

Analisa Efisiensi Alat Pendingin Bermesin Dual Energi Untuk Penanganan Pasca Panen

Efficiency Analysis of Dual Energy Engine Cooling Equipment for Post Harvest Handling

Satria Pinandita^{1*}, Supari², Diah Aryati Puji Lestari³, Andhy Tri
Adriyanto⁴, Jonathan Anugrah Lase⁵

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

⁴Program Studi Manajemen, Universitas Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

⁵Pusat Penelitian Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia

Email: ¹satria_p@usm.ac.id

Abstrak

Energi listrik dikatakan sebagai kebutuhan pokok bagi masyarakat pada zaman globalisasi sekarang. Akan tetapi tingkat kebutuhan Energi listrik masyarakat yang semakin tinggi ini nampaknya menimbulkan berbagai permasalahan baru seperti efisiensi biaya tagihan listrik. Pada penelitian ini bertujuan menganalisa efisiensi generator *flywheel dual* energi berbeban. Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini : 2 buah Generator 1kW, Motor listrik 3 *phase* 1 Hp, *Inverter* 220 V To 380 V, *Automatic Transfer Switch* (ATS), *Flywheel* 60 Kg, *Fanbelt*, dan *Pulley*. Hasil dari penelitian ini yaitu pembangkit dual energi terdiri dari motor listrik sebagai penggerak dengan spesifikasi daya 1 HP, tegangan 380 V, arus 2 A, dan kecepatan putaran 1390 rpm, *flywheel* yang berfungsi sebagai penyimpanan energi dengan massa 60 kg dan diameter 50 cm dan generator berfungsi sebagai penghasil energi listrik dengan spesifikasi daya 1 kW, tegangan 220 volt, arus 4,8 A, dan kecepatan putaran 2890 rpm. Generator dapat menghasilkan tegangan sesuai spesifik 226 volt dengan menggunakan diameter *pulley* pada *flywheel* sebesar 50 cm. Selain itu, generator dapat menghasilkan momen inersia sebesar 7,5 Kg m². Daya yang dapat dihasilkan generator dalam kondisi stabil atau tidak ada perubahan adalah sebesar 2.990 Watt atau 2,9 kW dengan efisiensi dari generator dual energi sebesar 20%, dengan beban.

Kata kunci: Dual Energi, Flywheel, Generator

Abstract

Electrical energy is said to be a basic need for society in the current era of globalization. However, the increasing level of public demand for electrical energy seems to give rise to various new problems such as efficiency in the cost of electricity bills. This study aims to analyze the efficiency of a dual engine energy cooler for post-harvest handling. Tools and materials needed in this study: 2 1kW Generators, 1 Hp 3 phase electric motor, 220 V To 380 V Inverter, Automatic Transfer Switch (ATS), 60 Kg Flywheel, Fanbelt, and Pulley. The results of this study consist of an electric motor as a driving force with a power specification of 1 HP, a voltage of 380 V, a current of 2 A, and a rotational speed of 1390 rpm, a flywheel which functions as energy storage with a mass of 60 kg and a diameter of 50 cm, and a generator. functions as a generator of electrical energy with a power specification of 1 kW, a voltage of 220 volts, a current of 4.8 A, and a rotational speed of 2890 rpm. The generator can produce a specific voltage of 226 volts by using a pulley diameter of 50 cm on the flywheel. In addition, the generator can produce a moment of inertia of 7.5 Kg m². The power that can be generated by the generator in stable conditions or without change is 2,990 Watts or 2.9 kW with an efficiency of a dual energy generator of 20%, with a load.

Keywords: Dual Energy, Flywheel, Generator

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan energi listrik dapat dijadikan sebagai indikator meningkatnya kemakmuran suatu masyarakat[1]. Namun pada waktu yang sama timbul masalah dalam upaya penyediaannya. Energi listrik dikatakan sebagai kebutuhan pokok bagi masyarakat pada zaman globalisasi sekarang[2]. Semakin berkembangnya teknologi maka semakin tinggi pula kebutuhan listrik yang dibutuhkan masyarakat [3–4]. Akan tetapi tingkat kebutuhan masyarakat yang semakin tinggi ini nampaknya tidak diikuti dengan ketersediaan energi listrik yang ada [5–6]. Peternak budidaya ayam broiler/pedaging untuk penanganan pasca panen ayam membutuhkan listrik.

Besarnya biaya operasional yang berasal dari konsumsi daya listrik menjadi permasalahan tersendiri bagi para peternak ayam [7]. Salah satu cara untuk dapat menghemat biaya operasional dalam kegiatan usaha budidaya perikanan adalah dengan cara menghemat biaya pemakaian listrik [8], baik listrik untuk penanganan pasca panen pada mesin blaster dan mesin pendingin. Kedua mesin tersebut dapat memperpanjang umur simpan ayam hingga satu tahun.

Peternak bukan *price maker* yang dapat menentukan harga jual ayam [9]. Sampai sekarang para peternak masih bergantung oleh tengkulak [10], sehingga saat harga jual ayam dibawah HPP produksi ayam. Maka ayam tetap dipotong kemudian dilakukan penanganan pasca panen dengan cara membekukan daging ayam dengan suhu -38°C dengan metode *blasting*, selama 8 jam. Kemudian dipindahkan ke mesin pendingin -18°C . Proses penanganan pasca panen ini mampu menyimpan dan memperpanjang umur simpan ayam dalam waktu 6 bulan hingga 1 tahun. Namun pada waktu yang sama timbul masalah baru yaitu biaya listrik meningkat dan peternak ayam

tidak mau rugi. Sehingga untuk menekan biaya listrik ini membutuhkan inovasi baru untuk menghemat biaya listrik.

Mesin pembangkit yang terdiri dari motor induksi 3 fasa yang mengkopel dari *flywheel*. Pada dasarnya menggunakan prinsip kerja konversi energi listrik dari energi mekanik (energi gerak) yang tersimpan pada *flywheel* dan meneruskan energi kinetik tersebut ke 2 buah generator sehingga menjadi energi listrik. Selama motor induksi 3 fasa nya mendapat suplai yang kontinyu [11]. Oleh karena itu, dilakukan desain dan realisasi modifikasi generator listrik bebas energi (dual energi generator) menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak *flywheel* yang berfungsi sebagai penyimpan energi [12] (energi mekanik) dan 2 buah generator sebagai penghasil energi listrik.

Sumber tenaga penggerak motor listrik pada pengoperasian awal masih menggunakan sumber tenaga listrik dari PLN [13] dan setelah generator pertama menghasilkan listrik maka sebagian listrik yang dihasilkan oleh generator pertama tersebut digunakan untuk menggerakkan motor listrik, kemudian listrik dari sumber tenaga PLN dimatikan. Selanjutnya generator pertama tersebut akan berjalan dengan tenaga sendiri yang diputar/digerakkan oleh motor listrik dengan sumber pasokan listrik berasal dari generator pertama yang digerakannya. Sebuah penyimpan energi berupa roda gaya (*flywheel*) untuk penerus putaran digunakan untuk membantu mempertahankan dan menstabilkan putaran generator pertama pada saat berlangsungnya proses peralihan/pergantian sumber tenaga penggerak dari sumber listrik PLN ke listrik generator pertama sehingga generator pertama ini akan bergerak terus menerus dan bekerja dengan tenaga/energi sendiri yang dibantu oleh energi dari roda penerus/*flywheel* (*flywheel energy generator*).

Pada generator kedua yang dikopel

dengan *flywheel*, listrik yang dihasilkan akan digunakan untuk mensuplai beban *freezer* yang digunakan untuk memperpanjang umur simpan daging ayam dengan cara dibekukan. *Flywheel dual energy generator* ini akan bergerak terus menerus dan bekerja dengan tenaga/energi sendiri yang dibentuk oleh energi dari *flywheel* yang digerakan oleh generator pertama.

Oleh karena itu dual energi generator dapat menjadi alternatif solusi mengatasi permasalahan yang dialami peternak ayam *broiler* terutama mengenai biaya operasional listrik [14] saat melakukan penanganan pasca panen. Pada penelitian bertujuan menganalisa efisiensi generator *flywheel* dual energi berbeban.

METODE PENELITIAN

Waktu pengerjaan penelitian dimulai dari bulan September 2022 sampai Januari 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Universitas Semarang. Sebelum dilakukan Analisa data, maka diperlukan pengambilan data terlebih dahulu yang meliputi kecepatan putar *flywheel* dan motor listrik dengan terhadap besarnya momen inersia dan energi kinetik [15–16]. serta daya yang dihasilkan 2 buah generator. Dalam penelitian ini secara sederhana prosedur

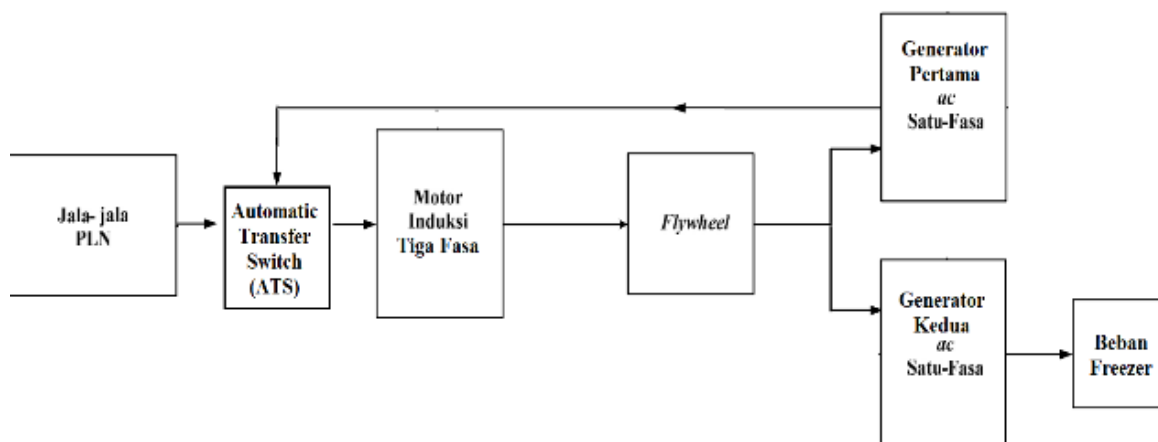
penelitian ini dapat didiagramkan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Objek Rekayasa Pembangkit Listrik berbasis *Flywheel*

Pembangkit Listrik Berbasis *Flywheel* adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari *flywheel* menghasilkan energi listrik [17].



Gambar 2. Diagram blok sistem pembangkit listrik berbasis dual energi generator.

Ide dari pembangkit listrik dual energi seperti pada **Gambar 2** adalah bahwa pada

awalnya ATS menghubungkan ke jala-jala PLN tertutup. Jadi motor memutar *flywheel*

dan *flywheel* memutar generator pertama dan generator kedua hingga generator pertama membangkitkan tegangan. Ketika ATS pada jala-jala PLN terbuka dan ATS pada generator pertama ditutup maka diharapkan bahwa energi sisa yang tersimpan di *flywheel* akan masih cukup untuk memutar generator, sehingga generator pertama mempunyai tegangan yang cukup untuk mensuplai motor.

Motor akan kembali mensuplai *flywheel* dengan torsi yang cukup. Sedangkan pada generator kedua mempunyai tegangan yang cukup untuk mensuplai beban *Freezer*. Demikian seterusnya sampai berlangsung proses pembangkitan listrik yang cukup di generator pertama dan kedua secara terus menerus dan proses pembangkitan energi mekanik yang cukup di motor inilah yang dinamakan pembangkit listrik berbasis *flywheel dual* energi.

Proses Konversi Energi Listrik

Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki benda karena geraknya. Makin besar kecepatan benda bergerak makin besar energi kinetiknya dan semakin besar massa benda yang bergerak makin besar pula energi kinetik yang dimilikinya [18]. Untuk menghitung energi kinetik sebuah benda maka digunakan persamaan :

$$Ek = \frac{1}{2}I\omega^2$$

Dimana:

Ek = Energi kinetik (J),

I = Momen inersia *flywheel* (kg.m²),

ω = kecepatan sudut *flywheel* (rad/s)

Flywheel merupakan benda yang memiliki massa dan dapat berputar maka dari itu *flywheel* memiliki energi kinetik rotasi [19], selain itu *flywheel* memiliki kemampuan untuk masih menyimpan energi ketika suplai diputuskan [20], maka dari itu energi kinetik yang tersimpan tersebut bisa

dikonversi menjadi energi listrik.

Energi listrik

Energi listrik adalah salah satu jenis energi utama yang digunakan untuk menghidupkan peralatan-peralatan listrik [21]. Sedangkan daya listrik adalah energi listrik per satuan waktu. Untuk mengetahui besaran daya listrik maka digunakan persamaan :

$$P = V.I$$

Dimana :

P = Daya (W),

V = Tegangan (V),

I = Arus (A)

Dalam satuan SI satu watt didefinisikan sebagai satuan yang sama dengan kerja yang dilakukan pada satu joule setiap sekon [22]. Untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dibutuhkan sebuah peralatan yang disebut dengan generator listrik.

Komponen Pembangkit Listrik Berbasis *Flywheel Dual* Energi

Perancangan dimulai dengan melakukan observasi dan studi literatur terkait model generator dual energi. Pembangkit listrik berbasis *flywheel* terdiri dari : motor, *flywheel*, dan generator yang terkopel satu sama lain dengan menggunakan transmisi mekanik. Transmisi mekanik yang digunakan pada pembangkit listrik berbasis *flywheel* terdiri atas beberapa komponen antara lain : poros, bantalan, dan puli transmisi. Rangkaian pembangkit listrik berbasis *flywheel* dapat dilihat pada **gambar 3**.



Gambar 3. Desain *Flywheel Dual* Energi Generator

HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek Rekayasa

Objek rekayasa ini adalah Sistem Peningkatan Energi Listrik Alternatif dengan *Flywheel Generator* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi *Flywheel Generator*

Uraian
Motor Listrik 1 HP , 1390 Rpm
Alternator (generator) 1000 Watt, 2890 Rpm
Alternator (generator) 1000 Watt, 2890 Rpm
Diameter Poros Transmisi : 80 mm
Diameter Poros Flywheel : 40 mm
Diameter Poros Motor Listrik : 15 mm
Diameter Poros Alternator : 20 mm
Alternator – Poros Flywheel : 50 inchi
Motor listrik – Poros Transmisi : 50 inchi
Flywheel – Poros Transmisi : 50 inchi

Instrumen Rekayasa

Tachometer

Panel Kontrol

Panel Kontrol digunakan untuk memantau hasil energi listrik yang diterima oleh motor listrik dan listrik yang dihasilkan oleh Flywheel Generator

MCB C40 (40A)

Lampu Indikator Merah, Kuning
Dan Hijau ODA

AmpereMeter input : 0 – 10 A

AmpereMeter output : 0 – 15 A

VoltMeter : 0 – 500 V

VoltMeter : 0 – 500 V

Motor Listrik

Motor listrik adalah mesin listrik yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar.

Merek : ADK

Tipe : Y3-80B-4

Tegangan : 380 V

Arus : 2 A

Daya : 1 HP

Kecepatan : 1390 rpm

Generator Pertama & Kedua

Generator merupakan sebuah alat yang mampu menghasilkan arus listrik

Merek : CORMALL A/S

Tipe : Alternator

Tegangan : 220 V

Arus : 4,8A

Kecepatan : 2890 rpm

Daya : 1 KW

Moment Inersia *Flywheel*

Diketahui :

$M = \text{Massa flywheel (kg)}$

$= 60\text{kg}$

$R = \text{Jari-jari (50 cm)}$

$= 0,5 \text{ m}$

Ditanya : $I = \text{Moment inersia (Kg m}^2 \text{)}$

Jawab : $I = \frac{1}{2} MR^2$

$= \frac{1}{2} 60\text{Kg} \cdot 0,25\text{m}$

$= 7,5 \text{ Kg m}^2$

Nilai moment inersia tetap karena dimensi *flywheel* tidak berubah-ubah.

Torque Flywheel Rpm 2200 Motor Listrik 1HP

Diketahui :

Rpm = Kecepatan rotasi penggerak awal

$\pi = 22/7$ atau 3,14

60 = Waktu (s)

Ditanya : $\omega = \text{rad/s}$

Jawab :

$1 \cdot \text{Rpm} = 1 \cdot 2 \cdot \pi / 60$

$= 1400 \cdot 2 \cdot 22/7 : 60$

$= 146,66 \text{ rad /s}$

Percepatan Sudut *Flywheel*

Diketahui : $\Delta\omega = 146,66 \text{ rad/s}$

$\Delta t = 60 \text{ s}$

Ditanya : $\alpha = \text{Percepatan sudut (rad/s}^2\text{)}$

Jawab : $\alpha = \Delta\omega : \Delta t (4)$

$= 146,66 \text{ rad/s} : 120 \text{ s}$

$= 1,2221 \text{ rad / s}^2$

Torque Flywheel

Diketahui : $I = \text{Momen inersia (kg m}^2 \text{)}$

$= 2,401 \text{ kg m}^2$

$\alpha = \text{Percepatan sudut (rad/s}^2\text{)}$

$$= 1,2221 \text{ rad / s}^2$$

Ditanya : $T = \text{Torsi (Nm)}$
Jawab : $T = I \cdot \alpha$ (5)
 $= 7,5 \cdot 1,2221$
 $= 9,1657 \text{ Nm}$

Daya yang di hasilkan *flywheel* dengan satuan watt

Diketahui :

$$T = \text{Torque (Nm)}$$

$$= 9,1657 \text{ Nm}$$

$$\text{Rpm} = \text{Kecepatan rotasi flywheel (Rpm)}$$

$$= 2200 \text{ Rpm}$$

60 000 = Nilai konstanta

Ditanya : $P = \text{Daya (Watt)}$

$$\text{Jawab : } P = T \cdot 2 \pi \cdot \text{RPM} / 60000 \text{ (6)}$$

$$= 9,1657 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 2200 / 60000$$

$$= 2,11 \text{ Kw}$$

$$= 2,11 \text{ Kw} \times 1000$$

$$= 2110 \text{ Watt} + P \text{ motor listrik } 880 \text{ w}$$

$$= 2.990 \text{ Watt}$$

Efisiensi generator dual energi dengan beban:

$$I = \frac{P}{V} \times \cos \phi$$

$$= \frac{260}{220} \times 0,85$$

$$I = 1 \text{ A}$$

$$P = 220 \times 1 \times 0,85$$

$$= 187 \text{ Watt}$$

$$\text{Rugi} - \text{rugi daya} = 260 \times - 187$$

$$= 73 \text{ Watt}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{721,82}{351,18} \times 100\% = 20\%$$

Efisiensi pada generator dual energi 1kW dengan beban 260 Watt, dihasilkan efisiensi 20%.

KESIMPULAN

Pembangkit dual energi terdiri dari motor listrik sebagai penggerak dengan spesifikasi daya 1 HP, tegangan 380 V, arus 2 A dan kecepatan putaran 1390 rpm, flywheel yang berfungsi sebagai penyimpanan energi dengan massa 60 kg

dan diameter 50 cm, dan generator berfungsi sebagai penghasil energi listrik dengan spesifikasi daya 1 KW, tegangan 220, arus 4,8 A, dan kecepatan putaran 2890 rpm.

Generator dapat menghasilkan tegangan sesuai spesifik 226 V dengan menggunakan diameter pulley pada flywheel sebesar 50 cm. Selain itu, Generator dapat menghasilkan momen inersia sebesar 7,5 Kg m². Daya yang dapat dihasilkan Generator dalam kondisi stabil atau tidak ada perubahan adalah sebesar 2990 Watt atau 2,9 KW dengan memperhitungkan efisiensi dari Generator listrik sebesar 20%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan jurnal ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Zara Propertifarm Indonesia yang telah mendukung dan membiayai sepenuhnya untuk penelitian Dosen Pemula Universitas Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Harahap, I. Nofri, F. Arifin, and M. ZuhriZal Nasution, "Sosialisasi Penghematan dan Penggunaan Energi Listrik Pada Desa Kelambir Pantai Labu," *Journal.Umsu.Ac.Id*, vol. 1, no. 1, pp. 235–242, 2019.
- [2] dan S. Y. . T. Rahel Arema Putri, Ita Pingkan F. Rorong, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan," *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi* vol. 23, no. 1, pp. 133–144, 2023.
- [3] A. C. Koloay, H. Tumaliang, and M. Pakiding, "Perencanaan Dan Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Di Kota Bitung," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 285–294, 2018.
- [4] A. S. F. Rajagukguk, M. Pakiding, and

- M. Rumbayan, "Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 3, pp. 1–11, 2015.
- [5] K. Trianisa, E. P. Purnomo, and A. N. Kasiwi, "Pengaruh Industri Batubara Terhadap Polusi Udara dalam Keseimbangan World Air Quality Index in India," *J. Sains Teknol. Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 156–168, 2020, doi: 10.29303/jstl.v6i2.154.
- [6] G. Pradnyana, "Pemenuhan Kebutuhan Energi dalam rangka Mewujudkan Ketahanan Nasional," *J. Maksipreneur Manajemen, Koperasi, dan Entrep.*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2016, doi: 10.30588/jmp.v5i2.165.
- [7] R. Apriyadi and D. M. Hutajulu, "Pengaruh Harga Komoditas Pangan Hewani Asal Ternak Terhadap Inflasi Di Provinsi D.I. Yogyakarta," *Ecobisma (Jurnal Ekon. Bisnis Dan Manajemen)*, vol. 7, no. 2, pp. 52–71, 2020, doi: 10.36987/ecobi.v7i2.1774.
- [8] A. Gunawan and M. A. Sekamdo, "Inovasi Teknologi Budidaya Ikan Yang Berkelanjutan Di Provinsi Sumatera Utara," pp. 301–308.
- [9] B. Oktavianti, "Pemetaan struktur pasar dan pola distribusi telur ayam ras penyumbang inflasi daerah serta implikasinya terhadap kebijakan pengendalian harga," *J. Akuntabel*, vol. 10, no. 1, pp. 34–43, 2013.
- [10] K. Huda and A. Mukti Wibowo, "Peran Perempuan Kapuk Dalam Perekonomian Suku Samin Tapelan," *PALASTREN J. Stud. Gend.*, vol. 11, no. 1, p. 107, 2018, doi: 10.21043/palastren.v11i1.2589.
- [11] J. P. Adityo Yudistira, Rusdhianto Effendi AK, "Perancangan dan Implementasi Pengaturan Kecepatan Motor Tiga Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Metode Sliding Mode Control (SMC)," *J. Tek. Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 151–156, 2014.
- [12] C. Z. Pratiwi and D. B. Sasongko, "Rancang Bangun Prototipe Generator Bebas Energi Menggunakan Flywheel," *Chanos Chanos*, vol. 19, no. 1, p. 135, 2021, doi: 10.15578/chanos.v19i1.9616.
- [13] E. Prianto, "Pengembangan Solar Panel Dan Inverter Sebagai Alat Untuk Charging Baterai Pada Sepeda Listrik," *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 148–156, 2017, doi: 10.21831/jee.v1i2.17419.
- [14] S. A. P. B. Ariffaiuddin, "Dugaan Terjadinya Integrasi Vertikal Dalam Usaha Peternakan Ayam Pada Uu No. 18 Tahun 2009 Tentang Peternakan Dan Kesehatan Hewan," no. 18, pp. 1–14, 2017.
- [15] R. Razali and S. Stephan, "Rancang Bangun Mesin Pembangkit Listrik Tanpa Bbm Berkapasitas 3000 Watt Dengan Memanfaatkan Putaran Flywheel," *J. Media Elektro*, vol. VI, no. 2, pp. 45–48, 2017, doi: 10.35508/jme.v0i0.585.
- [16] M. A. Jaya, H. Hamri, F. Habib, and R. Efendi, "Perencanaan Pembangkit Listrik Berbasis Flywheel Ganda," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 8, no. 1, p. 36, 2022, doi: 10.35308/jmkn.v8i1.4126.
- [17] J. Sumarjo, S. S. Purnomo, I. A. Bangsa, and D. B. Santoso, "Implementasi Teknologi Kinetik Turbin Sebagai Penunjang Kebutuhan Energi Di Desa Tirtasari," *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, vol. 4, no. 2, p. 393, 2021, doi: 10.31764/jpmb.v4i2.4459.
- [18] R. Rumiati, R. D. Handayani, and I. K. Mahardika, "Analisis Konsep Fisika Energi Mekanik Pada Permainan Tradisional Egrang Sebagai Bahan Pembelajaran Fisika," *J. Pendidik. Fis.*, vol. 9, no. 2, p. 131, 2021, doi:

- 10.24127/jpf.v9i2.3570.
- [19] Y. E. Prawatya *et al.*, “Analisis efektifitas pemanfaatan,” 2016.
 - [20] Rahmawati and M. A. Fajri, “Desain Pembangkit Listrik Tenga Pikohidro Menggunakan Program Arduino UNO Pada Penambahan Variasi Aliran Air dan Flywheel,” *J. AVoER*, vol. 11, pp. 23–24, 2019.
 - [21] Balisranislam, P. Harahap, and S. Lubis, “Perancangan Alat Inverter Energi Listrik Menggunakan Simulink Matlab,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 91–98, 2021.
 - [22] B. G. Melipurbowo, “Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus Acs.712,” *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016.