

Desain Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic – Mikrohidro) Menuju Desa Mandiri Energi

Arief Kurniawan

¹Program Studi Teknik Elektro, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

ariefkurniawan911@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari ribuan pulau yang membentang luas. Hal inilah yang menjadi penyebab penyebaran sistem tenaga listrik yang tidak merata disetiap wilayah dan memaksa pulau-pulau terpencil untuk memanfaatkan sumber daya yang disediakan oleh alam. Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan khususnya energi surya sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis, dimana bersinar sepanjang waktu. Selain matahari, Indonesia juga memiliki kekayaan sungai yang melimpah sehingga sungai bisa menjadi salah sumber energi terbarukan yaitu berbasis mikrohidro. Sumber energi terbarukan menawarkan alternatif persediaan energi listrik dan potensi yang besar bila dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, yang dapat digunakan di wilayah wilayah yang terpencil dengan menggunakan sistem pembangkit hybrid. Sistem pembangkit hybrid didesain untuk memproduksi energi listrik yang mana diharapkan mampu melayani konsumen di wilayah terpencil dengan optimal sehingga tidak ada lagi wilayah di Indonesia yang tidak teraliri arus listrik. Maksud dari penelitian ini adalah bertujuan untuk merancang pembangkit listrik tenaga hybrid (Photovoltaic – Mikrohidro) untuk kebutuhan masyarakat desa bintang asih. Melihat Desa Bintang asih yang merupakan desa yang masih belum memiliki aliran listrik yang memadai dan hanya mengandalkan genset pribadi sedangkan memiliki sumber daya alam dan energi terbarukan yang cukup melimpah.

Kata Kunci : Energi Alternatif, Photovoltaic, Mikrohidro, PLTH.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari ribuan pulau yang membentang luas. Hal inilah yang menjadi penyebab penyebaran sistem tenaga listrik yang tidak merata di setiap wilayah dan memaksa pulau-pulau terpencil untuk memanfaatkan sumber daya yang disediakan oleh alam. Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan khususnya energi surya sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis, dimana bersinar sepanjang waktu. Selain matahari, Indonesia juga memiliki kekayaan sungai yang melimpah sehingga sungai bisa menjadi salah satu sumber energi terbarukan yaitu berbasis mikrohidro. Dengan sumber daya alam yang ada dan juga memanfaatkan teknologi sehingga terbentuklah sebuah PLTH yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Photovoltaic-MikroHidro).

Sumber energi terbarukan menawarkan alternatif persediaan energi listrik dan potensi yang besar bila dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, yang dapat digunakan di wilayah-wilayah yang terpencil dengan menggunakan sistem pembangkit hybrid. Sistem pembangkit hybrid didesain untuk memproduksi energi listrik yang mana diharapkan mampu melayani konsumen di wilayah terpencil dengan optimal sehingga tidak ada lagi wilayah di Indonesia yang tidak teraliri arus listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memadukan beberapa jenis pembangkit listrik. Tujuan PLTH adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk mengkondisikan situasi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Mampu menghasilkan daya listrik secara efisien pada berbagai kondisi pembebanan.

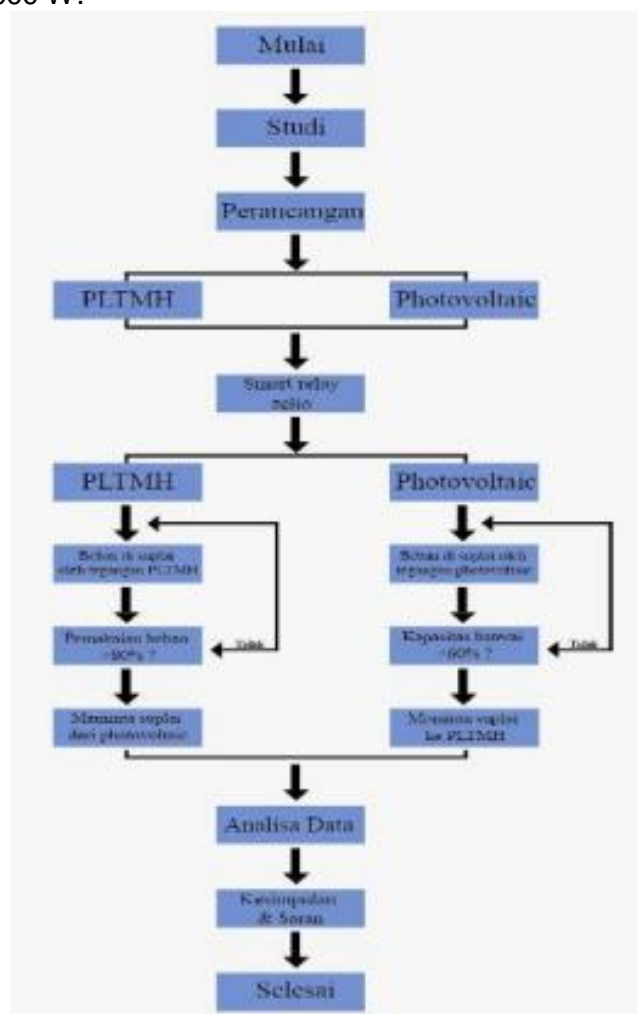
DME atau biasa yang dikenal dengan Desa Mandiri Energi merupakan salah satu program yang dicanangkan pertama kali oleh Presiden RI pada tahun 2007 untuk pemenuhan kebutuhan energi di beberapa desa di Indonesia. Kriteria dari Desa Mandiri Energi adalah desa yang mampu memenuhi minimal 60% dari total kebutuhan energinya (listrik dan bahan bakar) dengan memberdayakan potensi sumber daya setempat serta tumbuhnya kegiatan produktif untuk meningkatkan perekonomian desa sebagai dampak dari ketersediaan energi lokal. Dengan adanya Desa Mandiri Energi diharapkan ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan sumber energi subsidi dari pemerintah dapat diminimalkan. Melihat pada Desa Bintang Asih yang merupakan desa yang masih belum memiliki aliran listrik yang memadai dan hanya mengandalkan genset pribadi sedangkan memiliki sumber daya alam dan energi terbarukan yang cukup melimpah maka penulis ingin mengangkat judul —Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic-Mikrohidro) Menuju Desa Mandiri Energi.

2. METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan modul photovoltaic dan PLTMH serta komponen-komponen system yang terpasang di photovoltaic maupun di PLTMH.
2. Kemudian merancang system switch otomatis untuk memindahkan Photovoltaic dengan PLTMH dan sebaliknya dengan menggunakan sistem Smart Relay Zelio
3. Ketika PLTMH dan Photovoltaic bekerja, maka ketika kapasitas baterai berada pada posisi normal yaitu pada tegangan 100%, maka beban di suplai oleh Photovoltaic.

4. Ketika kapasitas baterai berada pada tegangan 60% atau lebih rendah maka smart relay zelio akan menginstruksikan relay untuk mengswitch suplai dari inverter menuju PLTMH.
5. Ketika kapasitas baterai Kembali mencapai 100%, maka beban akan di suplai oleh Photovoltaic dan akan terus berulang ketika kapasitas baterai mencapai 60% atau lebih rendah.
6. Ketika pemakaian beban melebihi kapasitas kemampuan inverter yaitu 1000 W, maka smart relay zelio akan mengswitch Kembali dari Photovoltaic ke PLTMH dan akan kembali disuplai oleh Photovoltaic ketika pemakaian beban dibawah 1000 W.

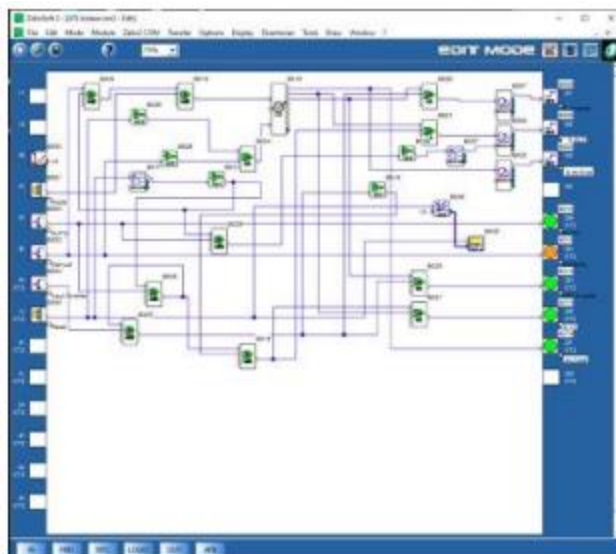


Gambar 1. Alur Penelitian

3. HASIL

Perancangan Sistem

Perancangan sistem untuk pembangkit listrik tenaga hybrid di desa bintang asih menggunakan program smart relay zelio. Cara program smart relay zelio berjalan yaitu ketika pembangkit listrik tenaga mikrohidro tidak sanggup lagi menanggung beban maka smart relay zelio akan menghybridkan ke pembangkit listrik tenaga surya dan smart relay zelio akan memerintahkan untuk Kembali ke mikrohidro jika tegangan sudah stabil kembali.



Gambar 2 Perancangan sistem untuk pembangkit listrik tenaga hybrid menggunakan program smart relay zelio

Dari gambar di atas bisa dilihat yang akan mengatur untuk hidup dan mati kedua sumber pembangkit listrik. Yang mana melalui hasil dari output inverter dan juga dihubungkan untuk mengatur output pada PLTS dan juga output pada mikrohidro yang dihubungkan dengan camblock maka disitulah perpindahan atau penghybridan terjadi. Dengan kapasitas dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang sudah diukur hanya sanggup untuk menanggung beban sebesar 50% dan 70% maka untuk beban puncak/100% akan di hybridkan ke pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Pengujian dan Perhitungan

Data yang dipergunakan dalam riset ini diperoleh dari panel surya berkapasitas 1000 WP dengan baterai 200 Ah selaku media penyimpana tenaga listrik. Pembangkit listrik tenaga mikrihidro berkapasitas 5 KW yang mana pembangkit ini menggunakan air dari aliran sungai di Desa Bintang asih yang setelah itu dialirkan ke turbin lewat suatu pipa pesat (penstock) yang dimana menggunakan besar terjun air (head). Pengambilan data ini dilakukan pada hari minggu 12 September 2021 di Desa Bintang Asih.

Pengujian PLTMH Dengan Beban

Setelah melakukan pengambilan data pada pembangkit listrik mikrohidro (PLTMH), maka dapat dihasilkan serangkaian perancangan PLTMH pada setiap bagiannya, mulai dari saluran intake tempat air masuk hingga generator selaku pembangkit penghasil listrik. Runtutan kerja dari perumusan perancangan PLTMH ini bermula dari penginputan data. Penginputan data perlu di isi berdasarkan obeservasi lapangan, maka ditemukannlah data yang di butuhkan seperti tegangan dan arus sehingga dapat diketahui daya yang dihasilkan oleh PLTMHPengujian menggunakan beban 50% dan 70% menggunakan beban ini dilaksanakan untuk mengetahui besar tegangan yang dihasilkan PLTMH. Berikut adalah hasil dari pengujian tanpa beban yang diperoleh dari penelitian ini.

Pengujian PLTMH dengan beban awal (beban 50%)

Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan menggunakan beban demi mencari tegangan dan arus maksimal untuk mengetahui daya keluaran yang di hasilkan oleh PLTMH.

Tabel 1 Hasil Pengujian PLTMH Dengan Beban 50 %

N	Puk	Tegang	Arus	Daya
o	ul	an	PLTM	PLTM
		PLTM	H	H
		H	(I)	(P)
		(VAC)		
1	01.0	208 V	52,57	10.93
	0		A	5 KW
2	02.0	208 V	53,70	11.17
	0		A	0 KW
3	03.0	208 V	52,38	10.89
	0		A	5 KW
4	04.0	208 V	52,23	10.86
	0		A	4 KW
5	05.0	208 V	52,71	10.96
	0		A	3 KW
6	06.0	208 V	53,94	11.22
	0		A	0 KW
7	07.0	208 V	53,68	11.16
	0		A	5 KW
8	08.0	208 V	52,63	10.94
	0		A	7 KW

Tabel diatas merupakan grafik yang memperlihatkan perbedaan tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan oleh PLTMH dengan beban awal (beban 50 %).

Nilai Rata-Rata Arus & Tegangan Pada PLTMH dengan Beban 50%

$$\begin{aligned} \text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} &= V_{\text{total}} / 8 \\ &= 1.664 / 8 \\ V_{\text{rata-rata}} &= 208 \text{ V} \\ \text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} &= I_{\text{total}} / 8 \\ &= 423,84 / 8 \\ I_{\text{rata-rata}} &= 52,98 \text{ A} \\ \text{Daya} & \\ P &= V \times I \\ &= 208 \times 53,94 \\ &= 11.220 \text{ KW} \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian PLTMH dengan menggunakan beban 50% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 208 Volt dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 52,98 A dan dengan daya max yang dihasilkan sebesar 14.677 W.

Pengujian PLTMH dengan beban menengah (70%)

Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan menggunakan beban demi mencari tegangan dan arus maksimal untuk mengetahui daya keluaran yang di hasilkan oleh PLTMH. Hasil yang diperoleh dari penelitian PLTMH dengan menggunakan beban 70% dapat di lihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian PLTMH Dengan Beban 70%

No	Waktu	Tegangan PLTMH	Arus PLTMH (I)	Daya PLTMH (P)
1	09.00	216 V	65,62 A	14.174 KW
2	10.00	216 V	67,80 A	14.645 KW
3	11.00	216 V	65,44 A	14.135 KW
4	12.00	216 V	65,28 A	14.100 KW
5	13.00	216 V	65,84 A	14.144 KW
6	14.00	216 V	67,95 A	14,677 KW
7	15.00	216 V	67,83 A	14.651 KW
8	16.00	216 V	65,71 A	14,193 KW

Tabel diatas merupakan grafik yang memperlihatkan perbedaan tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan oleh PLTMH dengan menggunakan beban 70%.

Nilai Rata-Rata Arus & Tegangan Pada PLTMH dengan Beban 70%

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} &= V_{\text{total}} / 8 \\ &= 216 / 8 \\ V_{\text{rata-rata}} &= 216 \text{ V} \\ \text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} &= I_{\text{total}} / 8 \\ &= 531,49 / 8 \\ I_{\text{rata-rata}} &= 66,43 \text{ A} \\ \text{Daya } P &= V \times I \\ &= 216 \times 67,95 \\ &= 14.677 \text{ KW}\end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian PLTMH dengan menggunakan beban 70% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 216 Volt pada dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 66,43 A dengan daya max yang dihasilkan sebesar 14.677 W. Dengan kapasitas dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang sudah diukur hanya sanggup untuk menyalurkan dengan beban 50% dan 70% untuk masyarakat Desa Bintang Asih, jadi untuk beban 100% akan di hybrid ke pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

4. PEMBAHASAN

Pengujian Panel Surya

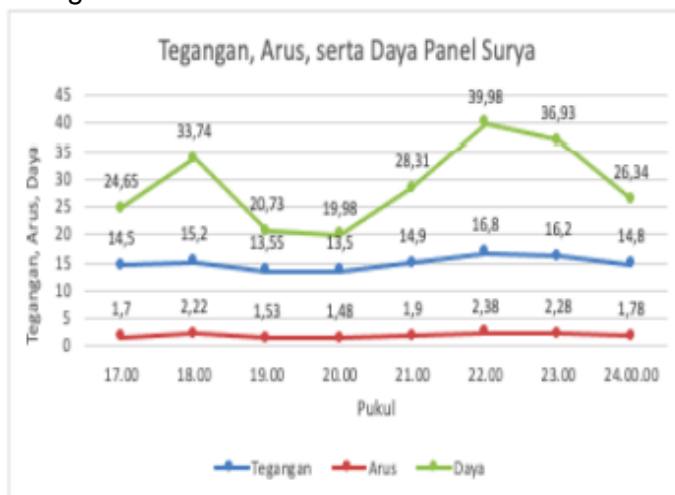
Pengujian Panel Surya dengan Beban Puncak (beban 100%)

Dalam penelitian ini panel surya merupakan komponen yang sangat penting, ini dikarenakan semakin besar daya input yang dihasilkan panel surya, maka listrik yang dihasilkan panel surya juga semakin besar. Energi listrik adalah besaran turunan yang dihasilkan dari tegangan dan arus, sehingga nilai tegangan dan arus yang dihasilkan merupakan nilai kelistrikan yang dimiliki panel surya. Pengujian panel surya dengan beban 100% demi mencari tegangan dan arus maksimal untuk mengetahui daya keluaran yang di hasilkan oleh sel surya. Pengujian ini dilakukan di hari yang sama yaitu pada hari minggu 12 September 2021 di Desa Bintang Asih. Hasil yang diperoleh dari penelitian panel surya dengan menggunakan beban dapat di lihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Beban 100%

No	Waktu	Tegangan Panel Surya	Arus Panel Surya	Daya Panel Surya	Tegangan Inverter	Arus Inverter	Daya Inverter
1	17.00	14,50	1,70	24,65	210	48,47	10.179
2	18.00	15,20	2,22	33,74	210	49,60	10.416
3	19.00	13,55	1,53	20,73	210	48,26	10.135
4	20.00	13,50	1,48	19,98	210	48,18	10.118
5	21.00	14,90	1,90	28,31	210	48,58	10.202
6	22.00	16,80	2,38	39,98	210	49,70	10.437
7	23.00	16,20	2,28	36,93	210	49,63	10.423
8	24.00	14,80	1,78	26,34	210	48,50	10.185

Berdasarkan hasil pengujian penelitian diatas dapat diperoleh grafik seperti diperlihatkan pada gambar 3



Gambar 3 Grafik Tegangan, Arus, serta Daya Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100%

Gambar 3 merupakan grafik yang memperlihatkan perbedaan tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan beban 100 %. Hal ini dikarenakan oleh intensitas cahaya matahari yang menyinari panel surya. Gambar di atas juga menunjukkan arus yang dihasilkan tidak stabil pada setiap waktu pengujian panel surya dilakukan.

Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Pada PLTS

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} &= V_{\text{total}} / 8 \\
 &= 119,45 / 8 \\
 V_{\text{rata-rata}} &= 14,93 \text{ V} \\
 \text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} &= I_{\text{total}} / 8 \\
 &= 15,27 / 8 \\
 I_{\text{rata-rata}} &= 1,90 \text{ A} \\
 \text{Daya } P &= V \times I \\
 &= 16,80 \times 2,38 \\
 &= 39,98 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian panel surya dengan menggunakan beban 50% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 14,93 Volt dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 1,90 A dan daya maksimal sebesar 39,98 W.

Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Inverter Pada PLTS

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} &= V_{\text{total}} / 8 \\ &= 1.680 / 8 \\ V_{\text{rata-rata}} &= 210 \text{ V} \\ \text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} &= I_{\text{total}} / 8 \\ &= 390,92 / 8 \\ I_{\text{rata-rata}} &= 48,86 \text{ A} \\ \text{Daya} \\ P &= V \times I \\ &= 210 \times 49,70 \\ &= 10.437 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian inverter pada panel surya dengan menggunakan beban 100% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 210 Volt dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 48,86 A dengan daya max yang dihasilkan sebesar 10.437 W.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada halaman sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Berdasarkan dari sistem perancangan pembangkit listrik tenaga, setelah merancang pembangkit listrik tenaga surya dan mikrohidro dan beroperasi dengan baik, maka Langkah selanjutnya yaitu merancang system switch otomatis untuk memindahkan PLTS dengan PLTMH dengan menggunakan smart relay zelio.
2. Terdapat banyak pengaruh pada pembangkit listrik tenaga Hybrid (photovoltaic-Mikrohidro) terhadap pasokan energi listrik di desa Bintang asih, yaitu warga di desa Bintang asih dapat menikmati energi listrik untuk penerangan serta hal lainnya, yang sebelumnya di desa mereka hanya hanya mendapatkan penerangan yang minim dengan memanfaatkan lilin dan senter sebagai penerangan untuk dimalam hari.

REFERENSI

- Abdullah, I., & Nurdin, J. (2016). Kajian Potensi Energi Angin Di Daerah Kawasan Pesisir Pantai Serdang Bedagai Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah*, 2(1), 31–38.
- Adam, M. (2020). Unjuk Kerja Generator Clok Sinyal Low Pass Filter, Pam Multiplexing Pada Rangkaian Percobaan Pulse Code Modulation (PCM) Aplikasi pada Laboratorium Dasar Sistem Telekomunikasi. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 51-57.
- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc.
- Adam, M., & Prabowo, A. (2019). Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jutah Tegangan Pada Trafo BI 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6. 0. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 62-69.

- Azis, H., & Evalina, N. (2019, November). Comparative analysis between the switch mode power supply (SMPS) using IC TL494cn transformer based on power supply linear. In *Materials Science and Engineering Conference Series* (Vol. 674, No. 1, p. 012035).
- Bachtiar, A., & Hayyatul, W. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), 34–45.
- Bahramara, S., & Moghaddam, M. P. (2016). Tinjauan Energi Terbarukan dan Berkelanjutan Perencanaan optimal sistem energi terbarukan hibrida menggunakan HOMER : Tinjauan. 62, 609–620.
- Cholish, C., Rimbawati, R., & Hutasuhut, A. A. (2017). Analisa Perbandingan Switch Mode Power Supply (SMPS) dan Transformator Linear Pada Audio Amplifier. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(2).
- Cholish, C., Rimbawati, R., & Hutasuhut, A. A. (2017). Analisa Perbandingan Switch Mode Power Supply (SMPS) dan Transformator Linear Pada Audio Amplifier. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1 (2), 90–102.
- Evalina, N. (2019, November). Efficiency analysis on the inverter using the energy-saving lamp. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 674, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Evalina, N., Azis, A., Rimbawati, R., & Cholish, C. (2018, June). PERBANDINGAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU HEMAT ENERGI DENGAN MENGGUNAKAN DAN TANPA MENGGUNAKAN INVERTER. In *SEMNAS TEK UISU 2018*.
- Gomesh, N., Daut, I., Irwanto, M., Irwan, Y. M., & Fitra, M. (2013). Study on Malaysian's perspective towards renewable energy mainly on solar energy. *Energy Procedia*, 36, 303-312.
- Habibie, M. N., Sasmito, A., & Kurniawan, R. (2011). Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(2), 181–187. <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i2.99>
- Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. 73–80.
- Harahap, M., Nugraha, Y. T., Adam, M., & Nasution, M. S. (2021). Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 71-76.
- Harahap, P., Nofri, I., Arifin, F., & Nasution, M. Z. (2019, October). Sosialisasi Penghematan dan Penggunaan Energi Listrik Pada Desa Kelambir Pantai Labu. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* (Vol. 1, No. 1, pp. 235-242).
- Hasibuan, A., Siregar, W. V., Setiawan, A., & Daud, M. (2021). Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Sumber Energi Listrik Untuk Penerangan Pada Perahu Nelayan. 85–88.
- Hayu, T. S., & Siregar, R. H. (2018). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) Di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 3(1), 9–16.
- Hidayat, F., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro. *Transient*, 7(4), 875.
- Hutasuhut, A. A., & Chaniago, Y. (2018). Analysis of Hybrid Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera. 7, 481–485.
- Lubis, S., Lubis, F., & Harahap, P. (2019). PLTB Sebagai Alternatif Energi Baru Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri*. Luque, A., & Hegedus, S. (n.d.). *Handbook of Photovoltaic Science*.
- Nasution, E. S. (2019). ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV RANTAUPRAPAT-PADANG SIDEMPUAN. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 5(2).
- Nasution, E. S. (2019). PERANCANGAN ALAT KONTROL PINTU GESER OTOMATIS DENGAN MENGGABUNGKAN MIKROKONTROLER ADRUINO UNO DENGAN MODUL GSM SIM900A. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 4(1).

- Pasaribu, F. I., & Reza, M. (2021). Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 46-55.
- Pasaribu, F. I., Roza, I., Siregar, C. A., & Sitompul, F. A. (2021). Analisa Proteksi Over Current Relay Pada Jaringan Tegangan Menengah 20KV Di PELINDO 1 Cabang Belawan. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 18-26.
- Pasaribu, F. I., Azis, A., Evalina, N., & Cholish, C. (2020). PKPM Pengolahan Sampah Bakar Ramah Lingkungan Muhammadiyah Menggunakan Rancang Bangun Insinerator. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 2(1), 21-31.
- Priatam, P. P. T. D., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, P. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48-54.
- Rimbawati, R., Hutasuhut, A. A., & Muharnif, M. (2019). PENINGKATAN KAPASITAS DAYA LISTRIK PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO BINTANG ASIH GUNA MEMENUHI KEBUTUHAN PENERANGAN. *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT*, 24(4), 909-917.
- Rimbawati, Zulkifli, Yusri, M., & Qamari, M. Al. (2021). PENERAPAN PEMBANGKIT TENAGA SURYA PADA OBJEK. 4, 145–151.
- Rimbawati, R., Cholish, C., Saputro, E., & Harahap, P. (2021). Perancangan Sistem Kontrol Penstabil Tegangan Menggunakan PLC M221 Pada PLTMH Bintang Asih. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 62-70.
- Rimbawati, R., Ramadhan, A. T., & Cholish, C. (2021). Perancangan Automatic Transfer Switch Berbasis Zelio (Aplikasi Pada PLTS Pematang Johar). *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 7-12.
- Rimbawati, R., Harahap, P., & Putra, K. U. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu). *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, 2(1), 37-44.
- Rimbawati, Azis Hutasuhut, A., & Chaniago, Y. (2018). Analysis of Hybrid Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.7), 481.
- Rohana, R., & Zulfikar, Z. (2018). OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS DAYA LISTRIK. *Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen*, 1(1).
- Roza, I., Pasaribu, F. I., Yanie, A., Almi, A., & Sinaga, T. S. (2021). Analisa Pengaruh Penggunaan VSD (Variable Speed Drive) Pada Konsumsi Energi Di PT. Lestari Alam Segar. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 27-34.
- Samas, P., Isman, F. R., Rahmatika, A. R., P, B. C. S., Rahmadi, A., Putranto, G. E., & Isnanto, R. R. (2015). Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik. 1–3.
- Utara, S. (2005). Pengkajian Potensi Energi Angin dengan Fungsi Distribusi Weibull sebagai Angin. 1–5.
- Widyanto, S., Wisnugroho, S., & Agus, M. (2018). Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi. 1–12.