



**JESCE**  
**(Journal of Electrical and System Control Engineering)**

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>

---

**ANALISIS RANCANGAN SISTEM KONTROL PENSTABIL  
TEGANGAN MENGGUNAKAN PLC M221 TERHADAP VARIASI  
TEGANGAN PADA PLTMH BINTANG ASIH**

**ANALYSIS DESIGN OF VOLTAGE STABILIZER CONTROL SYSTEM  
USING PLC M221 FOR VOLTAGE VARIATIONS IN BINTANG ASIH  
PLTMH**

**Rimbawati<sup>1)</sup>, Cholish<sup>2)</sup>\*, Eko Saputro<sup>1)</sup>, Abdullah<sup>2)</sup>**

- 1) Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia  
2) Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan, Indonesia  
3) Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia  
4) Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan, Indonesia

\*Corresponding Email: [cholish@polmed.ac.id](mailto:cholish@polmed.ac.id)

---

**Abstrak**

Penerapan sistem kestabilan sistem kontrol pembangkit listrik mikrohidro adalah merupakan komponen penting dalam sebuah sistem. Perancangan peralatan *Programmable Logic Controller* (PLC) tipe TM211ME16R pada PLTMH Bintang Asih selanjutnya dilakukan analisi secara terperinci mengenai sistem komparasi yang ada. Penggunaan beban komplemen dilakukan variasi dengan pembebanan sebanyak 22 buah jumlah lampu sehingga dapat diketahui konfigurasi sistem yang dilakukan. Perancangan konfigurasi sisten kontrol penstabil tegangan dengan memperhatikan *prime over* pada PLTMH Bintang Asih. Metode pengolahan data yang diperoleh melalui *desk study analysis* memberikan nilai selisih peningkatan nilai arus melalui variasi nilai tegangan 200 Volt, 220 Volt dan 240 Volt memberikan data yang sangat baik. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan berdasarkan peralatan yang dirancang maka diperoleh perbandingan rata-rata sebesar 17,37 % pada tegangan 200 Volt, 17,36 % pada tegangan 220 Volt dan 17,52 pada tegangan 240 Volt. Hasil tersebut cukup relevan terhadap pengujian pembebanan serta penurunan kapasitas pembangkitan dengan hasil dibawah 20%.

**Kata Kunci: Beban Komplemen, Penstabil Tegangan, PLTMH, PLC**

**Abstract**

*The application of a micro-hydro power plant control system stability system is an important component in a system. The design of the TM211ME16R type Programmable Logic Controller (PLC) equipment at the Bintang Asih PLTMH is then carried out in detail on the existing comparison system. The use of complementary loads is varied by loading as many as 22 lamps so that the system configuration can be seen. Design of a voltage stabilizer control system configuration by paying attention to prime over at the Bintang Asih PLTMH. The data processing method obtained through desk study analysis provides the difference in the value of the increase in the current value through variations in the voltage value of 200 Volts, 220 Volts and 240 Volts provides excellent data. Based on the results of the tests carried out based on the equipment designed, the average ratio is 17.37% at 200 Volts, 17.36% at 220 Volts and 17.52 at 240 Volts. These results are quite relevant to the load testing and reduction of generating capacity with results below 20%.*

---

***Keywords: Complementary Load, MHP, PLC, Voltage Stabilizer***

**How to Cite:** Rimbawati, Cholish, Saputro, E, Abdullah (2021). Analisis Rancangan Sistem Kontrol Penstabil Tegangan Menggunakan PLC M221 Terhadap Variasi Tegangan Pada PLTMH Bintang Asih. JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering). 5 (1): 1-10

---

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi alam yang sangat luas baik dalam sumber daya alam hasil bumi maupun yang masih berpotensi untuk diolah dan dikembangkan. Potensi energi listrik banyak tersebar di Indonesia dan perlu digalakkan terutama untuk daerah terpencil dan pedesaan yang jauh dari jaringan *on grid* (Blum et al., 2013). Mengingat kapasitas dan jaringannya yang belum melingkupi seluruh daerah, sedangkan peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap listrik kian bertambah dari waktu tahun ke tahun maka diharapkan terus diadakannya suatu pengembangan yang tiada henti untuk penggalian sumber energi baru demi kesejahteraan yang merata di setiap tempat (Hanmandlu & Goyal, 2008).

Di suatu sisi yang lain, dimana kenaikan harga BBM juga telah mengurangi daya beli konsumen terutama masyarakat pedesaan dan masyarakat terpencil sehingga menyebabkan masalah-masalah baru yang dapat menurunkan tingkat ekonomi masyarakat desa (Hasan et al., 2012). Diharapkan dengan adanya peningkatan dan pengembangan dari pembangkit

tenaga listrik dapat meringankan dan menjadikan masyarakat desa terpencil yang mandiri (Sugiyono, 2012).

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil kurang dari 200 kW, yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber penghasil energi (Elbatran et al., 2015). Mikrohidro termasuk sumber energi yang terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan (Paish, 2002). Dari segi teknologi, mikrohidro dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi mikrohidro adalah pilihan energi yang dapat di andalkan karena biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya (Laghari et al., 2013). Dari sudut pandang sosial mikrohidro lebih diterima oleh masyarakat luas dan memiliki beberapa keunggulan, seperti pengurangan ketergantungan pada sumber bahan bakar fosil dan pengurangan emisi karbon ke atmosfer (Strupczewski, 2003). Mikrohidro biasa dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil

yang belum mendapat jaringan listrik *on grid*. Tenaga air yang di gunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun (Kusakana, 2014).

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan konsumen. Bagian ini sangat menunjang penyaluran tenaga listrik ke konsumen, untuk itu diperlukan pengoperasiaan dan pemeliharaan jaringan distribusi tenaga listrik yang memadai. Pada penyaluran tenaga listrik, kehandalan jaringan distribusi harus benar-benar diperhatikan, karena dalam jaringan distribusi sangatlah besar kemungkinan terjadinya jatuh tegangan dan susut daya pada kawat penghantar serta susut daya yang terjadi pada transformator distribusi (Waluyo et al., 2007).

Mikrohidro setidaknya harus memiliki beban komplemen sebelum sampai pada beban konsumen yang berfungsi untuk menjaga putaran generator agar tetap konstan walaupun beban berubah-ubah dari beban komplemen ke beban konsumen (Kabalan et al., 2015).

Mikrohidro ramah terhadap lingkungan karena tidak menghasilkan polusi udara atau limbah lainnya dan tidak merusak ekosistem sungai. Penyediaan listrik menggunakan mikrohidro akan mengurangi pemakaian bahan bakar fosil untuk penerangan dan kegiatan rumah tangga lainnya (Ibrahim et al., 2010). Selain dari pada itu manfaat langsung yang dirasakan oleh masyarakat dari sumber daya air diharapkan dapat mendorong masyarakat memelihara daerah tangkapan air demi menjamin pasokan air bagi kelangsungan operasi mikrohidro (Date & Akbarzadeh, 2009).

Sistem otomasi yang canggih semakin mengembangkan kemampuannya terutama pada bidang sistem pengontrollan. Sistem otomasi tersebut memungkinkan pengguna untuk melakukan pekerjaan sehari-hari dengan mudah, yang sebelumnya tidak mampu dilakukan sendiri tanpa bantuan orang lain (Wifi et al., 2016). Pada umumnya pengendalian PLTMH menggunakan *electric load controller* (ELC), yang memiliki beberapa kekurangan antara lain kestabilan yang masih kurang dan harus dilakukan pemantauan secara berkala. Adapun sistem pengendalian

berbasis *programmable logic controller* (PLC), lebih memiliki keuntungan dari pada menggunakan sistem elektronik lainnya karena PLC mudah untuk di program dan di implementasikan. PLC beroperasi pada frekuensi tinggi untuk meminimalkan kerugian yang terjadi akibat arus harmonik. Harmonik dapat merusak peralatan listrik dan kualitas daya (Anggraini, 2015).

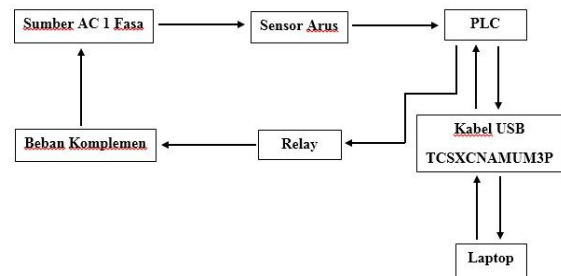
Berdasarkan kajian di atas maka penelitian ini akan membahas tentang PLC TM221ME16R. PLC adalah sebuah alat yang di gunakan untuk menggantikan komponen-komponen sistem pengendali konvensional yang dapat di program oleh bahasa pemrograman tertentu yang biasa digunakan pada proses otomatisasi. Sistem penstabil tegangan secara otomatis bekerja mengatur daya yang disalurkan ke beban tiruan setiap terjadi perubahan frekuensi maupun tegangan akibat perubahan beban pada beban konsumen sehingga menjaga keseimbangan antara daya *input* dan daya *output*.

## METODE PENELITIAN

Analisis pada rancangan penelitian ini menggunakan Metode analisa (*desk study analysis*), perbandingan dilakukan

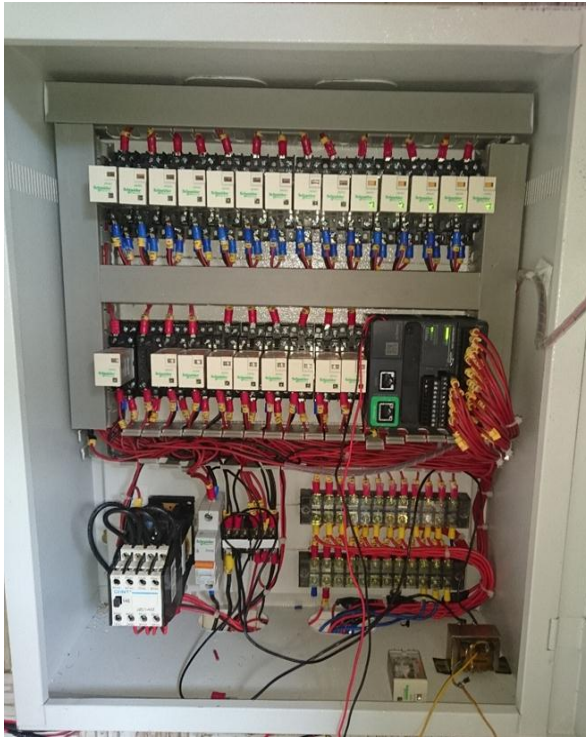
pada variasi tegangan input 200 Volt, 220 Volt dan 240 Volt. Adapun input tegangan variasi diperoleh berdasarkan kondisi *Prime Over* (Penggerak Mula) dengan memperhatikan kondisi yang terjadi pada lokasi yaitu curah hujan yang selanjutnya dilakukan adaptasi sistem terhadap pelepasan beban yang terjadi. Pengolahan data hasil pengujian pembebanan menjadi fokus pada penelitian ini sehingga diperoleh nilai perbandingan secara detil terhadap adaptasi sistem yang dilakukan.

Lokasi penelitian ini dilakukan di PLTMH Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Tiga Juhar, Kec. STM Hulu, Kab. Deli Serdang, adapun blok diagram diperlihatkan pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Adapun gambar rancangan diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Rancangan control penyeimbang beban PLTMH Bintang Asih

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pembebanan pada PLTMH Bintang Asih dilakukan untuk mendapatkan jawaban apakah sistem pengontrolan beban dapat bekerja sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Pengujian dengan cara memberikan variasi tegangan mulai dari 200 Volt, 220 Volt dan 240 Volt untuk mengetahui nilai arus pada masing masing beban yang digunakan. Pengujian pertama dengan menggunakan tegangan paling rendah yang dihasilkan oleh generator dengan nilai tegangan 200 Volt. Pengujian kedua dengan menggunakan tegangan normal yang

dihasilkan oleh generator dengan nilai tegangan 220 Volt. dan pengujian ketiga dengan menggunakan tegangan paling tinggi dengan nilai tegangan 240 Volt. Pengujian menggunakan variasi tegangan ini dilakukan untuk mengantisipasi apabila generator mengalami penurunan dan kenaikan pada tegangan dikarenakan berubah-ubahnya nilai beban yang digunakan pada beban konsumen. Nilai yang dilakukan untuk melakukan pengujian ini adalah untuk menetapkan nilai referensi tegangan yang dihasilkan oleh generator. Tegangan 200 Volt adalah nilai referensi tegangan yang paling rendah apabila iklim cuaca lagi kemarau. Tegangan 220 Volt adalah nilai tegangan normal yang dihasilkan oleh generator. Tegangan 240 Volt adalah nilai tegangan referensi paling tinggi apabila iklim cuaca di pembangkit sedang musim hujan. Adapun hasil pada data hasil diperlihatkan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Pengujian Dengan Sistem Perbandingan Pada Tegangan 200 Volt

Jumlah Lampu	Tegangan 200 Volt	
	COM	Ampere
1	Comparasi 1	0,56A
2	Comparasi 5	1,12A
3	Comparasi 9	1,68A
4	Comparasi 13	2,24A
5	Comparasi 17	2,80A
6	Comparasi 21	3,37A

7	Comparasi 25	3,93A
8	Comparasi 29	4,49A
9	Comparasi 32	5,05A
10	Comparasi 36	5,61A
11	Comparasi 40	6,17A
12	Comparasi 44	6,74A
13	Comparasi 47	7,30A
14	Comparasi 51	7,86A
15	Comparasi 55	8,42A
16	Comparasi 59	8,98A
17	Comparasi 61	9,55A
18	Comparasi 67	10,11A
19	Comparasi 70	10,67A
20	Comparasi 74	11,23A
21	Comparasi 78	11,79A
22	Comparasi 81	12,35A

Tabel 2. Pengujian Dengan Sistem Perbandingan Pada Tegangan 220 Volt

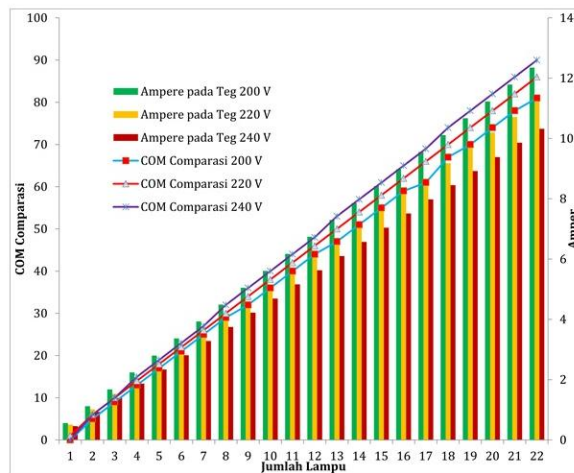
Jumlah Lampu	Tegangan 220 Volt COM	Ampere
1	Comparasi 1	0,51A
2	Comparasi 6	1,02A
3	Comparasi 10	1,53A
4	Comparasi 14	2,04A
5	Comparasi 18	2,55A
6	Comparasi 22	3,06A
7	Comparasi 26	3,57A
8	Comparasi 30	4,08A
9	Comparasi 34	4,59A
10	Comparasi 38	5,10A
11	Comparasi 42	5,61A
12	Comparasi 46	6,12A
13	Comparasi 50	6,63A
14	Comparasi 54	7,14A
15	Comparasi 58	7,65A
16	Comparasi 62	8,16A
17	Comparasi 66	8,67A
18	Comparasi 70	9,18A
19	Comparasi 74	9,69A
20	Comparasi 78	10,20A
21	Comparasi 82	10,71A
22	Comparasi 86	11,22A

Tabel 3. Pengujian Dengan Sistem Perbandingan Pada Tegangan 240 Volt

Jumlah Lampu	Tegangan 240 Volt COM	Ampere
1	Comparasi 1	0,46A
2	Comparasi 6	0,93A
3	Comparasi 10	1,40A
4	Comparasi 15	1,87A
5	Comparasi 19	2,34A
6	Comparasi 23	2,81A
7	Comparasi 27	3,28A
8	Comparasi 32	3,75A
9	Comparasi 36	4,22A
10	Comparasi 40	4,69A
11	Comparasi 44	5,16A
12	Comparasi 48	5,63A
13	Comparasi 53	6,10A
14	Comparasi 57	6,57A
15	Comparasi 61	7,04A
16	Comparasi 65	7,51A
17	Comparasi 69	7,98A
18	Comparasi 74	8,45A
19	Comparasi 78	8,92A
20	Comparasi 82	9,38A
21	Comparasi 86	9,86A
22	Comparasi 90	10,32A

Pada tabel diatas memperlihatkan peningkatan nilai arus yang pada masing-masing parameter. Tegangan 200 Volt memperlihatkan nilai komplemen comparasi maksimal pada 22 buah lampu sebagai beban dengan arus maksimal 12,35 Amper pada komparasi 81. Parameter penilaian variasi arus dengan nilai rata-rata sebesar 17,37 %. Hasil ini sangat relevan yaitu dibawah 20 % nilai variasi arus pada sistem adaptip dengan kapasitas pembangkitan rendah.

Adapun gambar grafik untuk memperlihatkan perilaku kenaikan terhadap variasi diperlihatkan pada gambar berikut ini:



Gambar 3. Grafik Pengujian Dengan Sistem Perbandingan

Sinkronisasi kenaikan nilai arus yang seiring dengan comparasi komplemen dengan nilai adaptif yang sesuai berdasarkan kondisi tagangan input. Pada tegangan input 220 Volt diperoleh selisih nilai rata-rata sebesar 17.36 % sedangkan tegangan 240 Volt sebesar 17,52 %.

## SIMPULAN

Perancangan sistem adaptif energi listrik menggunakan PLC TM221ME16R yang dihasilkan oleh generator pertama-tama akan dialirkan ke beban komplemen. Beban komplemen atau beban penyeimbang adalah suatu sistem yang berfungsi sebagai regulator

tegangan. Ketika beban utama dihidupkan maka beban komplemen berupa lampu pijar akan mati. Jumlah lampu pijar yang mati sesuai dengan nilai arus dari pemakaian pada beban utama. Maka dengan kata lain daya keluaran dari generator akan stabil meskipun terjadi perubahan daya pada beban utama.

Diperoleh hasil rata-rata diperoleh perbandingan rata-rata sebesar 17,37 % pada tagangan 200 Volt, 17,36 % pada tegangan 220 Volt dan 17,52 pada tegangan 240 Volt. Hasil tersebut cukup relevan terhadap pengujian pembebanan serta penurunan kapasitas pembangkitan dengan hasil dibawah 20%.

Penerapan sistem adaptif yang dipraktikkan sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan sehingga mampi melayani sistem pembebanan dengan referensi paling tinggi yaitu pada musim penghujan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan ini penulis mengucapkan kepada masyarakat dan pemerintahan Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul Tiga Juhar, Kec. STM Hulu, Kab. Deli Serdang atas kontribusi selama melakukan penelitian.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, T. (2015). Pengendalian Beban Generator Otomatis Berbasis PLC dan SCADA dengan Mempertimbangkan Arus pada Konsumen. *Padang*.
- Blum, N. U., Sryantoro Wakeling, R., & Schmidt, T. S. (2013). Rural electrification through village grids - Assessing the cost competitiveness of isolated renewable energy technologies in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 482-496. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.049>
- Date, A., & Akbarzadeh, A. (2009). Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. *Renewable Energy*, 34(2), 409-415. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.05.012>
- Effendy, M. (2012). *Sensor tegangan berfungsi untuk mendeteksi perubahan tegangan generator pada saat terjadi perubahan beban konsumen . Keluaran dari rangkaian berupa tegangan DC . 8*(September), 154-162.
- Elbatran, A. H., Yaakob, O. B., Ahmed, Y. M., & Shabara, H. M. (2015). Operation , performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas : A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.045>
- Frekuensi, K. K. (2016). *Stabilisasi frekuensi dengan metoda histerisis*. 2(2), 114-120.
- Hanmandlu, M., & Goyal, H. (2008). Proposing a new advanced control technique for micro hydro power plants. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 30(4), 272-282. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2007.07.010>
- Hasan, M. H., Mahlia, T. M. I., & Nur, H. (2012). A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2316-2328. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.007>
- Ibrahim, H. D., Thaib, N. M., & Wahid, L. M. A. (2010). Indonesian Energy Scenario to 2050 : Projection of Consumption , Supply Options and Primary Energy Mix Scenarios. *A Joint Symposium. Energy Links between Russia and East Asia: Development Strategies for XXI Century*, 12.
- Kabalan, M., Tamir, D., & Singh, P. (2015). Electrical load controller for rural micro-hydroelectric systems using a programmable logic controller. *2015 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC2015)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/IHTC.2015.7238042>
- Kusakana, K. (2014). A survey of innovative technologies increasing the viability of micro-hydropower as a cost effective rural electrification option in South Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 370-379. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.026>
- Laghari, J. A., Mokhlis, H., Bakar, A. H. A., & Mohammad, H. (2013). A comprehensive overview of new designs in the hydraulic, electrical equipments and controllers of mini hydro power plants making it cost effective technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 279-293. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.002>
- Nw, E. (n.d.). *Perencanaan Optimal Sistem Kontrol AVR ( Automatic Voltage Regulator ) Untuk Memperbaiki Kestabilan Tegangan Dengan Menggunakan Algoritma Genetik*. 1-11.
- Paish, O. (2002). Micro-hydropower : status and prospects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 216(May 2001), 31-40.
- Rahayuningtyas, S. & F. (2012). *SISTEM PENGATURAN BEBAN PADA MIKROHIDRO SEBAGAI ENERGI LISTRIK PEDESAAN*. 13-20.
- Rimbawati, & Yusniati. (2019). Perancangan Sistem Proteksi Menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 Pada PLTMH Bintang Asih. *Journal of Electrical Technology*, 4(1), 1-8.
- Slamet. (2012). Pengendali Beban Elektronik Tiga Fasa Menggunakan Mikro Kontroler Pada Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH). *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 11(1), 67-80.
- Strupczewski, A. (2003). Accident risks in nuclear-power plants. *Applied Energy*, 75(1-2), 79-86. [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(03\)00021-7](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(03)00021-7)
- Sugiyono, A. (2012). Pemberdayaan ekonomi masyarakat melalui pengembangan desa

- mandiri energi di Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Quality*, II(8), 50–58.
- Terpencil, D. I. D., Sumatera, D. I., On, V., & Utara, S. (2017). ( *IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY UTILIZATION POLICIES IN FULFILLMENT OF ELECTRICITY NEEDS AT ISOLATED*. 61–76.
- Waluyo, Soenarjo, & Akbar. (2007). Perhitungan susut daya pada sistem distribusi tegangan menengah saluran udara dan kabel. *Jurnal Sains Dan Teknologi EMAS*, 17(3).
- Wifi, D., Pioh, J. E. T., Patras, L. S., & Lisi, I. F. (2016). *Pengendalian Motor Listrik Dari Jarak Jauh Dengan Menggunakan Software Zelio Soft 2*. 5(2).