS ATAP SENG BERWARNA MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK GENERATOR

Nursia Madjid^{*1)}, Asri Arbie²⁾, Septiana Kurniasari³⁾
^{1,2,3)}Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia.

**Corresponding author*

e-mail: nurmadjid123@gmail.com^{*1)}, asriarbie@ung.ac.id²⁾, septiana@ung.ac.id³⁾

Article history:

Submitted: Jan. 10th, 2025; Revised: Feb. 11th, 2025; Accepted: March 13th, 2025; Published: July 18th, 2025

ABSTRAK

Tingginya angka pertumbuhan penduduk di Indonesia menyebabkan kebutuhan terhadap konsumsi energi listrik akan terus meningkat. Selain itu, ada beberapa faktor yang juga mempengaruhi tingginya kebutuhan akan energi listrik yaitu faktor ekonomi serta perkembangan industri. Peningkatan konsumsi energi listrik akan menyebabkan krisis energi fosil. Untuk mencegah akan terjadinya krisis energi fosil maka diperlukan suatu inovasi baru yaitu dengan memanfaatkan sumber energi yang ada, salah satunya dengan memanfaatkan panas dari atap seng berwarna. Seng banyak digunakan oleh masyarakat karena kemampuannya dalam menyerap dan memantulkan panas. Untuk memanfaatkan potensi energi panas dari atap seng berwarna maka diperlukan alat pengembangan energi alternatif pembangkit listrik yaitu dengan menggunakan Termoelektrik Generator (TEG). TEG merupakan alat yang bekerja untuk mengkonversi energi panas menjadi energi listrik. Konfigurasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu konfigurasi seri dan paralel dengan jumlah TEG yang digunakan sebanyak 48 keping baik saat menggunakan superkapasitor maupun tanpa menggunakan superkapasitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar nilai arus listrik, tegangan listrik, dan daya listrik bergantung pada konfigurasi, warna atap seng serta penggunaan superkapasitor. Atap seng berwarna hitam dengan konfigurasi paralel menggunakan superkapasitor menghasilkan nilai output terbesar yaitu 0,35 A untuk arus listrik, tegangan listrik sebesar 0,221 V, dan daya listrik sebesar 0,0663 W.

Kata Kunci: Energi fosil; energi listrik; atap seng berwarna; TEG; superkapasitor

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk paling banyak di dunia sehingga konsumsi energi listrik yang diperlukan akan terus meningkat (Hakim, 2020). Peningkatan akan jumlah pelanggan listrik terbesar terjadi pada sektor rumah tangga dengan rata-rata yaitu 2,8 juta per tahun, kemudian disusul oleh sektor ekonomi dengan rata-rata penggunaan 134 ribu, sektor publik dengan rata-rata 70 ribu, dan yang terakhir yaitu sektor industri dengan rata-rata 1800 pelanggan setiap tahunnya (Setiawan, 2021).

Semakin meningkatnya konsumsi energi listrik maka akan mengakibatkan krisis energi fosil. Ada banyak dampak yang ditimbulkan dari penggunaan energi fosil yaitu salah satunya dampak pencemaran yang menjadi isu yang banyak diperbincangkan. Salah satu yang diperbincangkan adalah solusi dari mengurangi penggunaan energi fosil (Pramudiyanto & Suedy, 2020).

Oleh karena itu, diperlukan sebuah inovasi untuk memanfaatkan sumber energi yang ada, salah satunya dari panas atap seng. Atap merupakan salah satu komponen utama dari sebuah bangunan gedung. Saat ini tersedia berbagai macam

jenis pilihan bahan penutup atap yang dapat diterapkan pada bangunan gedung. Salah satu pertimbangan pemilihan bahan atau material atap tersebut yaitu kemampuannya dalam menyerap atau memantulkan panas (Ziaulfata, Zulfadli & Nazaruddin, 2021). Selain itu, warna atap juga mempengaruhi penyerapan panas matahari. Warna berbeda akan mempengaruhi daya serap di mana warna yang cerah memiliki tingkat daya serap yang rendah, sementara warna yang gelap memiliki tingkat daya serap yang tinggi. Hal ini terjadi karena perbedaan dalam penyerapan dan pemantulan radiasi gelombang elektromagnetik oleh setiap warna (Nazaruddin, Zulfadli & Mulkan, 2020).

Energi panas yang dihasilkan dari atap seng dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi listrik dengan rata-rata daya listrik yang dihasilkan selama tiga hari penelitian yaitu 0,0042 Watt. Namun, potensi energi panas dari atap seng tersebut tidak digunakan dan dimanfaatkan dengan baik. Potensi energi panas dari atap seng tentunya merupakan salah satu energi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik (Putra, Rifky & Fikri, 2018).

Energi panas merupakan energi yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena sangat dibutuhkan oleh manusia (Adi, Priramadhi & Darlis, 2018). Pengembangan energi menjadi salah satu hal yang bisa dilakukan saat ini adalah dengan pengembangan energi alternatif pembangkit listrik yang telah diproduksi seperti termoelektrik generator yang mampu mengubah energi panas menjadi energi listrik.

TEG merupakan alat yang dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga

listrik dengan memanfaatkan konduktivitas atau daya hantar panas dari suatu lempeng logam (Ananda, Rahono & Rachmanita, 2020). Pengertian lain dari TEG adalah perangkat yang mampu mengkonversi panas menjadi energi listrik secara langsung. Perubahan panas menjadi energi listrik dilakukan dengan cara menghubungkan sumber panas pada salah satu sisi dengan menjaga sisi lain agar suhunya tetap rendah (Sukarno, 2016).

Pada tahun 1821 Thomas Johann Seebeck menemukan fenomena Efek Seebeck pada pergerakan jarum kompas yang diapit oleh tembaga dan besi yang dihubungkan dengan salah satu sisi logam yang dipanaskan (Hudaya, 2021). Prinsip yang digunakan oleh TEG yaitu Efek Seebeck, juga dikenal sebagai efek termoelektrik pertama. Ini mengacu pada pembentukan medan listrik internal karena gerakan termal lubang (elektron) di P(N) semikonduktor untuk menyebabkan gaya gerak termoelektro (Yang *et al.*, 2019). Termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung atau sebaliknya, dari energi listrik akan menghasilkan dingin (*Thermoelectric Cooler*) (Pasaribu, Roza & Efendi, 2019).

TEG memiliki beberapa keunggulan yaitu tidak berisik, mudah perawatan, ramah lingkungan, sangat efisien, berkelanjutan, dan tidak memerlukan banyak komponen tambahan (Silaban, Nasution & Roza, 2020). Keuntungan lain dari TEG adalah bisa digunakan dalam jangka waktu lama terutama saat bekerja dengan sumber panas yang konstan (Zare *et al.*, 2016).

Superkapasitor merupakan teknologi baru yang dikembangkan dari kapasitor

konvensional untuk menyimpan energi yang modern (Nurul Huda, 2022). Superkapasitor merupakan sebuah perangkat baru dari media penyimpanan energi, yang memiliki kapasitas penyimpanan yang jauh berbeda antara kapasitor biasa dan baterai (Tri, Isdawimah & Kamil, 2022). Superkapasitor juga memiliki waktu pengisian pengosongan yang cepat, serta siklus umur simpan yang lebih lama dibanding baterai biasa (Nurhasmia, 2021).

Sistem pendingin merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk menjaga temperatur suatu benda agar berada dalam kondisi yang ideal dengan cara memindahkan panas dari benda tersebut ke udara (Denk, Pandria & Firnanda, 2022). *Heatsink* merupakan plat yang terbuat dari aluminium atau tembaga yang dibentuk seperti sirip-sirip untuk memperluas bidang sentuh dengan fluida atau udara. *Heatsink* memiliki kemampuan menyerap panas dari suatu tempat yang berhubungan langsung dengan sumber panas kemudian membuangnya (Ginangjar, Hiendro & Suryadi, 2019). *Heatsink* diperlukan dalam aplikasi penggunaan termoelektrik karena mampu menyerap panas dari sisi dingin elemen peltier dan membuang panas dari sisi panas peltier (Al Kafi, 2023).

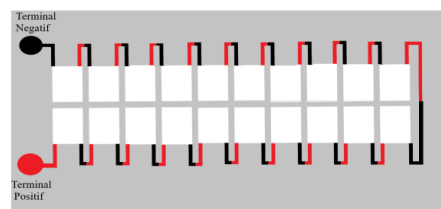
Penelitian ini dilakukan untuk membuat suatu rancangan konfigurasi termoelektrik generator sebagai penghasil listrik yang mengkonversi energi panas dari atap seng berwarna menjadi energi listrik sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari.

METODE

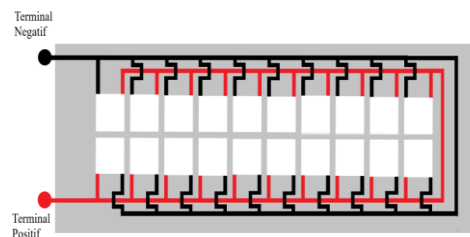
Metode penelitian meliputi penyiapan alat dan bahan, perancangan

konfigurasi TEG, melakukan pengambilan data serta analisis data. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi TEG SP-1848-27145, multimeter digital, termometer digital, heatsink, superkapasitor, *stopwatch*, seng berwarna (hitam, merah, biru) dan seng abu-abu sebagai seng kontrol.

Dalam penelitian ini, konfigurasi TEG yang digunakan yaitu konfigurasi seri dan paralel. Pada konfigurasi seri, TEG dihubungkan secara berurutan sehingga menghasilkan arus dan tegangan berdasarkan perbedaan suhu di antara ujung-ujungnya sehingga tegangan dari setiap TEG akan digabungkan dan menghasilkan tegangan total yang lebih tinggi. Sementara itu, pada konfigurasi paralel, tegangan pada setiap modul tetap konstan, sementara arus akan terbagi sesuai dengan resistansi mereka masing-masing.



Gambar 1. Rancangan Seri TEG



Gambar 2. Rancangan Paralel TEG

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa tahapan yang dimulai dengan merancang alat penelitian dengan atap seng berwarna (hitam, merah, dan biru) dan abu-abu sebagai seng kontrol, pembuatan rangkaian TEG dan uji coba

rangkaian. Rangkaian TEG disusun secara seri dan paralel dengan jumlah keping TEG sebanyak 48 keping. Lalu menempelkan TEG ke bagian dalam atap seng. Kemudian mengukur suhu atap seng sebagai sisi panas dan *heatsink* sebagai sisi dingin. Selanjutnya, mengukur dan mencatat kuat arus dan tegangan yang dihasilkan baik saat menggunakan superkapasitor maupun tanpa superkapasitor.

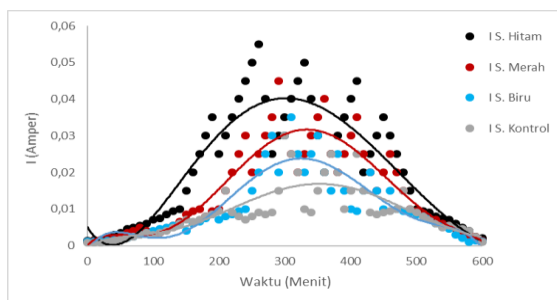
Analisis data berisi penyajian variasi data menggunakan program aplikasi *Ms. Excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

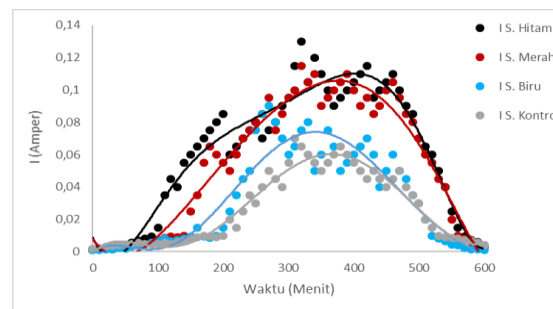
• Hubungan Waktu terhadap Arus Listrik

1. Konfigurasi Seri

Hubungan antara waktu terhadap arus listrik dengan konfigurasi seri baik tanpa superkapasitor maupun dengan menggunakan superkapasitor pada seng warna hitam, seng warna merah, seng warna biru, dan seng kontrol dengan waktu pengambilan data dilakukan dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WITA adalah sebagai berikut:



Gambar 3a. Hubungan Waktu terhadap Arus Listrik dengan Konfigurasi Seri Tanpa Superkapasitor



Gambar 3b. Hubungan Waktu terhadap Arus Listrik dengan Konfigurasi Seri Menggunakan Superkapasitor

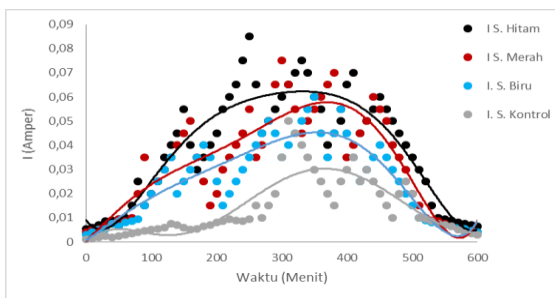
Berdasarkan Gambar 3a di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran arus listrik berubah-ubah setiap waktu dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai keluaran arus. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai arus listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu 0,03 A pada menit ke-300. Untuk atap seng warna biru nilai arus listrik tertinggi yaitu pada menit ke-310 mencapai 0,035 A sedikit lebih tinggi dari seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah arus tertinggi mencapai 0,045 A pada menit ke-290. Untuk atap seng warna hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,055 A pada menit ke-260. Terlihat bahwa nilai keluaran arus listrik untuk atap seng warna hitam menjadi keluaran arus terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain.

Berdasarkan Gambar 3b di atas dapat dilihat bahwa nilai arus listrik berubah-ubah setiap waktu dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai arus. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai arus listrik tertinggi oleh seng

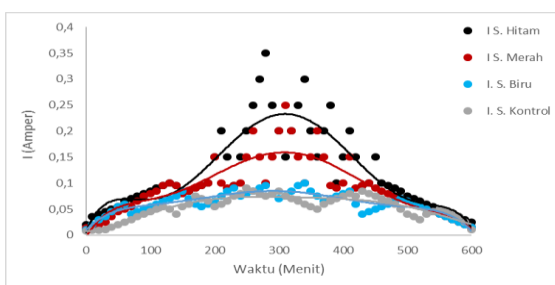
kontrol yaitu 0,07 A pada menit ke-310. Untuk atap seng warna biru nilai arus listrik tertinggi yaitu pada menit ke-270 mencapai 0,09 A sedikit lebih tinggi dari seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah arus tertinggi mencapai 0,115 A pada menit ke-320. Untuk atap seng warna hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,13 A pada menit ke-320. Terlihat bahwa nilai arus listrik dengan konfigurasi seri menggunakan superkapasitor menghasilkan *output* yang lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan superkapasitor.

2. Konfigurasi Paralel

Hubungan antara waktu terhadap arus listrik dengan konfigurasi paralel baik tanpa superkapasitor maupun dengan menggunakan superkapasitor pada seng warna hitam, seng warna merah, seng warna biru, dan seng kontrol dengan waktu pengambilan data dilakukan dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WITA adalah sebagai berikut:



Gambar 4a. Hubungan Waktu terhadap Arus Listrik dengan Konfigurasi Paralel Tanpa Superkapasitor



Gambar 4b. Hubungan Waktu terhadap Arus Listrik dengan Konfigurasi Paralel Menggunakan Superkapasitor

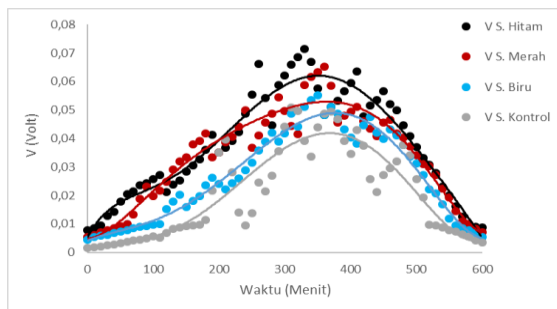
Berdasarkan Gambar 4a di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran arus listrik berubah-ubah setiap waktu dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai keluaran arus. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai arus listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu 0,05 A pada menit ke-310. Untuk atap seng warna biru nilai arus listrik tertinggi yaitu pada menit ke-350 mencapai 0,06 A sedikit lebih tinggi dari seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah arus tertinggi mencapai 0,075 A pada menit ke-300. Untuk atap seng warna hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,085 A pada menit ke-250. Terlihat bahwa nilai keluaran arus listrik untuk atap seng warna hitam menjadi keluaran arus terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain.

Berdasarkan Gambar 4b di atas dapat dilihat bahwa nilai arus listrik berubah-ubah setiap waktu dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai arus. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai arus listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu 0,09 A pada menit ke-250. Untuk atap seng warna biru nilai arus listrik tertinggi yaitu pada menit ke-340 mencapai 0,1 A sedikit lebih tinggi dari seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah arus tertinggi mencapai 0,25 A pada menit ke-310. Untuk atap seng warna

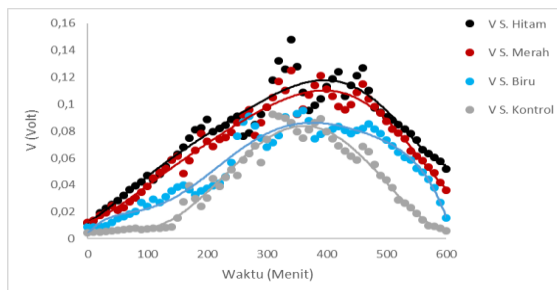
hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,35 A pada menit ke-280. Terlihat bahwa nilai arus listrik dengan konfigurasi paralel menggunakan superkapasitor menghasilkan *output* yang lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan superkapasitor.

- **Hubungan Waktu terhadap Tegangan Listrik**
 1. **Konfigurasi Seri**

Hubungan antara waktu terhadap tegangan listrik dengan konfigurasi seri baik tanpa superkapasitor maupun dengan menggunakan superkapasitor pada seng warna hitam, seng warna merah, seng warna biru, dan seng kontrol dengan waktu pengambilan data dilakukan dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WITA adalah sebagai berikut:



Gambar 5a. Hubungan Waktu terhadap Tegangan Listrik dengan Konfigurasi Seri Tanpa Superkapasitor



Gambar 5b. Hubungan Waktu terhadap Tegangan Listrik dengan Konfigurasi Seri Menggunakan Superkapasitor

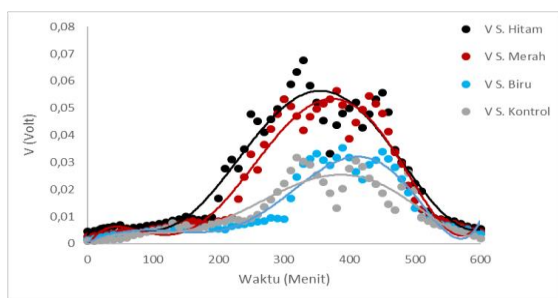
Berdasarkan Gambar 5a di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran tegangan listrik berubah-ubah setiap waktu dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai keluaran tegangan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai tegangan listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu sebesar 0,0508 V pada menit ke-310. Untuk atap seng warna biru nilai tegangan listrik tertinggi yaitu pada menit ke-350 mencapai 0,0552 V di mana keluaran tegangan ini lebih besar dibandingkan dengan seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah tegangan listrik tertinggi mencapai 0,0651 V pada menit ke-360. Untuk atap seng warna hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,0714 V pada menit ke-330. Terlihat bahwa nilai keluaran tegangan listrik untuk atap seng warna hitam menjadi keluaran terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain.

Berdasarkan Gambar 5b di atas dapat dilihat bahwa nilai tegangan listrik berubah-ubah setiap waktu dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai tegangan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai tegangan listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu sebesar 0,0924 V pada menit ke-310. Untuk atap seng warna biru nilai tegangan listrik tertinggi yaitu pada menit ke-360 mencapai 0,0956 V di mana nilai tegangan ini lebih besar dibandingkan dengan seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah tegangan listrik tertinggi mencapai 0,125 V pada menit ke-340. Untuk atap

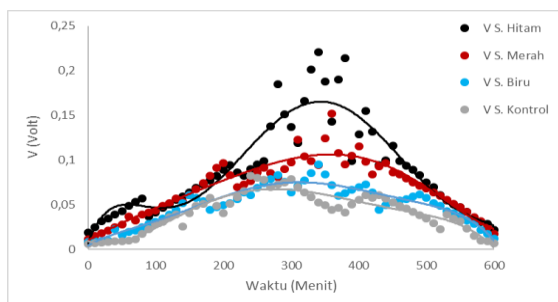
seng warna hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,148 V pada menit ke-340. Terlihat bahwa nilai tegangan listrik dengan konfigurasi seri menggunakan superkapasitor menghasilkan *output* yang lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan superkapasitor.

2. Konfigurasi Paralel

Hubungan antara waktu terhadap tegangan listrik dengan konfigurasi paralel baik tanpa superkapasitor maupun dengan menggunakan superkapasitor pada seng warna hitam, seng warna merah, seng warna biru, dan seng kontrol dengan waktu pengambilan data dilakukan dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WITA adalah sebagai berikut:



Gambar 6a. Hubungan Waktu terhadap Tegangan Listrik dengan Konfigurasi Paralel Tanpa Superkapasitor



Gambar 6b. Hubungan Waktu terhadap Tegangan Listrik dengan Konfigurasi Paralel Menggunakan Superkapasitor

Berdasarkan Gambar 6a di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran tegangan listrik berubah-ubah setiap waktu

dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai keluaran tegangan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai tegangan listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu sebesar 0,0318 V pada menit ke-320. Untuk atap seng warna biru nilai tegangan listrik tertinggi yaitu pada menit ke-390 mencapai 0,0353 V di mana keluaran tegangan ini lebih besar dibandingkan dengan seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah tegangan listrik tertinggi mencapai 0,0565 V pada menit ke-380. Untuk atap seng warna hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,0676 V pada menit ke-330. Terlihat bahwa nilai keluaran tegangan listrik untuk atap seng warna hitam menjadi keluaran terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain.

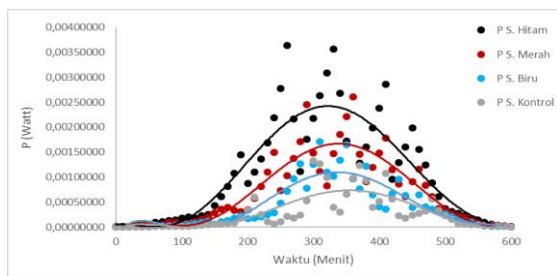
Berdasarkan Gambar 6b di atas dapat dilihat bahwa nilai tegangan listrik berubah-ubah setiap waktu dikarenakan adanya perbedaan suhu antara sisi dingin dan sisi panas TEG. Selain itu, ternyata warna atap seng juga mempengaruhi nilai tegangan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan warna atap seng dalam menyerap panas dari matahari. Nilai tegangan listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu sebesar 0,0825 V pada menit ke-240. Untuk atap seng warna biru nilai tegangan listrik tertinggi yaitu pada menit ke-340 mencapai 0,0949 V di mana nilai tegangan ini lebih besar dibandingkan dengan seng kontrol, sedangkan untuk seng warna merah tegangan listrik tertinggi mencapai 0,152 V pada menit ke-360. Untuk atap seng warna hitam arus listrik tertinggi yaitu sebesar 0,221 V pada menit ke-340. Terlihat bahwa nilai tegangan listrik

dengan konfigurasi paralel menggunakan superkapasitor menghasilkan *output* yang lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan superkapasitor.

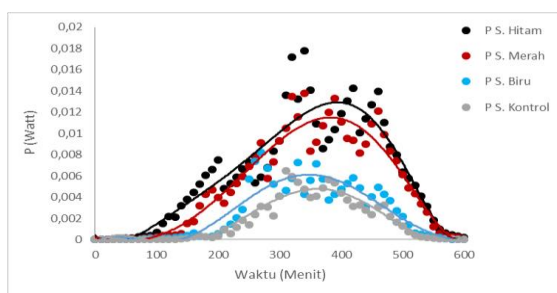
- **Hubungan Waktu terhadap Daya Listrik**

- 1. Konfigurasi Seri**

Hubungan antara waktu terhadap daya listrik dengan konfigurasi seri baik tanpa superkapasitor maupun dengan menggunakan superkapasitor pada seng warna hitam, seng warna merah, seng warna biru, dan seng kontrol dengan waktu pengambilan data dilakukan dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WITA adalah sebagai berikut:



Gambar 7a. Hubungan Waktu terhadap Daya Listrik dengan Konfigurasi Seri Tanpa Superkapasitor



Gambar 7b. Hubungan Waktu terhadap Daya Listrik dengan Konfigurasi Seri Menggunakan Superkapasitor

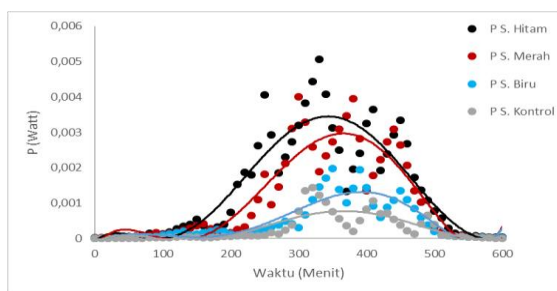
Berdasarkan Gambar 7a di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran daya listrik berubah-ubah setiap waktu. Hal ini disebabkan oleh perubahan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh tiap warna.

Nilai daya listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu 0,001323 W pada menit ke-300. Untuk atap seng warna biru nilai daya listrik tertinggi yaitu pada menit ke-310 mencapai 0,001708 W, sedangkan untuk seng warna merah nilai daya listrik tertinggi mencapai 0,002604 W pada menit ke-360. Untuk atap seng warna hitam daya listrik tertinggi yaitu sebesar 0,0036355 W pada menit ke-260. Terlihat bahwa nilai keluaran daya listrik untuk atap seng warna hitam menjadi keluaran daya terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain dikarenakan nilai keluaran arus dan tegangan pada atap seng warna hitam tersebut merupakan nilai keluaran terbesar.

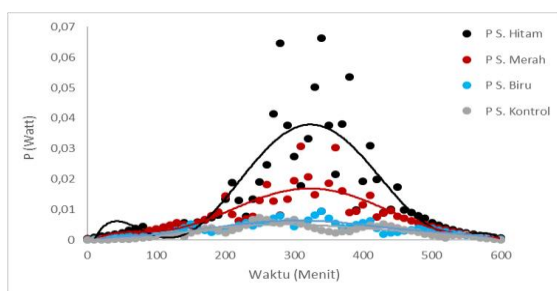
Berdasarkan Gambar 7b di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran daya listrik berubah-ubah setiap waktu. Hal ini disebabkan oleh perubahan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh tiap warna. Nilai daya listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu 0,006468 W pada menit ke-310. Untuk atap seng warna biru nilai daya listrik tertinggi yaitu pada menit ke-270 mencapai 0,008217 W, sedangkan untuk seng warna merah nilai daya listrik tertinggi mencapai 0,01375 W pada menit ke-340. Untuk atap seng warna hitam daya listrik tertinggi yaitu sebesar 0,01776 W pada menit ke-340. Terlihat bahwa nilai daya listrik untuk atap seng warna hitam menjadi daya terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain dikarenakan nilai arus dan tegangan listrik pada atap seng warna hitam tersebut merupakan nilai terbesar. Penggunaan superkapasitor pada rangkaian ini menghasilkan nilai daya listrik yang jauh lebih besar daripada tanpa menggunakan superkapasitor.

2. Konfigurasi Paralel

Hubungan antara waktu terhadap daya listrik dengan konfigurasi paralel baik tanpa superkapasitor maupun dengan menggunakan superkapasitor pada seng warna hitam, seng warna merah, seng warna biru, dan seng kontrol dengan waktu pengambilan data dilakukan dari pukul 07.00 sampai pukul 17.00 WITA adalah sebagai berikut:



Gambar 8a. Hubungan Waktu terhadap Daya Listrik dengan Konfigurasi Paralel Tanpa Superkapasitor



Gambar 8b. Hubungan Waktu terhadap Daya Listrik dengan Konfigurasi Paralel Menggunakan Superkapasitor

Berdasarkan Gambar 8a di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran daya listrik berubah-ubah setiap waktu. Hal ini disebabkan oleh perubahan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh tiap warna. Nilai daya listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu 0,001431 W pada menit ke-320. Untuk atap seng warna biru nilai daya listrik tertinggi yaitu pada menit ke-350 mencapai 0,001986 W, sedangkan untuk seng warna merah nilai daya listrik

tertinggi mencapai 0,0039975 W pada menit ke-300. Untuk atap seng warna hitam daya listrik tertinggi yaitu sebesar 0,00507 W pada menit ke-330. Terlihat bahwa nilai keluaran daya listrik untuk atap seng warna hitam menjadi keluaran daya terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain dikarenakan nilai keluaran arus dan tegangan pada atap seng warna hitam tersebut merupakan nilai keluaran terbesar.

Berdasarkan Gambar 8b di atas dapat dilihat bahwa nilai keluaran daya listrik berubah-ubah setiap waktu. Hal ini disebabkan oleh perubahan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh tiap warna. Nilai daya listrik tertinggi oleh seng kontrol yaitu 0,007245 W pada menit ke-250. Untuk atap seng warna biru nilai daya listrik tertinggi yaitu pada menit ke-340 mencapai 0,00949 W, sedangkan untuk seng warna merah nilai daya listrik tertinggi mencapai 0,03075 W pada menit ke-310. Untuk atap seng warna hitam daya listrik tertinggi yaitu sebesar 0,0663 W pada menit ke-340. Terlihat bahwa nilai daya listrik untuk atap seng warna hitam menjadi daya terbesar dibandingkan dengan warna atap seng yang lain dikarenakan nilai arus dan tegangan listrik pada atap seng warna hitam tersebut merupakan nilai terbesar. Penggunaan superkapasitor pada rangkaian ini menghasilkan nilai daya listrik yang jauh lebih besar daripada tanpa menggunakan superkapasitor.

Penggunaan variasi konfigurasi rangkaian dan warna yang berbeda untuk setiap seng yang digunakan (hitam, merah, biru) dan seng abu-abu sebagai seng kontrol bertujuan untuk melihat besarnya keluaran termoelektrik. Seperti yang

terlihat dari hasil variasi yang telah disajikan, arus dan tegangan untuk masing-masing rangkaian berbeda-beda dikarenakan adanya perbedaan suhu (Muhanif, Umurani & Nasution, 2022). Penggunaan variasi konfigurasi rangkaian memperlihatkan bahwa termoelektrik generator yang dirangkai secara paralel memiliki nilai keluaran arus yang lebih besar dibandingkan dengan nilai keluaran tegangan karena arus di setiap cabang dijumlahkan sehingga arus total bisa lebih besar (Erfan dkk., 2020). Pada rangkaian seri nilai keluaran tegangan lebih besar daripada nilai arus karena tegangan total merupakan hasil penjumlahan dari tegangan di setiap cabang yang menyebabkan nilai tegangan semakin meningkat (Jaya & Aponno, 2023).

Selain konfigurasi ternyata warna juga sangat berpengaruh di mana nilai keluaran rangkaian pada seng warna hitam merupakan nilai *output* terbesar karena kemampuan warna hitam dalam menyerap panas matahari di mana warna yang lebih gelap memiliki tingkat daya serap yang tinggi dibandingkan dengan warna yang lebih terang (Nazaruddin, Zulfadli & Mulkan, 2020). Nilai *output* keluaran oleh seng warna merah lebih besar daripada seng warna biru dan abu-abu (seng kontrol) karena nilai panjang gelombang oleh seng warna merah lebih besar di mana semakin besar panjang gelombang maka semakin tinggi nilai keluaran yang dihasilkan (Sridewi, Suyanto & Wijaya Kusuma, 2018).

Superkapasitor merupakan media penyimpanan yang digunakan pada penelitian ini. Nilai keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian yang dirangkai dengan menggunakan superkapasitor jauh

lebih besar dibandingkan dengan rangkaian tanpa menggunakan superkapasitor. Hal ini disebabkan oleh kemampuan superkapasitor dalam menyimpan energi dengan kerapatan dan daya yang tinggi (Amelia dkk., 2020).

KESIMPULAN

Atap seng berwarna hitam dengan konfigurasi paralel menggunakan superkapasitor menghasilkan nilai *output* terbesar yaitu 0,35 A untuk arus listrik, tegangan listrik sebesar 0,221 V, dan daya listrik sebesar 0,0663 W.

REFERENSI

- Adi, H. S., Priramadhi, R. A., & Darlis, D. (2018). Pemanfaatan Panel Surya untuk Energi *Harvesting* pada Sistem Komunikasi Cahaya Tampak. *EProceedings*, 5(3), 3958-3964.
- Al Kafi, M. F. (2023). Studi Numerik Pengaruh Tipe *Heatsink* dan *Fan* terhadap Pendingin Dispenser Miyako. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(03), 0-1.
- Amelia, T., Syakir, N., Bahtiar, A., & Fitrilawati, F. (2020). Karakteristik Lapisan *Graphene Oxide* yang Dibuat dengan Teknik *UV Oven Spraying* sebagai Elektroda Sel Superkapasitor. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 4(1), 71-78. <https://doi.org/10.24198/jiif.v4i1.26367>
- Ananda, J. A., Rahono, S., & Rachmanita, R. E. (2020). Studi Sistem Konversi Panas Buang Konduksi Berbasis Termoelektrik Generator. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 2(8), 126-133. <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/jtt/article/view/923/pdf>
- Denk, T. M. S., Pandria, T. M. A., & Firnanda, A. (2022). Identifikasi Pengaruh Penggunaan *Heatsink* terhadap Keluaran Modul Surya. *Jurnal Optimalisasi*, 8(2), 200.

- <https://doi.org/10.35308/jopt.v8i2.6456>
- Erfan, M., Maulyda, M. A., Widodo, A., Hidayati, V. R., & Ratu, T. (2020). Korelasi Jurusan dan Asal Sekolah terhadap Kemampuan Calon Guru Sekolah Dasar dalam Membedakan Rangkaian Seri dan Paralel. *Media Penelitian Pendidikan: Jurnal Penelitian dalam Bidang Pendidikan dan Pengajaran*, 14(1), 75-80. <https://doi.org/10.26877/mpp.v14i1.5792>
- Ginanjari, Hiendro, A., & Suryadi, D. (2019). Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan Menggunakan Kompor Surya sebagai Media Pemusat Panas. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1). <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/okta/article/view/38>
- Hakim, R. R. Al. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Literatur Review. *ANDASIH Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(1), 1-11. <http://jurnal.umitra.ac.id/index.php/ANDASIH/article/view/374>
- Hudaya, C. (2021). Rancang Bangun Sistem Pemanfaatan Panas Buang pada Kompor Portabel Menggunakan *Thermoelectric Generator*. *Jurnal TAMBORA*, 5(1), 66-71. <https://doi.org/10.36761/jt.v5i1.1002>
- Jaya, G. W., & Aponno, S. V. (2023). Kajian Teori Arus Listrik dan Daya Listrik pada Rangkaian Resistor Seri dan Paralel Berdasarkan Jumlah Resistor yang Digunakan. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 9(1), 87-93. <https://journal.ummat.ac.id/journals/12/articles/13739/public/13739-49417-1-PB.pdf>
- Muhanif, M., Umurani, K., & Nasution, F. A. A. (2022). Analisis Termoelektrik Generator (TEG) sebagai Pembangkit Listrik Berskala kecil terhadap Perbedaan Temperatur. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 26-32. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/10260/7216>
- Nazaruddin, N., Zulfadli, T., & Mulkan, A. (2020). Studi Kemampuan Penyerapan Panas pada Atap Rumah Seng Berwarna terhadap Intensitas Matahari dalam Mengatasi *Global Warming*. *International Journal of Natural Science and Engineering*, 4(3), 114. <https://doi.org/10.23887/ijnse.v4i3.30065>
- Nurhasmia, N. (2021). Studi Penggunaan Superkapasitor sebagai Media Penyimpan Energi. *Progressive Physics Journal*, 2(2), 79. <https://doi.org/10.30872/ppj.v2i2.770>
- Nurul Huda, A. (2022). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Sekam Padi sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 6(2), 102-113. <https://doi.org/10.24198/jiif.v6i2.39639>
- Pasaribu, F. I., Roza, I., & Efendi, Y. (2019). Memanfaatkan Panas Exhaust Sepeda Motor sebagai Sumber Energi Listrik Memakai *Thermoelectric*. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 3(1), 13-29. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>
- Pramudiyanto, A. S., & Suedy, S. W. A. (2020). Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrem. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 1(3), 86-99. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9990>
- Putra, A. E., Rifky, R., & Fikri, A. (2018). Pemanfaatan Panas Buang Atap Seng dengan Menggunakan Generator Termoelektrik sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 38. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2911>

- Setiawan, H. (2021). Peramalan Kebutuhan Beban Listrik Sektor Rumah Tangga Area Distribusi Jawa Timur Metode *Time Series*: Model *Exponential Growth Curve* dan Model Linier. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(3), 805-815. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jte.v10n3.p805-815>
- Silaban, J., Nasution, A. A., & Roza, I. (2020). Pemanfaatan *Thermo Electric Generator* dari Konversi Energi Panas menjadi Listrik untuk *Charger Ponsel*. *JiTEKH*, 8(2), 71-77. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v8i2.295>
- Sridewi, N. L. P. M., Suyanto, H., & Wijaya Kusuma, I. G. B. (2018). Analisis Pengaruh Panjang Gelombang Cahaya terhadap Keluaran Panel Surya Tipe Polycrystalline. *Jurnal METTEK*, 4(2), 48-53. <https://doi.org/10.24843/mettek.2018.v04.i02.p03>
- Sukarno, R. (2016). Pemanfaatan Panas Gas Buang Sepeda Motor sebagai Sumber Energi Alternatif Menggunakan Teknologi Thermoelektrik. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 3(3), 149-156. <https://doi.org/10.21009/jkem.3.3.6>
- Tri, S., Isdawimah, I., & Kamil, I. (2022). Implementasi Penggunaan Super Kapasitor pada Sistem PLTS *Off-grid* sebagai Penstabil Baterai. *Electrices*, 4(1), 7-11. <https://doi.org/10.32722/ees.v4i1.4420>
- Yang, X., Liu, S., Chen, L., Zhou, J., & Yu, Y. (2019). Analysis and Design of an Effective Energy Utilizing TEG System. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, 88-96. <https://doi.org/10.12783/dtscse/icaic2019/29409>
- Zare, M., Ramin, H., Naemi, S., & Hosseini, R. (2016). Exact Optimum Design of Segmented Thermoelectric Generators. *International Journal of Chemical Engineering*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6914735>
- Ziaulfata, A. A., Zulfadli, T., & Nazaruddin. (2021). Analisa Perpindahan Panas pada Atap Seng Berwarna Hitam dengan Variasi Ruang di Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 2(2), 43-52. <https://doi.org/10.55616/jitu.v2i2.182>