



Optimasi Kinerja dan Efisiensi PLTMH Melalui Penerapan Sistem Stabilisasi Tegangan

Annas Singgih Setiyoko^{1*}, Dwi Sasmita Aji Pambudi¹, Hendro Agus Widodo¹, Raul Adam At Thariq Azhiim², Petrus Chandra Imanuel², Moses Yudha Dua Lembang²

¹ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, 60111, Indonesia

Abstrak. Permintaan energi listrik yang terus meningkat mengharuskan pengembangan sumber energi terbarukan sebagai alternatif yang berkelanjutan, terutama di Indonesia yang memiliki potensi energi air sebesar 75.091 MW, namun baru dimanfaatkan sekitar 7,2%. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menjadi solusi untuk memanfaatkan potensi ini, namun menghadapi tantangan dalam stabilitas tegangan, yang dapat mengganggu layanan listrik dan merusak peralatan elektronik. Contoh di Desa Kalianan menunjukkan bahwa meskipun masyarakat telah membangun PLTMH secara swadaya dengan memanfaatkan Air Terjun Kalipedati, kinerja sistem ini belum optimal dalam menstabilkan tegangan. Untuk itu, diperlukan solusi berupa pengaturan otomatis debit air guna meningkatkan kualitas tegangan listrik dan mengurangi risiko kerusakan perangkat elektronik, yang diharapkan dapat mendukung keberlanjutan energi di desa-desa terpencil.

Katakunci: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, Elektronik, Debit Air, Energi

Abstract. The increasing demand for electricity necessitates the development of renewable energy sources as a sustainable alternative, particularly in Indonesia, which has a hydropower potential of 75,091 MW, yet only about 7.2% has been utilized. Micro-hydro power plants (PLTMH) offer a solution to harness this potential, but they face challenges in voltage stability, which can disrupt electricity services and damage electronic devices. An example from Kalianan Village illustrates that while the community has independently built a PLTMH utilizing the Kalipedati Waterfall, the system's performance remains suboptimal in stabilizing voltage. Therefore, an automatic water flow regulation solution is needed to improve voltage quality and reduce the risk of damage to electronic devices, which is expected to support sustainable energy in remote villages.

Keywords: Micro Hydro Power Plants, Electricity, Energy, Stabilizing

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi saat ini berkembang dengan sangat pesat, namun sayangnya, beberapa daerah dengan akses belajar yang terbatas mengalami ketertinggalan, termasuk dalam pemanfaatan teknologi. Seiring dengan kemajuan tersebut, permintaan energi listrik terus meningkat, sementara sumber energi utama yang masih bergantung pada bahan bakar fosil semakin terbatas dan tidak dapat diperbarui. Ketergantungan ini berpotensi menimbulkan ancaman terhadap cadangan energi dan dapat memicu krisis energi di masa depan (Ulfah et al., 2021). Indonesia mencatatkan sejumlah kemajuan dalam pencapaian target 7 pembangunan berkelanjutan dengan tercapainya rasio 99,20% elektrifikasi, di atas rata-rata negara di Asia Tenggara dan Asia Timur (International Energy Agency, 2020; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2021). Oleh karena itu, diperlukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut terkait sumber energi terbarukan juga elektrifikasi yang dapat menjadi alternatif berkelanjutan dan mudah diakses.

Energi terbarukan, seperti energi air, menjadi salah satu solusi yang memiliki potensi besar di Indonesia. Dengan kondisi geografis yang kaya akan gunung, bukit, dan danau, Indonesia memiliki potensi energi air sebesar 75.091 MW, namun baru sekitar 7,2% dari potensi tersebut yang telah dimanfaatkan (Taufiqurrahman & Windarta, 2020). Aliran sungai memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat secara ekonomis dan efisien (Kholis, dkk., 2022). Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), merupakan energi terbarukan dengan memanfaatkan aliran air dari sungai atau air terjun. Jika semakin besar debit air yang mengalir maka kemungkinan semakin besar energi listrik yang akan dihasilkan (Ardo, Emidiana, & Perawati, 2022). Karena menghasilkan listrik dengan menggunakan aliran air sungai, PLTMH adalah salah satu jenis energi terbarukan dan juga dapat disebut sebagai energi bersih (Rizal dkk, 2022). PLTMH merupakan alternatif ramah lingkungan yang efektif untuk memenuhi kebutuhan listrik, terutama di daerah-daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama. Sistem transmisi dalam PLTMH sangat berpengaruh terhadap efisiensi. Pemilihan material dan ukuran yang tepat, serta pengaturan tegangan yang optimal, dapat meminimalkan kerugian energi (Syafriзал, 2017).

PLTMH ramah lingkungan dan berkelanjutan, meskipun pengembangannya di Indonesia menghadapi tantangan seperti kurangnya pemahaman teknologi dan dukungan pemerintah (Rahayu et al., 2022). Seperti halnya sistem energi lainnya, PLTMH menghadapi tantangan, terutama dalam hal stabilitas tegangan listrik yang dihasilkan. Ketidakstabilan tegangan ini sering kali disebabkan oleh fluktuasi debit air yang memengaruhi *output* listrik dari generator. Hasil daya yang dibangkitkan

PLTMH, disinyalir sangat beresiko karena fluktuasi sumber energi primer air, keberadaannya sangat bergantung pada musim (Nugroho, 2015). Ketidakstabilan tegangan dapat mengganggu pasokan listrik ke rumah tangga dan infrastruktur penting di desa, seperti pompa air, penerangan jalan, atau fasilitas kesehatan.

Desa Kalianan, yang terletak di lereng Gunung Argopuro, merupakan contoh desa yang mengalami tantangan distribusi listrik dari PLN, terutama saat musim hujan ketika sering terjadi pemadaman akibat pohon tumbang. Desa ini memiliki potensi sumber air yang besar dari Air Terjun Kalipedati, yang memiliki aliran air deras. Dengan memanfaatkan potensi tersebut, warga desa memutuskan untuk membangun PLTMH secara swadaya tanpa bantuan teknisi profesional, hanya mengandalkan pengetahuan dari sumber-sumber online seperti YouTube.



Gambar 1 PLTMH Desa Kalianan

Namun, minimnya literasi dan pengetahuan teknis menyebabkan kinerja PLTMH di Desa Kalianan kurang optimal, terutama dalam hal stabilisasi tegangan *output*. Masalah ini menimbulkan kerugian bagi warga, seperti kerusakan pada peralatan elektronik, termasuk lampu bohlam yang pecah dan kerusakan pada alat-alat rumah tangga seperti setrika. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan solusi berupa pemasangan stabilizer tegangan (*Stavolt*) untuk menstabilkan tegangan *output* generator, yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas listrik dan mengurangi risiko kerusakan peralatan elektronik warga.

2. Kajian Pustaka

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu solusi energi terbarukan yang semakin berkembang di Indonesia. Potensi energi air di Indonesia sangat besar, dengan perkiraan total sebesar 75.091 MW, namun baru sekitar 7,2% yang telah dimanfaatkan (Taufiqurrahman & Windarta, 2020). PLTMH menjadi alternatif ramah lingkungan yang efektif untuk daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik utama.

Stabilitas tegangan menjadi salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh PLTMH. Ketidakstabilan tegangan sering kali disebabkan oleh fluktuasi debit air yang memengaruhi *output* listrik dari generator (Ardo et al., 2022). Ketidakstabilan

tegangan dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat elektronik dan mengganggu operasional infrastruktur penting, seperti pompa air dan penerangan jalan.

Penelitian sebelumnya menekankan pentingnya penerapan teknologi stabilisasi tegangan untuk menjaga kualitas listrik di daerah-daerah yang mengandalkan PLTMH. Ulfah et al. (2021) menyebutkan bahwa solusi seperti pemasangan stabilizer tegangan (*Stavolt*) dapat menjadi kunci dalam menjaga kualitas pasokan listrik di desa-desa terpencil, serta mengurangi risiko kerusakan pada peralatan elektronik. Hal ini juga didukung oleh International Energy Agency (2020), yang menyoroti pentingnya pengembangan teknologi penstabil tegangan dalam sistem PLTMH untuk meningkatkan efisiensi energi. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penerapan sistem stabilisasi tegangan untuk mengoptimalkan kinerja PLTMH di Desa Kalianan, Probolinggo, dengan harapan dapat mendukung penggunaan energi terbarukan yang lebih stabil dan berkelanjutan.

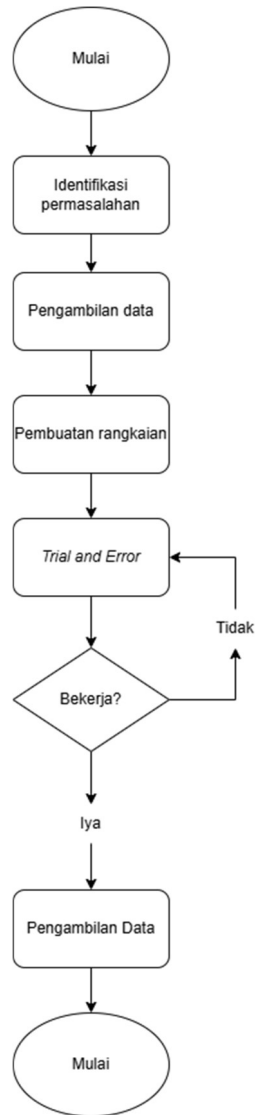
3. Metode

Persiapan Pada tahap ini dilakukan penggalan masalah di Desa Kalianan, dan telah ditemukan permasalahan mengenai tegangan yang fluktuatif tidak stabil. Selanjutnya akan dibuat rencana untuk penyelesaian pada permasalahan tersebut. Survei kelayakan pada tahap ini dilakukan survei ke setiap rumah warga untuk menganalisis masalah lebih detail. Serta digali untuk data yang nantinya diperlukan, dan dikaji apakah nantinya program ini dapat berkelanjutan.

Pelaksanaan setelah diselesaikannya kegiatan penginstalan ulang instalasi listrik serta penstabil tegangan ini diharapkan dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada warga dalam penggunaan energi listrik, serta mempermudah tahap maintenance/pemeliharaan.

3.1. Pengambilan Data

Pembahasan pada pengambilan data ini berisikan step by step penelitian dari awal hingga akhir hingga semua data terkumpul. Pada Gambar 2, *flowchart* tersebut menggambarkan proses iteratif dalam menyelesaikan masalah teknis atau pengembangan proyek. Proses dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan, diikuti oleh pengambilan data yang relevan untuk memahami situasi. Berdasarkan data tersebut, solusi dalam bentuk rangkaian dibuat dan diuji melalui metode trial and error. Pada titik keputusan, jika rangkaian tidak bekerja sesuai harapan, proses kembali ke tahap pengambilan data untuk perbaikan. Namun, jika berhasil, data hasil uji coba dikumpulkan untuk analisis lebih lanjut. Proses ini bersifat siklis, berulang hingga solusi optimal tercapai dan sistem siap untuk digunakan.



Gambar 2 Flowchart Pengambilan Data

3.2. Perencanaan / Pembuatan Rangkaian

Tahapan ini membahas mengenai komponen serta rangkaian yang dibutuhkan untuk sebuah solusi atas permasalahan yang dihadapi warga desa Kalianan.

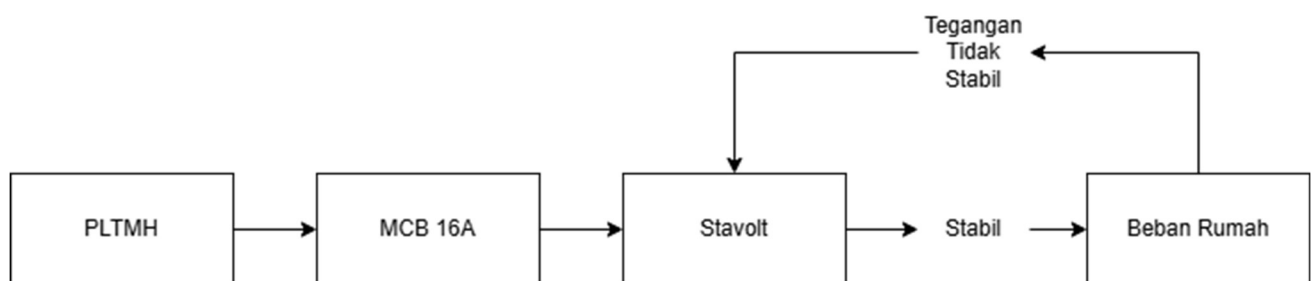
Tabel 1. Daftar Komponen

No	Komponen	Jumlah
1	Stavolt 5 KW	1 Unit
2	MCB 16A	2 Unit
3	Kotak panel	1 Unit
4	Volt Meter	1 Unit
5	Kabel NYY 2x2.5	10 meter



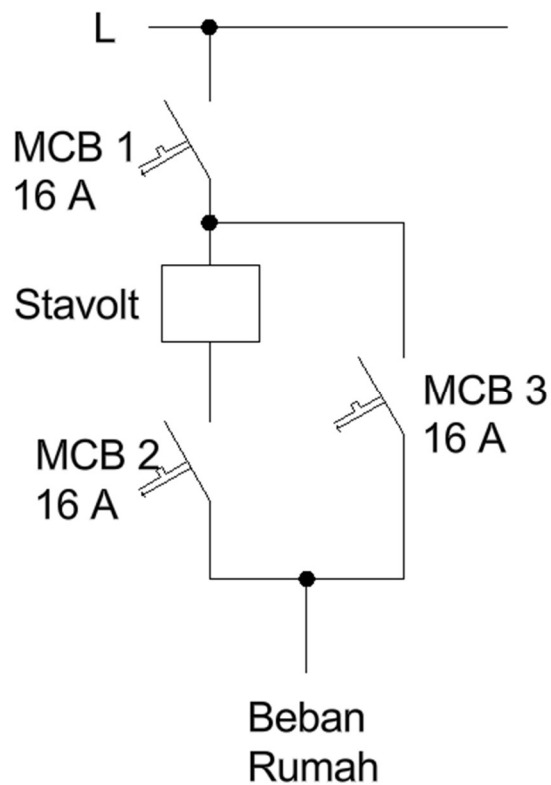
Gambar 3 Stavolt 5 KW

Dalam otomatisasi dari sebuah sistem, perancangan elektrik memegang kendali utama. Pemilihan komponen yang tepat harus diimbangi dengan perancangan konsep dan pemasangan komponen yang tepat juga. Konsep kerja dari bagian elektrik dapat dilihat pada blok diagram berikut.



Gambar 4 Blok Diagram Sistem Kerja

Pada Gambar 4, dimana terdapat blok diagram yang menunjukkan cara kerja komponen yang berkesinambungan sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan rencana. Cara kerja dari sistem elektrik ini dengan memanfaatkan tegangan yang tidak stabil, kemudian dibalikkan kembali atau terjadinya *feedback* ke *Stavolt* agar dapat distabilkan lalu diberikan kepada beban rumah warga agar mendapatkan tegangan yang stabil yaitu 220V.



Gambar 5 Rangkaian Kontrol

Gambar 5 merupakan rangkaian kontrol dari penggunaan *Stavolt* dimana ketika tegangan tidak stabil kita bisa menggunakan MCB 1 (MCB utama) dan MCB 2 (MCB untuk *Stavolt*) yang akan dinyalakan agar *Stavolt* dapat bekerja. Tetapi suatu waktu *Stavolt* mengalami kerusakan dan diharuskannya *maintenance*, maka akan digunakanlah rangkaian awal dengan menyalakan MCB 3 dan mematikan MCB yang ada pada *Stavolt* dan MCB 2.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan menampilkan data dari awal mula hingga akhir setelah penyelesaian masalah. Ketika sudah mendapatkan data awal dan akhir nantinya akan dibandingkan seberapa besar nilai error dan efisien tidaknya dengan adanya sebuah solusi atas permasalahan yang telah dikaji.

Data pertama yang akan ditampilkan yaitu data sebelum adanya pintu air otomatis dengan berbagai parameter.

Tabel 2. Pengambilan data awal

Data yang diambil	Waktu (Menit)							Σ (rata rata)
	15	30	45	60	75	90	105	
Tegangan (V)	253,3	263,2	256,6	252,6	247,2	262,9	260,2	256,57
Arus (A)	3,7	3,9	4,2	3,5	3,7	3,6	3,7	3,7



Gambar 6 Pengukuran tegangan pengambilan data awal

Dari pengambilan data awal diketahui tegangan selalu berubah ubah secara tidak normal dengan nilai batas minimal sebesar 247,5 V dan batas maksimal mencapai 263,2 V. Tegangan yang tinggi ini berpotensi merusak peralatan elektronik milik warga desa. Penyebab utama lonjakan kecepatan putaran motor adalah fluktuasi debit air. Debit air yang tidak teratur akibat pembuatan jalur yang tidak terancang saat menuju generator kincir air maka hal yang dilakukan bukanlah membuat jalur baru tetapi menambahkan suatu komponen untuk menstabilkan tegangan Ketika *over voltage* atau *low voltage* sesuai dengan tegangan yang diharapkan.

Tabel 3. Pengambilan data akhir

Data yang diambil	Waktu (Menit)							Σ (rata rata)
	15	30	45	60	75	90	105	
Tegangan (V)	219,7	218,9	220	222,1	220,8	222,8	220,3	220,6
Arus (A)	3,5	3,9	4,1	4,0	3,9	4,2	3,9	4,4



Gambar 7 Pengukuran tegangan pengambilan data akhir

Dari pengambilan data akhir setelah *Stavolt* terpasang didapatkan sebuah data baru yang telah diinginkan Dimana nilai rata rata tegangan berada pada nilai 220,6 V dan arus berada pada nilai 4,4 A. Nilai tersebut sangatlah efisien dan aman sehingga perangkat elektronik para warga tidak akan terjadi kerusakan akibat nilai tegangan yang fluktuatif secara tidak normal.

Setelah dididatkannya nilai data awal dan akhir, nilai – nilai tersebut akan di *compare* untuk mengetahui seberapa efisiennya alat *Stavolt* yang telah terpasang sebagai solusi atas permasalahan tegangan yang tidak stabil.

$$\%Error = \frac{Data\ Awal - Data\ Akhir}{Data\ Akhir} \times 100 \quad (1)$$

Persentase nilai tegangan :

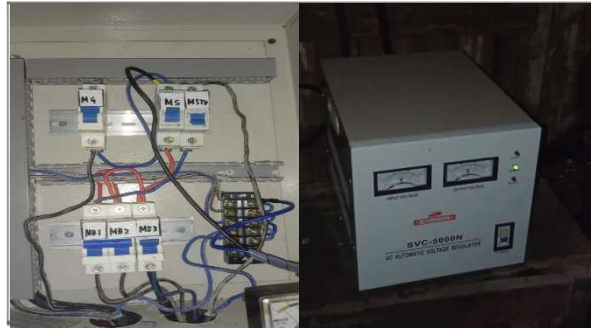
$$\begin{aligned} \%Error &= \frac{256,27 - 220,6}{220,6} \times 100 \\ &= 16 \% \end{aligned} \quad (2)$$

Persentase nilai arus :

$$\begin{aligned} \%Error &= \frac{3,7 - 4,4}{4,4} \times 100 \\ &= 15,9 \% \end{aligned} \quad (3)$$

Sehingga nilai efisiensi dari masing masing parameter setelah adanya pintu air otomatis ialah 16% untuk tegangan, 15,9% untuk arus. Dengan rata rata efisiensi total yaitu 84%, yang berarti *Stavolt* atau *Stabilizer Voltagei* sangat berpengaruh terhadap penstabilan tegangan.

4.1. Hasil Kinerja Alat



Gambar 8 Hasil kinerja panel kontrol *Stavolt*

Pada Gambar 8, hasil kinerja alat tersebut berjalan dengan lancar yang menunjukkan *Stavolt* dengan lampu berwarna hijau menyala mengindikasikan bahwa tegangan keluaran pada *Stavolt* telah stabil. Tetapi jika berwarna merah maka tegangan *output* tidak stabil yang diharuskan tegangan akan dibalikkan lagi ke *input Stavolt* agar dapat diolah kembali menjadi tegangan yang stabil yaitu 220 V.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *stabilizer voltage* atau *Stavolt* di Desa Kalianan berhasil meningkatkan stabilitas tegangan listrik secara signifikan. Dengan pemasangan *Stavolt*, tegangan yang semula fluktuatif dan berpotensi merusak perangkat elektronik warga menjadi stabil pada nilai 220V. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan keluaran pada PLTMH yang lebih terkontrol merupakan solusi efektif dalam menjaga kualitas dan efisiensi pasokan listrik, yang pada akhirnya memberikan manfaat nyata bagi masyarakat desa.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Terutama kepada masyarakat Desa Kalianan yang telah memberikan dukungan penuh dan menyediakan data serta informasi yang diperlukan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada pembimbing, kolega, serta keluarga atas bimbingan, saran, dan dukungan moril yang tak ternilai selama proses ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat luas dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Daftar Pustaka

- Ardo, B., Emidiana, E., & Perawati, P. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Tekno*, 19(1), 81–92. <https://doi.org/10.33557/jtekno.v19i1.1665>
- Dewangga, Y. A., Kholis, N., Baskoro, F., & Haryudo, S. I. (2022). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 71–76. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p71-76>. Diakses pada tanggal 20 Oktober 2023.
- International Energy Agency. (2020). *The Energy Progress Report 2020*. <https://www.iea.org/reports/tracking-sdg7-the-energy-progress-report-2020>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktrat Jenderal Keteragalistrikan. (2021). *Statistik Kelistrikan 2020*. Retrieved December 20, 2022, from In Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktrat Jenderal Keteragalistrikan. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/8f7e7-20211110-statistik-2020-rev03.pdf (In Indonesian)
- Rahayu, L. N., & Windarta, J. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Pengembangan PLTA dan PLTMH di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(2), 88–98.
- Syafrizal, S. (2017). Bagaimana Menentukan Slip Pada Transmisi Pulley & V-Belt Pada Beban Tertentu Dengan Menggunakan Motor Berdaya Seperempat HP. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 8(1), 21–26. <https://doi.org/10.24176/simet.v8i1.834>
- Taufiqurrahman, A., & Windarta, J. (2020). Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 124–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.10036>
- Ulfah, D., Thamrin, G. A., & Rahmiyati, dan. (2021). KUALITAS BIOPELLET LIMBAH SEKAM PADI (*Oryza sativa*) SEBAGAI SALAH SATU SOLUSI DALAM MENGHADAPI KRISIS ENERGI The Quality of Biopellet from Rice Husk Waste (*Oryza sativa*) as a Solution for Crisis Energy. In *Jurnal Hutan Tropis* (Vol. 9, Issue 2). Cetak. <http://www.media.kalimantan>
- Valuby, A. H., Shalahudidin, Y., Yumono, F., & Rizal, R. F. (2022). Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Informatika dan Elektro*, 4(2), 100-111.
- Nugroho, A. (2015). Daya Terserap Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Karangtalun yang Digabung dengan PT PLN (Persero) Rayon Boja Area Semarang. *ejournalundip*, 17(1).