

**TRIGORASHED (THERMOELECTRIC GENERATOR ORGANIC TRASH
POWERED) SEBAGAI MESIN KONVERSI LIMBAH ORGANIK
MENJADI ENERGI LISTRIK STANDALONE MENGGUNAKAN MODUL
Peltier Electric TEC-12706**

Kadek Widipratama¹, Komang Cakrawenda Y.L², Luh Eka
Puspitawati¹

Teknik Elektro, Universitas Udayana, Badung
widhiadapter2@gmail.com

Abstrak

IESR Proceedings in 2019 that a total of 507 villages had no electricity throughout Indonesia. Not only electricity, waste is also a polemic. Indonesia's waste in 2020 states 47 percent of the 36 million tons of waste Indonesia is in an unmanaged status. Processing of organic waste has the largest composition in the household waste mix will be significant important role in overcoming the waste distribution crisis in Indonesia. TRIGORASHED is a waste to energy technology using a Peltier electric 12706 . module as a thermoelectric generator through the Seebeck effect (the phenomenon of the flow of current electricity in the peltier module generated by the heat difference between the two sides). To maximize the heat difference, the inside of the peltier is heated conduction by the combustion process of organic waste. Then on the outer side of the peltier thermal paste and heatsink are applied to maximize cooling convection. Furthermore, the electrical energy generated by the Peltier module is first previously stored into a lithium ion battery through a charge controller intermediary to improve reliability and power quality. Burning smoke TRIGORASHED is pre-filtered mechanically and chemically with using a wire filter and activated carbon so as to reduce the impact generated environment. The heat generated by the combustion process can also be used to cook food, produce charcoal by burning, and the residue from burning organic waste can be used as compost because it increases the content of phosphorus, calcium and potassium and increases the index Good pH for plant survival.

Keywords: Seebeck Effect, Combustion, Organic Waste, Thermoelectric, TRIGORASHED

Pendahuluan

Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2019 yang menyatakan per Juli 2019 rasio elektrifikasi Indonesia telah mencapai 98,8% hal ini berarti 1,2% atau 1.134.435 keluarga di Indonesia belum menerima aliran listrik baik dari PLN ataupun Non-PLN (Badan Pusat Statistik, 2019). Untuk menuntaskan 1,2% tersebut dikutip dari pernyataan Menteri ESDM ada sejumlah tantangan untuk merampungkan sisa 1,2% tersebut, yakni layanan akses listrik berada di daerah yang sulit terjangkau dan minim infrastruktur serta kemampuan masyarakat dalam membayar biaya sambung listrik masih rendah. Pada lain sisi terdapat permasalahan jumlah sampah organik yang dihasilkan pertahun kian meningkat. Hal ini berdasarkan data yang dipublikasikan oleh KLHK pada tahun 2021, yang menyatakan sebanyak 54.3% komposisi sampah nasional adalah sampah organik dimana 12,7% di antaranya didominasi oleh kayu/ranting (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 2021). Maka dari itu

berdasarkan permasalahan dan fakta data pustaka. Maka di gagaskan teknologi *TRIGORASHED* (*Peltier Electric Organic Trash Powered*), mesin konversi limbah organik menjadi energi listrik *standalone* dengan menggunakan modul *peltier electric* 12706 sebagai thermoelectric generator dari perbedaan panas yang diciptakan oleh metode *filtered combusting* sampah organik, sehingga dapat menjadi sumber energi alternatif daerah tertinggal yang murah dan mudah, selain itu dihasilkan juga arang berbahan dasar kayu, ranting ataupun sabut kelapa yang bisa menjadi komoditi jual baru guna meningkatkan pendapatan warga, serta pupuk kompos sebagai media pemberdayaan produktivitas tanah masyarakat desa. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada karya tulis ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan dan prinsip kerja prototipe *TRIGORASHED* dalam menkonversi sampah organik menjadi energi listrik, *thermal* serta pupuk kompos?
2. Bagaimana signifikansi dampak yang ditimbulkan prototipe *TRIGORASHED* dalam meningkatkan akses penerangan serta mengukur parameter pengurangan peredaran sampah organik, dan produksi pupuk kompos?
3. Bagaimana mekanisme *Build Operating Transfer* (BOT) dan rancangan model bisnis teknologi *TRIGORASHED*?

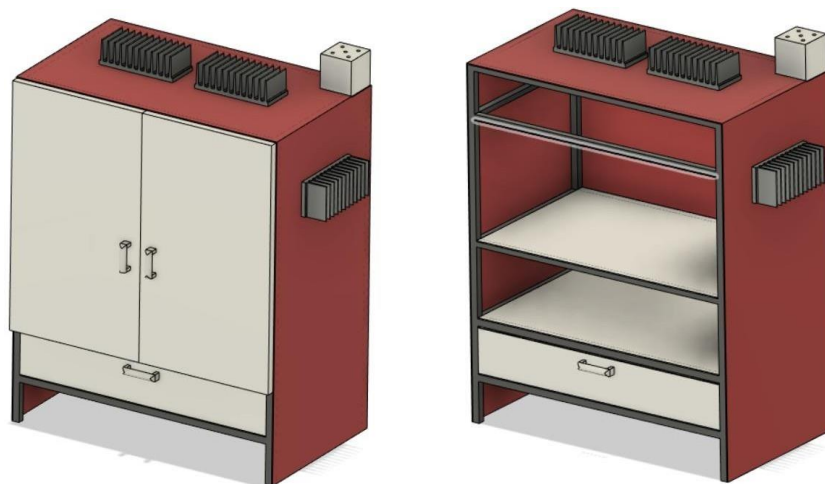
Metode Penelitian

Penelitian kuantitatif digunakan untuk meneliti populasi dan sampel. Data dikumpulkan dengan menggunakan instrumen atau alat ukur, kemudian dianalisis dengan statistik atau secara kuantitatif..

Hasil dan Pembahasan

1. Perancangan Alat

Perancangan sistem *monitoring TRIGORASHED* ini, dirancang dengan menggunakan beberapa komponen untuk mewujudkan rancangan agar sesuai dengan tujuan yang telah dibuat. Hasil desain *TRIGORASHED* adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Perancangan Desain *TRIGORASHED*

TRIGORASHED yang dirancang terdiri dari 4 (empat) ruang utama yaitu baki penampungan abu, ruang pembakaran sampah organik berupa dedaunan, ruang pembakaran batok kelapa, dan ruang filter asap serta CO₂. Terdapat kekhawatiran akan emisi yang ditimbulkan dari proses pembakaran. Maka dari itu, didesain *exhaust* beserta *fan* yang menghisap dan menyaring emisi yang dihasilkan sebelum dibuang ke atmosfer dengan menggunakan metode *adsorbsi* karbon aktif menggunakan ijuk, kapas, dan cangkang telur. (Arghya Banerjee, 2010).

2. Prinsip Kerja *TRIGORASHED*

Sampah organik yang diolah menggunakan metode filtered combusting didalam *chamber* yang telah disediakan akan menghasilkan energi panas, asap, arang, dan abu. Untuk energi panas akan diterima oleh Peltier Modul TEC 12706 *Seebeck Effect (Heat Different)* lalu diteruskan ke *Box Panel* yang berisikan *charge control* yang dimana energi yang telah dirubah akan di simpan ke dalam baterai dan akan mengubahnya menjadi DC *load* dan AC *load*. Sedangkan untuk asap akan masuk ke dalam ruang *filter* untuk mem-*filter* asap yang dihasilkan.

3. Estimasi Output Daya Maksimum 1 Elemen Peltier TEC 12706 Kondisi Ideal

Untuk mendapatkan estimasi daya yang dapat dihasilkan pada satu modul peltier, maka harus diketahui data teknis disertakan pada modul yaitu parameter ΔT_{max} , I_{max} , V_{max} , dengan parameter modul, maka koefisiensi *Seebeck* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta T = (273 + 100) - (273 + 23) \text{ Kelvin}$$

$$\Delta T = 77^\circ \text{ Kelvin}$$

Serta, dengan nilai $V_{max} = 5,3 \text{ V}$ (Sesuai datasheet) sehingga nilai koefisien *Seebeck* sebesar:

$$\alpha = \frac{16.4 \text{ Volt}}{77^\circ \text{ Kelvin}}$$

Jika pada kondisi pemanasan diketahui suhu tertinggi yang dihasilkan sebesar 68°C pada satu sisi modul, maka perbedaan temperatur pada komposter dengan lingkungan yaitu,

$$\Delta T = (273 + 68) - (273 + 23) \text{ K}$$

$$= 45 \text{ K}$$

Tegangan yang dihasilkan pada elemen peltier yaitu,

$$V_{max} = \alpha \times \Delta T$$

$$V_{max} = 0,212 \times 45$$

$$V_{max} = 9.54 \text{ Volt}$$

Dari datasheet diketahui tahanan dalam elemen peltier sebesar $2,2 \Omega$. Sehingga arus maksimum yang dihasilkan sebesar:

$$I_{max} = 3.936 \text{ Ampere}$$

Masalah intermitensi dan fluktuasi dari daya keluaran dan energi yang dihasilkan modul peltier yang berdampak buruk jika dialirkan langsung menuju beban, diselesaikan dengan menggunakan *energy storage* baterai yang diisi oleh *charge controller*.

4. Skenario Output Energi *TRIGORASHED* Berdasarkan Durasi Operasi

Modul *Peltier* TEC-12706 yang menggunakan prinsip perbedaan suhu antar sisi untuk menghasilkan daya listrik. Digunakan estimasi produksi daya dari rentang 27,68 Watt sebagai *worst case scenario* minimnya perbedaan suhu-hingga 63,53 Watt sebagai *best case scenario* besarnya perbedaan suhu.

Tabel 1. Estimasi Produksi Daya dan Energi 8 Jam Operasi *TRIGORASHED*

No.	Perangkat Konversi	Produksi Daya Minimum	Produksi Daya Maksimum	Lama Operasi	Estimasi Energi Worst Scenario	Estimasi Energi Best Scenario
1.	36 <i>Peltier</i>	27,68 Watt	62,53 Watt	8 Jam	221,44 Wh	500,24 Wh
Total Produksi Energi					221,44 Wh	500,24 Wh

5. Potensi Penghasilan Produksi Arang

Arang hasil produksi tersebut selanjutnya akan dikumpulkan, dikemas, dan dijual pada merchant sekitar dengan harga kisaran Rp. 7.000,00/kg.

Tabel 2. Skenario Estimasi Pengurangan Jumlah Sampah Batok dan Produksi Arang

Skenario	Produksi Arang Mingguan	Pengurangan Sampah Batok	Estimasi pendapatan
5 kali seminggu membuat arang	21.25 kg	42.5 kg	Rp 595.000,00

Jadi pendapatan warga jika memproduksi dan menjual arang sebanyak 5 kali seminggu dalam sebulan dengan menggunakan *TRIGORASHED* adalah sebanyak Rp 595.000,00. Untuk mendapatkan angka tersebut, maka tiap minggunya, warga harus mengumpulkan ekuivalen sebanyak 8.5 kg sampah batok kelapa.

6. Potensi Penghasilan Produksi Pupuk

Berdasarkan pengujian di lapangan, 1 kg sampah organik dapat menghasilkan 150 gram abu. Maka dari itu, guna mengurangi jumlah sampah organik, serta meningkatkan lama durasi pembakaran *TRIGORASHED* maka warga dianjurkan mengumpulkan sebanyak 35 kg sampah tiap minggunya untuk memproduksi sebanyak 5 kg pupuk per minggu dengan harga jual kompetitif yaitu Rp.5.500,00/kg. Dengan begitu, estimasi pendapatan penjualan pupuk sebagai berikut :

$$\text{Exp Income/minggu(pupuk)} = \text{Kuantitas Produksi Pupuk /minggu} \times \text{Harga Pupuk/kg}$$

$$\text{Exp Income/minggu(pupuk)} = 5 \times \text{Rp } 5.500,00/\text{kg}$$

$$\text{Exp Income/minggu(pupuk)} = \text{Rp } 27.500,00 \text{ Pendapatan Perbulan} = \text{Rp.}$$

$$27.500,00 \times 4 = \text{Rp } 110.000$$

Jadi, didapatkan estimasi penghasilan tambahan sebesar Rp 110.000,00.

7. Mekanisme Build, Operating, Transfer (BOT) Proyek Inovasi *TRIGORASHED*

Meskipun dalam implementasi *TRIGORASHED*, Tim KSR mengharapkan aspek *return of investment*. Namun, berbicara mengenai target pasar yaitu masyarakat daerah tertinggal yang berstatus ekonomi rentan. Harus juga mempertimbangkan aspek pemberdayaan masyarakat secara berkelanjutan. Oleh karena itu, berikut merupakan strategi BOT atau (*Build Operating Transfer*) yang direncanakan oleh tim.

- A. *Build* : Tiap aspek nilai dan fitur yang ditawarkan oleh *TRIGORASHED* sepenuhnya didesain menyesuaikan dengan karakteristik masyarakat desa tertinggal.
- B. *Operating* : Tim KSR akan memberikan pembakalan edukasi mengenai pengoperasian dan penyelesaian masalah sederhana teknologi *TRIGORASHED* pada penerima pertama mengenai teknologi *TRIGORASHED*.
- C. *Transfer* : Mekanisme transfer yang diberikan dalam proyek *TRIGORASHED* tidak hanya secara *hardware*, namun juga *knowledge* dan *business* model dari proyek *TRIGORASHED*.

Kesimpulan

TRIGORASHED merupakan sebuah mesin konversi *waste to energy* yang dapat melakukan konversi panas menjadi energi listrik melalui media modul *peltier* TEC-12706. Setelah dilakukan kajian, abu hasil pembakaran sampah organik memiliki manfaat sebagai pupuk yang dapat meningkatkan basa tanah. Serta, prinsip *peltier* yang memerlukan panas secara kontinyu menjadi peluang untuk pengolahan limbah organik dengan cara *incinerasi* guna penciptaan komoditas arang baru bagi masyarakat. Dalam 8 kerja operasi, *TRIGORASHED* dapat menghemat pengeluaran listrik bulanan sebesar 35 % tagihan listrik dengan kapasitas 450 VA.

Daftar Pustaka

- Arghya Banerjee, S. P. (2010). Pemanfaatan membran cangkang telur sebagai adsorben karbon dioksida.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Rasio Elektrifikasi*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Farzad Tohidi, S. G. (2021). Applied Thermal Engineering. *Thermoelectric Generators: A comprehensive review of characteristics and applications*, 154.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2021). *KOMPOSISI SAMPAH*. From sipsn.menlhk.go.id:
<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>
- Terasaki, I. (2016). *ScienceDirect*. From Peltier Effect:
<https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/peltier-effect>