

ANALISA PEMANFAATAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* SEBAGAI
PEMBANGKIT LISTRIK MENGGUNAKAN PANAS GAS BUANG
KENDARAAN BERMOTOR

**(ANALYSIS OF THE UTILIZATION OF THERMOELECTRIC GENERATORS AS
POWER PLANTS USING
THE HEAT OF MOTOR VEHICLE EXHAUST GASES)**

Ahmad Bunaya Rifqi⁽¹⁾, Eko Yudiyanto⁽¹⁾

⁽¹⁾ Teknik Otomotif Elektronik, Politeknik Negeri Malang
JL. Soekarno Hatta No. 09 Malang – 65141

Email: ahmadbrifqii@gmail.com

Diterima: 26 Juli 2023. Disetujui: 15 Mei 2025. Dipublikasikan: 30 Mei 2025

ABSTRAK

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor meningkatkan emisi gas buang dan polusi udara. Emisi Gas buang menyisakan panas yang dibuang ke lingkungan. Potensi panas gas buang kendaraan dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas untuk menghasilkan listrik. Salah satu teknologi yang dapat mengubah panas menjadi listrik dengan emisi nol adalah *generator* termoelektrik. Penelitian eksperimental dilakukan dengan memanfaatkan panas buangan kendaran bermotor dan mengubah menjadi energi listrik. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan menggunakan termoelektrik TEC-12706, alumunium dan *heatsink* sebagai alat untuk mengubah panas dari knalpot menjadi energi listrik. Hasil penelitian menunjukkan *heatsink* A memiliki perbedaan suhu 35-40°C. Selain itu, pengukuran dengan 6 termoelektrik menghasilkan tegangan 1,5V arus 0,87A dan daya 1,2W. Hasil penelitian menunjukkan potensi untuk memanfaatkan panas gas buang kendaraan sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan. Ini dapat membantu mengatasi masalah emisi gas buang dan polusi udara yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor.

Kata Kunci: *Heatsink*, Panas Gas Buang, *Thermoelectric*

ABSTRACT

The growth in the number of motorized vehicles increases exhaust emissions and air pollution. Emissions Exhaust gases produce heat which is discharged into the environment. The heat potential of vehicle exhaust gas can be used as a heat source to generate electricity. One of the technologies that can convert heat into electricity with zero emissions is a Generator Thermoelectric. The experimental research is to utilize the exhaust heat of motorized vehicles and convert it into electrical energy. In this study, tests were carried out using termoelektrik TEC-12706, aluminum and heatsinks as a tool to convert heat from exhaust into electrical energy. The results showed that heatsink A has a temperature difference of 35-40°C. In addition, measurements with 6 termoelektriks produce a voltage of 1.5V, a current of 0.87A and a power of 1.2W. The results of this study show the potential to utilize vehicle exhaust heat as an environmentally friendly source of electrical energy. This can help overcome the problem of exhaust emissions and air pollution caused by motorized vehicles.

Keywords: *Exhaust Heat*, *Heatsink*, *Thermoelectric*

PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan bermotor di dunia menyebabkan peningkatan emisi gas buang. Umumnya pencemaran udara sebesar 70% berasal dari sektor transportasi [1]. Kebutuhan sumber energi ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil sangat dibutuhkan. Kendaraan bermotor telah menjadi tulang punggung transportasi di banyak negara, menyediakan manfaat yang besar bagi masyarakat dalam hal mobilitas dan aksesibilitas. Namun, dampak negatif dari penggunaan motor bakar terhadap lingkungan juga patut diperhatikan. Selama mesin kendaraan beroperasi dan bahan bakar terbakar, gas buang dihasilkan dan dilepaskan ke atmosfer. Gas buang ini mengandung berbagai zat berbahaya seperti karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), partikel kecil dan panas sisa.

Panas sisa pembakaran merupakan panas yang tidak terpakai dan dialirkan ke lingkungan. Proses pembakaran di mesin kendaraan juga menghasilkan panas yang cukup besar. Panas ini harus dibuang agar mesin tetap beroperasi pada suhu yang optimal. Ada dua cara utama di mana panas dibuang dari kendaraan bermotor: melalui gas hasil pembakaran yang dilepaskan melalui sistem knalpot, dan melalui sirip-sirip pada blok mesin. Sirip ini berfungsi sebagai pendingin dengan meningkatkan permukaan yang bersentuhan dengan udara untuk mengurangi suhu mesin. Panas yang terbuang dari mesin kendaraan

dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik menggunakan termoelektrik.

Prinsip dasar dari teknologi termoelektrik adalah *effect Seebeck*, yang merupakan efek termoelektrik yang terjadi ketika dua bahan konduktor yang berbeda suhu bersentuhan, maka akan terjadi aliran listrik [2].

Material termoelektrik adalah bahan yang memiliki sifat khusus yang memungkinkan mereka mengubah perbedaan suhu menjadi potensial listrik. Material termoelektrik ini sering terdiri dari bahan semikonduktor.

Proses termoelektrik ini dapat digunakan di berbagai aplikasi, termasuk dalam kendaraan. Di kendaraan, teknologi termoelektrik dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dari panas mesin atau sistem pendinginan. Listrik yang dihasilkan ini dapat digunakan untuk memasok daya bagi berbagai sistem di dalam kendaraan, mengurangi beban pada sistem pengisian daya tradisional seperti alternator. Panas tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain sebagai media pengisian baterai pada *Handpohne* [3].

Generator termoelektrik merupakan perangkat yang dapat menghasilkan energi listrik karena perbedaan suhu dari energi panas yang dapat menghasilkan energi listrik. Semakin besar perbedaan suhunya, akan semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan termoelektrik [4].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian eksperimental dilakukan untuk mengetahui fenomena pengaruh

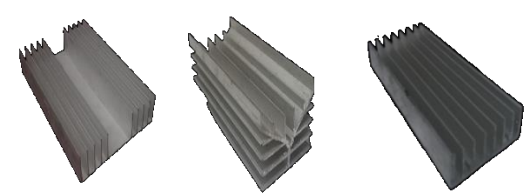
panas yang ditimbulkan oleh sepeda motor yang dapat dibangkitkan menggunakan termoelektrik.

Pemilihan Modul Generator Termoelektrik

Generator Termoelektrik merupakan modul yang digunakan pada penelitian ini. Modul ini memiliki efisiensi dalam menghasilkan energi listrik. Dengan memberikan perbedaan suhu di kedua sisi, maka akan mengalirkan elektron untuk menghasilkan energi listrik untuk dimanfaatkan [5].

Tabel 1. Spesifikasi Termoelektrik TEC

Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
-30 to 70	0 - 15.2	0– 6	60



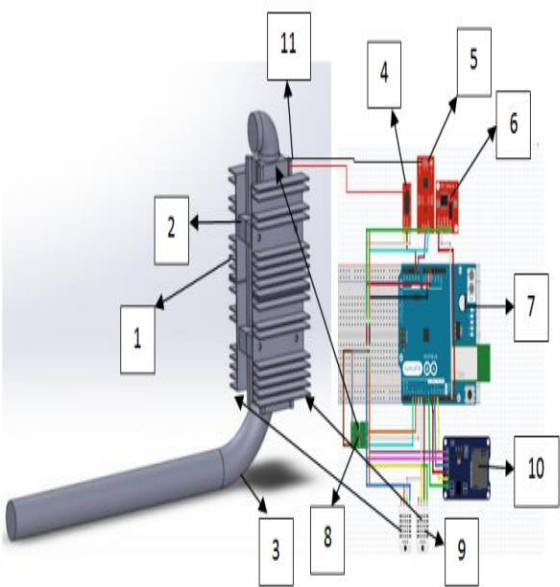
Gambar 1. Heatsink A, B, C

Pada penelitian ini terdapat proses perpindahan panas melalui Aluminium, *heatsink* dan *thermoelectric* yang telah dimodifikasi diletakkan pada bagian knalpot yang akan menjadi objek pengujian. Dimana posisi alat akan diletakkan dibagian terpanas knalpot yaitu di *header* nya [6].

Proses penelitian ini menggunakan rangkaian *thermoelectric* dengan variabel 2,4,6 elemen *thermoelectric* serta menggunakan 3 macam bentuk *heatsink* sebagai pengujiann. Pengujian selanjutnya

akan dilakukan dengan cara stasioner selama 200 detik.

Pengujian ini menghasilkan arus, tegangan, daya dan suhu. Hasil tersebut selanjutnya akan diukur menggunakan sensor lalu dilakukan monitoring untuk mengetahui hasil yang didapat dalam penelitian.



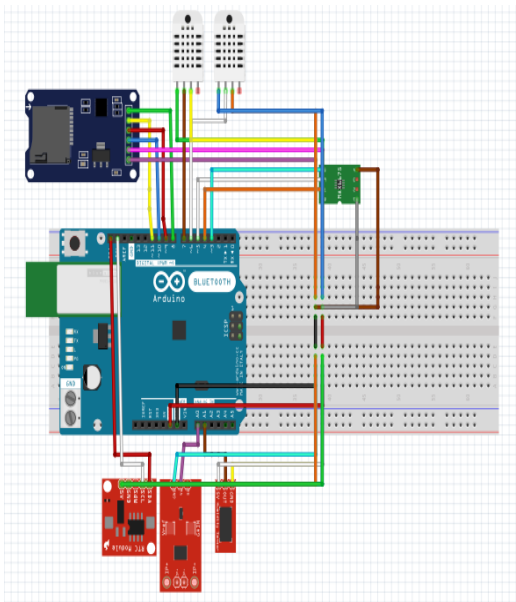
Gambar 2. Rangkaian Penelitian

Keterangan :

- 1. *Heatsink*
- 2. Aluminium
- 3. Knalpot
- 4. Sensor Arus ACS712
- 5. Sensor Tegangan
- 6. Sensor RTC
- 7. Arduino UNO
- 8. *Thermocouple*
- 9. Sensor DHT22
- 10. *SD Card*
- 11. *Thermoelectric*

Alat ini dilengkapi dengan Sensor Arus ACS712 untuk mengukur arus yang dihasilkan, Sensor Tegangan untuk mengukur tegangan [7], Sensor DHT22 [8]

Thermocouple [9] digunakan untuk mengukur suhu yang ada pada *heatsink* dan Aluminium. *Module SD Card* digunakan sebagai penyimpan data pengujian yang langsung dimonitoring oleh ArduinoUNO sebagai modul pembaca sensor seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian monitoring pengukuran

Pada pengujian Gambar 4 dilakukan proses pemindahan panas menjadi listrik dari knalpot dengan media alumunium, *heatsink* dan *thermoelectric* ditambahkan sensor untuk pengukuran hasil penelitian. Pada penelitian menggunakan variabel 3 bentuk *heatsink* dan jumlah *thermoelectric* yaitu 2, 4, 6. Pada proses penelitian dilakukan pengamatan hasil variabel terikat yaitu, perbedaan suhu, tegangan, arus dan daya yang akan dari serial monitor yang dihubungkan langsung dengan Laptop. Setting peralatan seperti Gambar 4.



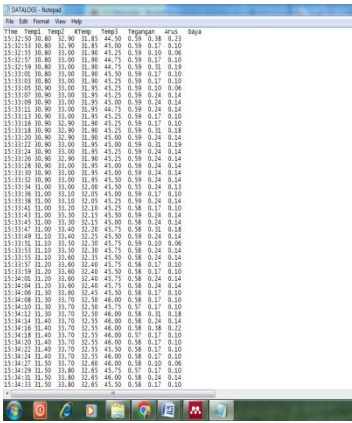
1.



2.



3.



4.

Gambar 4. Pengujian
Keterangan :

1. Pemasangan ke *header* knalpot
2. Perangkaian sensor ke alat
3. Proses Penelitian
4. Serial monitoring ke Laptop

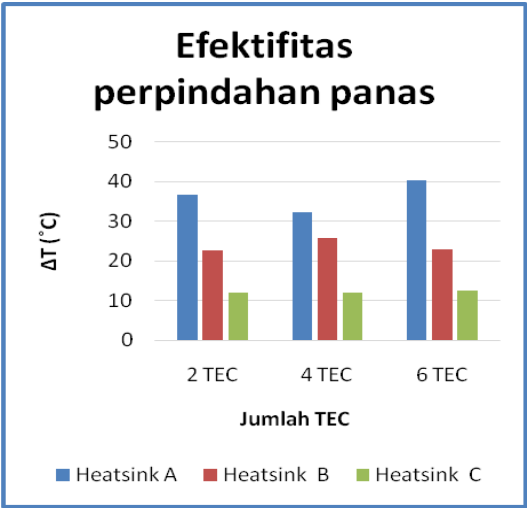
HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektifitas Perpindahan Panas

Tabel 2. Efektifitas perpindahan panas

JUMLAH TEC	Selisih temperatur pada <i>Heatsink</i>		
	<i>Heatsink</i> A	<i>Heatsink</i> B	<i>Heatsink</i> C
2 <i>TEC</i>	36,63°C	22,59°C	11,83°C
4 <i>TEC</i>	32,2°C	25,62°C	12,02°C
6 <i>TEC</i>	40,28°C	22,7°C	12,36°C

Berdasarkan Tabel 2 efektifitas perpindahan panas *heatsink* A memiliki suhu yang lebih besar dibandingkan dengan *heatsink* lainnya.



Gambar 5. Efektifitas perpindahan panas

Berdasarkan grafik batang pada Gambar 5 di atas menggambarkan efektifitas perpindahan panas pada tiap tipe *heatsink*. Data yang ditunjukkn diambil rata-rata dalam tiapperobaan Grafik ini menunjukkan bahwa jenis *heatsink* memiliki efektifitas terhadap

jumlah *thermoelectric*. Puncak efektifitas terjadi pada *heatsink* A khususnya pada jumlah 6 *thermoelectric*, sementara efektifitas terendah terjadi pada *heatsink* C pada jumlah 2 *thermoelectric*.

Hasil Data Rata-Rata Tegangan, Arus, Daya

Tabel 3. Hasil data rata-rata tegangan

JUMLAH TEC	Rata-rata Tegangan		
	<i>Heatsink</i> A	<i>Heatsink</i> B	<i>Heatsink</i> C
2 <i>TEC</i>	0,47V	0,36V	0,23V
4 <i>TEC</i>	0,70V	0,77V	0,42V
6 <i>TEC</i>	1,44V	1,03V	0,64V

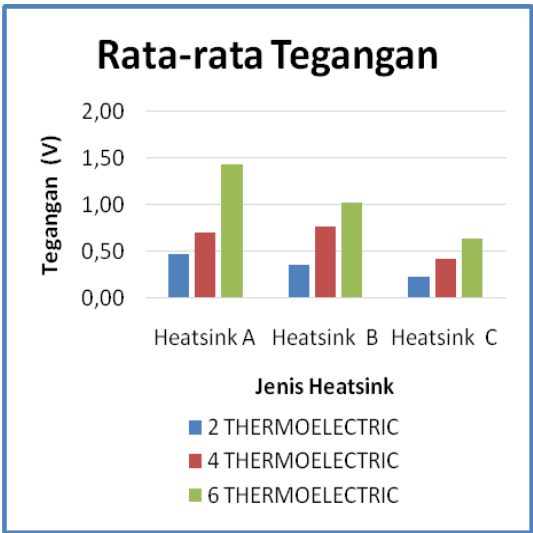
Tabel 4. Hasil data rata-rata arus

JUMLAH TEC	Rata-rata Arus		
	<i>Heatsink</i> A	<i>Heatsink</i> B	<i>Heatsink</i> C
2 <i>TEC</i>	0,20A	0,12A	0,25A
4 <i>TEC</i>	0,38A	0,28A	0,20A
6 <i>TEC</i>	0,63A	0,38A	0,44A

Tabel 4. Hasil data rata-rata daya

JUMLAH TEC	Rata-rata Daya		
	<i>Heatsink</i> A	<i>Heatsink</i> B	<i>Heatsink</i> C
2 <i>TEC</i>	0,09W	0,04W	0,06W
4 <i>TEC</i>	0,26W	0,21W	0,08W
6 <i>TEC</i>	0,91W	0,39W	0,28W

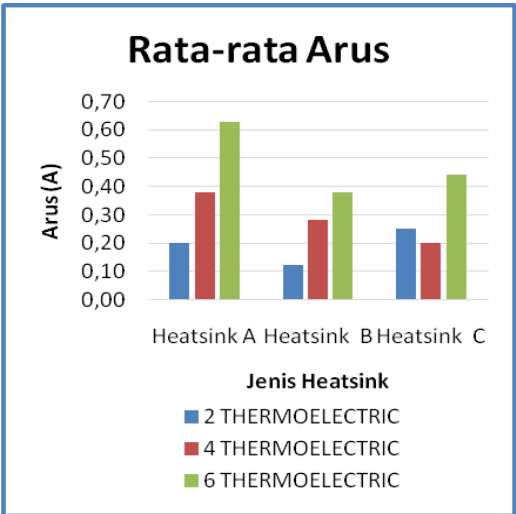
Berdasarkan tabel di atas rata-rata tegangan, arus dan daya jumlah 6 *thermoelectric* memiliki tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan *thermoelectric* lainnya.



Gambar 6. Rata-rata tegangan

Berdasarkan grafik batang Gambar 6 di atas menggambarkan rata-rata tegangan pada tiap *thermoelectric*. Data yang ditunjukkan diambil rata-rata dalam tiap percobaan. Grafik ini menunjukkan bahwa jumlah *thermoelectric* terhadap nilai tegangan.

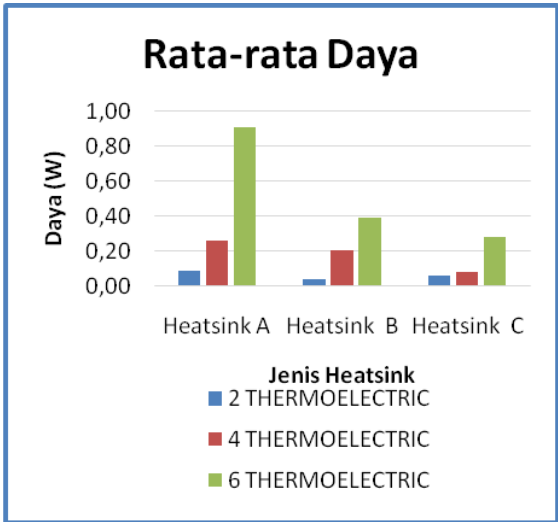
Puncak tegangan terjadi pada saat menggunakan jumlah 6 *thermoelectric*, sementara tegangan terendah saat menggunakan 2 *thermoelectric*.



Gambar 7. Rata-rata arus

Berdasarkan grafik batang di atas menggambarkan rata-rata arus pada tiap *thermoelectric*. Data yang ditunjukkan diambil rata-rata dalam tiap percobaan. Grafik ini menunjukkan bahwa jumlah *thermoelectric* terhadap nilai arus.

Puncak arus terjadi pada saat menggunakan 6 *thermoelectric*, sementara arus terendah saat menggunakan 2 *thermoelectric*.



Gambar 8. Rata-rata daya

Berdasarkan grafik batang Gambar 8 di atas menggambarkan rata-rata daya pada tiap *thermoelectric*. Data yang ditunjukkan diambil rata-rata dalam tiap percobaan. Grafik ini menunjukkan bahwa jumlah *thermoelectric* terhadap nilai daya.

Puncak daya terjadi pada saat menggunakan 6 *thermoelectric*, sementara arus terendah saat menggunakan 2 *thermoelectric*.

Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian dengan variabel bentuk *heatsink* dan jumlah *thermoelectric* didapatkan hasil yang berbeda pada tiap pengujiannya. Grafik yang menggambarkan efektifitas

perpindahan panas Gambar 5 didapat hasil bahwa *heatsink* A memiliki perbedaan suhu yang sangat besar dibandingkan dengan *heatsink* yang lainnya. Perbedaan suhu mencapai 40°C yang dilakukan selama 200 detik.

Hal ini bisa terjawab mengapa *heatsink* A memiliki perbedaan suhu yang paling besar. Dikarenakan *heatsink* A memiliki sirip yang tinggi, hal tersebut bisa menghambat perpindahan panas [10].

Pada grafik pengaruh jumlah *thermoelectric* didapat hasil bahwa semakin banyak jumlah *thermoelectric* akan semakin besar juga hasil yang didapat pada *thermoelectric*. Pada pengujian 6 *thermoelectric* mendapatkan hasil pada tegangan sebesar 1,5 V , arus sebesar 0,87A dan daya sebesar 1,2W.

KESIMPULAN

Bentuk *heatsink* mempengaruhi hasil yang diukur karena adanya perbedaan suhu dan pada *heatsink* ini memiliki sirip yang tinggi sehingga membuat *heatsink* menghambat laju perpindahan panas yang dikeluarkan oleh knalpot. Semakin besar perbedaan yang dihasilkan, maka nilai yang dihasilkan *thermoelectric* akan semakin besar.

Jumlah *thermoelectric* mempengaruhi hasil yang didapat. Semakin banyak jumlah *thermoelectric* maka akan semakin besar juga hasil yang didapatkan oleh *thermoelectric*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Kasanah, “Analisis Potensi Emisi CO 2 Oleh Berbagai Jenis

Kendaraan Bermotor di Jalan Raya Kemantren Kabupaten Sidoarjo Analysis of Potential CO2 Emissions by Various Types of Motorized Vehicles on Highway Kemantren Sidoarjo Regency,” vol. 9, pp. 70–75, 2022.

[2] Sugiyanto, M. T. N. Umam, and E. Suciawan, “Rancang Bangun konstruksi TEG pada knalpot sepeda motor untuk pembangkitan listrik mandiri,” *Jurnal Forum Teknik*, vol. 36, no. 1. pp. 56–63, 2015.

[3] Y. P. Saputro and F. D. Suprianto, “Pemanfaatan Panas Gas Buang Sepeda Motor untuk Pengisian Baterai Handphone dengan Generator Termoelektrik,” *J. Tek. Mesin Univ. Kristen Petra*, pp. 1–7, 2015.

[4] M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, “Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik,” *Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, pp. 57–62, 2016.

[5] H. Jouhara *et al.*, “Thermoelectric generator (TEG) technologies and applications,” *Int. J. Thermofluids*, vol. 9, 2021, doi: 10.1016/j.ijft.2021.100063.

[6] M. Latif, N. Hayati, and U. G. S. Dinata, “Potensi Energi Listrik Pada Gas Buang Sepeda Motor,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 5, p. 163, 2015, doi: 10.17529/jre.v11i5.2957.

[7] Syafruddin, G. Devira ramady, and

- R. Ristiadi Hudaya, “Rancang Bangun Sistem Proteksi Daya Listrik menggunakan Sensor Arus dan Tegangan berbasis Arduino,” *Isu Teknol. Stt Mandala*, vol. 16, no. 1, pp. 36–43, 2021.
- [8] Fitri Puspasari, Trias Prima Satya, Unan Yusmaniar Oktawati, Imam Fahrurrozi, and Hristina Prisyanti, “Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar,” *J. Fis. dan Apl.*, vol. 40, no. 45, p. 33, 2020.
- [9] P. WIBOWO and D. A. Prasetya, “Rancang Bangun Data Logger Multi Kanal Terhubung IoT (Internet Of Things) Sebagai Pengukur Temperatur dengan Sensor Thermocouple,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 2, pp. 87–94, 2021, doi: 10.23917/emitor.v21i2.13773.
- [10] B. Tarigan, M. Jafri, and S. Ndollu, “Pengaruh Jumlah Sirip Heatsink Terhadap Distribusi Temperatur Pada Alat Penghasil Air Dari Udara Atmosfir,” *LONTAR J. Tek. Mesin UNDANA*, vol. 08, no. 01, pp. 40–48, 2021.