

Rancangan Sudu Type-U Dan Type Heliks Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaharui Pada Prototype Turbin Angin Savonius

Abdissalam

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

Abdissalam@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan lajunya perkembangan teknologi informasi maka otomatis tuntutan terhadap penggunaan teknologi mutlak sangat diperlukan. Adapun salah satunya wujud teknologi yang sekarang sedang berkembang pesat adalah CAD (Computer Aided Design) atau desain berbantuan komputer. Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menggambarkan bentuk atau sketsa gambar. Autocad merupakan sebuah program CAD yang sangat terkenal dan familiar, Sudu merupakan salah satu bagian dari turbin angin yang memiliki fungsi menerima energi kinetik dari angin dan merubahnya menjadi energi gerak (mekanik) putar pada poros penggerak, angin yang menghembus menyebabkan turbin tersebut berputarmaka diperlukan suatu rancanganyang sesuai dan yang potensial. Maka dari itu untuk mendesain sudu type U dan type Heliks menggunakan software autocad. Perancangan sudu type U dan sudu type heliks yang ditentukan spesifikasi ukuran sudu berdiameter 270 mm, tinggi 340 mm, dan poros dengan tinggi 340 mm, berdiameter 6 mm. Dari hasil perancangan bahwa dapat disimpulkan perancangan sudu type U dan sudu type heliks dengan menggunakan software autocad bekerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil perancangan.

Kata Kunci: *Perancangan, AutoCad, Sudu Type U, Type Heliks, Turbin Angin.*

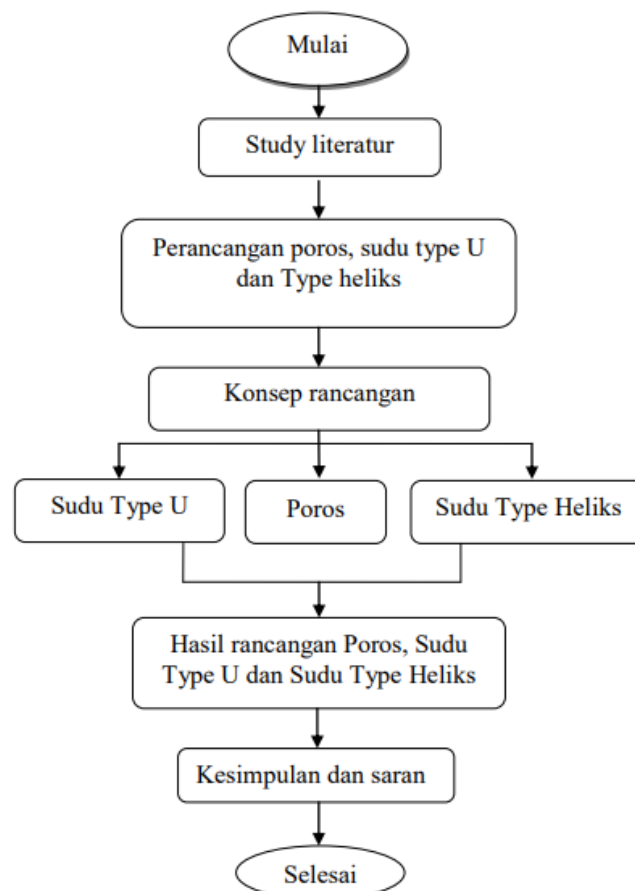
1. PENDAHULUAN

Seiring dengan lajunya perkembangan teknologi informasi maka otomatis tuntutan terhadap penggunaan teknologi mutlak sangat diperlukan. Adapun salah satunya wujud teknologi yang sekarang sedang berkembang pesat adalah CAD (Computer Aided Design) atau desain berbantuan komputer. Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menggambarkan bentuk atau sketsa gambar. Autocad merupakan sebuah program CAD yang sangat terkenal dan familiar, karena menawarkan berbagai kemudahan dan keunggulan yang bisa memudahkan kerja desainer dan drafter dalam memvisualisasikan ide dan gagasannya.

Sejak diciptakan pada tahun 1982 oleh Autodesk Comporation hingga keluarnya yang terbaru, AutoCad mengalami perkembangan yang sangat berarti serta mempunyai peran yang sangat besar bagi perkembangan industri manufacturing saat ini. Turbin angin yang banyak digunakan adalah turbin angin horizontal, walau demikian turbin angin sumbu vertikal menjadi alternatif oleh beberapa keuntungan iklim di Indonesia. Perancangan sudu type U dan sudu type heliks dirancang dengan menggunakan software autocad.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul : "Perancangan Sudu Type U dan Type Heliks Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaruhai"

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Alur Penelitian

Adapun perancangan spesimen sudu u dan sudu heliks pada prototype turbin angin savonius dapat di jelaskan pada tahapan berikut ini :

- a. Membuat perencanaan poros dan dimensi sudu type u dan type heliks.
- b. Mempersiapkan ruang kerja.
- c. Mempersiapkan alat dan bahan untuk mendesain.
- d. Membuat gambar teknik rancangan.
- e. Merancang sudu u.
 - Menghidupkan komputer, lalu
 - Membuka menu software autocad.
 - Melakukan tampak pengerjaan 30%
 - Melakukan tampak pengerjaan 60%
 - Melakukan tampak pengerjaan 100%
- f. Merancang sudu heliks.
 - Melakukan tampak pengerjaan 30%
 - Melakukan Tampak pengerjaan 60%
 - Melakukan tampak pengerjaan 100%
- g. Merancang poros.
- h. Print out gambar teknik. (terlampir)

3. HASIL

Perencanaan Poros dan Dimensi Sudu Turbin Angin Savonius.

Untuk memenuhi studi eksperimental dalam penelitian ini, maka dirancang poros dan dua tipe sudu turbin angin savonius yang berbeda, yaitu:

1. Rotor savonius type-U dengan 2 sudu dan
2. Rotor savonius type-Heliks dengan 2 sudu.

Pada penelitian ini dibuat dua jenis type rotor turbin angin savonius yaitu sudu type U dan sudu type heliks, yang membedakan dari kedua type rotor ini hanya bentuk penampang sudunya saja, sedangkan untuk poros, lengan sudu, dan daun rotor. Pertama adalah sudu bentuk hampir setengah lingkaran berpenampang type U, dan yang kedua sudu bentuk hampir setengah lingkaran yang dipuntir 900 sehingga berpenampang Heliks, masing-masing dua sudu.

Untuk perencanaan rotor turbin angin savonius dalam eksperimen dibutuhkan data-data yang diketahui, dipilih serta diharapkan seperti :
Direncanakan ;

- P = Daya
= 4 Watt
= 0,004 kW (Angka Ketetapan Dari Generator)
- n = Putaran Poros
= 200 rpm (Merupakan Angka Kebesaran Dari Wintunnel)
- fc = Faktor Koreksi
= 1,2 (Angaka Yang Diambil Dari Faktor Koreksi)

Untuk nilai fc dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Faktor Koreksi daya yang akan ditranmisikan, fc.

Daya yang akan ditranmisikan	fc
Daya rata – rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 - 1,2
Daya normal	1,0 - 1,5

Dengan menggunakan persamaan (2.12), maka daya rencana (Pd) kW;

$$Pd = fc \times P$$

Dimana :

Pd = daya rencana

fc = factor koreksi = 1,2

P = daya = 0,004 kW

Maka daya rencana

$$Pd = 1,2 \times 0,004 \\ = 0,0048 \text{ kW}$$

Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm), dengan menggunakan persamaan (2.13), maka

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n}$$

$$T = 9.7400 \times \frac{0,0048}{200} = 9.74000 \times 0,000024 = 23,376 \text{ kg.mm}$$

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros ds (mm), dengan menggunakan persamaan (2.14), maka tegangan geser (kg/mm²) yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi ds^3}{16}\right)} = \frac{5,1 T}{ds^3}$$

dan terlebih dahulu dicari diameter poros.

Perhitungan dan Perencanaan Luas Rotor

Turbin angin savonius memiliki rotor, dan rotor merupakan elemen utama turbin angin. Adapun tenaga total aliran angin yang mengalir adalah sama dengan laju energi kinetik aliran yang datang yang dirumuskan dengan persamaan (2.9).

$$P_{total} = \frac{1}{2gc} \rho AV^3$$

Dimana :

ρ : massa jenis angin = 1,1514 (kg/m³)

A : luas rotor turbin (m²)

V : kecepatan aliran angin = 5 m/s (asumsi)

gc : factor konversi = 1,9 kg/N.s²)

Ptot : Daya = 4 Watt

$$4 = \frac{1}{2 \times 1,9} 1,1514 \times A \times 5^3$$

$$A = \frac{2 \times 1,9 \times 4}{1,1514 \times 125} = \frac{15,2}{143,92} = 0,10 \text{ m}^2$$

Jadi luas rotor turbin savonius adalah 0,10 m²

Perhitungan Tenaga Maksimum Turbin Savonius

Dengan menggunakan persamaan (2.10) kita dapatkan tenaga maksimumnya, yaitu :

$$P_{max} = \frac{8}{27 \times gc} \rho AV^3$$

$$P_{max} = \frac{8}{27 \times 1,9} 1,1514 \times 0,10 \times 125$$
$$= \frac{115,14}{51,3} = 2,24 \text{ Watt}$$

maka perhitungan Efisiensi teoritis ideal rotor

$$\eta_{turbin} = \frac{P_{max}}{P_{tot}} = \frac{2,24}{4} = 0,56$$

Dapat dikatakan turbin angin savonius mengkonversikan tidak lewat dari 60% dari daya total angin menjadi tenaga berguna.

Perhitungan Dimensi Sudu

Rancangan sudu pada turbin angin savonius ini ada 2 bagian yaitu diameter rotor dan panjang rotor (D dan t). Untuk rancangan ini dipilih perbandingan diameter rotor dengan tinggi rotor (D/t) sebesar 0,8 [10]. Dengan diameter rotor yang lebih kecil kesanggupan start up juga lebih kecil. Dalam hal ini diambil rasio diameter terhadap tinggi rotor, D/t sama dengan 0,8.

Luasan rotor turbin angin adalah 0,10 m² , yang dirumuskan dengan persamaan (2.11) :

$$A = D \times t$$

Dimana :

A : luas rotor = 0,10 m²

D : diameter rotor

t : tinggi rotor

jadi :

$$0,10 = D \times t$$

$$D/t = 0,8$$

$$D = 0,8 t$$

$$0,10 = 0,8 t \times t$$

$$0,10 = 0,8 t^2$$

$$t^2 = \frac{0,10}{0,8} = 0,12$$

maka :

$$t = \sqrt{0,12}$$

$$= 0,34 \text{ m}$$

$$= 34 \text{ cm}$$

$$= 340 \text{ mm}$$

dan diameter turbin angin adalah ;

$$D = 0,8 \times t$$

$$D = 0,8 \times 0,34$$

$$= 0,27 \text{ m}$$

$$= 27 \text{ cm}$$

$$= 270 \text{ mm}$$

Perancangan Poros

Poros yang akan digunakan pada turbin savonius ini akan mengalami beban puntir dan beban lentur, akan tetapi yang paling besar adalah beban puntir yang disebabkan putaran. Bahan untuk poros turbin savonius dipilih dari bahan baja khrom (JIS G 4104) SCr22 dengan perlakuan panas dan pengerasan kulit, sebab bahan tahan dengan keausan dan banyak dijual dipasaran. Kekuatan tariknya = 58 kg/mm², pemilihan bahan dapat kita lihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Baja paduan untuk poros

Standard an macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik σ_B (kg/mm ²)
Baja khrom nikel (JIS G 4102)	SNC 2	-	85
	SNC 3	-	95
	SNC21	Pengerasan kulit	80
	SNC22	“	100
Baja khrom nikel molibden (JIS G 4103)	SNCM 1	-	85
	SNCM 2	-	95
	SNCM 7	-	100
	SNCM 8	-	105
	SNCM22	Pengerasan kulit	90
	SNCM23	“	100
	SNCM25	“	120
Baja khrom (JIS G 4104)	SCr 3	-	90
	SCr 4	-	95
	SCr 5	-	100
	SCr21	Pengerasan kulit	80
	SCr22	Pengerasan kulit	58

Tabel 3. Baja paduan untuk poros (lanjutan)

Standard an macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)
Baja khrom mlibden (JIS G 4105)	SCM 2	-	85
	SCM 3	-	95
	SCM 4	-	100
	SCM 5	-	105
	SCM21	Pengerasan kulit	85
	SCM22	“	95
	SCM23	“	100

untuk bahan S-C factor keamanan $Sf_1 = 6,0$ dan $Sf_2 = 1,3 - 3,0$, diambil (2). Maka tegangan geser ijin (untuk bahan poros dapat dihitung dengan persamaan (2.14)

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf1 \times Sf2} = \frac{58}{6 \times 2} = 4,8333 \text{ kg/mm}^2$$

Keadaan momen puntir harus ditinjau. Factor koreksi yang dianjurkan oleh ASME juga akan dipakai, factor ini dinyatakan dengan K_t (factor koreksi terhadap momen puntir) yang besarnya 1,0 jika beban dikenakan halus, 1,0 – 1,5 jika terjadi sedikit kejutan, dan 1,5 – 3,0 jika dengan kejutan besar. Diambil $K_t = 1,5$

Diperkirakan akan terjadi pemakaian dengan beban lentur, maka akan dipakai pertimbangan pemakaian factor C_b yang harganya antara 1,2 sampai 2,3, dan yang digunakan nilai $C_b = 2$. Dari persamaan (2.15) didapat rumus menghitung diameter poros d_s (mm) ;

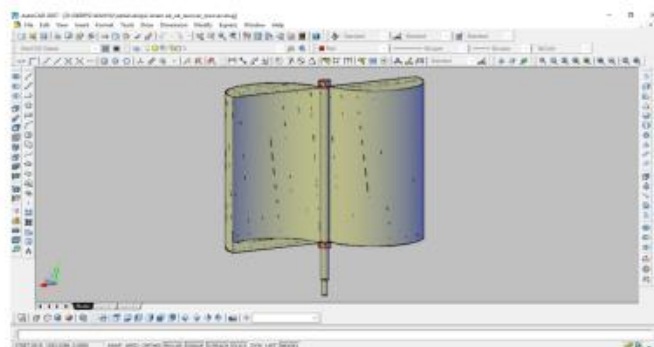
$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3} = \left[\frac{5,1}{4,8333} 1,5 \times 2 \times 23,376 \right]^{1/3}$$

$$d_s = [504,923]^{1/3} = 6,470 \approx 6 \text{ mm}$$

Karena harga terdahulu lebih kecil yaitu 6,470 mm, maka harga dari tabel diameter poros diambil 6 mm

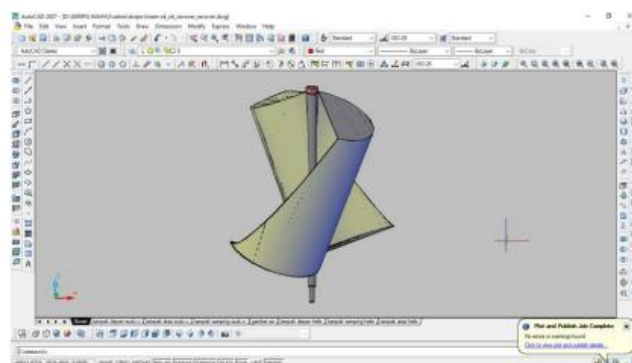
4. PEMBAHASAN

1. Langkah pertama mempersiapkan ruang kerja untuk memulai perancangan spesimen
2. Langkah kedua mempersiapkan alat dan bahan untuk mendesain specimen
3. Langkah ketiga menghidupkan komputer yang telah di hidupkan
4. Langkah keempat membuka menu software autocad pada komputer untuk merancang sudu type u dan sudu type heliks.



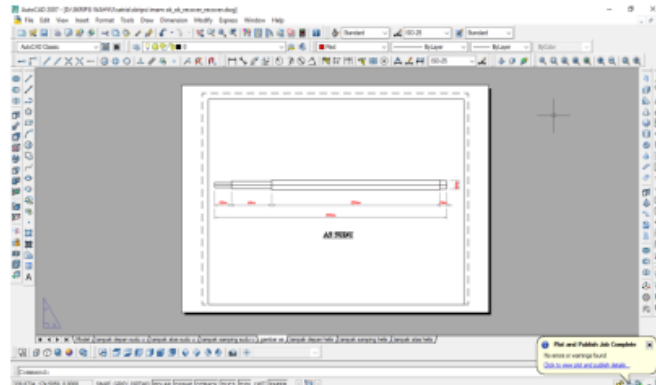
Gambar 2. pengerjaan daun sudu type U dan poros dengan dua daun pada sistem penggambaran 3D dengan tampak hasil 100%

5. Langkah kelima melakukan perancangan sudu type u dengan menggunakan software autocad



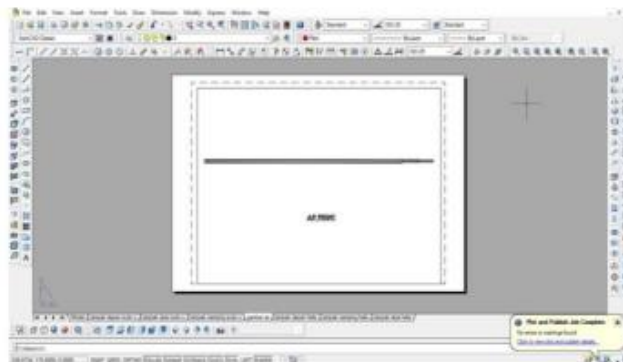
Gambar 3. pengerjaan daun sudu type U dan poros dengan dua daun pada sistem penggambaran 3D dengan tampak hasil 100%.

- Langkah keenam melakukan perancangan pada sudu type heliks dengan menggunakan software autocad



Pada gambar 4. Pengerjaan poros dengan ukuran berdiameter 6 mm, tinggi 340 mm dan keseluruhan tinggi poros 395 mm dengan tapak hasil 30%.

- Langkah ketujuh melakukan perancangan untuk poros



Gambar 5. pengerjaan poros pada sistem penggambaran 3D dengan tampak hasil 100%

Perancangan pada sudu type U, sudu type heliks dan poros. Maka selanjutnya di print dengan menggunakan print out dan kertas A4

5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan sudu type U dan sudu type heliks, dengan software autocad didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

- Bahwa perancangan sudu type U dan sudu type heliks dengan menggunakan software autocad bekerja dengan maksimal.
- Bahwa mengoperasikan software autocad berjalan dengan baik.

REFERENSI

- Adam, M. (2021). Pembuatan Mesin Pengayak Pasir Tipe Rotary Dengan Kapasitas 300 kg/jam (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bengkalis).
- Adam, M., & Zurairah, M. (2021, August). PERANCANGAN PENGENDALI SUHU RUANGAN KELAS DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA. In Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (Vol. 4, No. 1, pp. 80-89).
- Adam, M. (2021). Implementasi Pembelajaran Daring Mata Pelajaran Pendidikan Agama Islam (PAI) Pada Masa Pandemi Covid-19 Di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Istiqomah Muhammadiyah 4 Samarinda.
- Asmara, I. P. S., & Adam, M. (2021, August). Seakeeping and resistance analysis of 1200 GT passenger ship fitted with NACA 4412 stern foil using CFD method. In IOP

- Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1175, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.
- Azis, Z. A. Upaya Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Dengan Perbandingan Lampu TL, Lampu He Dan Lampu Pijar Pada Rumah Sederhana. REINTEK. Vol, 6, 192-201
- Azis, A., Darvina, Y., & Sari, S. Y. (2021). Analisis Komponen Higher Order Thinking Skills Pada Sajian Isi LKS Fisika Kelas X Semester II Di SMAN Se-Sumatera Barat. PILLAR OF PHYSICS EDUCATION, 14(1), 65-73.
- Azwar, A., Helmi, J., & Zambak, M. F. (2020). Aplikasi Interpolasi Fungsi Peubah Dalam Tabel Faktor Pendingin Angin. Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil), 1(2), 90-98.
- Dedy, A. P., Zambak, M. F., Ahmad, A. A., & Suwarno, S. (2020). PLC Implementation as a Flow Computer for Calculation of Saturated Steam Mass Meetings with the Linear Divided Regression Method (Application: PT. XYZ-Kuala Tanjung). Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering, 1(1), 8-16.
- Evalina, N. (2021). Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE Operator X Dan Y Di Wilayah Kampus Utama UMSU. Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi (TRekRiTel), 1(1), 13-20.
- Evalina, N., Azis, A., Rimbawati, R., & Cholis, C. (2018, June). PERBANDINGAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU HEMAT ENERGI DENGAN MENGGUNAKAN DAN TANPA MENGGUNAKAN INVERTER. In SEMNASTEK UISU 2018.
- Evalina, N., Pasaribu, F. I., & Efrida, R. (2021). Pendampingan Pembuatan Souvenir Dari Bahan Resin di Panti Asuhan Putri Aisyiyah Cabang Medan Kota. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 4(2).
- Evalina, N., Riza, M. K., Arfis, A., & Rimbawaty, R. (2019, May). PEMANFAATKAN BAHAN BAKAR SAMPAH PLASTIK DENGAN MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK HOT AIR STIRLING ENGINE. In Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (Vol. 2, No. 1, pp. 71-76).
- Evalina, N., Azis, A., & Zulfikar, Z. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. JET (Journal of Electrical Technology), 3(2), 73-80.
- Fareq, M., Fitra, M., Irwanto, M., Syafruddin, H. S., Gomesh, N., Irwan, Y. M., ... & Hussain, T. (2015). 50 cm Air gap Wireless Power Transfer By Magnetic Resonance Coupling. In Applied Mechanics and Materials (Vol. 785, pp. 205-209). Trans Tech Publications Ltd.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Siregar, C. A. (2021, April). Network Quality Comparison 4g LTE X And Y in Campus UMSU. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1858, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Harahap, P., & Adam, M. (2021). Efisiensi Daya Listrik Pada Dispenser Dengan Jenis Merk Yang Berbeda Menggunakan Inverter. RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), 4(1), 37-42.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Adam, M. (2020). Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor. Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal, 2(3), 347-361.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., Siregar, C. A. P., & Oktrialdi, B. (2021). Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic. Journal of Electrical Technology UMY, 5(1), 26-31.
- Harahap, U., & Pasaribu, F. I. (2016). Sistem Kontrol Buka Tutup Valve pada Proses Pemanasan Air Jaket (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., Siregar, C. A. P., & Oktrialdi, B. (2021). Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic. Journal of Electrical Technology UMY, 5(1), 26-31.
- Harahap, P., & Adam, M. (2021). Efisiensi Daya Listrik Pada Dispenser Dengan Jenis Merk Yang Berbeda Menggunakan Inverter. RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), 4(1), 37-42.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Siregar, C. A. (2021, April). Network Quality Comparison 4g LTE X And Y in Campus UMSU. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1858, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.

- Harahap, P. H. P., & Al-Ani, W. K. A. (2021). The Effect of Charcoal on the Improvement of Grounding Resistance as a Soil Treatment in Reducing Grounding Resistance. *Journal of Renewable Energy, Electrical, and Computer Engineering*, 1(1), 12-15.
- Hermawan, D., Primasyukra, M. A., Zambak, M. F., & Hardi, S. (2021). Perbandingan Tiga Metode Pendekatan Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Di Pondok Pesantren. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 35-41.
- Zambak, M. F. (2021). *Transfer Listrik Tanpa Kabel Menggunakan Resonan Magnetik Koil (Vol. 1)*. umsu press.
- Hutasuhut, A. A., & Pasaribu, F. I. (2017, September). Design of motor induction 3-Phase from waste industry to generator for microhydro at isolated village. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 237, No. 1, p. 012021)*. IOP Publishing.
- Hutasuhut, A. A., Riandra, J., & Irwanto, M. (2022, February). Analysis of hybrid power plant scheduling system diesel/photovoltaic/microhydro in remote area. In *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2193, No. 1, p. 012024)*. IOP Publishing.
- Hwai, L. J., Zambak, M. F., & Nisja, I. (2016). Assessment of Wind Energy Potential using Weibull Distribution Function as Wind Power Plant in Medan, North Sumatra. *International Journal of Simulation--Systems, Science & Technology*, 17(41).
- Hwai, L. J., Zambak, M. F., & Nisja, I. (2016). Assessment of Wind Energy Potential using Weibull Distribution Function as Wind Power Plant in Medan, North Sumatra. *International Journal of Simulation--Systems, Science & Technology*, 17(41).
- Ismail, R., Hasibuan, A., Isa, M., Abdurrahman, F., & Islami, N. (2019). Mitigation of high voltage induction effect on ICCP system of gas pipelines: a field case study. *TELKOMNIKA*, 17(6), 3226-3231.
- Ismail, R., Hasibuan, A., Isa, M., Abdurrahman, F., & Islami, N. (2019). Mitigation of high voltage induction effect on ICCP system of gas pipelines: a field case study. *TELKOMNIKA*, 17(6), 3226-3231.
- Ismail, R., Hasibuan, A., Nasution, E. S., Hardi, S., & Nnartha, I. M. A. (2020, September). Comparative analysis of differential relay settings in Langsa substation transformer to avoid protection failure. In *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM) (pp. 52-56)*. IEEE.
- Muharnif, M., & Septiawan, R. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), 64-73.
- Muharnif, M., & Nasution, E. S. (2018). PEMBUATAN HYDROFOIL TURBIN DARRIEUS. *JURNAL SISTEM INFORMASI*, 2(1).
- Muharnif, M., & Nasution, E. S. (2018). PEMBUATAN HYDROFOIL TURBIN DARRIEUS. *JURNAL SISTEM INFORMASI*, 2(1).
- Nasution, E. S., Zambak, M. F., Suhendra, S., & Hasibuan, A. (2020). Simulasi Pengoperasian Motor Pompa Air Berbasis Programmable Logic Control. *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry*, 1(2), 78-82.
- Nasution, E. S., Zambak, M. F., Suhendra, S., & Hasibuan, A. (2020). Simulasi Pengoperasian Motor Pompa Air Berbasis Programmable Logic Control. *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry*, 1(2), 78-82.
- Nasution, E. S., Rohana, R., & Lubis, R. F. (2019). PKM Pengembangan Rumah Produksi. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1).
- 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. (2010). PENGARUH STRATEGI PEMBELAJARAN DAN GAYA BELAJAR TERHADAP HASIL BELAJAR MENGIKUTI PROSEDUR KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA DI SMK AR-RAHMAN MEDAN (Doctoral dissertation, UNIMED).
- Pasaribu, F. I., Aziz, A., Evalina, N., Cholish, C., & Abdullah, A. (2021). Pelatihan Rancang Bangun Jam Sholat Otomatis Sumber Daya Solar Cell pada Pemuda

- Muhammadiyah Cabang Pahlawan Perjuangan dan Pulo Brayon Darat. ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat), 2(2), 206-212.
- 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.
- Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Harahap, P. (2021). Inverter Starting Energy Saver Design For Electric Power Efficiency In Water Pumps. Journal of Electrical Technology UMY, 5(1), 1-6.
- Pasaribu, F. I., Aziz, A., Evalina, N., Cholish, C., & Abdullah, A. (2021). Pelatihan Rancang Bangun Jam Sholat Otomatis Sumber Daya Solar Cell pada Pemuda Muhammadiyah Cabang Pahlawan Perjuangan dan Pulo Brayon Darat. ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat), 2(2), 206-212.
- Pasaribu, F. I. (2018). Implementasi Filter Rc Pada Reduksi Harmonisa Dalam Pengobatan Ceragem. Jurnal Elektro Dan Telekomunikasi, 4(2), 62-66.
- Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Harahap, P. (2021). Varistor in the Inverter Circuit Starting Energy Saver to Reduce Water Pump Electric Current. Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal, 3(4), 244-253.
- Pasaribu, F. I., Harahap, P., & Adam, M. (2020). Design Of Energy Storage Circuits For Efficiency Of Electric Power Usage In Computer Devices. Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx Journal), 2(3), 368-375.
- Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Harahap, P. (2021). Inverter Starting Energy Saver Design For Electric Power Efficiency In Water Pumps. Journal of Electrical Technology UMY, 5(1), 1-6.
- Pasaribu, F. I., Aziz, A., Evalina, N., Cholish, C., & Abdullah, A. (2021). Pelatihan Rancang Bangun Jam Sholat Otomatis Sumber Daya Solar Cell pada Pemuda Muhammadiyah Cabang Pahlawan Perjuangan dan Pulo Brayon Darat. ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat), 2(2), 206-212.
- Pasaribu, F. I. (2021). BEBAN NON LINIER DAN ANALISA HARMONISA. Jurnal Elektro dan Telekomunikasi, 5(1), 29-34.
- Pohan, M. Y., Pinayungan, D., Zambak, M. F., Hardi, S., Suwarno, S., Rohana, R., & Warman, E. (2021, March). ANALISA PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA RUMAH TINGGAL DI PONDOK 6. In Scenario (Seminar of Social Sciences Engineering and Humaniora) (pp. 335-341).
- Rimbawati, R., Afiza, D., Cholish, C., Suparmono, S., & Kusuma, B. S. (2022). Analisis Instalasi Kelistrikan Pada Wisata Sawah Pematang Johar. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 4(2), 143-151.
- Rimbawati, R., Prandika, B., & Cholish, C. (2022). Rancang Bangun Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Energi Listrik Sebagai Alat Charger Baterai Menggunakan Termoelektrik. CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, 6(1), 1-8.
- Rimbawati, R., Siregar, Z., & Yusri, M. (2021). PENINGKATAN EKONOMI MASYARAKAT DESA PEMATANG JOHAR MELALUI USAHA BATIK SAWAH. Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 4(3), 934-943.
- Rimbawati, R., Hutasuhut, A. A., & Muharnif, M. (2018). MODIFIKASI MOTOR INDUKSI TIGA PHASA SISA PAKAI INDUSTRI MENJADI HYDROELECTRIC GENERATOR UNTUK PLTMH. Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen, 1(1).
- Rohana, R., & Zulfikar, Z. (2018). OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS DAYA LISTRIK. Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen, 1(1).
- Saragih, J. W., & Hasibuan, A. (2020, September). Analysis of Damage to Ship MT. Delta Victory due to Human Error and Electricity with the Shel Method. In 2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM) (pp. 48-51). IEEE.
- Suwarno, R. (2021). Wind speed modeling based on measurement data to predict future wind speed with modified Rayleigh model. Int J Pow Elec & Dri Syst, 12(3), 1823-1831.

- Suwarno, I. Y., Irwanto, M., & Hiendro, A. Analysis of wind speed characteristics using different distribution models in Medan City, Indonesia. *Int J Pow Elec & Dri Syst* ISSN, 2088(8694), 1103.
- Suwarno, R. (2021). Wind speed modeling based on measurement data to predict future wind speed with modified Rayleigh model. *Int J Pow Elec & Dri Syst*, 12(3), 1823-1831.
- Suwarno, S., & Zambak, M. F. (2021). The Probability Density Function for Wind Speed Using Modified Weibull Distribution. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(6), 544.
- Umurani, K. U. K., & Muharnif, M. (2019). Pengaruh Diameter Lubang Pembangkit Vorteks Winglet Melengkung Terhadap Unjuk Kerja Apk Tipe Kompak Studi Eksperimental. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 84-93.
- Umurani, K., Muharnif, M., & Siregar, A. M. (2021). Analisa Numerik Pengaruh Diameter Lubang Berperforasi Rusuk V Terhadap Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(1), 54-65.
- Yusniati, Y., Nasution, E. S., & Pangestu, R. I. (2019, May). ANALISIS KINERJA CIRCUIT BREAKER PADA SISI 150 kV GARDU INDUK LAMHOTMA. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (Vol. 2, No. 1, pp. 77-82)*.
- Zambak, M. F. (2021). *Transfer Listrik Tanpa Kabel Menggunakan Resonan Magnetik Koil (Vol. 1)*. umsu press.
- Zulfikar, Z., Evalina, N., & Arfis, A. (2019). Penggunaan Inverter 3G3MX2 Untuk Merubah Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Phasa. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 4(2), 93-95.