

## Studi Percobaan Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro

Muhammad Nurhidayat

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

hurhidayat@gmail.com

### Abstrak

*Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin air yang memanfaatkan ketinggian jatuh air (head). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi beban kerja terhadap kinerja turbin Pelton skala mikro yang meliputi daya, torsi, putaran dan efisiensi. eksperimental. Beban kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah bola lampu dengan variasi 28 Watt, 36 Watt, dan 42 Watt. Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik dengan variasi beban kerja pada daya, putaran, torsi dan efisiensi turbin Pelton skala mikro, kemudian dibandingkan sehingga akan dilihat pengaruh variasi beban kerja terhadap kinerja turbin Pelton skala mikro. Dari pengujian yang telah dilakukan dan mendapatkan hasil nilai putaran 460,9 rpm pada a beban kerja 28 Watt, 431,7 rpm pada beban kerja 36 Watt, 386,2 rpm pada beban kerja 42 Watt. Nilai torsi adalah 0,596 Nm pada beban 28 Watt, 0,729 Nm pada beban 36 Watt, dan 0,909 Nm pada beban 42 Watt. Daya pada beban kerja 28 Watt adalah 28,88 Watt, daya pada beban kerja 36 Watt adalah 36,75 Watt, pada beban kerja 42 Watt adalah 44,54 Watt. Efisiensi turbin pelton skala mikro dengan daya 28 Watt beban kerja uji 32,73 %, uji beban kerja 36 Watt 41,57 % dan uji beban kerja 42 Watt 50,02%.*

**Kata Kunci:** Turbin Pelton, Beban Kerja, Kinerja

## 1. PENDAHULUAN

Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Turbin pelton menggunakan nozzle untuk memancarkan air yang akan diterima oleh sudu-sudu pada runner turbin sehingga dapat berputar yang nantinya akan diteruskan melalui poros untuk memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Pada turbin pelton dilengkapi dengan generator yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berasal dari putaran runner dengan sejumlah sudu yang disebabkan pancaran air dari nozzle menjadi energi listrik. Pancaran air dari nozzle pada sudu turbin diubah menjadi energi mekanik yaitu putaran runner turbin. Apabila runner turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energi mekanik putaran runner turbin diubah menjadi energi listrik pada generator.

Dalam hal ini, putaran poros runner turbin akan menimbulkan torsi yang diukur melalui gaya yang dihasilkan pada titik terluar poros yang disebut dengan beban atau load. Putaran dari turbin diteruskan pada generator yang kemudian menghasilkan arus listrik kemudian dihubungkan pada bola lampu sebagai pembebanan. Maka dalam hal ini, bola lampu dianggap sebagai beban kerja pada instalasi turbin pelton. Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik melakukan pengujian terhadap sebuah turbin pelton skala mikro dengan cara memvariasikan beban kerja berupa bola lampu untuk mengetahui unjuk kerja turbin pelton skala mikro. Pengujian yang dilakukan pada sebuah turbin pelton skala mikro dituangkan pada tugas akhir yang berjudul "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro".

Penelitian ini membahas bagaimana pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro yang meliputi torsi, putaran, daya dan efisiensi yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan variasi beban kerja yang berupa lampu diantaranya lampu 28 Watt, 36 Watt dan 42 Watt. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro yang meliputi torsi, putaran, daya dan efisiensi yang dihasilkan.

Turbin air adalah suatu mesin berputar yang mengkonversikan energi suatu gerakan aliran air menjadi energi mekanis yaitu energi puntir. Energi mekanis ini kemudian ditransfer melalui suatu poros untuk mengoperasikan mesin atau generator. Aliran air masuk ketahap pertama melalui nozel, kemudian keluar ketahap kedua melewati ruang udara pusat. Tetapi tahap tidak mengubah semua energi yang tersedia menjadi kerja. (Umurani et al., 2020).

Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Nozzle (jet) air yang berkecepatan tinggi mengenai bucket runner dan setelah menggerakkan runner air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti air yang keluar sebagian energinya tidak diserap oleh runner. Turbin ini diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih nozel. Aliran fluida dalam pipa yang dihasilkan dari head akan keluar dengan kecepatan tinggi melalui nozzle. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Tekanan air diubah menjadi kecepatan, pancaran air akan mengenai bagian tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik. (Mahayana et al., 2013).

Prinsip kerja turbin Pelton ini yaitu merubah gaya potensial air menjadi gaya mekanis yang terjadi akibat reaksi impuls pada runner turbin yang menyebabkan runner turbin dapat berputar selama ada pancaran air yang menyemprot sudu. Air disemprotkan dari nozzle mengenai sudu-sudu turbin, maka runner dapat berputar

untuk memutar pulley turbin yang terhubung ke pulley generator menggunakan belt sehingga generator dapat berputar. Didalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis dimana air akan memutar roda turbin yang ditransmisikan pada generator untuk menghasilkan energi listrik.(Saputra et al., 2020).

Dasar Persamaan Turbin Pelton

Untuk menghitung parameter – parameter yang dapat diukur pada turbin pelton dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

- a. Debit air Besarnya nilai dari debit air dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{V}{t}$$

- b. Daya Hidrolis Dalam hal ini daya hidrolis diperoleh dari daya air yang dihasilkan oleh pompa, untuk menghitung daya hidrolis digunakan persamaan  $PH = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$

- c. Torsi Torsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :  $T = F \cdot \tau$

- d. Meter Kolom Air Meter kolom air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :  $H = (Pd - Ps) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$

- e. Efisiensi Untuk menghitung nilai efisiensi dapat menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{Pg}{Ph} \times 100\%$$

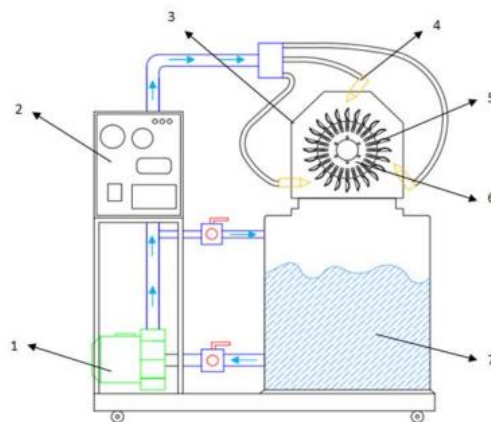
## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan pengujian untuk mengetahui unjuk kerja turbin pelto skala mikro dengan memvariasikan beban kerja yang berupa lampu.

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan. Waktu Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah-kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Alat dan Bahan Alat yang Digunakan

1. Turbin Pelton



Gambar 1 Turbin Pelton

Keterangan :

- 1) Motor pompa
  - 2) Box panel
  - 3) Rumah turbin
  - 4) Nozzle
  - 5) Sudu
  - 6) Runner
  - 7) Tangki air
2. Multimeter Digital
  3. Tachometer Digital
  4. Mikrokontroler Ardiuno Uno
  5. Loadcell
  6. Papan Rangkaian Pembebanan
- Bahan
1. Air
  2. Lampu

### **Set Up Alat Uji**

Alat pengujian turbin pelton skala mikro yang akan digunakan harus di set up terlebih dahulu agar terhindar dari kesalahan menampilkan data. Adapun set up turbin pelton skala mikro ini adalah :

1. Mengisi tangki air pada tangki penampungan.
2. Memasang beban kerja berupa lampu yang digunakan pada papan rangkaian lampu di turbin pelton skala mikro.
3. Membuka katup nozzle pada bukaan penuh.
4. Menghubungkan turbin pelton ke arus listrik.
5. Menghubungkan arduino uno ke laptop.

### **Prosedur Pengujian**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian studi eksperimental pengaruh variasi beban kerja terhadap turbin pelton skala mikro ini adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dan pastikan semua alat dalam kondisi baik.
2. Pastikan semua katup sudah berapa pada posisi bukaan penuh.
3. Menekan tombol run pada panel kemudian hidupkan pompa hingga frekuensi 50 Hz.
4. Mengamati data yang dihasilkan pada monitor.
5. Mencatat semua data yang dihasilkan pada monitor.
6. Setelah selesai, matikan dan menekan tombol stop pada panel.
7. Mengulang langkah nomor 3 (tiga) sampai dengan 6 (enam) untuk variasi beban kerja 36 Watt dan 42 Watt.
8. Selesai.

### **3. HASIL**

Setelah melakukan pengujian maka di dapatkan hasil, yang ada dalam tabel di bawah ini :

**Tabel 1 Hasil Data Pengujian**

No	Variasi Beban	Debit L/min	Tegangan (V)	Putaran (rpm)	Daya (Watt)	Torsi (Kg)	Suction (Psi)	Dicharge (Psi)
1.	Lampu 28 watt	62	23,9	460,9	28,88	0,761	2,68	15,08
2.	Lampu 36 watt	62	21,8	431,7	36,75	0,931	2,68	15,10
3.	Lampu 42 watt	62	18,5	386,2	44,54	1,160	2,70	15,21

**Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Efisiensi**

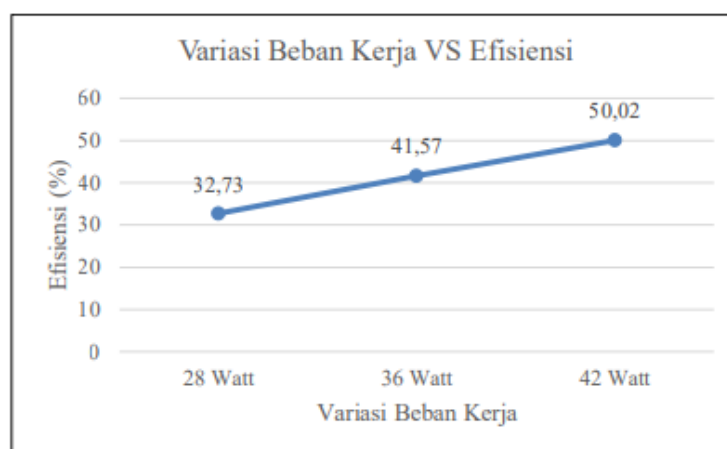
No.	Variasi Beban Kerja	Efisiensi(%)
1.	Beban Kerja 28 Watt	32,73 %
2.	Beban Kerja 36 Watt	41,57 %
3.	Beban Kerja 42 Watt	50,02 %

**Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Torsi**

No.	Variasi Beban Kerja	Torsi (Nm)
1.	Beban Kerja 28 Watt	0,596
2.	Beban Kerja 36 Watt	0,729
3.	Beban Kerja 42 Watt	0,909

#### 4. PEMBAHASAN

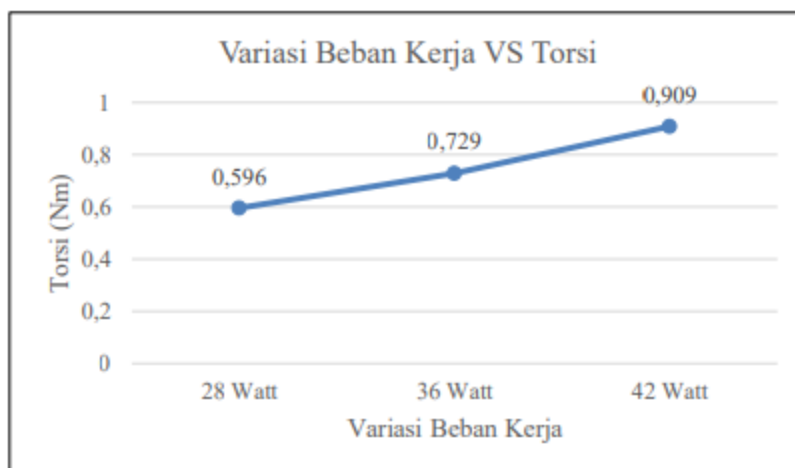
##### Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Efisiensi



**Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Efisiensi**

Berdasarkan gambar 2, menunjukkan pengaruh variasi beban kerja terhadap efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai efisiensi turbin pelton skala mikro sebesar 32,73 %, pada beban kerja 36 Watt nilai efisiensi sebesar 41,57 % dan nilai efisiensi pada beban kerja 42 Watt sebesar 50,02 %. Nilai efisiensi terendah pada beban kerja 28 watt dan nilai daya turbin tertinggi pada beban kerja 42 watt.

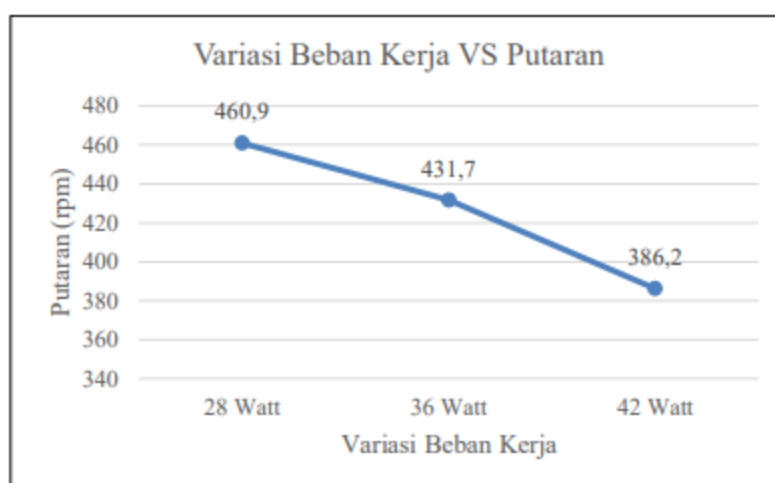
### Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Torsi



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Torsi

Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan pengaruh variasi beban kerja terhadap torsi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai torsi turbin pelton skala mikro sebesar 0,596 Nm, pada beban kerja 36 Watt nilai torsi sebesar 0,729 Nm dan nilai torsi pada beban kerja 42 Watt sebesar 0,909 Nm. Nilai torsi terendah pada beban kerja 28 Watt dan nilai torsi turbin tertinggi pada beban kerja 42 Watt.

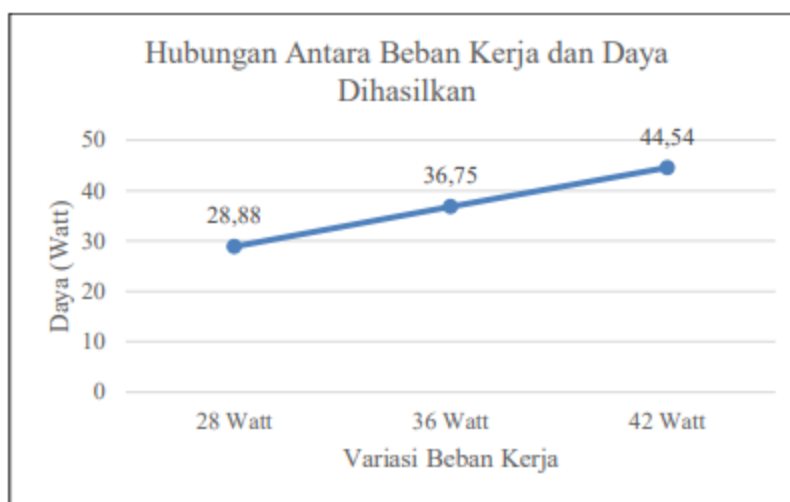
### Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Putaran (rpm)



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Putaran

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan pengaruh variasi beban kerja berupa lampu terhadap putaran yang dihasilkan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai putaran turbin pelton skala mikro sebesar 460,9 rpm, pada beban kerja 36 Watt nilai putaran sebesar 431,7 rpm dan nilai putaran pada beban kerja 42 Watt sebesar 386,2 rpm. Nilai putaran turbin pelton skala mikro terendah pada beban kerja 42 watt dan nilai putaran turbin pelton skala mikro tertinggi pada beban kerja terendah yaitu 28 watt.

#### Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Daya



Gambar 5. Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Daya

Berdasarkan Gambar 5, menunjukkan pengaruh variasi beban kerja terhadap daya yang diperlukan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai daya turbin pelton skala mikro sebesar 28,88 Watt, pada beban kerja 36 Watt nilai daya sebesar 36,75 Watt dan nilai daya pada beban kerja 42 Watt sebesar 44,54 Watt. Nilai daya terendah pada beban kerja 28 Watt dan nilai daya turbin tertinggi pada beban kerja 42 Watt.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai putaran turbin pelton skala mikro tertinggi pada beban kerja 28 Watt, yaitu sebesar 460,9 rpm dan nilai putaran terendah terjadi pada beban kerja 42 Watt, yaitu sebesar 386,2 rpm.
2. Nilai torsi turbin pelton skala mikro tertinggi pada beban kerja 42 Watt, yaitu sebesar 0,909 Nm dan nilai putaran terendah terjadi pada beban kerja 28 Watt, yaitu sebesar 0,596 Nm.
3. Nilai daya terbesar yang dihasilkan yang dihasilkan turbin pelton skala mikro dengan masing-masing variasi beban kerja adalah :
  - Nilai daya pada beban kerja 28 Watt sebesar 28,88 Watt
  - Nilai daya pada beban kerja 36 Watt sebesar 36,75 Watt
  - Nilai daya pada beban kerja 42 Watt sebesar 44,54 Watt
4. Nilai efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro dengan masing-masing variasi beban kerja adalah sebagai berikut.

- Nilai efisiensi pada beban kerja 28 Watt sebesar 32,73 %.
- Nilai efisiensi pada beban kerja 36 Watt sebesar 41,57 %
- Nilai efisiensi pada beban kerja 42 Watt sebesar 50,02 %

## REFERENSI

- Ahmad Saputra Siregar. (2019). ANALISA NUMERIK SUDUT SUDU MASUK DAN KELUAR TURBIN PELTON TERHADAP EFISIENSI TURBIN. <https://doi.org/10.31227/osf.io/n4f68>
- Aida Syarif, Yohandri Bow1, KA Ridwan1, Delvi Karlini, S. W. (2019). ANALISIS UNJUK KERJA PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TURBIN PELTON SUMBER DAYA HEAD POTENSIAL. *Jurnal Kinetik*, 10(02), 1–8.
- Damanik, W. S., & Hasibuan, E. S. (2020). Simulasi Numerik Kerugian Aliran Udara Pada Susunan Pipa Segitiga. *jurnal mesil (mesin elektro sipil)*, 1(1), 19-29.
- Dharma, S. (2021). Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil: Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil. *ABEC Indonesia*, 9.
- Dharma, S., Razak, A., Bahri, N., Sutrisno, J., Abdullah, I., & Silalahi, A. R. (2020). The Effect of Process Route on the Mechanical Properties and Microstructure Aluminum Al-Si-Cu-Mg-Mn Alloys. In *Defect and Diffusion Forum* (Vol. 402, pp. 67-72). Trans Tech Publications Ltd.
- Gunawan, S., Hasan, H., & Lubis, R. D. W. (2020). Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 38-47.
- Hadi, H. S., Abdurrahman, A., & Sampurno, B. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Cairan Pembersih Pada Robot Pembersih Kaca Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. *J-Eltrik*, 1(1), 7-14.
- Huzni, S., Tanjung, I., & Fonna, S. (2019, August). Atmospheric corrosion map of structural steel in industrial area: a preliminary investigation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 602, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.
- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 85-92.
- Mizhar, S., & Suherman, S. (2011). Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 4140. *Jurnal dinamis*, (8).
- Mizhar, S., & Fauzi, R. (2016). Pengaruh penambahan magnesium terhadap kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro pada aluminium paduan (Al-Si) dengan metode lost foam casting. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).
- Mizhar, S., Yulfitra, Y., & Suherman, S. (2017). Kajian Perubahan Distribusi Kekerasan dan Perubahan Struktur Mikro pada Proses Quench terhadap Variasi Diameter dalam dari Baja Karbon Sedang Tipe Sae 1040. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2).
- Muliadi, D., Ridho, R., & Marpaung, C. P. (2018). Pengaruh Kuat Arus terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las Smaw Baja Sa 516 Gr. 70. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Muhammad Saleh Simamora. (2012). Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton. Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton, 1(1), 1–9.
- N Kholifah, A C Setyawan, D S Wijayanto, I. W. and H. S. (2018). Performance of Pelton Turbine for Hydroelectric Generation in Varying Design Parameters. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012108>
- Rahmatullah, R., & Ahmad, R. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Bronze Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 1(1), 1-11.
- 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., 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.
- Saragi, J. F. H., Sianturi, T. A., Purba, J. S., & Damanik, W. S. (2021). Thermal Energy Analysis of Desalination Double Slope Passive Solar Still. *Desalination*, 2, 3.
- Siregar, A. M., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1).
- Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Harahap, A. H. (2021). Karakteristik Unjuk Kerja Pump As Turbine (PAT) Menggunakan Satu Pompa Hisap. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(1), 17-24.
- Siregar, A.M. & Siregar, Chandra A. 2019. Reliability test prototype wind turbine savonius type helical as an alternative electricity generator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 674(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012059>. University of Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan 20238, Indonesia.
- Suherman, S., & Fahrizal, F. (2017). Pengaruh Penambahan Mn Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Paduan Al-10si Dengan Metode Lost Foam Casting. *Jurnal Ilmiah MOMENTUM*, 13(1).
- Suherman, S., & Syahputra, S. (2014). Pengaruh Penambahan Cu Dan Solution Treatment Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Aluminium Paduan A356. *Jurnal Dinamis*, 2(14).
- Suherman, S., Hasanah, M., Ariandi, R., & Ilmi, I. (2021). PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KARAKTERISTIK DAN MIKROSTRUKTUR KARBON AKTIF PELEPAH KELAPA SAWIT. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 16(1), 1-9.
- Tanjung, I., Nasution, A. R., Fonna, S., & Huzni, S. (2020). INVESTIGASI LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA KARBON RENDAH PROFIL SEGIEMPAT DI KAWASAN INDUSTRI MEDAN. *Jurnal Teknologika*, 10(1).
- Tanjung, I., Fonna, S., & Huzni, S. (2019, November). Study on the effect of mesh ratio to the potential distribution of RC cathodic protection using BEM. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 364, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.
- Tanjung, I., Affandi, A., Huzni, S., & Fonna, S. (2020). Investigasi pengaruh jumlah elemen anoda terhadap distribusi potensial korosi pada beton bertulang menggunakan BEM 3D. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 57-64.
- Tanjung, I., Nasution, A. R., Harahap, A. G., Fonna, S., Ariffin, A. K., & Huzni, S. (2021). Atmospheric Corrosion Analysis on Low Carbon Steel Plate Profile and Elbow in Medan Belawan District. In *Key Engineering Materials* (Vol. 892, pp. 142-149). Trans Tech Publications Ltd.
- Tanjung, I., Huzni, S., & Fonna, S. (2021). Investigation the Effect of Concrete Element Size on the Potential Distribution of RC Cathodic Protection Simulation Using BEM 3D. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Experimental and Computational Mechanics in Engineering* (pp. 189-198). Springer, Singapore.
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 103-111.
- Yani, M., & Lubis, F. (2018). Pembuatan Dan Penyelidikan Perilaku Mekanis Komposit Diperkuat agregat Limbah Plastik Akibat Beban Lendutan. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2).
- Yunus, S. M., & Sitorus, M. K. (2018). Perbandingan Kekerasan dan Struktur Mikro Material Crank Shaft Sepeda Motor Beberapa Merk. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1).