

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA *PHOTOVOLTAIC* UNTUK MEMENUHI
KEBUTUHAN ENERGI PADA PROTOTYPE MESIN PENCACAH
PLASTIK**



Diajukan Sebagai Syarat Ujian Proposal Penelitian Pada Program Studi Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Oleh :

M DANIL ERDIANSYAH

132022022

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

SKRIPSI
ANALISIS KINERJA PHOTOVOLTAIC UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN
ENERGI PADA PROTOTYPE MESIN PENCACAH PLASTIK



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
25 Agustus 2026

Dipersiapkan Dan Disusun Oleh
M DANIL ERDIANSYAH

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Fadilah, S.T., M.T.
NIDN.0215089003

Pembimbing 2

Sofiah, S.T., M.T.
NIDN.0209047302

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



H. A. Julianti, M.T.
NIDN.0202026502

Penguji 1

Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T.
NIDN.0205118504

Penguji 2

Rika noverianty, S.T., M.T.
NIDN.0214117504

Menyetujui

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Feby Azzamto, S.T., M.Cs
NIDN.0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi , sepanjang sepengetahuan sayajuga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, Kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan di sebutkan dalam Daftar Pustaka

Palembang 04 september 2026

Yang membuat pernyataan



M Danil Erdiansyah

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Bahwa apa yang kita lakukan hari ini
Bisa menjadi mimpi buruk di hari akhri nanti
Dan semua penyesalan datang, saat sudah terlambat
#Nightmare, Avenged sevenfold

Bahwa hidup selalu lebih luas dari pada
Pemikiran kita sendiri dan kebebasan itu dimulai
Dari melepaskan ego
#Aerials, System of down

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya sederhana ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, yang tak pernah lelah memberikan doa, kasih sayang, pengorbanan, dan menjadi alasan saya untuk terus melangkah hingga sampai di titik ini. Kepada keluarga tercinta, yang selalu menjadi tempat untuk pulang, sumber kekuatan, serta memberikan dukungan dan semangat dalam setiap proses yang saya lalui. Dan kepada orang spesial yang selalu menemani dalam diam maupun dalam perjuangan, terima kasih atas perhatian, dukungan, kesabaran, dan semangat yang diberikan. Kehadiranmu menjadi salah satu bagian berarti dalam perjalanan panjang ini.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“ANALISIS KINERJA *Photovoltaic* UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI PADA *prototype* MESIN PENCACAH PLASTIK”** yang disusun guna untuk syarat mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Ibu Fadilah, ST., M.T., selaku Pembimbing I
- Ibu Sofiah, ST., M.T., selaku Pembimbing II

dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Prof. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T, Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
7. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini, tanpa doa dan support dari kalian, saya belum bisa berada pada titik ini, Skripsi ini menjadi bukti bahwa perjalanan yang panjang, melelahkan, dan penuh

tantangan pada akhirnya akan sampai pada sebuah titik yang layak untuk disyukuri.

Palembang 09 september 2026

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

M Danil Erdiansyah

ABSTRAK

Photovoltaic (PV) merupakan teknologi energi terbarukan yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung melalui efek fotovoltaiik. Pemanfaatan energi surya dapat menjadi salah satu alternatif dalam memenuhi kebutuhan energi listrik secara berkelanjutan, termasuk pada peralatan mekanis seperti prototype mesin pencacah plastik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem Photovoltaic dalam memenuhi kebutuhan energi listrik pada prototype mesin pencacah plastik. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap parameter keluaran sistem PV. Parameter yang diamati meliputi intensitas cahaya matahari, tegangan (V), arus (I), dan daya listrik (P) yang dihasilkan oleh panel surya. Data hasil pengukuran dianalisis untuk mengetahui karakteristik keluaran panel serta hubungan antara kondisi intensitas cahaya dengan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan. Selanjutnya, energi listrik yang dihasilkan dibandingkan dengan kebutuhan daya motor DC sebagai penggerak mesin pencacah plastik. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik kinerja sistem PV berdasarkan perubahan intensitas cahaya matahari dan kemampuan sistem dalam menyediakan energi bagi beban. Analisis tersebut memberikan gambaran mengenai efektivitas pemanfaatan PV sebagai sumber energi alternatif pada prototype mesin pencacah plastik. Penerapan sistem ini diharapkan dapat mendukung pemanfaatan energi terbarukan serta mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi listrik konvensional.

Kata Kunci: *Photovoltaic*, energi surya, panel surya, mesin pencacah plastik, energi listrik.

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) is a renewable energy technology capable of directly converting sunlight into electrical energy through the photovoltaic effect. The utilization of solar energy can serve as an alternative solution for meeting electrical energy needs sustainably, including for mechanical equipment such as a plastic shredding machine prototype. This study aims to analyze the performance of a Photovoltaic system in meeting the electrical energy requirements of a plastic shredding machine prototype. The research method employed an experimental approach by directly measuring the output parameters of the PV system. The observed parameters included solar light intensity, voltage (V), current (I), and electrical power (P) generated by the solar panel. The measurement data were analyzed to determine the output characteristics of the panel and the relationship between solar light intensity and the voltage, current, and power generated. Furthermore, the electrical energy produced was compared with the power requirements of the DC motor used to drive the plastic shredding machine. The results demonstrate the performance characteristics of the PV system under variations in solar light intensity and its ability to supply energy to the load. The analysis provides an overview of the effectiveness of PV utilization as an alternative energy source for a plastic shredding machine prototype. The implementation of this system is expected to support the utilization of renewable energy and reduce dependence on conventional electrical energy sources.

Keywords: *Photovoltaic, solar energy, solar panel, plastic shredding machine, electrical energy.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan masalah	3
1.4. Sistematika Penulisan Skripsi	3
BAB 2	6
TINJAU PUSTAKA.....	6
2.1. Energi Baru dan Terbarukan (EBT)	6
2.1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	7
2.2. Prinsip Kerja PV	9
2.3. Radiasi Matahari.....	10
2.3.1. Jenis-jenis Radiasi Matahari	11
2.3.2. Intensitas Radiasi Matahari (<i>Irradiance</i>).....	12
2.3.3. Faktor yang Mempengaruhi Radiasi Matahari	13
2.3.4. Pengaruh Radiasi Matahari terhadap Sistem PV	13
2.4. Komponen Utama Sistem PV.....	14
2.4.1. Panel Surya	14
2.4.2. Solar Charge Controller (SCC).....	17
2.4.3. Akumulator	18
2.5. Karakteristik Sel Surya (Kurva I–V dan P–V).....	19
2.6. Efisiensi Sistem Photovoltaic	20

2.7. Mesin Pencacah Plastik	21
2.7.1. Jenis Sampah Plastik yang Digunakan	22
2.7.2. Motor DC sebagai Penggerak Mesin Pencacah	27
2.7.3. Kebutuhan Daya Mesin Pencacah Plastik	28
2.7.4. Hubungan Beban Plastik terhadap Kinerja Motor	28
2.7.5. Hubungan Mesin Pencacah Plastik dengan Sistem Photovoltaic	29
2.8. Integrasi Sistem PV pada Mesin Pencacah Plastik.....	30
BAB 3	32
METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Tempat dan Waktu penelitian.....	32
3.2 Flowchart Diagram Penelitian.....	33
3.3 Alat dan bahan.....	34
3.4. Diagram Rangkaian.....	35
3.5 Sistem Perancangan.....	36
3.5.1 Perancangan Panel Surya.....	37
3.5.2 Perancangan Solar Charge Controller.....	37
3.5.3 Perancangan Akumulator.....	38
3.5.4 Perancangan Beban Motor DC	38
3.5.5 Perancangan Pengukuran dan Pengambilan Data.....	38
3.5.6 Tahapan Perancangan Sistem	39
3.6. Data panel surya	39
3.7. Data SCC	40
3.8. Data Akumulator	41
3.9. Data Motor Dc	41
BAB 4	43
HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil Perancangan Sistem Photovoltaic	43
4.2. Hasil Pengujian Sistem Photovoltaic	44
4.3. Analisis Tegangan, Arus, dan Daya Panel Surya	45
4.4. Hasil Pengujian Pengisian Akumulator.....	46
4.5. Hasil Pengujian Akumulator dengan Beban Motor DC 500 Watt	48
4.6. Analisis Daya Motor DC 500 Watt	50
4.7. Pengujian Sistem Photovoltaic dengan Beban	52

4.8. Pengujian sistem Photovoltaic dengan beban variasi.....	53
4.9. Analisis Kinerja Sistem Photovoltaic sebagai Sumber Energi.....	55
4.10. Pembahasan Kinerja Photovoltaic	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Energi baru dan terbarukan (EBT)	6
Gambar 2. 2Radiasi matahari	10
Gambar 2. 3 Panel surya	14
Gambar 2. 4 Monokristalin 100wp	15
Gambar 3. 1.Lokasi Penelitian	32
Gambar 3. 2.Diagram Flowchart Penelitin	33
Gambar 3. 3. Diagram keseluruhan.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Pengujian Sistem Photovoltaic	44
Tabel 4. 2. Analisis Tegangan, Arus, dan Daya Panel Surya.....	45
Tabel 4. 3. Hasil pengujian pengisian akumulator	47
Tabel 4. 4. Hasil pengujian akumulator dengan beban motor dc 500watt.....	48
Tabel 4. 5. Analisis daya motor dc 500watt.....	50
Tabel 4. 6. Pengujian Sistem Photovoltaic dengan Beban.....	52
Tabel 4. 7. Pengujian sistem Photovoltaic dengan beban variasi	53
Tabel 4. 8. Rekapitulasi Hasil Analisis Kinerja Sistem Photovoltaic	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan industri. Sampai saat ini, sebagian besar kebutuhan energi masih berasal dari sumber energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Penggunaan energi fosil secara terus-menerus dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan meningkatkan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif yang dapat digunakan secara berkelanjutan dan lebih ramah lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar adalah energi matahari.

Indonesia memiliki potensi energi matahari yang cukup tinggi karena berada di wilayah tropis dan mendapatkan penyinaran matahari sepanjang tahun. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan teknologi *Photovoltaic* (PV). Sistem *Photovoltaic* bekerja dengan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui panel surya. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, termasuk untuk menyuplai peralatan listrik dengan skala kecil. Penggunaan *Photovoltaic* juga dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi listrik konvensional.

Selain permasalahan energi, peningkatan jumlah sampah plastik juga menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang perlu ditangani. Sampah plastik sulit terurai secara alami sehingga dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak dikelola dengan baik. Salah satu cara untuk mengurangi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pengolahan dan daur ulang sampah plastik. Dalam proses tersebut, mesin pencacah plastik digunakan untuk memperkecil ukuran sampah plastik agar lebih mudah diproses pada tahap pengolahan selanjutnya.

prototype mesin pencacah plastik membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikan motor DC sebagai penggerak mesin. Pada umumnya, kebutuhan

listrik tersebut berasal dari jaringan listrik konvensional. Penggunaan sumber energi alternatif dapat menjadi pilihan apabila mesin ingin digunakan secara mandiri atau pada lokasi yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah sistem *Photovoltaic* dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik.

Sistem *Photovoltaic* pada penelitian ini menggunakan panel surya sebagai sumber energi, MPPT sebagai pengatur untuk memperoleh daya yang lebih optimal, serta baterai sebagai tempat penyimpanan energi listrik. Energi yang dihasilkan panel surya digunakan untuk mengisi baterai, kemudian energi yang tersimpan digunakan untuk menyuplai motor DC pada *prototype* mesin pencacah plastik. Dengan sistem tersebut, energi matahari dapat dimanfaatkan untuk membantu memenuhi kebutuhan energi mesin.

Kinerja *Photovoltaic* dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama proses pengujian, terutama intensitas cahaya matahari dan suhu. Perubahan kondisi tersebut dapat menyebabkan perubahan nilai tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan panel surya. Oleh karena itu, diperlukan pengujian untuk mengetahui karakteristik keluaran *Photovoltaic* pada kondisi sebenarnya.

Selain mengetahui keluaran *Photovoltaic*, diperlukan pula analisis terhadap kebutuhan energi *prototype* mesin pencacah plastik. Energi yang dihasilkan *Photovoltaic* perlu dibandingkan dengan energi yang digunakan oleh motor DC sebagai beban. Perbandingan tersebut dapat menunjukkan apakah sistem *Photovoltaic* mampu menyediakan energi yang cukup untuk mendukung pengoperasian mesin. Dengan demikian, analisis tidak hanya melihat besarnya daya yang dihasilkan panel surya, tetapi juga melihat kesesuaian antara energi yang dihasilkan dengan kebutuhan energi beban.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Analisis Kinerja *Photovoltaic* untuk Memenuhi Kebutuhan Energi pada *prototype* Mesin Pencacah Plastik”. Penelitian ini berfokus pada pengukuran dan analisis tegangan, arus, daya, serta energi yang dihasilkan *Photovoltaic* dan kebutuhan energi pada *prototype* mesin pencacah plastik. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kemampuan *Photovoltaic* sebagai sumber energi alternatif

untuk mendukung pengoperasian *prototype* mesin pencacah plastik serta menjadi salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja *Photovoltaic* sebagai sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi pada *prototype* mesin pencacah plastik. Menganalisis karakteristik kinerja sistem PV berdasarkan arus, tegangan, dan daya
2. Mengetahui karakteristik keluaran *Photovoltaic* berdasarkan nilai tegangan, arus, dan daya yang diperoleh selama proses pengujian.
3. Mengetahui karakteristik keluaran *Photovoltaic* berdasarkan nilai tegangan, arus, dan daya yang diperoleh selama proses pengujian.

1.3. Batasan masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini yaitu Analisis difokuskan pada kinerja sistem PV meliputi arus, tegangan, dan daya. system yang menggunakan PV *off grid* menggunakan MPPT dengan pengujian dilakukan pada siang hari.

1.4. Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran secara jelas mengenai pembahasan yang terdapat dalam penelitian. Adapun sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab yang disusun secara sistematis dan saling berkaitan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai pendahuluan yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian. Pada bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Latar belakang menjelaskan mengenai pemanfaatan energi Photovoltaic sebagai sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi pada *prototype* mesin pencacah plastik. Rumusan masalah berisi permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian, sedangkan tujuan penelitian menjelaskan hasil yang ingin dicapai.

Batasan masalah digunakan untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar pembahasan lebih terarah.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang berkaitan dengan penelitian sebagai dasar dalam melakukan perancangan, pengujian, dan analisis sistem. Pembahasan meliputi Energi Baru dan Terbarukan (EBT), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), prinsip kerja Photovoltaic, radiasi matahari, intensitas radiasi matahari, faktor yang mempengaruhi radiasi matahari, komponen utama sistem PV yang meliputi panel surya, Solar Charge Controller (SCC), dan akumulator. Selain itu, bab ini membahas karakteristik sel surya, efisiensi sistem Photovoltaic, mesin pencacah plastik, jenis sampah plastik yang digunakan, motor DC sebagai penggerak mesin pencacah, kebutuhan daya mesin pencacah plastik, hubungan beban plastik terhadap kinerja motor, serta integrasi sistem Photovoltaic pada mesin pencacah plastik.

BAB 3 METODOLOGI

Bab ini membahas mengenai metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Pada bab ini dijelaskan tempat dan waktu penelitian, flowchart diagram penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram rangkaian, sistem perancangan, perancangan panel surya, perancangan Solar Charge Controller, perancangan akumulator, perancangan beban motor DC, serta perancangan pengukuran dan pengambilan data. Selain itu, bab ini menjelaskan tahapan perancangan sistem serta data spesifikasi panel surya, SCC, dan akumulator yang digunakan dalam penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil penelitian yang diperoleh dari proses pengujian sistem Photovoltaic pada prototype mesin pencacah plastik. Data hasil pengukuran yang diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan parameter tegangan, arus, daya, dan energi listrik yang dihasilkan oleh sistem Photovoltaic. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kebutuhan energi motor DC sebagai beban utama serta kemampuan sistem Photovoltaic dalam memenuhi kebutuhan energi prototype mesin pencacah plastik. Pembahasan juga dilakukan terhadap

pengaruh kondisi pengujian dan variasi beban terhadap kinerja sistem Photovoltaic sehingga dapat diketahui tingkat kemampuan dan kinerja sistem dalam menyuplai energi listrik untuk pengoperasian prototype mesin pencacah plastik.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab terakhir dalam penulisan skripsi yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap kinerja sistem Photovoltaic dalam memenuhi kebutuhan energi pada prototype mesin pencacah plastik, khususnya berdasarkan parameter tegangan, arus, daya, dan energi listrik. Pada bab ini juga diberikan saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem maupun penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., et al. (2021). Integration of renewable energy systems for sustainable applications. *Journal of Cleaner Production*, 278.
- Boyle, G. (2012). *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford University Press.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley.
- Eriksen, M. K., Christiansen, J. D., Daugaard, A. E., & Astrup, T. F. (2019). Closing the loop for PET, PE and PP waste from households: Influence of material properties and product design for plastic recycling. *Waste Management*, 96, 75–85.
- Hossain, M.S., et al (2018). Performance analysis of solar PV systems. *Renewable Energy*, 120, 281–290.
- International Energy Agency (IEA). (2021). *Renewables 2021: Analysis and Forecast*. Paris.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2020). *Statistik Energi Indonesia*. Jakarta.
- Kumar, A., et al. (2020). Performance evaluation of grid-connected solar PV system. *Energy Reports*, 6, 123–135.
- Lede, A. S. U., Jafri, M., & Gusnawati. (2024). Performance Test of Household Plastic Waste Shredding Machine. *TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 13(2)
- Markvart, T. (2000). *Solar Electricity*. John Wiley & Sons.
- Messenger, R. A., & Ventre, J. (2010). *Photovoltaic Systems Engineering*. CRC Press.
- Singh, S., et al (2021) Efficiency improvement of Photovoltaic systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 42.
- Sumantri, B., & Iswanto. (2025). Testing of Plastic Waste Crushing Machine: Pengujian Mesin Pencacah Sampah Plastik
- Triadi, N. Y., Martana, B., & Pradana, S. (2020). Perancangan Mesin Pencacah Plastik Tipe Shredder dan Alat Pemotong Tipe Reel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(2), 144–153.

Uzosike, C. C., Yee, L. H., & Vasquez Padilla, R. (2023).

Small-Scale Mechanical Recycling of Solid Thermoplastic Wastes: A Review of PET, PEs, and PP. *Energies*, 16(3), 1406.

Villalva, M. G., et al. (2009). Modeling and simulation of Photovoltaic arrays. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 24(5), 1198–1208.

Zhang, H., et al. (2022). Recent advances in solar Photovoltaic systems. *Energies*, 15(3).