

PEMANFAATAN POTENSI PEMBANGKITAN DAYA THERMOELEKTRIK PADA KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE *SEEBECK EFFECT*

Beto Olanda¹, Churnia Sari²

^{1,2}Universitas PGRI Madiun, Indonesia, Fakultas Teknik, Prodi Teknik Elektro
e-mail: *churnia@unipma.ac.id

Abstrak

Kegiatan manusia erat dengan pemanfaatan inovasi, kendaraan bermotor memudahkan mobilitas manusia. Efisiensi panas kendaraan bermotor sekitar 35-40%, sisanya dibuang begitu saja. Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana pemanfaatan energi terbuang pada limbah panas kendaraan. Tujuan dari pembuatan perangkat TEG untuk menghasilkan energi listrik ketika perbedaan temperature antara dua material semi konduktor, termoelektrik akan mengalirkan arus sehingga menghasilkan tegangan dikenal dengan seebeck effect. Metode pengumpulan data berupa observasi secara langsung. Penelitian ini menggunakan kendaraan Honda Tiger 200cc, mendapatkan temperatur sisi panas 105,8°C, selisih temperatur 94,6°C, beda temperatur 11,2°C, tegangan 3,1V, tahanan modul 45,4 Ohm. Hasil perhitungan koefisien seebeck (α) 0,27 V, arus (I) 0,066A, Panas terserap (Q_h) 13.05 Watt, Daya (P) dihasilkan 0,204 Watt, dan efisiensi (η) 1,56%. Penelitian ini mengukur perbedaan jarak, waktu, temperatur, dan daya tersimpan dibaterai diperoleh hasil: jarak kurang dari 2 km daya belum bisa, jarak 5 km sampai 15 km waktu tempuh 8 sampai 25 menit, temperatur 69,1 sampai 105,8°C daya tersimpan 120 sampai 480 mAh dan ketika lebih dari 15 km daya tersimpan semakin banyak temperatur maksimal 108°C. Alat berhasil dibuat dengan memanfaatkan limbah panas buang kendaraan menjadi energi listrik yang digunakan sebagai pengecasan atau kebutuhan lainnya.

Kata kunci — Limbah Panas Kendaraan, Thermoelektrik Generator, Seebeck Effect.

Abstract

Human activities are closely related to the use of innovation, motorized vehicles facilitate human mobility. The heat efficiency of motorized vehicles is around 35-40%, the rest is thrown away. The problem formulation of this research is how to utilize the wasted energy in vehicle heat waste. The purpose of making a TEG device is to produce electrical energy when the temperature difference between two semi-conducting materials, the thermoelectric will flow current to produce a voltage known as the Seebeck effect. The method of data collection is in the form of direct observation. This study uses a Honda Tiger 200cc vehicle, the hot side temperature is 105.8°C, the temperature difference is 94.6°C, the temperature difference is 11.2°C, the voltage is 3.1V, the module resistance is 45.4 Ohms. The results of the calculation of the seebeck coefficient (α) 0.27 V, current (I) 0.066A, absorbed heat (Q_h) 13.05 Watt, Power (P) generated 0.204 Watt, and efficiency (η) 1.56%. This study measures the difference in distance, time, temperature, and stored power in the battery, the results obtained: a distance of less than 2 km the power cannot, a distance of 5 km to 15 km, travel time 8 to 25 minutes, temperature 69.1 to 105.8°C power stored 120 to 480 mAh and when more than 15 km of stored power the more the maximum temperature is 108°C. The tool has been successfully made by utilizing the waste heat of the vehicle's exhaust into electrical energy which is used for charging or other needs.

Keywords — seebeck effect, Thermoelectric Generator, Vehicle waste heat,

I. PENDAHULUAN

Sejak istilah industri 4.0 diperkenalkan pada tahun 2011. Berbagai kegiatan manusia yang berhubungan dengan sosial, ekonomi, pendidikan, dan budaya selalu erat kaitannya dengan pemanfaatan inovasi yang berkembang[1]. Sebagian besar masyarakat Indonesia memilih sepeda motor sebagai alat transportasi utama dalam kehidupan sehari-hari. Karena memudahkan pergerakan manusia dan bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan mesin 40% sisanya dibuang begitu saja sebagai udara panas yang terbuang melalui knalpot[9]. Oleh karena itu, diperlukan suatu cara untuk pemanfaatan panas yang dikeluarkan dari limbah panas buang sepeda motor agar menjadi sesuatu yang bermanfaat[10]

TEG merupakan instrumen alternatif yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung dengan metode efek Seebeck. [2]. Konsep Seebeck dapat digambarkan ketika dua bahan logam (pada halnya semikonduktor) dihubungkan dalam keadaan kedua suhunya yang berbeda, oleh sebab itu bahan tersebut akan menginduksi arus listrik atau gaya gerak listrik. kemudian ditempatkan jarum kompas[8]. Ketika permukaan logam dipanaskan, jarum kompas akan bergerak. Oleh sebab ini bisa terjadi bila mana arus listrik muncul di logam menciptakan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas dikenal dengan fenomena efek Seebeck [3].

Berdasarkan seluruh pustaka tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “pemanfaatan potensi pembangkitan daya termoelektrik pada kendaraan bermotor dengan metode Seebeck effect”. Peneliti menggunakan bahan sederhana dalam pembuatan prototipe yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik, dengan menggunakan sumber panas pada panas buang knalpot kendaraan kendaraan[11]. Peneliti fokus pada pengumpulan data yang membandingkan temperatur panas buang panas dan daya yang dihasilkan oleh TEG.

II. METODE PENELITIAN

Thermoelektrik

Teknologi termoelektrik secara langsung mengubah energi panas secara langsung menjadi energi listrik (TEG), atau sebaliknya, listrik untuk menghasilkan suhu dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, bahan termoelektrik bisa ditempatkan sehingga mempertemukan sumber energi panas dan dingin. Prototipe dapat dirancang untuk menghasilkan energi listrik tergantung pada jenis bahan yang digunakan. Cara kerja pendingin termoelektrik tidak berbeda jauh. Jika komponen termoelektrik diberikan aliran listrik, maka panas di sekitarnya akan diserap [4]. Pada halnya TEG terbagi menjadi 3 dasar jenis, yaitu [5]:

- 1) Struktur pendukung, merupakan tempat terhadap modul termoelektrik yang diletakkan, beberapa peneliti menemukannya di limbah panas buang pipa knalpot, dan berbagai peneliti hanya menggunakan panas dari sisi luar pipa knalpot untuk terhindar dari tekanan balik pada aliran panas buang.
- 2) Modul termoelektrik, yang bergantung dengan kisaran suhu, bahan termoelektrik dapat menggunakan bahan *silikon ghermanium, teluride timbal dan telurida bismut*.

- 3) Sistem pembuangan panas, mengatur perpindahan panas dilalui komponen termoelektrik.

Prinsip kerja termoelektrik

TEG merupakan pembangkit listrik berdasarkan efek Seebeck, yang ditemukan pertama kali pada tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck. Thomas menghubungkan dua bahan yaitu besi dan tembaga dalam rangkaian listrik. Di antara kedua logam tersebut kemudian ditempatkan jarum kompas. Ketika permukaan logam terkena panas, maka jarum kompas akan bergerak. Pada halnya terjadi karena arus listrik muncul di logam menciptakan medan magnet. Medan magnet itulah dapat menggerakkan jarum pada kompas. Fenomena ini dikenal sebagai efek Seebeck. [3].

Sistem Konversi Energi Panas dengan Termoelektrik

Perpindahan panas dapat diartikan dengan perpindahan energi akibat adanya perbedaan suhu pada satu permukaan dengan lingkungan sekitar. Perpindahan panas bisa terjadi dengan 3 cara, yaitu secara konveksi, konduksi, dan radiasi [6].

1) Perpindahan panas konveksi

Konveksi merupakan perpindahan energi dari suatu permukaan yang temperaturnya di atas temperatur sekitarnya dari angkutan energi, Konveksi terjadi apabila adanya perbedaan kecepatan fluida ketika suhunya berbeda karena terjadinya dalam arah gradien temperatur sebagai akibat gerakan massa partikel zat yang mengalir. Laju perpindahan menggunakan persamaan :

$$qc = h \cdot A(Tc - Th) \tag{1}$$

Keterangan :

h = koefisien proses ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

A = luas permukaan perpindahan panas (m^2)

Tc = suhu dingin ($^\circ C$)

Th = suhu panas ($^\circ C$)

2) Perpindahan panas konduksi

Konduksi yaitu perpindahan panas yang mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah dalam satu medium(padat, gas, cair). Dalam aliran panas konduksi perpindahan energi terjadi adanya interaksi molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Perambatan bersifat *irreversible* dan disebut efek konduksi. Besarnya perambatan menggunakan persamaan :

$$qc = k \cdot (Th - Tc) \tag{2}$$

Keterangan :

Qc = Laju aliran panas (watt)

k = konduktifitas thermal ($Watt/^\circ K$)

Th = Temperatur panas ($^\circ K$)

Tc = Temperatur dingin ($^\circ K$)

3) Perpindahan panas radiasi

Perpindahan panas mengalir dari benda yang bertemperatur tinggi ke rendah, bila benda dipisahkan dalam ruang hampa, proses perpindahan kalor tanpa zat perantara disebut radiasi. Misalnya radiasi panas knalpot kendaraan apabila kita berdiri mendekat dan berdiam maka kita akan merasakan hangat dari panas knalpot kendaraan tersebut.

Heatsink

Heatsink digunakan dalam membantu meningkatkan pembuangan panas dari sisi dingin, dapat meningkatkan kinerja modul. Potensi pembangkit listrik dari modul termoelektrik tunggal akan bervariasi tergantung pada ukuran, susunan dan suhu yang berbeda. Semakin besar perbedaan suhu antara sisi panas dan dingin modul, semakin besar tegangan dan arus. Modul termoelektrik juga dapat dihubungkan secara paralel maupun seri pada halnya sama dengan penggunaan baterai untuk mendapatkan tegangan maupun arus. Setiap modul dapat menghasilkan voltase rata-rata berkisar 1-2V DC bahkan hingga 5V DC tergantung pada tergantung suhu yang didapatkan, namun secara umum modul termoelektrik dapat menghasilkan 1,5-2V DC [3]

Peltier

Elemen peltier adalah komponen penting dari TEG, dua sisi keramik bertindak sebagai sisi panas, sisi dingin kemudian dapat menghasilkan arus negatif dan positif. Dari percobaan diketahui bahwa perpindahan panas sebanding terhadap arus mengalir. Persamaan dari efek adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{Q}{I} \Delta T \quad (3)$$

Keterangan :

r = Koefisien peltier (Volt)

Q = Beban perpindahan panas (Watt)

I = Arus Listrik (Ampere)

ΔT = Perbedaan temperature ($^{\circ}C$)

Seebeck Effect

Suatu perangkat yang dapat menghasilkan berupa energi dari panas merupakan komponen Peltier. Pembangkit listrik thermal, dapat menyebutnya dengan elemen Seebeck, yang serupa dengan komponen Peltier. Komponen ini menggunakan Effect Seebeck dalam menghasilkan energi listrik jika ada suhu yang berbeda antara piranti. Rancangan Effect Seebeck memiliki karakteristik bahwa ketika kedua bahan logam (biasanya semikonduktor) terhubung dalam lingkungan pada dua suhu yang berbeda, bahan tersebut menginduksi gaya listrik dan arus. Tegangan yang dihasilkan ini sebanding dengan perbedaan temperatur diantara dua junction. Semakin besar perbedaan temperatur, semakin besar tegangan diantara junction. Dari fenomena ini, kita dapat menentukan koefisien Seebeck menggunakan persamaan, yaitu:

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T} = - \frac{V_{hot} - V_{cold}}{T_{hot} - T_{cold}} \quad (4)$$

Koefisien seebeck (s) disebut juga daya termoelektrik, seperti pada persamaan berikut :

$$S = \frac{dEs}{T} \quad (5)$$

Keterangan :

S = Koefisien seebeck (Volt/°K)

dEs = Potensial termoelektrik terinduksi (Volt)

T = Temperatur (°K)

Sedangkan untuk perbedaan voltage (v), kita dapat menghitung dengan menggunakan persamaan:

$$\int_{T_c}^{T_h} (S_B(T) - S_A(T)) dT \quad (6)$$

Efek Joule

Perpindahan panas dari sisi dalam pendingin ke sisi luarnya akan mengakibatkan timbulnya arus listrik dalam rangkaian tersebut karena adanya efek seebeck, maka hal inilah yang dinamakan efek joule. Dalam hal ini sesuai dengan hukum ohm, efek joule menggunakan persamaan :

$$Q_j = I^2 R \quad (7)$$

Keterangan :

Qj = Efek joule (panas joule) (watt)

I = Arus listrik (Ampere)

R = Tahanan (Ohm)

Rumus yang digunakan

Dalam menganalisis kinerja Termoelektrik koefisien seebeck yang menggambarkan tegangan (gaya gerak listrik) timbul karena adanya perbedaan suhu menjadi penting. Koefisien seebeck dapat menggunakan persamaan [7]:

$$a = \frac{\Delta V}{(T_h - T_c)} \quad (8)$$

Keterangan :

a = Koefisien seebeck antara dua bahan semikonduktor, P dan N (V/°C)

ΔV = Perbedaan tegangan (V)

Th = Temperatur sisi panas modul (°C)

Tc = Temperatur sisi dingin modul (°C)

Sementara untuk menghitung arus listrik (I) yang dihasilkan menggunakan persamaan:

$$I = \frac{a \Delta T}{R_i + R_L} = \frac{a(T_h - T_c)}{R_i + R_L} \quad (9)$$

Keterangan :

I = Arus listrik yang mengalir pada rangkaian (A)

R_i = Tahanan internal modul termoelektrik(Ω)

R_l = Tahanan eksternal (Ω)

$\Delta T = T_h - T_c$

Panas yang terserap (Q_h) dari sumber panas pada permukaan sisi panas (T_h) ke permukaan sisi dingin (T_c) menggunakan persamaan :

$$Q_h = (a I T_h) + k(T_h - T_c)(10)$$

Dimana k merupakan konduktivitas termal modul(W/m), Daya keluaran (P) dan efisiensi η termoelektrik generator menggunakan persamaan berikut:

$$P = I V (11)$$

$$\eta = \frac{P}{Q_h} (12)$$

Untuk mendapatkan persentase baterai atau daya yang dapat tersimpan dapat menggunakan rumus :

$$MaH = \frac{\text{daya tersimpan \%}}{\text{kapasitas baterai \%}} 6000mah (13)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Perancangan alat yang telah berhasil dibuat yang ditempelkan pada leher knalpot kendaraan. Cara kerja dari TEG ini adalah menggunakan metode *seebeck effect* dimana apabila peltier diberikan energi panas dan terjadi selisih temperatur maka peltier akan menghasilkan tegangan, yang bisa digunakan untuk pengisian dan kebutuhan lainnya. Pada tabel 4 menunjukkan data pengukuran berdasarkan perbedaan jarak tempuh kendaraan dan waktu tempuh, terlihat pada grafik diatas pada jarak tempuh 1 km dan 2 km dengan temperatur sebesar 32,5 °C belum menghasilkan daya yang tersimpan dikarenakan tegangan yang dihasilkan belum mencukupi untuk pengisian, pada jarak 3 km sampai dengan 4 km dengan temperatur 56,7 °C dengan waktu tempuh 5 menit daya yang tersimpan pada baterai sebesar 60 mAh pada jarak 5 km, 10 km, dan 15 km temperatur yang dihasilkan pada perbedaan jarak sebesar 69,1°C, 85,8 °C,dan 105,8 °C untuk menempuh jarak tersebut membutuhkan waktu 8, 17, dan 25 menit. Berdasarkan hal tersebut menyebabkan TEG akan menghasilkan listrik secara terus menerus ketika kendaraan bermotor dikendarai dan daya yang dihasilkan dapat digunakan untuk pengisian yang bisa tersimpan pada baterai. Pada pengujian ini ketika kendaraan berjalan sejauh 5 kilometer, dengan temperatur yang dihasilkan 69,1 °C dan waktu tempuh 8 menit maka daya yang tersimpan pada powerbank sebesar 120 mAh atau sebanyak 2% dari kapasitas powerbank sebesar 6000 mAh. Kemudian pada pengujian ini ketika kendaraan berjalan sejauh 10 kilometer, dengan temperatur yang dihasilkan 85,8 °C dan waktu tempuh 17 menit maka daya yang tersimpan pada powerbank sebesar 300 mAh atau sebanyak 5% dari kapasitas powerbank sebesar 6000 mAh. Dan pada pengujian ketiga ketika kendaraan berjalan sejauh 15 kilometer, dengan temperatur yang dihasilkan 105,8 °C dan waktu tempuh 25 menit maka daya yang tersimpan pada

powerbank sebesar 480 mAh atau sebanyak 8% dari kapasitas powerbank sebesar 6000 mAh. Efektivitas dari TEG pada jarak 15 km. ketika jarak lebih dari 15km, temperatur sebesar 105-108°C dan waktu tempuh lebih dari 25 menit maka daya yang tersimpan pada baterai akan semakin banyak.digunakan maka daya yang tersimpan akan semakin banyak.

Tabel 4 Pengukuran berdasarkan perbandingan jarak, temperatur, waktu, dan daya yang tersimpan

| NO | JARAK | TEMPERATUR | WAKTU | PENYIMPANAN BATERAI |
|----|--------|------------|-----------|---------------------|
| 1 | 1 km | 28,1 °C | 2 Menit | 0 mAh |
| 2 | 2 km | 35,5 °C | 3 Menit | 0 mAh |
| 3 | 3 km | 42,7 °C | 5 Menit | 60 mAh |
| 4 | 4 km | 63,6 °C | 7 Menit | 60 mAh |
| 5 | 5 km | 69,1 °C | 8 Menit | 120 mAh |
| 6 | 10 km | 85,8 °C | 17 Menit | 300 mAh |
| 7 | 15 km | 105,8 °C | 25 Menit | 480 mAh |
| 8 | >15 km | 106 °C | >25 Menit | >480 mAh |

Hasil pengukuran kalor, tegangan dan arus pada thermoelektrik generator

Tabel 4.2 Pengukuran perangkat peltier

| NO | TEMPERATUR | TEGANGAN | ARUS |
|----|------------|----------|--------|
| 1 | 20° C | 0,7 V | 0,1 mA |
| 2 | 40° C | 1,3 V | 0.2 mA |
| 3 | 60° C | 2,2 V | 0,3 mA |
| 4 | 80° C | 3,1 V | 0,4 mA |
| 5 | 100° C | 3,1 V | 0,4 mA |
| 6 | 108° C | 3,1 V | 0,4 mA |

Table 4.2 menunjukkan data pengukuran dengan 4 perangkat peltier yang dirangkai secara seri pada kendaraan bermotor yang dan berdasarkan perbedaan kalor , terlihat pada tabel diatas pada pengujian pertama temperatur 20°C dapat menghasilkan tegangan sebesar 0.7V serta arus yang dibangkitkan sebesar 0,1A. Pada pengujian kedua temperatur 40°C menghasilkan tegangan sebesar 1,3V serta arus sebebsar 0,2A. Kemudian pengujian ketiga temperatur 60°C menghasilkan daya sebesar 2,2V arus sebesar 0,3A. Kemudian pada pengujian ke 4 sampai 6 pada temperatur 80-108° C menghasilkan daya yang sama yaitu sebesar 3,1V serta arus sebesar 0,4A ketika tidak adanya beban. Temperatur yang digunakan maksimal 108°C. Dapat disimpulkan bahwa temperatur sangat berpengaruh pada tegangan dan arus yang dihasilkan perangkat peltier dengan metode *seebeck effect*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada alat tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Prototipe yang dirancang berhasil diaplikasikan pada kendaraan bermotor yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik menggunakan TEG dengan menggunakan metode *seebeck effect* serta dapat menghasilkan daya yang digunakan sebagai pengisian.
2. Dalam Penelitian ini telah dilakukan pengukuran terhadap perbedaan jarak, waktu, temperatur, dan daya tersimpan pada baterai yang memperoleh hasil sebagai berikut : pada jarak 1-2 km waktu tempuh 2-3 menit temperatur 28,1-35,4°C daya belum bisa digunakan, pada jarak 3-4 km waktu tempuh 4-7 menit temperatur 41,4-64,7 °C bisa menghasilkan daya tersimpan sebesar 60 mAh, pada 5-15 km dengan waktu tempuh 8-25 menit dan temperatur sebesar 69,1-105,8°C dapat menghasilkan daya tersimpan pada baterai sebesar 120-480 mAh dan ketika lebih dari 15km maka daya yang tersimpan akan semakin banyak dengan temperatur maksimal 108°C.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yang dapat penulis sampaikan terhadap pembaca:

1. Untuk pendinginan pada selisih peltier sebaiknya menggunakan water block yang kemudian dialiri air sehingga mampu mendinginkan selisih dengan baik. Untuk menimbulkan selisih temperatur yang tinggi agar tegangan yang dihasilkanpun besar.
2. Temperatur yang digunakan sebaiknya menggunakan temperatur dengan spesifikasi yang bisa mengukur temperatur lebih dari 108°C
3. Jarak berkendara sebaiknya lebih dari 15 km untuk mengetahui hasil dan daya yang tersimpan lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Erwan, E. Kuncoro, and N. Rahman, *TTG Menuju ERA 4.0*. 2019.
- [2] A. Digdoyo, T. Surawan, D. Djamruddin, and ..., "Pemanfaatan Limbah Panas Dari Internal Combustion Engine Sebagai Energi Terbarukan Melalui Proses Pemulihan Gas Buang," *Pros. Semin. ...*, pp. 130–144, 2021, [Online]. Available: <http://jurnalftijayabaya.ac.id/index.php/TREnD/article/view/106%0Ahttp://jurnalftijayabaya.ac.id/index.php/TREnD/article/viewFile/106/99>
- [3] N. Putra, R. A. Koestoer, M. Adhitya, A. Roekettino, and B. Trianto, "Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid," *MAKARA Technol. Ser.*, vol. 13, no. 2, pp. 53–58, 2010, doi: 10.7454/mst.v13i2.466.
- [4] S. Klara and Sutrisno, "Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel sebagai Energi Listrik," *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 14, pp. 113–128, 2016.
- [5] J. Vazquez, M. a Sanz-Bobi, R. Palacios, and A. Arenas, "State of the art of thermoelectric generators based on heat recovered from the exhaust gases of automobiles," *7th Eur. Work. Thermoelectr.*, vol. 17, 2002.

- [6] M. Syahrir, "Karakteristik Perpindahan Panas Pada Pipa Penukar Kalor Selongsong Aliran Searah Vertikal," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 01, no. 02, pp. 30–35, 2016.
- [7] M. Wiranda, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. Muhammadiyah, "Generator Pada Kompor Sebagai Pembangkit," 2021.
- [8] YDA. Putra, C. Sari, " Pengaplikasian Sensor DHT22 Berbasis Arduino Sebagai Penetas Telur Ayam Kampung", *ELECTRA: Electrical Engineering Articles* 2 (2), 42-48, 2022
- [9] D. Fitrianto, RD. Laksono, " Peran Teknologi Dimer pada Proses Manipulasi Lingkungan Hidup Tanaman Bunga Krisan", *ELECTRA: Electrical Engineering Articles* 1 (2), 1-6, 2021
- [10] I. Sunaryantiningsih, IT. Yuniahastuti, HA Tristian, " Door System Lab. Terpadu UNIPMA Berbasis Intelligent Automatic Sebagai Penunjang New Normal", *ELECTRA: Electrical Engineering Articles* 1 (1), 16-21, 2020
- [11] D. Susilo, B. Fandidarma, " Alat Penghitung Bibit Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler AT-Mega 8535", *ELECTRA: Electrical Engineering Articles* 3 (2), 14-20, 2023