

# Rancang Bangun Dan Pengujian Prototipe Sistem Konversi Energi Mekanik Berbasis Flywheel Dan Mekanisme Pegas–Crankshaft Sebagai Penggerak Generator DC

Sutrisno<sup>1</sup>, Adang Saepudin<sup>2</sup>, Sidik Nur Yusuf<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia  
Email: sutrisno@stttxmaco.ac.id

Received 02 September 2026 | Revised 14 September 2026 | Accepted 24 September 2026

## ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pengembangan teknologi konversi energi alternatif berbasis tenaga manusia untuk menggerakkan generator DC. Namun, putaran manusia yang tidak stabil menyebabkan fluktuasi tegangan, arus, dan daya listrik. Penelitian ini bertujuan merancang prototipe sistem konversi energi mekanik menggunakan *flywheel*, mekanisme pegas-*crankshaft*, *freewheel gear*, dan engkol untuk menggerakkan generator DC 24V 30W. Menggunakan metode *Research and Development* (R&D) serta eksperimen, hasil pengujian menunjukkan peningkatan signifikan setelah penambahan *freewheel gear* dan engkol. Putaran *flywheel* meningkat dari 751,7 rpm menjadi 2.018 rpm (168,5%), putaran generator dari 1.170,6 rpm menjadi 3.503 rpm (199,3%), tegangan dari 2,19 V menjadi 3,44 V (57,1%), arus dari 0,091 A menjadi 0,144 A (58,2%), dan daya dari 0,205 W menjadi 0,501 W (144,4%). Meski efektif meningkatkan penyaluran energi, efisiensi konversi aktual masih rendah (0,41%–0,45%) akibat rugi-rugi mekanis transmisi.

**Kata kunci:** flywheel, pegas–crankshaft, Generator DC, Freewheel, konversi energi.

## ABSTRACT

*The ever-increasing demand for electrical energy drives the development of human-powered alternative energy conversion technologies to operate DC generators. However, inconsistent human-generated rotation leads to fluctuations in voltage, current, and power output. This study aimed to design a mechanical energy conversion system prototype utilizing a flywheel, a spring-crankshaft mechanism, a freewheel gear, and a crank to drive a 24V 30W DC generator. Employing Research and Development (R&D) and experimental methods, the test results demonstrated significant improvements following the addition of the freewheel gear and crank. Flywheel speed increased from 751.7 rpm to 2,018 rpm (168.5%), generator speed from 1,170.6 rpm to 3,503 rpm (199.3%), voltage from 2.19 V to 3.44 V (57.1%), current from 0.091 A to 0.144 A (58.2%), and power from 0.205 W to 0.501 W (144.4%). Although effective at enhancing energy delivery, the actual conversion efficiency remained low (0.41%–0.45%) due to mechanical transmission losses.*

**Keywords:** flywheel, spring–crankshaft, DC generator, freewheel, energy conversion.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, dan meningkatnya penggunaan peralatan elektronik, sehingga mendorong perlunya pengembangan sumber energi alternatif yang mampu mengurangi ketergantungan pada energi fosil [1]. Salah satu pendekatan yang dapat dikembangkan adalah sistem konversi energi mekanik menjadi energi listrik yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan, terutama pada daerah dengan keterbatasan akses listrik konvensional. Energi mekanik dapat diperoleh dari berbagai sumber, salah satunya tenaga manusia, yang kemudian diteruskan melalui sistem transmisi untuk memutar generator DC. Permasalahannya, putaran yang dihasilkan oleh tenaga manusia umumnya tidak stabil sehingga tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan menjadi kurang optimal.

Salah satu komponen yang umum digunakan untuk menjaga kestabilan putaran adalah flywheel, yang berfungsi menyimpan energi kinetik rotasi sehingga mampu mempertahankan putaran ketika terjadi perubahan beban [2]. Selain flywheel, sistem mekanik dapat dikombinasikan dengan mekanisme pegas–crankshaft, di mana putaran poros menyebabkan crankshaft menarik dan melepas pegas secara berulang. Pegas berperan sebagai media penyimpan dan pelepas energi mekanik dalam bentuk energi potensial elastis, bukan sebagai sumber energi, sesuai dengan Hukum Kekekalan Energi [3]. Meskipun banyak video demonstrasi di media digital menampilkan prototipe pembangkit listrik sederhana berbasis flywheel, pegas, dan generator DC, sebagian besar tidak disertai data pengujian yang lengkap—seperti RPM, tegangan, arus, daya, dan efisiensi—sehingga kinerjanya belum dapat dievaluasi secara ilmiah [4].

Penelitian yang menggabungkan flywheel dengan mekanisme pegas–crankshaft sebagai penggerak generator DC masih relatif terbatas, terutama pada skala prototipe. Kebaruan penelitian ini terletak pada perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe sistem tersebut dengan tenaga manusia sebagai sumber energi utama, yang kemudian dikembangkan melalui penambahan freewheel gear dan engkol untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang, membuat, dan mengembangkan prototipe sistem konversi energi mekanik berbasis flywheel dan mekanisme pegas–crankshaft; (2) membuktikan pengaruh penambahan freewheel gear dan engkol terhadap karakteristik putaran, tegangan, arus, dan daya listrik; (3) menghitung efisiensi konversi energi sebelum dan sesudah modifikasi; serta (4) memverifikasi secara eksperimental konsep sistem konversi energi mekanik yang banyak didemonstrasikan pada media digital. Penelitian difokuskan pada prototipe berskala kecil dengan generator DC 24 Volt 30 Watt dan tidak membahas analisis kekuatan material, getaran, maupun simulasi numerik.

## 2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun (Research and Development) yang dipadukan dengan metode eksperimen. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, pemilihan komponen, pembuatan dan perakitan prototipe, pengujian awal, evaluasi, pengembangan sistem melalui penambahan freewheel gear dan engkol, serta pengujian ulang untuk membandingkan kinerja sebelum dan sesudah modifikasi. Alur konversi energi pada prototipe dimulai dari tenaga manusia yang memutar flywheel, kemudian energi putar diteruskan ke poros yang telah dimodifikasi menjadi crankshaft sehingga mekanisme pegas mengalami siklus tarik-lepas secara berulang. Putaran poros selanjutnya diteruskan melalui sistem pulley dan V-belt menuju generator DC, yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik untuk menyalakan beban berupa tiga buah lampu LED.

## 2.1 Spesifikasi Komponen Utama

Komponen utama prototipe terdapat pada Tabel 1, sistem dikembangkan dengan menambahkan freewheel gear dan engkol pada mekanisme penggerak untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik menuju flywheel dan generator DC.

| No | Komponen             | Spesifikasi / Detail                                     |
|----|----------------------|----------------------------------------------------------|
| 1  | Flywheel             | Jenis solid disc, bahan baja karbon, massa 8 kg          |
| 2  | Poros Utama          | Bahan baja karbon, diameter 20 mm                        |
| 3  | Pegas Tarik          | 6 buah, disusun pada mekanisme crankshaft                |
| 4  | Pillow Block Bearing | 2 buah, diameter dalam 20 mm                             |
| 5  | Pulley Penggerak     | Diameter 8 inci                                          |
| 6  | Pulley Generator     | Diameter 2,5 inci                                        |
| 7  | Transmisi Daya       | V-belt (menghubungkan pulley penggerak & generator)      |
| 8  | Generator DC         | 24 Volt, 30 Watt                                         |
| 9  | Beban                | 3 buah lampu LED 10 Watt                                 |
| 10 | Freewheel Gear       | Untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik |
| 11 | Engkol               | Dipasang pada mekanisme penggerak                        |

## 2.2 Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian dilakukan secara langsung pada prototipe dengan memberikan putaran awal pada flywheel menggunakan tenaga manusia. Parameter yang diukur meliputi putaran flywheel dan generator (RPM) menggunakan tachometer digital, serta tegangan dan arus keluaran generator menggunakan multimeter digital. Pengambilan data dilakukan secara eksperimental sebanyak sepuluh kali percobaan pada masing-masing kondisi (sebelum dan sesudah penambahan freewheel gear dan engkol), kemudian data dirata-ratakan untuk meningkatkan keandalan hasil.

Rumus Daya listrik keluaran dihitung dari hasil kali tegangan dan arus

$$(P = V \times I) \quad (1)$$

sedangkan efisiensi sistem dihitung dengan membandingkan daya listrik keluaran terhadap estimasi daya mekanik masukan

$$(\eta = P_{out} / P_{in} \times 100\%) \quad (2)$$

Variabel bebas pada penelitian ini adalah putaran awal flywheel, variabel terikat meliputi putaran generator, tegangan, arus, daya, dan efisiensi, sedangkan variabel kontrol meliputi massa flywheel, jumlah pegas, diameter pulley, spesifikasi generator, dan beban lampu LED yang dijaga tetap selama pengujian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Perhitungan Rancangan

Berdasarkan spesifikasi rancangan, flywheel dengan jari-jari 0,15 m dan tebal 0,0145 m berbahan baja (massa jenis 7.850 kg/m<sup>3</sup>) menghasilkan massa teoritis 8,05 kg, sesuai dengan

spesifikasi rancangan 8 kg, dengan momen inersia sebesar  $0,09 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . Pada putaran awal rancangan 500 rpm, energi kinetik rotasi yang tersimpan pada flywheel dihitung sebesar 123,37 Joule. Keenam pegas identik yang disusun pada mekanisme crankshaft memiliki konstanta sebesar 800 N/m per pegas dengan simpangan maksimum 0,1 m, sehingga total energi potensial elastis yang tersimpan sebesar 24 Joule. Rasio transmisi pulley (8 inci berbanding 2,5 inci) sebesar 3,2:1 menghasilkan putaran generator rancangan sebesar 1.600 rpm pada putaran poros utama 500 rpm.

Berdasarkan target daya rancangan sebesar 30 Watt yang setara dengan kapasitas nominal generator (24 Volt, 30 Watt), efisiensi sistem secara teoritis dihitung mencapai 100%, dengan catatan nilai tersebut merupakan hasil perhitungan ideal tanpa memperhitungkan rugi-rugi energi akibat gesekan, slip, maupun rugi-rugi internal generator.



**Gambar 1. Rancangan alat awal**

### 3.2 Hasil Pengujian Sebelum Penambahan Freewheel Gear dan Engkol

Pengujian awal dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan dengan variasi kondisi putaran awal. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Pengujian Sebelum Penambahan Freewheel Gear dan Engkol**

| No | RPM Flywheel | RPM Generator | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Keterangan         |
|----|--------------|---------------|--------------|----------|----------|--------------------|
| 1  | 969          | 1429          | 2,61         | 0,109    | 0,285    | Putaran maksimum   |
| 2  | 454          | 799           | 1,57         | 0,065    | 0,102    | Putaran rendah     |
| 3  | 528          | 878           | 1,73         | 0,072    | 0,125    | Stabil             |
| 4  | 603          | 975           | 1,89         | 0,079    | 0,149    | Stabil             |
| 5  | 675          | 1082          | 2,02         | 0,084    | 0,170    | Stabil             |
| 6  | 741          | 1168          | 2,18         | 0,091    | 0,198    | Stabil             |
| 7  | 812          | 1249          | 2,32         | 0,097    | 0,225    | Stabil             |
| 8  | 865          | 1326          | 2,43         | 0,101    | 0,245    | Baik               |
| 9  | 918          | 1385          | 2,54         | 0,106    | 0,269    | Sangat baik        |
| 10 | 952          | 1415          | 2,59         | 0,108    | 0,280    | Mendekati maksimum |

Rancang Bangun Dan Pengujian Prototipe Sistem Konversi Energi Mekanik Berbasis Flywheel Dan Mekanisme Pegas–Crankshaft Sebagai Penggerak Generator DC

| No        | RPM Flywheel | RPM Generator | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Keterangan |
|-----------|--------------|---------------|--------------|----------|----------|------------|
| Rata-rata | 751,7        | 1.170,6       | 2,19         | 0,091    | 0,205    |            |

Berdasarkan Tabel 2, seluruh parameter keluaran meningkat seiring bertambahnya putaran flywheel, dengan rata-rata RPM flywheel 751,7 rpm, RPM generator 1.170,6 rpm, tegangan 2,19 V, arus 0,091 A, dan daya 0,205 W.



**Gambar 2. Rancangan alat penambahan Freewheel gear dan engkol**



**Gambar 3. Pengujian saat Freewheel**



**Gambar 4.1 Pembacaan tachometer pada Freewheel**



**Gambar 5. Pembacaan voltmeter dan amperemeter pada keluaran generator**

### **3.3 Hasil Pengujian Setelah Penambahan Freewheel Gear dan Engkol**

Setelah dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian awal, sistem dikembangkan melalui penambahan freewheel gear dan engkol untuk meningkatkan efektivitas penyaluran energi mekanik. Pengujian ulang dilakukan dengan prosedur yang sama, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Setelah Penambahan Freewheel Gear dan Engkol**

| No        | RPM Flywheel | RPM Generator | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) |
|-----------|--------------|---------------|--------------|----------|----------|
| 1         | 1600         | 2600          | 2,95         | 0,123    | 0,363    |
| 2         | 1690         | 2790          | 3,02         | 0,126    | 0,381    |
| 3         | 1770         | 2990          | 3,11         | 0,130    | 0,404    |
| 4         | 1860         | 3210          | 3,25         | 0,136    | 0,442    |
| 5         | 1900         | 3500          | 3,56         | 0,149    | 0,530    |
| 6         | 2050         | 3650          | 3,61         | 0,151    | 0,545    |
| 7         | 2160         | 3820          | 3,67         | 0,154    | 0,565    |
| 8         | 2280         | 3990          | 3,72         | 0,156    | 0,580    |
| 9         | 2390         | 4160          | 3,76         | 0,158    | 0,594    |
| 10        | 2480         | 4320          | 3,79         | 0,160    | 0,606    |
| Rata-rata | 2.018        | 3.503         | 3,44         | 0,144    | 0,501    |

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa putaran flywheel dan generator meningkat secara konsisten dari percobaan pertama hingga kesepuluh, diikuti kenaikan tegangan, arus, dan daya listrik, dengan rata-rata RPM flywheel 2.018 rpm, RPM generator 3.503 rpm, tegangan 3,44 V, arus 0,144 A, dan daya 0,501 W.

### 3.4 Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Modifikasi

**Tabel 4. Perbandingan Rata-rata Hasil Pengujian Sebelum dan Sesudah Modifikasi**

| Parameter           | Sebelum | Sesudah | Peningkatan (%) |
|---------------------|---------|---------|-----------------|
| RPM Flywheel (rpm)  | 751,7   | 2.018   | 168,5%          |
| RPM Generator (rpm) | 1.170,6 | 3.503   | 199,3%          |
| Tegangan (V)        | 2,19    | 3,44    | 57,1%           |
| Arus (A)            | 0,091   | 0,144   | 58,2%           |
| Daya (W)            | 0,205   | 0,501   | 144,4%          |

Penambahan freewheel gear dan engkol memberikan pengaruh signifikan terhadap seluruh parameter pengujian (Tabel 3). Peningkatan RPM flywheel dan RPM generator yang besar (168,5% dan 199,3%) sejalan dengan prinsip kerja freewheel gear, yaitu mekanisme penguncian dan pelepasan yang memungkinkan poros tetap meneruskan putaran satu arah tanpa terhambat gerakan balik dari mekanisme engkol, sehingga energi yang sebelumnya banyak terbuang akibat putaran terputus-putus dapat disalurkan secara lebih kontinu menuju flywheel dan generator [5].

Tegangan keluaran meningkat 57,1%, jauh lebih kecil dibandingkan kenaikan RPM generator (199,3%), mengindikasikan hubungan tegangan terhadap RPM tidak sepenuhnya linear pada rentang putaran yang lebih tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh hambatan dalam (internal resistance) generator yang menyebabkan jatuh tegangan lebih besar seiring meningkatnya arus, serta rugi-rugi elektromagnetik yang turut membesar pada putaran tinggi. Arus keluaran meningkat sebanding dengan tegangan (58,2%), sesuai dengan karakteristik generator DC pada beban resistif tetap berupa lampu LED. Daya listrik keluaran merupakan parameter dengan peningkatan paling menonjol (144,4%), sesuai dengan persamaan  $P = V \times I$ , karena kenaikan daya merupakan hasil kali kenaikan tegangan dan arus secara bersamaan. Meskipun demikian, nilai daya listrik aktual maksimum (0,606 W) masih jauh di bawah kapasitas nominal generator (24 Volt, 30 Watt), yang menunjukkan bahwa rentang putaran hasil pengujian masih jauh di bawah RPM operasi yang dibutuhkan generator untuk bekerja mendekati kapasitas nominalnya.

Efisiensi sistem aktual, yang diestimasi menggunakan torsi masukan rancangan ( $T \approx 0,573 \text{ N}\cdot\text{m}$ ) dikalikan kecepatan sudut aktual, berkisar 0,37%–0,49% (rata-rata 0,45%) sebelum modifikasi dan 0,38%–0,46% (rata-rata 0,41%) setelah modifikasi. Nilai ini jauh di bawah efisiensi teoritis 100% pada tahap perancangan, dan menariknya tidak membaik secara persentase setelah penambahan freewheel gear dan engkol, karena estimasi daya masukan turut meningkat sebanding dengan kenaikan RPM flywheel. Kondisi ini mengonfirmasi bahwa faktor rugi-rugi energi—terutama gesekan pada bearing, slip pada sistem pulley dan V-belt, serta generator yang belum bekerja mendekati kapasitas nominalnya—berdampak jauh lebih besar terhadap kinerja prototipe aktual dibandingkan asumsi ideal pada perhitungan rancangan. Indikator yang lebih dapat diandalkan untuk menilai keberhasilan modifikasi pada penelitian ini adalah peningkatan langsung pada RPM, tegangan, dan daya listrik keluaran, dibandingkan nilai efisiensi yang bergantung pada asumsi torsi masukan yang belum diukur secara langsung.

#### 4. KESIMPULAN

Prototipe sistem konversi energi mekanik berbasis flywheel dan mekanisme pegas–crankshaft berhasil dirancang, dibuat, dan dapat beroperasi sesuai fungsi yang direncanakan, dengan seluruh komponen utama—pegas, crankshaft, flywheel, freewheel gear, sistem transmisi, dan generator DC—bekerja sebagai satu kesatuan sistem. Penambahan freewheel gear dan engkol terbukti meningkatkan kinerja prototipe secara signifikan, dengan rata-rata RPM flywheel naik 168,5%, RPM generator naik 199,3%, tegangan naik 57,1%, arus naik 58,2%, dan daya listrik naik 144,4% dibandingkan sebelum modifikasi.

Meskipun demikian, efisiensi konversi energi aktual masih rendah (berkisar 0,41%–0,45%) dan belum menunjukkan perbaikan signifikan secara persentase, terutama akibat rugi-rugi mekanis pada sistem transmisi serta generator DC yang belum bekerja mendekati kapasitas nominalnya. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa konsep sistem konversi energi mekanik yang banyak didemonstrasikan pada media digital dapat direalisasikan dan mampu menghasilkan energi listrik, namun keluaran yang dihasilkan masih relatif rendah dan memerlukan pengembangan lebih lanjut. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan rasio transmisi dan pemilihan generator yang sesuai dengan rentang RPM aktual, mengurangi rugi-rugi mekanis pada bearing dan sistem V-belt, menggunakan instrumen akuisisi data otomatis, serta mengembangkan sistem penyimpanan energi listrik seperti baterai atau superkapasitor agar energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih efektif.

## 5. DAFTAR RUJUKAN

- [1]. E. E. Zainuri Anwar, "Speed Breaker as the Mover of Electric," Jurnal Rekayasa Elektrika Mesin, vol. 3, no. 01, pp. 1–5, 2020.
- [2]. J. Tangko, R. Tandioaga, I. Djufri, dan R. Haardiyanti, "Analisis Pembangkit Listrik Berbasis Flywheel," Jurnal Sinergi, 2019.
- [3]. M. Dan, H. Joule, dan N. Yuningsih, "Mempengaruhi Proses Konversi Energi (Studi Kasus Percobaan Tara Kalor)," vol. VII, pp. 77–84, 2018.
- [4]. Lubis dan Syam, "Rancang Bangun Sistem Mekanik Speedbump Generasi ke-3 sebagai Penghasil Daya Listrik," 2020.
- [5]. I. H. K. Winarso, Gema Romadhona, dan Kurniawan, "Pemanfaatan Energi Inersia Fly Wheel untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Generator DC Shunt," vol. 24, no. 2, pp. 89–96, 2023.
- [6]. L. A. Diantoro dan A. Taufiq, "Rancang Bangun Prototipe Flywheel untuk Meningkatkan Kinerja Generator," vol. 3, no. 2, 2021.
- [7]. M. Y. Lukman Nulhakim, Syafrizal, M. I. Subekti, A. I. Tauvana, dan Widodo, "Rancang Bangun Modul Mesin Konversi Energi Bertingkat," vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2024.
- [8]. F. Syukrillah, "Teori Pegas," 2014.
- [9]. L. Inayah, dkk., "Analisis Pengaruh Konstanta Pegas terhadap Panjang Pegas," vol. 5, no. 1, pp. 30–36, 2024.
- [10]. A. Karmana, I. P. Ilyas, dan A. Ramdan, "Analisis Rancangan Poros Spindle Mesin Auto Level Buff Menggunakan Perangkat Lunak CAE," vol. 4, no. 1, pp. 25–38, 2022.
- [11]. Y. Heryadi dan E. Ismanto, "Analisis Kekuatan Bearing Type NU 314, Bearing QJ 314, dan Bearing 22316 pada Mesin Screw Conveyor," vol. 14, no. 1, pp. 1–11, 2024.
- [12]. A. Nugroho dan H. Yudiono, "Design Analysis Pillowblock Strength of Rotogravure Gearbox Uses Catia V5 Software," Jurnal Inovasi Mesin, vol. 6, no. 2, pp. 1–17, 2024.
- [13]. H. Mahmudi, "Analisa Perhitungan Pulley dan V-Belt pada Sistem Transmisi Mesin Pencacah."
- [14]. E. K. Bawan, dkk., "Pemanfaatan Sepeda Statis dan Generator DC," vol. 27, no. 1, pp. 41–52, 2026.
- [15]. A. K. Wijaya, D. Nugroho, dan A. Nugroho, "Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi," vol. 4, no. 1, pp. 57–67, 2022.
- [16]. D. T. Rafianto Takbiral Fajar, Mesin, F. Vokasi, U. N. Surabaya, P. T. Mesin, F. Vokasi, and U. N. Surabaya, "ANALISIS PUTARAN PULLEY VAN BELT PADA TRANSMISI MESIN BOR TIPE LC-25A DENGAN MOTOR PENGGERAK ½ HP Rafianto Takbiral Fajar Firman Yasa Utama , Arya Mahendra Sakti , Andita Nataria Fitri Ganda Abstrak," pp. 1–7, 2017.

- [17]. E. K. Bawan *et al.*, "PEMANFAATAN SEPEDA STATIS DAN GENERATOR DC," vol. 27, no. 1, pp. 41–52, 2026.
- [18]. A. K. Wijaya, D. Nugroho, and A. Nugroho, "Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi," vol. 4, no. 1, pp. 57–67, 2022.
- [19]. A. B. Pratama, H. A. Tampubolon, E. Putra, D. Boangmanalu, and J. Fan, "Jurnal Inovator Analisis Efisiensi Turbin Pada STG-20 di PLTP XYZ," vol. 7, no. 1, pp. 41–46, 2024.