

Unjuk Kerja Cooling Fan Terhadap Temperatur Air Untuk Meningkatkan Kinerja Generator Di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir

Muhammad Fajar Keke Rizki Ananda

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

fajarkekeananda@gmail.com

Abstrak

Listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan wajib di setiap rumah tangga, dan dalam memenuhi kebutuhan listrik maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia, salah satunya ialah PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan bakar gas, campuran gas dan udara masuk ke turbin menjadi udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik, atau mengubah energi panas menjadi energi gerak sehingga menjadi energi listrik. Temperatur kerja generator tinggi, dimana tekanan juga tinggi (hukum gas ideal) sehingga diperlukan pendingin untuk menghindari over heating. Pendingin generator pada PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir ialah menggunakan cooling tower jenis forced draft cooler. Dimana sistem ini menggunakan hembusan udara paksa. Tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis kinerja dari cooling fan yang dipakai oleh PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir, dan juga untuk menganalisis kinerja dari generator akibat pendinginan oleh cooling fan. Dimana didapatkan hasil penelitian dengan nilai range rata-rata sebesar 6.27 approach rata-rata sebesar 8.65 , efektivitas rata-rata sebesar 72.6%, kapasitas pendinginan rata-rata sebesar $0.79m^3/C$ /jam, dan kapasitas penguapan sebesar $1.38m^3$ /jam. Akibat dari pendinginan oleh cooling fan, daya aktif yang dihasilkan oleh generator unit 7 PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir paling besar pada tanggal 31 desember 2019 dengan temperatur air sebesar 34.25 , yaitu dengan daya aktif 34.1 MW. Dimana ini sudah memenuhi kebutuhan dari PLTG Paya Pasir, dan juga menunjukkan performa dari cooling fan sudah bagus, namun belum memenuhi OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Kata Kunci : Kinerja, Temperatur, Cooling Fan, Generator.

1. PENDAHULUAN

Listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan wajib di setiap rumah tangga, dan dalam memenuhi kebutuhan listrik maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia, salah satunya ialah PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan bakar gas, campuran gas dan udara masuk ke turbin menjadi udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik, atau mengubah energi panas menjadi energi gerak sehingga menjadi energi listrik.

Temperatur kerja generator tinggi, dimana tekanan juga tinggi (hukum gas ideal) sehingga diperlukan pendingin untuk menghindari over heating. Generator sebagai mesin penghasil energi listrik di pembangkit harus dapat beroperasi kontinyu dalam jangka waktu yang relatif lama. Generator memiliki banyak konduktor dan arus yang mengalir melewati konduktor, menciptakan banyak panas. Jika panas itu tidak "dihilangkan" maka dapat menyebabkan kumparan di generator menjadi rusak (isolasi melepuh sehingga dapat terjadi short).

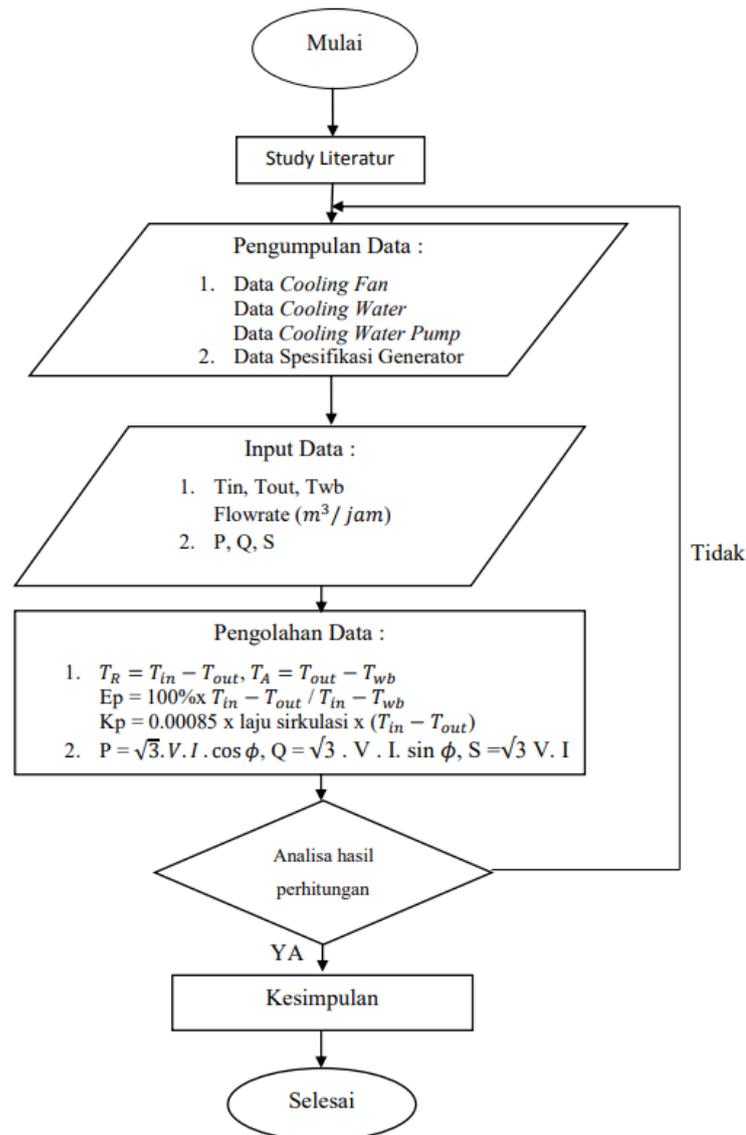
Untuk mendukung kinerja generator dalam operasinya dari kondisi panas dan meningkatkan kinerja generator maka diperlukan suatu sistem pendingin yang handal. Dalam proses pembangkitan listrik tenaga gas sistem bantuan pendinginan dibutuhkan untuk memaksimalkan pembangkitan listrik, yang salah satu pendinginan air kondensat keluaran dari kondensor yang dilakukan oleh cooling fan yang berpengaruh membantu proses pendinginan di dalam generator.

Peran cooling fan pada PLTG merupakan pendingin yang sangat vital karena pengaruhnya menentukan kinerja dari unit pembangkit maka dari itu perlunya memperhatikan kinerja dari cooling fan tersebut. Fungsi cooling fan adalah memproses air yang berasal dari laut, sungai maupun air sumur yang panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali. Konstruksi cooling fan terdiri dari sistem pemipaan dengan banyak nozzle, fan/blower, bak. Air dingin yang dihasilkan dari cooling fan akan dialirkan ke reservoir yang berfungsi untuk menyimpan air atau sebagai cadangan penyimpanan air, lalu di alirkan ke pipa yang di bawahnya terdapat cooling fan untuk menurunkan suhu dari air yang panas menjadi dingin. Setelah itu air di pompa menggunakan cooling water pump lalu di alirkan ke stator generator untuk mendinginkan suhu daripada stator tersebut, air yang telah disirkulasikan dari stator turut serta mendinginkan suhu ruangan dari rotor generator.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan dengan mengambil data di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir Jalan Titi pahlawan, komplek PLN paya pasir, Rengas pulau, kec. Medan marelan, kota medan, Sumatra utara.

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 10 Februari 2020 sampai dengan 12 Februari 2020 bertempat di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Objek penelitian ini adalah hal hal yang berkaitan dengan generator dan cooling fan. Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yaitu pengambilan data yang di ambil sesuai dengan kondisi lapangan, sedangkan data sekunder di dapatkan dari studi literatur baik berupa buku manual, jurnal – jurnal, reka pembukuan PLTG Paya Pasir, melakukan konsultasi dan diskusi dengan pembimbing akademik pegawai PT PLN (Persero) bagian HAR (pemeliharaan listrik) yang bersangkutan sehingga data yang di peroleh pada penelitian ini berupa data kualitatif dan kuantitatif. Berikut adalah diagram alir dari proses metodologi penelitian :



Gambar 1. Alur Penelitian

3. HASIL

Analisa Kinerja Kipas Pendingin Terhadap Temperatur Air

Analisa dari kinerja cooling fan generator unit 7 pltg paya pasir dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan range, approach, efektivitas pendingin, kapasitas pendinginan, dan laju penguapan air ke udara.

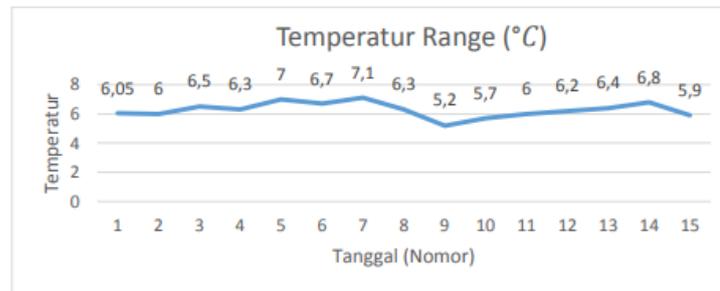
Jarak Batas (Range)

Range merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. Range yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik (>5°C). Rumus dan Range (°C) = temperatur air masuk (°C) – temperatur air keluar (°C).

$$T_{range} = T_{in} - T_{out}$$

$$T_{range} = 40.3 - 34.25 = 6.05 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{range} = 6.05 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Gambar 2. Karakteristik Grafik Temperatur Range

Berdasarkan hasil grafik di atas bisa kita simpulkan bahwa range temperatur air dari cooling fan memiliki berbagai macam range dari nomor 1 sampai dengan 15, dimana range tertinggi terdapat di tanggal 10 januari 2020 atau nomor 7 yaitu sebesar 7.1(°C) dan range terendah terdapat pada tanggal 15 januari 2020 atau nomor 9 dengan range temperatur sebesar 5.2 (°C) dan memiliki rata-rata temperatur sebesar 6.27 (°C). Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari cooling fan masih tergolong bagus mengingat rata-rata range yang dihasilkan sebesar 6.27(°C). Jika range temperatur yang dihasilkan oleh cooling fan rendah atau <5°C maka cooling fan tersebut tidaklah efektif penggunaannya dalam industri.

Perbedaan Suhu (Approach)

Approach adalah perbedaan suhu air dingin keluar dari cooling fan dan juga suhu wet bulb ambient. Saat kondisi approach rendah maka semakin baik pula performa dari cooling fan. Jika approachnya tinggi maka kinerja dari cooling fan bisa dibilang buruk. Perhitungan dari approach sendiri bisa kita gunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Approach (}^{\circ}\text{C)} = T_{out} - T_{wb}$$

Dimana : T_{out} = Temperatur air keluar (°C)

T_{wb} = Temperatur wet bulb 26 (°C)

$$\text{Approach (}^{\circ}\text{C)} = T_{out} - T_{wb}$$

$$\text{Approach (}^{\circ}\text{C)} = 34.25 - 26 = 8.25(^{\circ}\text{C)}$$

Melalui hasil perhitungan metode approach terhadap temperatur air dapat disimpulkan bahwa temperatur approach pada tanggal 8 januari 2020 atau nomor 5 memiliki approach terendah yaitu sebesar 7 (°C) dibandingkan pada tanggal yang lain seperti pada tanggal 15 januari 2020 sebesar 9 (°C) atau nomor 9. Berdasarkan perhitungan hasil tabel 4.2 maka didapatkan hasil rata – rata temperatur approach yaitu sebesar 8.65 (°C). Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata approach sudah memenuhi dari batas standar OEE (Overall Equipment Effectiveness) yaitu sebesar 7.8°C .

Efektivitas

Efektivitas dari kinerja cooling fan diperlukan untuk melakukan persentase antara range dan approach ialah perbandingan temperatur air masuk dan wet bulb ambient, atau dengan rumus

$$\text{Efektivitas (\%)} = 100\% \times \frac{(T_{in} - T_{out})}{T_{in} - T_{wb}}$$

$$\text{Efektivitas (\%)} = 100\% \times \frac{40.3 - 34.25}{40.3 - 26} = 73\%$$

Dari hasil perhitungan performa cooling fan dengan metode efektivitas didapatkan hasil efektivitas tertinggi pada tanggal 8 januari 2020 atau nomor 5 yaitu sebesar 100% dan terendah pada tanggal 15 januari 2020 atau nomor 9 yaitu sebesar 57%, dengan rata-rata tingkat efektivitas sebesar 72.6%. Makin tinggi tingkat efisiensi maka semakin baik pula performa dari cooling fan. Dengan standar aktivitas Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam performance sebesar lebih dari 95%.

Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan ialah panas yang dibuang dalam kkal/jam, sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik, dan perbedaan suhu. Makin tinggi tingkat kapasitas pendinginan maka semakin bagus pula performa dari cooling fan yang digunakan. Diketahui konstanta penguapan adalah 0.00085 (85/10000), di sini menggunakan laju sirkulasi (flowrate) dari cooling water for generator rumus yang digunakan adalah :

$$K_{pendinginan} (m^3 / jam) = 0.00085 \times \text{laju sirkulasi} (m^3 / jam) \cdot (T_{in} - T_{out})$$
$$= 0.00085 \times 150 (m^3 / jam) \times (40.3 - 34.25)$$
$$= 0.77 (m^3 \text{ } ^\circ C / jam)$$

Dimana = Suhu Rata – Rata, dari hasil tabel 4.5 perhitungan kapasitas pendinginan dari cooling fan dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitas pendingin terendah terdapat pada nomor 9 atau pada tanggal 15 januari 2020 yaitu sebesar 0.66 ($m^3 \text{ } ^\circ C / jam$). Dan hasil kapasitas pendingin tertinggi pada tanggal 7 januari 2020 atau pada nomor 7 dengan kapasitas pendingin sebesar 0.66 ($m^3 \text{ } ^\circ C / jam$). Dengan hasil rata-rata kapasitas pendingin 0.79 ($m^3 \text{ } ^\circ C / jam$). Jika kapasitas pendingin yang dihasilkan kecil, maka semakin buruk pula kinerja dari cooling fan.

Kehilangan Penguapan

Kehilangan penguapan ialah dimana jumlah air yang diuapkan untuk proses pendinginan. Semakin besar air yang di uapkan maka air yang tersimpan akan cepat habis dan harus diambil kembali dari sumbernya. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai 1.8 untuk setiap 10.000.000 kKal yang dibuang. Rumus yang digunakan adalah :

$$K_{penguapan} (m^3 \text{ } ^\circ C / jam) = 0.00085 \times 1,8 \times \text{laju sirkulasi} (m^3 \text{ } ^\circ C / jam) \cdot (T_{in} - T_{out})$$
$$K_{penguapan} (m^3 / jam) = 0.2295 \times 6.05 = 1.38 (m^3 / jam)$$

Hasil dari perhitungan tabel di atas tabel 4.6 maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas penguapan terbesar terjadi pada nomor 7 atau pada tanggal 10 januari 2020 yaitu sebesar 1.62 ($m^3 \text{ } ^\circ C / jam$) dan terendah pada nomor 9 atau pada tanggal 15 januari 2020 yaitu dengan kapasitas sebesar 1.19 ($m^3 \text{ } ^\circ C / jam$). Kapasitas penguapan rata-rata yang dihasilkan pada tanggal 31 desember 2019 sampai dengan 17 february atau nomor 15 adalah 1.43 Penguapan pada nomor 7 atau tanggal 10 januari 2020 memiliki penguapan terbesar, dan mengakibatkan kehilangan air yang cukup banyak.

4. PEMBAHASAN

Analisa Kinerja Generator

Analisa kinerja generator diperlukan untuk menganalisis berapa persen daya yang dihasilkan oleh generator dari kebutuhan yang diperlukan di PLTG Paya Pasir. Sebelum menghitung kinerja dari generator, kita terlebih dahulu menghitung daya aktif, reaktif, dan semu dari daya keluaran generator.

Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt. Berdasarkan persamaan (2.8) dan dikalikan dengan \cos maka dapat diperoleh :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$
$$P = 1.73 \times 105 \times 2886,8 \times 0.8$$
$$P = 42 \text{ MW}$$

Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Berdasarkan persamaan (2.9)

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi$$
$$Q = 1.73 \times 105 \times 2886,8 \times 0.6$$
$$Q = 31 \text{ MVAR}$$

Daya Semu

Daya semu adalah daya yang merupakan hasil penjumlahan daya aktif dan daya reaktif. Berdasarkan persamaan (2.10)

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$
$$S = 1,73 \times 110 \times 2886,8$$
$$S = 54 \text{ MVA}$$

Daya Aktif yang dihasilkan dari PLTG Paya Pasir sendiri ialah 42 MW menurut dari spesifikasi generator digunakan sebagai pemakaian sendiri sebesar 8 MW, dan untuk ke konsumen sebesar 34 MW. Maka dari perhitungan tersebut di dapatkan hasil pada tabel berikut ini

Tabel 1. Daya Aktif Generator Unit 7 Beserta Cooling Tower

No.	Tanggal	Active Power MW	Cooling Water Temp. °C
1	31-12-2019	34.1	34.25
2	02-01-2020	34	35
3	03-01-2020	33.85	35
4	07-01-2020	33.925	35
5	08-01-2020	34.1	33
6	09-01-2020	33.85	34.5
7	10-01-2020	33.875	34.5
8	13-01-2020	28.1	34
9	15-01-2020	32.7	35
10	16-01-2020	33.7	35.
11	27-01-2020	33.7	35
12	28-01-2020	33.7	35
13	29-01-2020	34	35
14	05-02-2020	34.1	35
15	17-02-2020	34.1	34.5
	Jumlah	501.8	519.75
	Rata-rata	33.45	34.65

Dapat disimpulkan bahwasanya active power dari generator sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau cooling water temperature, seperti kita lihat pada tabel 4.7 dimana daya input generator pada tanggal 31 desember 2019 sebesar 34.1 MW dimana cooling water temperature sebesar 34.25 (°C) Hal ini menunjukkan bahwa performa dari generator berbanding lurus dengan berapa temperatur air yang masuk ke dalam generator. Semakin besar suhu udara yang masuk ke dalam generator, maka semakin sedikit daya aktif (active power) yang dihasilkan oleh generator, seperti ditunjukkan pada nomor 1 dan begitu juga sebaliknya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada analisis cooling generator unit 7 pln menunjukkan beberapa parameter perhitungan performa dari kinerja cooling fan ialah dengan range, approach, efektivitas, kapasitas pendinginan dan juga kapasitas penguapan air. Dengan nilai rata-rata range 6.2 dan performanya masih bagus. Dengan nilai rata rata approach sebesar 8.65 dan performanya masih bagus. Nilai efektivitas rata-rata sebesar 72.6% angka ini menunjukkan efektivitas cooling fan terbilang masih bagus dan layak pakai, namun tidak memenuhi Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam performance yaitu sebesar >95%, namun memenuhi dari batas normal desain dari PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir yaitu dengan hasil pendinginan 36 dengan efisiensi sebesar >90%. Kapasitas pendinginan dari cooling fan rata-rata sebesar 0.79(jam). Menunjukkan performa cooling fan yang masih bagus. Kapasitas penguapan memiliki rata-rata penguapan mencapai 1.43 (jam), dan menunjukkan masih bagusnya performa cooling fan. Maka dari hasil yang diperoleh, cooling fan generator unit 7 PLTG Paya Pasir masih menunjukkan performa yang baik untuk digunakan sebagai media pendinginan generator, dan memenuhi OEE (Overall Equipment Effectiveness).
2. Dapat disimpulkan bahwasanya active power dari generator sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau cooling water temperature, dimana daya active generator pada tanggal 31 desember 2019 sebesar 34.1 MW dimana cooling water temperature sebesar 34.25 (°C), dan hal ini menunjukkan bahwa performa dari cooling fan sudah memenuhi untuk daya keluaran dari generator unit 7.

REFERENSI

- 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., Harahap, P., Oktrialdi, B., & Herlambang, R. (2021). Analisis Pengasutan Motor Induksi Menggunakan Softstarter dan Inverter. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)/Journal MESIL (Machine Electro Civil)*, 2(2), 81-87.
- Adam, M. (2015). Manajemen Pemasaran Jasa: teori dan aplikasi.
- Adam, M. (2020). Pengaruh kondisi pemotongan proses freis baja s45c terhadap temperatur pahat, geram, benda kerja. *SKRIPSI-2020*.
- 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.
- Evalina, N., Pasaribu, F. I., & Azis, A. (2021). The Use of Inverters in Solar Power Plants for Alternating Current Loads. *Britain International of Exact Sciences (BioEx) Journal*, 3(3), 151-158.

- Evalina, N., Azis, A., Pasaribu, F. I., & Arfis, A. (2021, November). Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Penyemprot Desinfektan. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* (Vol. 2, No. 1, pp. 368-374).
- 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., Abduh, R., & Arfis, A. (2019, October). Pembuatan Gantungan Kunci Dari Bahan Resin di Desa Jaharun A. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* (Vol. 1, No. 1, pp. 251-256).
- Gomesh, N., Daut, I., Kumaran, V., Irwanto, M., Irwan, Y. M., & Fitra, M. (2013). Photovoltaic powered T-shirt folding machine. *Energy Procedia*, 36, 313-322.
- Harahap, U., & Pasaribu, F. I. (2016). Sistem Kontrol Buka Tutup Valve pada Proses Pemanasan Air Jaket (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- 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. 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.
- Harahap, P., & Oktrialdi, B. (2020, April). Harmonisa in defibrillator equipment (DC Shock) using simulink Matlab. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 821, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.
- Harahap, P., Nofri, I., & Lubis, S. (2021). PLTS 200 Wp to Meet Energy Needs at the Taqwa Muhammadiyah Mosque, Sei Litur Village, Sawit Sebrang Langkat District. *Journal of Innovation and Community Engagement*, 1(1), 60-71.
- Harahap, P. (2018, June). REDUKSI HARMONISA PADA PERALATAN X-RAY MOBILE 100 mA. In *SEMNAS TEK UISU 2018*.
- Harahap, P. (2015). Mereduksi Harmonisa pada Peralatan X-Ray Mobile 100mA dengan Menggunakan Filter Pasif (Single Tuned and Double Tuned Passive Filter).
- 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., & Oktrialdi, B. (2020, April). Harmonisa in defibrillator equipment (DC Shock) using simulink Matlab. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 821, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.
- Harahap, P., Adam, M., & Oktrialdi, B. (2022). Optimasi Kapasitas Rooftop Pv Off Grid Energi Surya Berakselerasi di Tengah Pandemi Covid-19 untuk Diimplemtasikan pada Rumah Tinggal. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(1), 31-38.
- Harahap, P., Oktrialdi, B., & Cholish, C. (2018, December). Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroller Atmega16. In *Prosiding Seminar Nasional Teknoka* (Vol. 3, pp. E37-E42).
- 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.
- 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).
- Hutabarat, P. H., & Zambak, M. F. (2021). PENGHEMATAN KONSUMSI ENERGY MELALUI ANALISA IKE DI KAMPUS II EFARINA PEMATANGSIANTAR. *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, 5(1), 36-43.
- 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.

- 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 (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(6), 3226-3231.
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Damanik, W. S., Siregar, M. A., Siregar, I., & Hasibuan, E. S. (2020). The Design and Qibla Direction by Using the Hmc 5883 L Sensor as a Compass Rhi in the UMSU Science Laboratory (OIF). *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 2(3), 376-381.
- Lubis, S., & Cholish, C. (2019). Pelatihan Pembuatan Peta Cabang Dan Ranting Muhammadiyah Menggunakan Aplikasi Sicara Untuk Mercepatan Pemetaan Cabang Dan Ranting Muhammadiyah Se-Kota Medan. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 14-21.
- Muharnif, M., Umuani, K., & Nasution, F. A. (2022). Analisis Termoelektrik Generator (TEG) Sebagai Pembangkit Listrik Bersekala Kecil Terhadap Perbedaan Temperatur. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 26-32.
- Muharnif, M., & Nasution, E. S. (2018). Pembuatan Hydrofoil Turbin Darrieus. *Jurnal Sistem Informasi*, 2(1).
- Nasution, E. S., Rohana, R., & Lubis, R. F. (2019). PKM Pengembangan Rumah Produksi. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1).
- 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).
- Nasution, E. S., Pasaribu, F. I., Yusniati, Y., & Arfianda, M. (2019). Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk. *Ready Star*, 2(1), 179-186.
- 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., Pasaribu, F. I., Yusniati, Y., & Arfianda, M. (2019). Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk. *Ready Star*, 2(1), 179-186.
- Nasution, E. S., & Hasibuan, A. (2018). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Phase Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P. *Jurnal Sistem Informasi*, 2(1).
- Nasution, E. S., Hasibuan, A., & Rifai, M. (2018). Rancang Bangun Alat Penjemur Terasi Otomatis Berbasis Microcontroler. *Jurnal Sistem Informasi*, 2(2).
- Nasution, E. S., Hasibuan, A., Siregar, W. V., & Ismail, R. (2020, September). Solar power generation system design: Case study of north sumatra muhammadiyah university building. In *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)* (pp. 191-194). IEEE.
- Nasution, E. S., Hasibuan, A., Siregar, W. V., & Ismail, R. (2020, September). Solar power generation system design: Case study of north sumatra muhammadiyah university building. In *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)* (pp. 191-194). IEEE.
- Pasaribu, F. I., Roza, I., & Sutrisno, O. A. (2020). Sistem Pengamanan Perlintasan Kereta Api Terhadap Jalur Lalu Lintas Jalan Raya. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 4(1), 43-52.
- Pasaribu, F. I. (2021). BEBAN NON LINIER DAN ANALISA HARMONISA. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi*, 5(1), 29-34.
- Pasaribu, F. I., Roza, I., & Efendi, Y. (2019). Memanfaatkan panas exhaust sepeda motor sebagai sumber energi listrik memakai thermoelectric. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 3(1), 13-29.
- 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., 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).
- 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 ST, M. T., & Afiza, D. (2021). *Analisis Instalasi Kelistrikan Pada Wisata Sawah Pematang Johar* (Doctoral dissertation).
- Rimbawati, R., Hutasuhuta, A. A., Evalina, N., & Cholish, C. (2018). Analysis Comparison Of The Voltage Drop Before And After Using The Turbine In The Bintang Asih Microhydro Power Plant System. *Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering-*, 5(1), 18-22.
- Rimbawati, R., Ardiansyah, N., & Evalina, N. (2019, May). Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan Pada Pltb Menggunakan Potensio Dc. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 2, No. 1, pp. 14-20).
- Rimbawati, R., Yusniati, Y., Cholish, C., Azis, A., & Evalina, N. (2018, June). Analisis Tahanan Kabel Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Pada Pltmh Bintang Asih. In *SEMNASTEK UISU 2018*.
- Siregar, M., Evalina, N., Cholish, C., Abdullah, A., & Haq, M. Z. (2021). Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 94-100.
- Surya, H., Daut, I., & Nisja, I. (2013). EFFECT OF VOLTAGE SAG TYPES ON AC MOTOR DRIVE: TEST RESULTS. *Journal of Environmental Research And Development*, 7(4A), 1615.
- Suwarno, S., & Zambak, F. (2022). Optimalisasi Kecepatan Putaran Motor Listrik Sebagai Beban Pada PLTS 5 kWp (Aplikasi: Laboratorium Balai Besar Pengembangan Dan Penjamin Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan Dan Listrik Medan). *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), 8-15.
- Zambak, M. F. (2021). *Transfer Listrik Tanpa Kabel Menggunakan Resonan Magnetik Koil* (Vol. 1). umsu press.
- Zulfikar, Z., Aulia, C. T., & Akmal, S. (2020). Exploring Efl Students' Problems in Listening To English News Broadcasts. *Language Literacy: Journal of Linguistics, Literature, and Language Teaching*, 4(2), 340-352.
- Zulfikar, Z., Evalina, N., Azis, A., & Nugraha, Y. T. (2019). Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3MX2. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 2, No. 1, pp. 174-177).
- Zulfikar, Z., & Aulia, C. T. (2020). Exploring Acehese EFL College Students' Perceptions on Collaborative Writing. *Wanastra: Jurnal Bahasa dan Sastra*, 12(2), 171-180.
- Zulfikar, Z. (2022). REDUCING EFL LEARNERS' SPEAKING ANXIETY THROUGH SELECTIVE ERROR CORRECTION AND GROUP-WORK STRATEGIES. *ELT Echo: The Journal of English Language Teaching in Foreign Language Context*, 7(1), 69-88.
- Zulfikar, Z. (2022). Reducing EFL Learners' Speaking Anxiety through Selective Error Correction and Group Work. *LET: Linguistics, Literature and English Teaching Journal*, 12(1), 1-22.
- Zulfikar, Z., Evalina, N., Azis, A., & Nugraha, Y. T. (2019). Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3MX2. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 2, No. 1, pp. 174-177).