



Analisis Rancangan Trainer Kombinasi PV Tipe Polycrystalline dan Monocrystalline pada EBT

Trainer Design Analysis of Polycrystalline and Monocrystalline PV Combinations on NRE

Youstra Sebayang, Habib Satria & Fadhillah Azmi*

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Trainer merupakan sebuah media objek yang mirip dengan benda nyata yang memudahkan sebagai sarana pembelajaran. Energi surya adalah energi terbarukan. Setiap tipe PV memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Sehubungan dengan itu perancangan trainer solar panel kombinasi PV tipe polycrystalline dan monocrystalline pada EBT ini bertujuan sebagai media pembelajaran Energi Baru Terbarukan (EBT). Solar panel tipe polycrystalline dan monocrystalline mempunyai karakteristik, kinerja, dan efisiensi yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil data tersebut agar dapat dianalisis, maka trainer tersebut dirancang dengan menggunakan Wattmeter DC, Solar Charge Controller, dan Baterai. Percobaan dilakukan pada tanggal 17 Juli 2022 dan pada trainer ini dapat dilihat efisiensi rata-rata pada panel surya polycrystalline sebesar 12,01%, panel surya monocrystalline sebesar 6,11%, dan paralel panel surya polycrystalline dan monocrystalline sebesar 4,20%.

Kata Kunci: Trainer, Solar Panel, Polycrystalline, Monocrystalline, EBT

Abstract

A trainer is a medium object similar to real objects that facilitates learning. Solar energy is renewable energy. Each type of PV has its advantages and disadvantages. In this regard, the design of a solar panel trainer, a combination of polycrystalline and monocrystalline PV type in NRE, aims to be a learning medium for New and Renewable Energy (EBT). Solar panels of polycrystalline and monocrystalline types have different characteristics, performance, and efficiency. To get the results of the data so that it can be analyzed, the trainer is designed using a DC Wattmeter, Solar Charge Controller, and Battery. The experiment was conducted on July 17, 2022, and in this train can be seen the average efficiency on polycrystalline solar panels of 12.01%, monocrystalline solar panels of 6.11%, and parallel polycrystalline and monocrystalline solar panels of 4.20%.

Keywords: Trainer; Solar Panel; Polycrystalline; Monocrystalline; NRE

How to Cite: Sebayang, Y., Satria, H. & Azmi, F. (2024). Analisis Rancangan Trainer Kombinasi PV Tipe Polycrystalline dan Monocrystalline pada EBT. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Elektro (JITEK)*, 3(1) 2024: 33-40,



PENDAHULUAN

Penggunaan energi terbarukan menjadi semakin penting di era modern ini, di mana isu-isu terkait dengan keterbatasan sumber daya energi konvensional dan dampak lingkungan telah meningkat menjadi perhatian global [1], [2], [3]. Dalam upaya memenuhi kebutuhan energi yang berkelanjutan, teknologi fotovoltaik (PV) telah menjadi fokus utama, di mana panel surya merupakan salah satu implementasinya yang paling umum digunakan [3], [4]. Dalam hal ini, analisis rancangan trainer yang menggabungkan teknologi PV polikristalin dan monokristalin pada Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi sangat relevan.

Pertama-tama, penting untuk memahami perbedaan antara PV polikristalin dan monokristalin. PV polikristalin dibuat dari bahan silikon yang dicetak dalam bentuk lempengan kristal polikristalin, sementara PV monokristalin terbuat dari satu kristal silikon tunggal. Perbedaan dalam struktur kristal ini mempengaruhi kinerja dan karakteristik kelistrikan dari panel surya. PV monokristalin cenderung memiliki efisiensi yang lebih tinggi namun dengan biaya produksi yang lebih tinggi, sementara PV polikristalin menawarkan biaya yang lebih rendah tetapi dengan efisiensi yang sedikit lebih rendah.

Dalam konteks analisis rancangan trainer, penggabungan kedua teknologi PV ini pada EBT dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perbandingan kinerja dan karakteristik kelistrikan keduanya [5], [6]. Rancangan ini dapat mencakup komponen-komponen seperti panel surya, inverter, sistem penyimpanan energi, dan pengukur kinerja sistem. Panel surya dari kedua jenis PV dapat dipasang secara paralel atau seri untuk mengamati perbedaan dalam output energi dan efisiensi dalam situasi yang berbeda [7], [8].

Dalam proses analisis, berbagai parameter perlu dipertimbangkan. Salah satunya adalah efisiensi konversi energi dari sinar matahari menjadi energi listrik, yang bergantung pada efisiensi intrinsik dari masing-masing tipe panel surya serta faktor-faktor seperti intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan [9], [10], [11], [12]. Dalam hal ini, perbandingan antara PV polikristalin dan monokristalin akan memberikan wawasan tentang keunggulan relatif dari masing-masing teknologi dalam kondisi lingkungan yang berbeda.

Selain efisiensi, aspek lain yang perlu dianalisis adalah daya tahan dan stabilitas dari masing-masing tipe panel surya [2], [13], [14]. PV monokristalin cenderung lebih tahan lama karena memiliki struktur kristal tunggal yang lebih padat, sementara PV polikristalin mungkin lebih rentan terhadap kerusakan karena strukturnya yang kurang teratur. Namun, stabilitas harga relatif lebih tinggi dari PV polikristalin dapat menjadi pertimbangan penting dalam situasi di mana anggaran terbatas menjadi faktor penentu.

Selain itu, analisis juga harus memperhitungkan faktor-faktor ekonomi seperti biaya investasi awal, biaya operasional, dan masa pakai [10], [15], [16]. PV monokristalin cenderung memiliki biaya investasi awal yang lebih tinggi tetapi biaya operasional yang lebih rendah dalam jangka panjang karena efisiensinya yang lebih tinggi. Di sisi lain, PV polikristalin mungkin menawarkan solusi yang lebih ekonomis terutama dalam proyek-proyek skala kecil atau menengah. Dengan mempertimbangkan aspek ekonomi ini, analisis rancangan trainer dapat memberikan informasi yang berharga bagi pengambil keputusan dalam memilih teknologi PV yang paling sesuai dengan kebutuhan dan situasi mereka.

Selain faktor-faktor teknis dan ekonomi, analisis rancangan trainer juga harus memperhitungkan aspek lingkungan. PV monokristalin cenderung memiliki jejak karbon yang lebih rendah dan dampak lingkungan yang lebih kecil karena efisiensinya yang lebih tinggi dan masa pakainya yang lebih lama [17]. Namun, proses produksi PV monokristalin juga dapat melibatkan bahan kimia beracun dan limbah yang berpotensi merusak lingkungan. Di sisi lain, PV polikristalin mungkin lebih ramah lingkungan dalam hal proses produksinya, tetapi efisiensinya yang lebih rendah dapat memerlukan lebih banyak lahan untuk menghasilkan jumlah energi yang sama. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul "Analisis Rancangan Trainer dengan Kombinasi PV Tipe Polycrystalline dan Monocrystalline pada EBT" yang ditujukan sebagai alat yang membantu proses belajar mata kuliah Pembangkit Listrik Energi Terbarukan pada program studi Teknik Elektro Universitas Medan Area.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

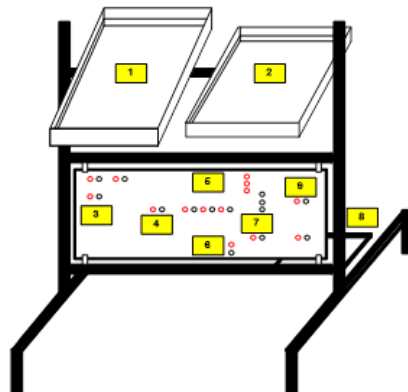
Percobaan pada penelitian ini dilakukan pada tanggal 17 Juli 2022 pada jam 10.00-14.40 tepatnya pada hari Minggu. Adapun lokasi penelitian yang penulis rencanakan adalah di Laboratorium CV. Angkasa Mobitech.

Prosedur Pembuatan Alat

Dalam penelitian ini untuk mewujudkan prosedur pembuatan trainer dengan kombinasi solar panel tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* untuk media pembelajaran mata kuliah EBT maka tahapan yang akan dilakukan adalah menentukan sistem atau bagian apa sajakah yang akan dirancang dan dipasang. Berikut ini adalah penjelasan terkait sistem atau bagian-bagian yang akan dirancang dan dipasang:

1. Perancangan dan pembuatanudukan mekanik kedudukan seluruh sistem

Adapun bahan pembentuk mekanik kedudukan seluruh sistem adalah terbuat dari bahan besi *hollow* baja ringan dengan 2 jenis bentuk besi yakni yang pertama bentuk persegi dan yang kedua bentuk siku dengan masing-masing dimensi.



Gambar 1: Desain Dudukan dan Tata Letak Seluruh Sistem

2. Pemasangan Seluruh Sistem

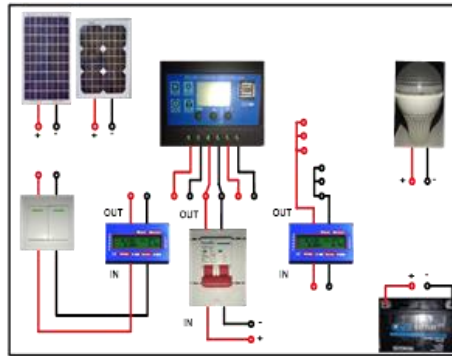
Setelah seluruh tata letak komponen ditentukan seperti Gambar 1 di atas maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pemasangan seluruh sistem



Gambar 2: Hasil Pemasangan Seluruh Sistem

3. Pemasangan Instalasi Listrik Seluruh Sistem

Tahapan selanjutnya setelah selesai melakukan pemasangan seluruh sistem pada posisi ataupun letaknya masing-masing, maka dilakukan pemasangan instalasi listrik seluruh sistem.



Gambar 3: Instalasi Listrik Seluruh Sistem



Gambar 4: Hasil Pemasangan Instalasi Listrik Seluruh Sistem (Tampak Belakang)

4. Pemasangan Stiker sebagai Jalur Rangkaian

Tahapan terakhir yang dilakukan dalam prosedur pembuatan alat ini adalah pemasangan stiker yang bertujuan untuk mempermudah kita untuk mengetahui bagaimana jalur rangkaian dari setiap komponen sehingga kita terhindar dari yang namanya salah sambungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengoperasikan trainer dengan kombinasi solar panel tipe polycrystalline dan monocrystalline ini tentu memiliki modul percobaan yang akan dikerjakan terlebih dahulu sehingga melalui modul tersebut kita akan mengetahui bagaimana prosedur ataupun tata cara pengoperasian trainer ini sehingga tidak terjadi kesalahan yang akan membuat kerusakan pada trainer. Dalam Pengujian pengukuran alat tersebut, penulis melakukan percobaan alat pada jam 10.00-14.40. Percobaan dilakukan secara bergantian antara polycrystalline, monocrystalline, dan parallel agar bisa mendapatkan data yang akan dianalisis.

Data Hasil Percobaan panel surya Polycrystalline

Tabel 1. Data Hasil Percobaan Panel Surya Polycrystalline

1. Hari	Jam (WIB)	G (W/m ²)	V _{mp} (volt)	I _{mp} (ampere)	V _{oc} (volt)	I _{sc} (ampere)	Suhu (°C)
Minggu	10.00	699,30	12,64	0,52	20,5	0,56	40,5
	11.00	852,75	12,47	0,23	19,7	0,35	48,7
	12.00	985,50	12,73	0,57	19,8	0,58	49,2
	13.00	1006,50	12,73	0,53	19,8	0,57	49,8
	14.00	741,30	12,68	0,47	20,4	0,55	43,4
Rata-rata		857,07	12,65	0,46	20,04	0,52	46,32

Data hasil percobaan dilakukan jam 10.00-14.00 WIB dengan mengikuti prosedur percobaan. Hasil rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 857,07 W/m², suhu 46,32°C, V_{mp} rata-rata 12,65 V, I_{mp} rata-rata 0,46 V, V_{oc} rata-rata 20,04 V, I_{sc} rata-rata 052 V. Intensitas Cahaya Matahari terbesar berada pada pukul 13.00 WIB sebesar 1006,5 W/m² dengan V_{mp} sebesar 12,73 V, I_{mp} sebesar 0,53 A, V_{oc} sebesar 19,8 V, dan I_{sc} sebesar 057 A.

Untuk mengetahui bagaimana panel surya tipe *polycrystalline* bekerja dengan baik yaitu dengan menghitung parameter Nilai *Fill Factor (FF)*, Daya output panel surya (*P_{out}*), Daya input panel surya (*P_{in}*) dan Efisiensi Panel Surya (*η*). Untuk lebih jelas berikut masing-masing hasil perhitungannya:

1. Nilai *Fill Factor (FF)*

$$\text{Rumus : } FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}}$$

$$FF = \frac{0,46 \times 12,65}{0,52 \times 20,04}$$

$$FF = 0,56$$

2. Daya output panel surya (*P_{out}*)

$$\text{Rumus : } P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = 20,04 \times 0,52 \times 0,55$$

$$P_{out} = 5,73 \text{ Watt}$$

3. Daya input panel surya (*P_{in}*)

$$\text{Rumus : } P_{in} = G \times Apv$$

$$P_{in} = 857,07 \times 0,1$$

$$P_{in} = 47,71 \text{ Watt}$$

4. Efisiensi Panel Surya (*η*)

$$\text{Rumus : } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{5,73}{47,71} \times 100\%$$

$$\eta = 12,01 \%$$

1. Data Hasil Panel Surya *Monocrystalline*

Tabel 2. Data Hasil Percobaan Panel Surya *Monocrystalline*

Hari	Jam (WIB)	G (W/m ²)	V _{mp} (volt)	I _{mp} (ampere)	V _{oc} (volt)	I _{sc} (ampere)	Suhu (°C)
Minggu	10.20	757,50	12,54	0,38	20,10	0,46	44,6
	11.20	870,00	12,59	0,39	19,50	0,48	48,9
	12.20	993,00	12,74	0,42	19,50	0,49	49,4
	13.20	951,00	12,65	0,40	19,60	0,47	49,9
	14.20	798,75	12,61	0,35	19,90	0,42	43,6
Rata-rata		874,05	12,63	0,38	19,72	0,46	47,28

Data hasil percobaan dilakukan pada jam 10.20-14.20 WIB dengan mengikuti prosedur percobaan. Hasil rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 874,05 W/m², suhu 47,28°C, V_{mp} rata-rata 12,63 V, I_{mp} rata-rata 0,38 V, V_{oc} rata-rata 19,72 V, I_{sc} rata-rata 0,46 V. Intensitas Cahaya Matahari terbesar berada pada pukul 12.10 WIB sebesar 993 W/m².

Untuk mengetahui bagaimana panel surya tipe *monocrystalline* bekerja dengan baik yaitu dengan menghitung parameter Nilai *Fill Factor (FF)*, Daya output panel surya (*P_{out}*), Daya input panel surya (*P_{in}*) dan Efisiensi Panel Surya (η). Untuk lebih jelas berikut masing-masing hasil perhitungannya:

1. Nilai *Fill Factor (FF)*

$$\text{Rumus : } FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}}$$

$$FF = \frac{0,38 \times 12,63}{0,46 \times 19,72}$$

$$FF = 0,53$$

2. Daya output panel surya (*P_{out}*)

$$\text{Rumus : } P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = 19,72 \times 0,46 \times 0,53$$

$$P_{out} = 4,81 \text{ Watt}$$

3. Daya input panel surya (*P_{in}*)

$$\text{Rumus : } P_{in} = G \times A_{pv}$$

$$P_{in} = 874,05 \times 0,09$$

$$P_{in} = 78,66 \text{ Watt}$$

4. Efisiensi Panel Surya (η)

$$\text{Rumus : } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{4,81}{78,66} \times 100\%$$

$$\eta = 6,11 \%$$

2. Data Hasil Percobaan Panel Surya Gabungan *Polycrystalline dan Monocrystalline*

Table 3. Data Hasil Percobaan Panel Surya Gabungan *Polycrystalline dan Monocrystalline*

Hari	Jam (WIB)	G (W/m ²)	V _{mp} (volt)	I _{mp} (ampere)	V _{oc} (volt)	I _{sc} (ampere)	Suhu (°C)
Minggu	10.40	762,75	13,8	0,91	20,20	1,00	44,4
	11.40	933,75	13,08	0,94	19,70	0,97	49,0
	12.40	936,00	13,21	1,03	19,80	1,11	49,3
	13.40	956,25	13,11	1,01	19,60	1,09	49,7
	14.40	723	12,97	0,86	19,90	0,91	43,2
Rata-rata		862,35	13,23	0,95	19,84	1,01	47,12

Data hasil percobaan dilakukan pada jam 10.40-14.40 dengan mengikuti prosedur percobaan didapatkan hasil rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 862,35 W/m², suhu rata-rata 47,12 °C *V_{mp}* rata-rata 13,23 V, *I_{mp}* rata-rata 0,95 V, *V_{oc}* rata-rata 19,84 V, *I_{sc}* rata-rata 1,01 V. Intensitas Cahaya Matahari terbesar berada pada pukul 13.20 WIB sebesar 956,25 W/m².

Untuk mengetahui bagaimana panel surya tipe gabungan tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* secara paralel bekerja dengan baik yaitu dengan menghitung parameter Nilai *Fill Factor (FF)*, Daya output panel surya (*P_{out}*), Daya input panel surya (*P_{in}*) dan Efisiensi Panel Surya (η). Untuk lebih jelas berikut masing-masing hasil perhitungannya:

1. Nilai *Fill Factor (FF)*

$$\text{Rumus: } FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}}$$

$$FF = \frac{0,95 \times 13,23}{1,01 \times 19,84}$$

$$FF = 0,63$$

2. Daya output panel surya (*P_{out}*)

$$\text{Rumus: } P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = 19,84 \times 1,01 \times 0,63$$

$$P_{out} = 12,62 \text{ Watt}$$

3. Daya input panel surya (*P_{in}*)

$$\text{Rumus: } P_{in} = G \times Apv$$

$$P_{in} = 862,35 \times 0,386$$

$$P_{in} = 332,87 \text{ Watt}$$

4. Efisiensi Panel Surya (η)

$$\text{Rumus: } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{12,62}{332,87} \times 100\%$$

$$\eta = 4,20 \%$$

SIMPULAN

Rancangan trainer dengan kombinasi solar panel tipe polycrystalline dan monocrystalline untuk media pembelajaran mata kuliah pembangkit listrik energi terbarukan dapat direalisasikan. Mengoperasikan trainer dengan kombinasi solar panel tipe polycrystalline dan monocrystalline dapat dilakukan dengan tiga pola pengoperasian yakni melalui pengukuran parameter panel surya

tipe polycrystalline, pengukuran parameter panel surya tipe monocrystalline dan pengukuran parameter panel surya gabungan tipe polycrystalline dan tipe monocrystalline dengan pola rangkaian paralel. Dari hasil analisis trainer kombinasi solar panel tipe polycrystalline dan monocrystalline ketika diparalelkan mendapatkan hasil rata-rata pada Fill Factor (FF) sebesar 0,63, daya output sebesar 12,62 Watt, daya input sebesar 332,87 Watt dan efisiensi sebesar 4,20 %

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Hermawan, M. Idris, D. Darianto, and M. Y. R. Siahaan, "Kinerja Mesin Motor 4 Langkah dengan Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Pertamina," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 202–210, 2021, doi: 10.31289/jmemme.v5i2.5787.
- [2] Y. Rahmawati, K. L. Fadhilla, and T. M. Kadarina, "JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) Analysis of Power Quality in Low Voltage Switch Panels in Real-Time," vol. 7, no. January, pp. 486–501, 2024.
- [3] O. Y. Hutajulu, M. D. Mendoza, D. H. Sinaga, and C. E. Panjaitan, "Android-based Rooftop Solar Power Plant Capacity Calculator Application Development," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 473–483, 2023, doi: 10.31289/jite.v6i2.8343.
- [4] C. A. Siregar, M. A. Siregar, and S. Lubis, "Effect of Glass Distance on The Efficiency of Sea Water Distillation Tools That Utilize Solar Energy in The City of Medan," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 2, no. 2, pp. 51–55, 2018, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jmemme>
- [5] Zainal and R. B. Sidabutar, "Pengaruh Perencanaan Strategis Sumber Daya Manusia Terhadap Kepuasan Kerja Karyawan pada PT. Hari Ayu Perkasa," *JIME (Journal Ind. Manuf. Eng.)*, vol. 4, no. November, pp. 114–124, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jime/article/view/4331>
- [6] Riduan Syahri and Desi Puspita, "Application Of The Backpropagation Method For Digital Image Feature Extraction On Coffee Fruit Classification," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 494–505, 2023, doi: 10.31289/jite.v6i2.8374.
- [7] D. F. Ramdani and A. Febriasari, "Model Kebijakan Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan di Provinsi Banten," *J. Adm. Publik (Public Adm. J.)*, vol. 8, no. 2, p. 192, 2018, doi: 10.31289/jap.v8i2.1900.
- [8] Y. D. Polewangi, H. Andrian, M. Banjarnahor, S. Munte, and N. Siregar, "Penggunaan Metode American Productivity Center (APC) Untuk Pengukuran Produktivitas Pada UMKM XYZ," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.31289/jime.v7i1.8252.
- [9] S. Gunawan, Supriadi, H. Susilo, and F. Sinurat, "Analisa Perbandingan Kinerja Boiler Tanpa dan Dengan Menggunakan Glasswool sebagai Isolator," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 6, no. 2, pp. 208–215, 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i2.7396.
- [10] H. Ibrahim, A. Nasution, I. Hermawan, and M. I. Hutasuhut, "Analisa Dampak Penurunan Kinerja Lube Oil Cooler Pada Turbin di PLTU Belawan," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 10–23, 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i1.3282.
- [11] H. Ibrahim, Darianto, and D. D. Cahya, "Unjuk Kerja Sistem Pembangkit Listrik Menggunakan Biogas Limbah Cair Pada Pabrik Kelapa Sawit Performance of the Power Plant System Using Biogas Liquid Waste at the Palm Oil Mill," *Jmemme*, vol. 2, no. 2, pp. 78–85, 2018.
- [12] R. Tampubolon, I. Hermawan, and M. Idris, "Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Industri (JITMI) Efficiency of Acrylic Undershot Water Wheel Turbine with 8 Blades and 15° Angle," *J. Ilm. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 51–60, 2023, doi: 10.31289/jitmi.v2i1.2015.
- [13] F. Gea, R. A. Siregar, and M. Y. R. Siahaan, "Pembuatan Alat Uji Tarik Universal Statis Dengan Penggerak Servomotor Berkapasitas Maksimum 1 kN," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 6, no. 2, pp. 216–226, 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i2.6173.
- [14] Y. H. T. Nasution, R. Singh, and N. Siregar, "Pengendalian Kualitas Produksi Panel Drum Dengan Menggunakan Metode Peta Kontrol Di PT. Atmindo," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 2, no. 1, p. 18, 2019, doi: 10.31289/jime.v2i1.2426.
- [15] N. A. Silviana, N. Siregar, and M. Banjarnahor, "Pengukuran dan Pemetaan Tingkat Kebisingan pada Area Produksi," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 161–166, 2021, doi: 10.31289/jime.v5i2.6101.
- [16] A. C. Limbong, "Penggunaan Metode Balanced Scorecard (BSC) untuk Pengukuran Kinerja pada UMKM XYZ," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 217–223, 2023, doi: 10.31289/jime.v7i2.10026.
- [17] G. R. Sugihrahma, "Pengaruh Arus Pengelasan Shield Metal Arc Welding dengan Elektroda E7018 pada Baja Karbon Rendah Effect of Welding Current of Shield Metal Arc Welding with E7018 Electrodes on Low Carbon Steel," vol. 4, no. 2, pp. 197–207, 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i2.4091.