

Rancang Bangun *Thermoelectric Generator* (TEG) Sebagai Suplai Daya Alternatif Germinasi Kacang Hijau

Imron Ridzki^{*a)}, Asfari Hariz Santoso^{a)}, Awan Setiawan^{a)}, Wijaya Kusuma^{a)}

(Received 21 Desember 2023 || Revised 22 Januari 2023 || Accepted 22 Februari 2024)

Abstract: The central government has established the National Energy Policy (KEN) to increase the utilization of renewable energy sources (EBT) by around 23% by 2025 and 31% by 2050. In an effort to support the government's program, researchers have developed a Thermoelectric Generator (TEG) as an alternative power supply to replace the energy source from PT PLN for electrical equipment used in the green bean germination process such as lights, fans, and water pumps. This prototype consists of two chambers: a combustion chamber that generates electrical energy and a control room for the germination process. These two areas are separated to ensure that the control device and germination process are not affected by the heat from combustion. The main components of this prototype include ten TEG units with a maximum power of 5.2 W, a 33 Ah battery, an 8A Buck-boost converter, a 3A Buck converter, a 6W Full Spectrum LED, four DC fans, and a DC pump. The TEG functions effectively as the germination process proceeds smoothly.

Keywords: EBT, germinasi, TEG, Renewable energy, Alternative energy

1. Pendahuluan

Kebijakan energi di Indonesia mengalami evolusi yang terus berkembang, namun secara keseluruhan mengarah pada peralihan menuju energi terbarukan. Pemerintah pusat berupaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dengan menetapkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan (EBT) hingga 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050, sementara mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan batu bara sebesar 20% dan 25% masing-masing[1]. Upaya dan program yang beragam diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut, termasuk inisiatif dari individu dalam mempromosikan pemanfaatan EBT, terutama tenaga surya yang menjadi sumber utama energi terbarukan serta tenaga hidro, angin, dan biomassa yang merupakan sumber sekunder. Pengembangan Thermoelectric Generator (TEG) sebagai pembangkit listrik alternatif, berdasarkan efek Seebeck, dianggap lebih ekonomis dan diarahkan untuk mendukung proses germinasi tanaman dengan mengontrol suhu dan kelembaban menggunakan lampu LED full spectrum, kipas, dan pompa[2]. TEG ini diintegrasikan sebagai sumber daya bagi peralatan pendukung germinasi, yang berpotensi memberikan manfaat signifikan di sektor pertanian dan pangan[3]-[6].

2. Metode

2.1 Termoelektrik

Teknologi termoelektrik menawarkan manfaat signifikan dalam mengubah perbedaan suhu menjadi listrik, memberikan solusi yang ramah lingkungan dan hemat energi. Dengan memanfaatkan panas yang ada di sekitarnya, termoelektrik dapat digunakan untuk menghasilkan listrik tanpa memerlukan mesin bergerak atau bahan bakar, cocok untuk aplikasi di mana sumber daya listrik terbatas atau tidak tersedia. Selain itu, teknologi termoelektrik juga dapat digunakan sebagai sensor suhu untuk pemantauan suhu yang akurat dalam berbagai aplikasi industri, kendaraan, dan sistem kendali suhu[7].,

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (2-1)$$

Dimana,

ΔT : Perbedaan suhu ($^{\circ}\text{C}$)
 T_h : temperatur panas ($^{\circ}\text{C}$)
 T_c : temperature dingin ($^{\circ}\text{C}$)

2.2 Efek Seebeck

Efek seebeck adalah fenomena bahwa tegangan (V) diinduksi sebanding dengan gradien suhu yang diterapkan (ΔT) ditulis sebagai:

$$V = \alpha \times \Delta T \quad (2-2)$$

$$\alpha = \frac{\Delta V}{T_h - T_c} \quad (2-3)$$

2.3 Efisiensi Thermoelectric Generator

termoelektrik Generator ini cara untuk menghitung efisiensinya bergantung pada perubahan temperaturnya, untuk menghitung efisiensi generator dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{T}{T_h} \times \frac{\sqrt{1 + zT} - 1}{\sqrt{1 + zT} + \left(\frac{T_c}{T_h}\right)} \quad (2-4)$$

Dimana,

$$zT = \frac{\alpha^2 T}{\rho \cdot K} \quad (2-5)$$

2.4 Buck-Boost Converter

Buck-boost converter memungkinkan pengaturan dan penyesuaian tegangan listrik baik peningkatan maupun penurunan, sehingga berguna dalam mengubah sumber daya listrik yang tidak stabil menjadi tegangan yang sesuai untuk berbagai aplikasi elektronik[8]-[11].

2.5 Baterai

2.6 Lampu LED Full Spectrum

Lampu LED spektrum penuh mensimulasikan sinar surya, dan itu juga dapat mengganti intensitas cahaya dan menyesuaikan suhu warna menggunakan perubahan pagi, malam, dan empat musim, untuk melayani aturan pertumbuhan organisme. Lampu LED spektrum penuh memiliki spektrum penuh dan pembacaan warna yang bagus. Keunggulan ini membuat mereka memiliki efek unik di banyak tempat[12].

*Korespondensi: imron.ridzki@polinema.ac.id

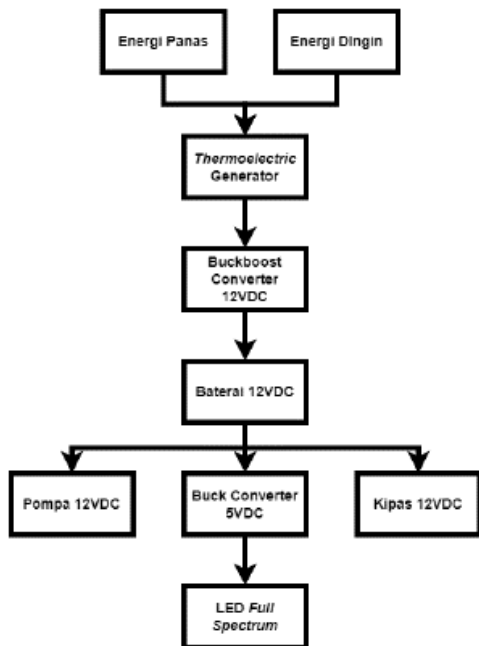
a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Sukarno Hatta no.9 Kota Malang, Jawa Timur Indonesia

2.7 Water Block

Waterblock adalah pendingin air komponen ini adalah jenis penukar panas pelat dan dapat dimanfaatkan di berbagai aspek pekerjaan seperti pada pendingin CPU, fungsi dari waterblock itu sendiri setara dengan heatsink. Selain sebagai pendingin prosesor CPU / VGA card, waterblock dapat pula digunakan sebagai pendingin peltier / modul thermoelectric, IC amplifier, dan lain-lain[13].

2.8 Pompa DC

Pompa air merupakan alat yang digunakan untuk mendorong/menyedot air dengan demikian sistem pendinginan dapat terus bersirkulasi pada mesin[14].



GAMBAR 2.1 BLOK DIAGRAM SISTEM

Thermoelectric generator menggunakan modul TEG 1-12706 merupakan komponen utama dalam alat ini, dikarenakan komponen inilah yang dapat menghasilkan energi listrik dari perubahan energi panas dan energi dingin.

Tegangan rangkaian terbuka	: 6,4 V
Tegangan output	: 3,2 V
Daya maksimal	: 5,2 W
Arus maksimal	: 6,4 A
ΔT maksimal	: 75°C
Dimensi	: 40 mm x 40 mm x 40 mm

1. Baterai

Tegangan Kerja	: 12 V
Kapasitas	: 26,4 Ah
DOD	: 50%

2. Buck Boost Converter

Tegangan input	: 3 – 32 V
Tegangan output	: 5 – 35 V
Arus output	: 8 A
Daya	: 35 – 50 W
3. Buck Converter

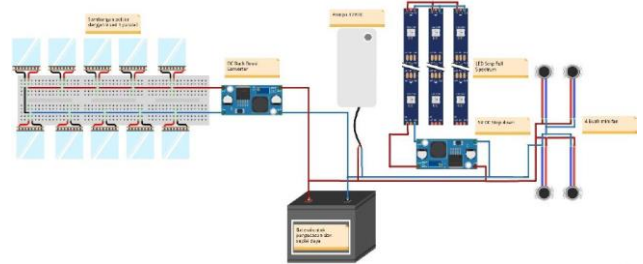
Tegangan input	: 5 – 30 V
Tegangan output	: 1,25 – 30 V
Arus output	: 3 A
Frekuensi switching	: 400 kHz
4. LED Full Spectrum

Tegangan input	: 5 V
Lumen	: 500 L
Daya	: 5 W
5. Kipas

Tegangan input	: 12 V
Arus	: 0,2 A
Daya	: 2,4 W
Speed	: 2000 – 4000 rpm
6. Pompa DC

Tegangan input	: 12 V
Arus	: 0,5 – 0,7 A
Debit	: 1,5 – 2 L/menit

Konfigurasi semua komponen pada penggunaan TEG untuk germinasi kacang hijau ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah.



GAMBAR 2.2. KONFIGURASI PENGGUNAAN TEG UNTUK GERMINASI

Pada rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 di atas rangkaian peltier dirangkai seri agar menghasilkan tegangan yang lebih besar, apabila tegangan sudah mencapai tegangan yang ditentukan kemudian rangkaian peltier terhubung dengan buck boost converter dengan tegangan output dibuat 12 V untuk proses pengisian baterai[15]. Beban baterai terdiri dari pompa, kipas, dan ke buck converter untuk dilakukan proses penurunan tegangan. Ketika tegangan output buck converter mencapai 5 V maka dilanjutkan dengan pemasangan led full spectrum yang nantinya akan digunakan sebagai proses pembibitan yang menyala selama 12 jam dari malam sampai pagi hari. Ketika waktu pagi LED full spectrum pada dilakukan proses pengisian baterai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian

Langkah selanjutnya setelah komponen dirangkai adalah tahapan pengujian. Dimulai dengan pengujian TEG dengan dan tanpa water block serta pengujian keseluruhan alat. Bahan bakar yang digunakan disini adalah batok kelapa dengan berat 500 gr. Pengujian pertama adalah pengujian TEG tanpa

menggunakan water block. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.1 di bawah.

TABEL 3.1 HASIL PENGUJIAN TEG TANPA MENGGUNAKAN WATER block

No.	Waktu (menit)	Sisi panas °C	Sisi Dingin °C	ΔT (°C)	Tegangan (V)
1	2	80	28	52	0,58
2	4	85	30	52	0,65
3	6	88	33	55	1,7
4	8	95	39	56	1,5
5	10	100	40	60	1,65
6	12	112	43	69	4,1
7	14	130	50	80	7,5
8	16	125	49	74	6,92
9	18	118	45	73	6,59
10	20	110	40	70	6,39
11	22	132	50	82	7,88
12	24	150	58	92	8,24
13	26	175	75	100	9,08
14	28	189	85	104	10,4
15	30	195	90	105	10,31

Tahapan kedua adalah pengujian TEG dengan menggunakan water block, dimana hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.2 di bawah.

TABEL 3.2 HASIL PENGUJIAN TEG DENGAN MENGGUNAKAN WATER BLOCK

No.	Waktu (menit)	Sisi panas °C	Sisi Dingin °C	ΔT (°C)	Tegangan (V)
1	2	73	21	52	1,49
2	4	76	24	52	2,81
3	6	80	26	54	3,25
4	8	84	30	54	3,88
5	10	88	30	58	3,92
6	12	90	30,5	59,5	3,94
7	14	93	32	61	4,43
8	16	95	32,5	62,5	4,6
9	18	100	33,2	66,8	4,95
10	20	106	36	70	5,42
11	22	115	38	77	5,85
12	24	120	39	81	6,21
13	26	124	40,5	83,5	6,73
14	28	128	43	85	7,23
15	30	135	45	90	8,02

Hasil dari kedua pengujian TEG didapatkan bahwa semakin lama waktu pembakaran maka nilai ΔT semakin besar. Pada

pengujian tanpa water block dan dengan menggunakan water block nilai tertinggi ΔT masing-masing 105 °C dan 90 °C. Adapun nilai tegangan yang dihasilkan TEG dari masing-masing pengujian sebesar 10,31 V dan 8,02 V. Pada penelitian ini nantinya ketika mengimplementasikan TEG sebagai suplai dengan menggunakan water block sebab ketika tidak menggunakan water block nilai ΔT terlampaui tinggi melebihi batas kapasitas TEG.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian keseluruhan komponen, dimana TEG digunakan untuk menyuplai 1 buah pompa air dan 4 buah kipas. Hasil dari pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.3 di bawah.

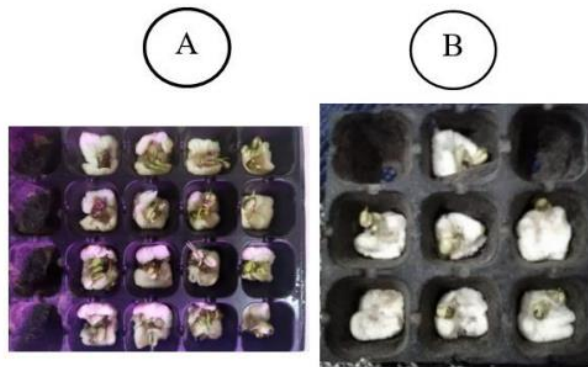
TABEL 3.3 HASIL PENGUJIAN KESELURUHAN KOMPONEN

No.	ΔT (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	64	3,54	0,74	2,62
2	75,2	4,07	0,76	3,09
3	79,9	4,23	0,77	3,26
4	118	5,08	0,88	4,47
5	125	5,36	0,88	4,72
6	131,6	5,78	0,89	5,14
7	136	5,7	0,88	5,02
8	137	6,07	0,88	5,34
9	141	6,66	0,93	6,19
10	146,5	7,04	0,93	6,55
11	147	7,07	0,94	6,65
12	148	8,06	0,94	7,58
13	148,5	9,08	0,98	8,90
14	150	10,4	1	10,40
15	147	12,02	1,3	15,63

Hasil yang didapat dari pengujian keseluruhan komponen tegangan keluaran TEG meningkat seiring dengan bertambahnya durasi pembakaran dari 3,54 V sampai 12,02 V. Pada kondisi ini buck boost converter sangat berperan penting dalam merubah nilai tegangan keluaran TEG agar dapat dimanfaatkan oleh beban dengan baik.

3.2 Germinasi Kacang Hijau

Tahapan setelah dilakukan pengujian adalah proses germinasi kacang hijau. Dimana di dalam germinasi kacang hijau disini terdapat dua sample kacang hijau diantaranya germinasi yang menggunakan lampu LED full spectrum dan germinasi tanpa menggunakan lampu LED full spectrum. Hasil yang didapatkan germinasi kacang hijau yang menggunakan lampu LED full spectrum tumbuh sangat cepat dibandingkan dengan pembibitan tanpa lampu LED full spectrum, dan penyemprotan dilakukan setiap 12 jam agar kelembapan tetap terjaga. Hal ini dapat terlihat secara kasat mata yang mana dokumentasi proses germinasi ditunjukkan pada Gambar 3.1 di bawah.



A = SISI YANG MENGGUNAKAN *FULL SPECTRUM*
 B = SISI YANG TIDAK MENGGUNAKAN *FULL SPECTRUM*

GAMBAR 3.1 HASIL GERMINASI KACANG HIJAU

4. Kesimpulan

Desain alat pendukung germinasi berbasis TEG yang terdiri dari dua area, yaitu area pembakaran serta area kontrol dan proses germinasi. Komponen utama dari prototipe ini antara lain sepuluh unit TEG dengan daya maksimal 5.2 W, baterai 33 Ah, Buck boost converter 8A, Buck Converter 3 A, lampu LED Full Spectrum 6 W, empat unit kipas DC, dan sebuah pompa DC. Pembibitan kacang hijau yang dibantu dengan alat pendukung germinasi berbasis TEG tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan pembibitan tanpa alat pendukung germinasi berbasis TEG. Sehingga alat ini dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Referensi

- [1] S. A. Arsita, G. E. Saputro and S. Susanto, "Perkembangan Kebijakan Energi Nasional dan Energi Baru Terbarukan Indonesia," *Jurnal Syntax Transformation*, vol. 2, no. 12, pp. 1779-1788, 2021.
- [2] J. Setyono, F. Mardiansjah and M. Astuti, "Potensi Pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan di Kota Semarang," *Jurnal Riptek*, vol. 13, no. 2, pp. 177 - 186, 2019.
- [3] E. I. H. Alkipsy, V. Raju and H. Kumar, "A review of the challenges of energy sector and prospects of renewable energy utilization in Yemen," *Global Journal of Management and Business Research*, vol. 20, no. A8, pp. 1-7, 2020.
- [4] A. Rusli and R. Djabbar, "Konversi Energi Panas Menjadi Energi Listrik Dengan Menggunakan Generator Termoelektrik," *LOGITECH*, vol. 2, no. 1, pp. 1-6, 2019.
- [5] Ryanuargo, S. Anwar and S. Sari, "Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 10, no. 4, 2013.
- [6] M. U. K. & N. F. A. (. Muharnif, "Analisis Termoelektrik Generator (TEG) Sebagai Pembangkit Listrik Bersekala Kecil Terhadap Perbedaan Temperatur," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 5, no. 1, pp. 26-32, 2022.
- [7] M. Siregar and Riawansayah, "Simulasi perpindahan panas pada heater injection," *Jurnal Rekayasa Material,*

- Manufaktur dan Energi, vol. 1, no. 1, pp. 47-56, 2018.
- [8] E. J. Rifna, K. R. Ramanan and R. Mahendran, "Emerging technology applications for improving seed germination," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 86, pp. 95-108, 2019.
- [9] G. Carrera-Castaño, J. Calleja-Cabrera, M. Pernas, L. Gómez and L. Oñate-Sánchez, "An updated overview on the regulation of seed germination," *Plants*, vol. 9, no. 6, p. 703, 2020.
- [10] R. A. Ananto, G. P. C. Handani, A. H. Santoso, and B. S. Gumilang, "Analisis Beberapa Jenis PLTS di Khatulistiwa Menggunakan Prototype alat ukur PV," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 10, no. 3, pp. 208–211, 2023.
- [11] H. D. F. Amaral, A. H. Santoso, P. S. Harijanto, and K. A. Wibisono, "Monitoring Sun Tracking Solar Panel Statis Secara Real-Time Berbasis Website," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 10, no. 3, pp. 178–182, 2023.
- [12] D. Luo, R. Wang, Y. Yan, W. Yu, and W. Zhou, "Transient numerical modelling of a thermoelectric generator system used for automotive exhaust waste heat recovery," *Applied Energy*, vol. 297, p. 117151, 2021.
- [13] J. Yuan and R. Zhu, "A fully self-powered wearable monitoring system with systematically optimized flexible thermoelectric generator," *Applied energy*, vol. 271, p. 115250, 2020.
- [14] L. Zhu et al., "Optimization analysis of a segmented thermoelectric generator based on genetic algorithm," *Renewable Energy*, vol. 156, pp. 710–718, 2020.
- [15] W. B. Nader, "Thermoelectric generator optimization for hybrid electric vehicles," *Applied Thermal Engineering*, vol. 167, p. 114761, 2020.