



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Perancangan Alat Pengujian Turbin *Vortex* (Pusaran) Bentuk Sudu Lengkung (*Curved*) dengan Jari-jari 145 mm

J Boike Sinaga ^{a,*}, A Sugiri ^a, M. Dyan Susila ^a, M Resha ^a, M Fadhly Effendi ^b, K T. F. Salim ^b

^a Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

^b Program Studi Teknik Mesin Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 11/11/2025

Direvisi 20/12/2025

Kata kunci:

Perancangan

Alat uji

Turbin *vortex*

Karakteristik

ABSTRAK

Salah satu mata kuliah praktikum yang ada di Jurusan Teknik Mesin UNILA yaitu Praktikum Prestasi Mesin. Namun alat pengujian untuk melaksanakan Praktikum Prestasi Mesin masih sangat kurang. Hal ini diakibatkan oleh keterbatasan dana untuk penyediaan alat-alat praktikum di laboratorium yang dimiliki oleh universitas. Maka untuk melengkapi kekurangan alat Praktikum Prestasi Mesin tersebut, dilakukan perancangan alat pengujian turbin aliran *vortex*. Pada makalah ini diberikan perancang dan hasil pengujian alat pengujian turbin aliran *vortex* sebelum digunakan untuk membantu pelaksanaan Praktikum Prestasi Mesin di Jurusan Teknik Mesin UNILA. Hasil pengujian menunjukkan alat ini dapat mendemonstrasikan karakteristik turbin *vortex* sehingga alat ini dapat digunakan membantu mahasiswa untuk memahami karakteristik turbin *vortex*.

1. Pendahuluan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung (UNILA) berdiri sejak tahun 1998, dan tujuan pendirian Jurusan Teknik Mesin ini adalah:

1. Menghasilkan lulusan yang memiliki pola berpikir wajar, logis, dan rasional dengan bekal pengetahuan dasar Teknik Mesin untuk dapat menganalisis dan mensintesis karakteristik mesin.
2. Menghasilkan lulusan yang memiliki kemampuan dalam menciptakan solusi baru, mengadopsi solusi lama, dan memakai pengetahuan yang diperoleh dalam ilmu konversi energi, perancangan dan konstruksi, material dan *manufacture*.
3. Menghasilkan lulusan yang dapat memodelkan dan memprediksi perilaku peralatan Teknik melalui aplikasi prinsip-prinsip sains dan teknologi.

Salah satu misi yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah melaksanakan proses pembelajaran yang efektif dan efisien.

Pelaksanaan proses pembelajaran yang dilakukan di Jurusan Teknik Mesin UNILA ini didukung oleh sepuluh laboratorium, dan salah satunya adalah Laboratorium Mekanika Fluida. Laboratorium-laboratorium ini digunakan sebagai sarana penelitian bagi para dosen dan mahasiswa dan juga untuk pelaksanaan mata kuliah praktikum. Salah satu mata kuliah praktikum yang ada di dalam kurikulum Jurusan Teknik Mesin UNILA adalah Praktikum Prestasi Mesin. Praktikum Prestasi Mesin ini dilaksanakan bertujuan agar mahasiswa memahami prinsip dasar kerja mesin dan mekanisme konversi energi yang terjadi di dalamnya, mampu dalam melakukan pengujian, pengukuran, dan analisis kinerja mesin secara langsung, dan mampu mengintegrasikan pengetahuan teoritis

* Penulis korespondensi.

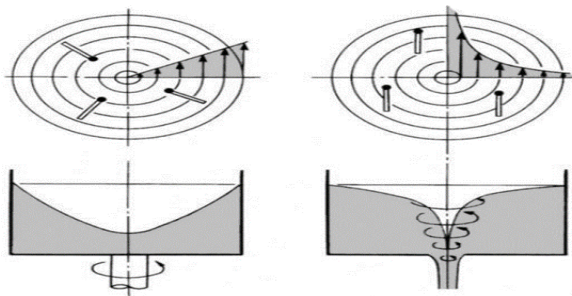
E-mail: jorfri6@yahoo.com

tentang mesin dengan aplikasi praktis di lapangan. Namun alat pengujian untuk melaksanakan Praktikum Prestasi Mesin masih kurang. Hal ini diakibatkan oleh keterbatasan dana dari Universitas untuk penyediaan alat-alat praktikum di laboratorium.

Pengujian turbin adalah salah satu modul praktikum yang dilaksanakan pada mata kuliah Praktikum Prestasi Mesin dimana kegiatan ini adalah merupakan kegiatan terstruktur dan terjadwal yang memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk menerapkan konsep-konsep yang telah dipelajari pada mata kuliah fisika, mesin konversi energi dan mekanika fluida dalam situasi nyata dan mahasiswa dapat melakukan pengujian, analisis, dan mengevaluasi kinerja turbin.

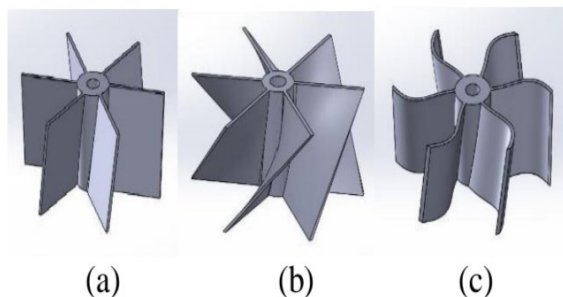
Pembuatan alat ini juga merupakan lanjutan dari kegiatan pengadaan alat-alat praktikum yang telah dilakukan sebelumnya di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin UNILA, seperti alat pengujian pompa *hydram* (Sinaga, 2009), dan alat pengujian gesekan aliran di dalam saluran (Sinaga, 2011). Pada makalah ini diberikan metode rancang bangun dan hasil pengujian alat uji turbin *vortex* (pusaran) dengan bentuk sudu lengkung dan jari-jari kelengkungan 145 mm, serta mengevaluasi kinerjanya melalui pengujian sebelum digunakan untuk pelaksanaan Praktikum Prestasi Mesin.

Vortex merupakan aliran fluida yang partikel-partikelnya berputar mengikuti arus sehingga membentuk lingkaran konsentris. Gerak *vortex* berputar akibat adanya perbedaan kecepatan antar fluida yang berdekatan (Mafrizal dkk., 2023). Dapat juga diartikan sebagai gerak alamiah fluida yang disebabkan oleh parameter kecepatan dan tekanan (Sharif dkk., 2023). Berdasarkan sumber energi yang menyebabkan gerakan berputar dalam fluida, aliran *vortex* dibagi menjadi 2 yaitu: aliran *vortex* bebas dan aliran *vortex* paksa seperti dapat dilihat pada Gambar 1. *Vortex* bebas terbentuk tanpa adanya gaya eksternal yang diperlukan untuk memutar fluida. *Vortex* paksa terjadi karena adanya suplai energi atau torsi eksternal yang berkelanjutan. Fluida berputar seperti benda padat dengan kecepatan sudut yang sama. Kecepatan tangensial berbanding lurus dengan jarak dari pusat pusaran. Artinya fluida bergerak lebih cepat saat menjauh dari pusat dan Aliran bersifat rotasional.



Gambar 1. Jenis aliran vortex (Munson, et.al, 2009).

Turbin *vortex* adalah salah satu jenis mesin konversi energi yang memanfaatkan energi kinetik aliran pusaran menjadi energi mekanik. Turbin ini dapat beroperasi dengan memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*) yang rendah (0,8 m). Prinsip kerja turbin *vortex* melibatkan air yang memasuki saluran masuk berukuran besar dan mengalir melalui saluran menuju tangki sirkulasi berbentuk lingkaran. Kemudian air mengalir secara tangensial di dalam tangki berbentuk lingkaran tersebut dan menumbuk sudu-sudu turbin yang mengakibatkan turbin berputar menghasilkan energi mekanik (Pamuji dkk., 2021) Turbin *vortex* tidak bergerak karena perbedaan tekanan, melainkan bergerak karena gaya dinamik pada *vortex* (Faraji dkk., 2024).



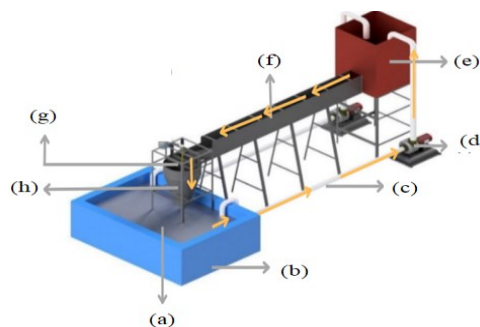
Gambar 2. Bentuk skema sudu turbin (a) Flat, (b) Twisted, dan (c) Curved.

Berbagai bentuk sudu turbin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. Setiap bentuk sudu akan mempengaruhi kinerja turbin *vortex*. Menurut Maika et al (2023) dan David et al (2024) bentuk sudu lengkung (*curved blade*) meningkatkan kelancaran aliran pusaran air dan cenderung meningkatkan efisiensi turbin dibanding sudu lurus (*flat blade*) karena lebih sesuai dengan *streamline* pusaran.

2. Metode

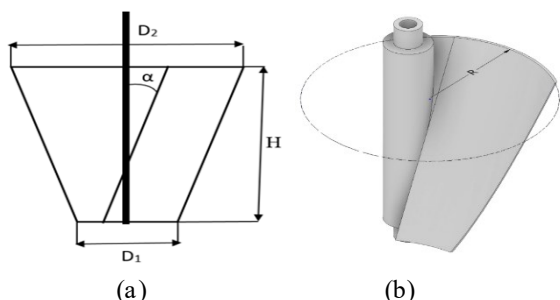
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Teknik Mesin Universitas Lampung, Bandar Lampung. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan alat ini adalah:

- a. Membuat model sistem instalasi pengujian turbin *vortex* seperti dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema peralatan pengujian (a) air, (b) bak penampung, (c) pipa, (d) pompa, (e) tangki penampung, (f) canal, (g) turbin, dan (h) conical basin.

b. Pembuatan skema model turbin *vortex* yang akan dibuat. Bentuk turbin adalah bentuk kerucut mengikuti bentuk *conical basin*, dimana diameter atas dan bawah turbin adalah 380 mm dan 200 mm, dan mengikuti bentuk *conical basin*. Sudut kemiringan sudu (α) yang terpasang pada poros turbin adalah sebesar 18, dan tinggi (H) sudu turbin 288 mm (Sinaga, et.al., 20240 dan jari-jari kelengkungan sudu (R) 145 mm. Skema parameter-parameter dan geometri sudu turbin yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.



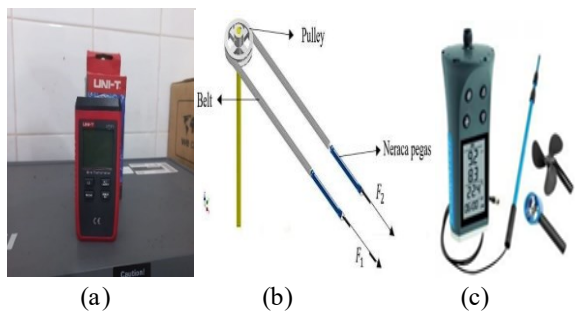
Gambar 4. (a) Parameter turbin, (b) Geometri jari-jari kelengkungan sudu.

c. Pembuatan turbin *vortex*. Adapun tahapan pembuatan turbin *vortex* adalah sebagai berikut: pembuatan *hub* turbin, pembuatan sudu turbin *vortex*, dan perakitan (*assembly*) turbin *vortex*



Gambar 5. Skema turbin *vortex*.

d. Penyiapan alat-alat untuk pengujian. Alat yang digunakan dalam pengujian turbin *vortex* adalah: *tacho meter*, *torsi meter*, dan *propeller flow meter*.



Gambar 6. Alat ukur yang digunakan: (a) *Tachometer*, (b) *Torsi meter*, dan (c) *Propeller flow meter*.

e. Perhitungan unjuk kerja turbin. Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dihitung untuk menentukan daya *hidro* (P_h), daya turbin (P_t) dan efisiensi turbin (η_t). Daya *hidro* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (Subramanya, 2016), sebagai berikut:

$$P_h = \gamma \cdot Q \cdot H \tag{1}$$

Dimana: P_h adalah daya *hidro* (watt), γ adalah berat jenis air (N/m^3) dan Q adalah debit aliran air (m^3/s).

Daya turbin P_t dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (Dietzel, 1980), sebagai berikut:

$$P_t = T \cdot \omega \tag{2}$$

Dimana: P_t adalah daya poros turbin (watt), T adalah torsi turbin (Nm), ω adalah kecepatan sudut turbin (rad/s). Nilai kecepatan sudut turbin dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \tag{3}$$

Dimana n adalah putaran turbin (rpm)

Efisiensi turbin (η_t) diperoleh dengan menggunakan persamaan (Himran, 2017), sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_t}{P_h} \times 100\% \tag{4}$$

3. Hasil dan pembahasan

Setelah dilakukan pembuatan komponen-komponen seperti: *hub* turbin, sudu turbin *vortex*, dan dilakukan perakitan (*assembly*) turbin *vortex* maka model turbin *vortex* yang diuji dapat dilihat pada Gambar 7. Sistem pengujian turbin yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 8.

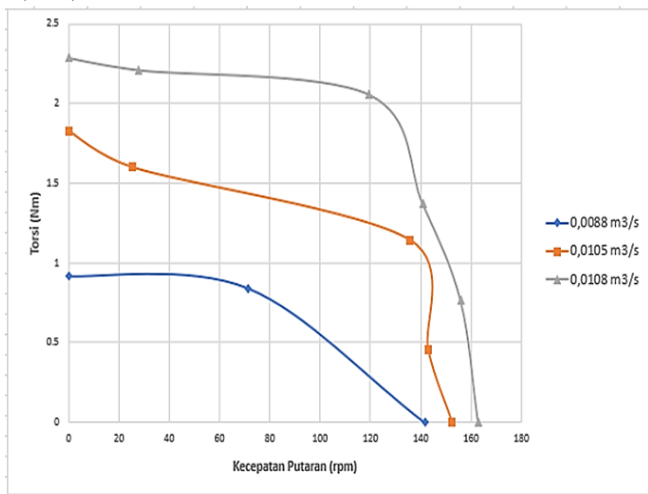


Gambar 7. Turbin *vortex* jari-jari kelengkungan 145 mm.



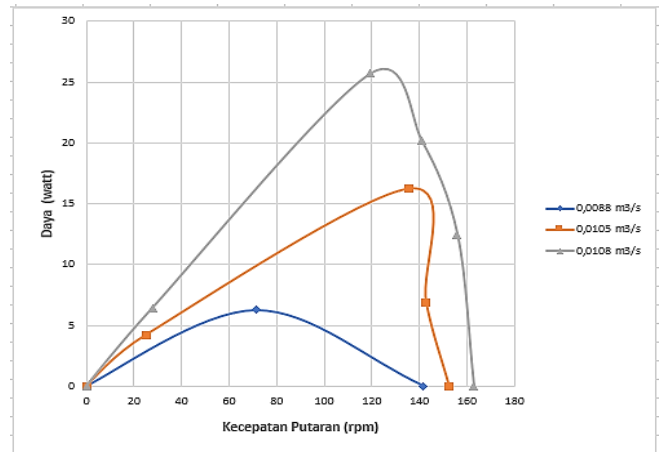
Gambar 8. Sistem peralatan pengujian yang dibangun.

Selanjutnya pengujian dilakukan pada model turbin *vortex*, untuk memperoleh kurva karakteristik turbin. Debit aliran yang digunakan saat pengujian yaitu $0,0088 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,0105 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0,0108 \text{ m}^3/\text{s}$. Kurva ini digambarkan dalam bentuk hubungan putaran terhadap torsi, daya, dan efisien seperti dapat dilihat pada Gambar 9, 10, dan 11.



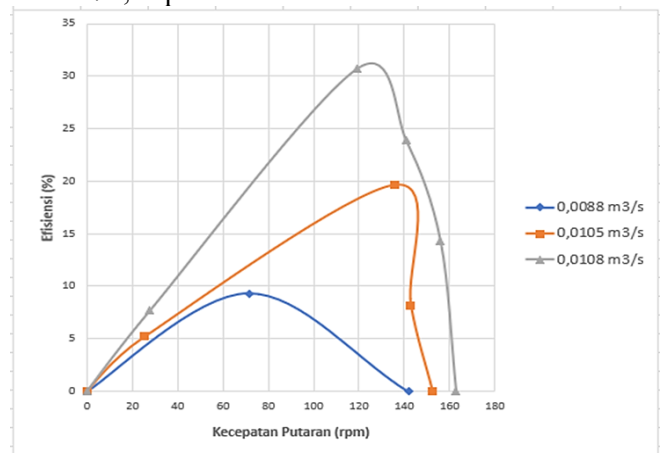
Gambar 9. Hubungan putaran turbin terhadap torsi turbin.

Gambar 9. menunjukkan grafik mengenai pengaruh putaran terhadap torsi turbin yang diuji dengan tiga variasi debit aliran berbeda. Pada masing-masing variasi debit aliran bentuk karakteristik yang dihasilkan hampir sama, dimana makin besar torsi yang dihasilkan semakin kecil putaran turbin, atau hubungan torsi dan putaran turbin berbanding terbalik. Hal ini terjadi karena penambahan beban berperan langsung dalam meningkatkan gaya pengereman sabuk pada *pulley*, sehingga putaran *pulley* semakin kecil.



Gambar 10. Hubungan putaran turbin terhadap daya turbin.

Gambar 10. Menunjukkan hubungan antara putaran turbin dan daya poros untuk ketiga variasi debit aliran berbeda, yaitu $0,0088 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,0105 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0,0108 \text{ m}^3/\text{s}$. Secara umum, grafik menunjukkan bahwa daya poros turbin meningkat seiring bertambahnya putaran hingga mencapai titik maksimum, kemudian menurun secara bertahap hingga mencapai nol saat turbin berhenti berputar. Daya poros turbin dipengaruhi secara langsung oleh torsi dan putaran yang dihasilkan. Semakin besar torsi, maka semakin besar pula daya poros yang dapat dihasilkan. Sebaliknya, torsi yang lebih kecil akan menghasilkan daya turbin yang lebih rendah. Dari hasil pengujian bahwa pada debit air $0,0108 \text{ m}^3/\text{s}$ L/s mampu menghasilkan daya turbin sebesar 25,7 Watt dengan kecepatan putaran turbin 119,3 rpm, pada debit air $0,0105 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan daya turbin sebesar 16,25 Watt dengan kecepatan putar turbin 135,8 rpm. Pada debit air $0,0088 \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh daya turbin sebesar 6,267 Watt dengan kecepatan putaran turbin 71,4 rpm.



Gambar 11. Hubungan putaran turbin terhadap efisiensi turbin.

Gambar 11. Menunjukkan hubungan antara putaran turbin dan efisiensi turbin untuk ketiga variasi debit aliran berbeda, yaitu $0,0088 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,0105 \text{ m}^3/\text{s}$, dan

0,0108 m³ /s. Kurva efisiensi pada masing-masing grafik menunjukkan pola serupa, yaitu efisiensi meningkat seiring bertambahnya putaran turbin hingga mencapai titik maksimum, kemudian menurun secara bertahap hingga nol saat turbin berhenti berputar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada debit air 0,0108 m³ /s mampu menghasilkan efisiensi turbin 30,7 % dengan kecepatan putaran turbin 119,3 rpm, pada debit air 0,0105 m³/s menghasilkan efisiensi turbin 19,65 % dengan kecepatan putar turbin 135,8 rpm. Pada debit air 0,0088 m³/s diperoleh efisiensi turbin 9,27 % dengan kecepatan putaran turbin 71,4 rpm

Hasil-hasil pengujian ini menunjukkan bahwa alat ini dapat mendemonstrasikan karakteristik turbin *vortex*. Hasil pengujian efisiensi alat ini memang masih rendah dibandingkan dengan hasil-hasil peneliti-peneliti sebelumnya, namun trend kurva karakteristik yang dihasilkan telah mendekati, sehingga alat ini dapat digunakan untuk mendukung pelaksanaan Praktikum Prestasi Mesin, bagi mahasiswa prodi S1, Jurusan Teknik Mesin UNILA.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dari hasil perancangan alat pengujian model turbin *vortex* bentuk sudu lengkung dengan jari-jari kelengkungan 145 mm:

1. Karakteristik turbin dipengaruhi debit aliran, dan juga putaran pengoperasian turbin.
2. Torsi yang dihasilkan turbin berbanding terbalik dengan putaran pengoperasian, dimana semakin besar torsi yang dihasilkan putaran turbin semakin kecil.
3. Daya yang dihasilkan turbin awalnya naik seiring dengan penambahan putaran turbin sampai mencapai titik maksimum, dan menurun seiring dengan penambahan putaran turbin.
4. Efisiensi yang dihasilkan turbin juga menyerupai hubungan daya dan putaran, dimana awalnya naik seiring dengan penambahan putaran turbin sampai mencapai titik maksimum, dan menurun seiring dengan penambahan putaran turbin.
5. *Trend* grafik karakteristik yang dihasilkan pengujian mendekati *trend* grafik pengujian penelitian-penelitian sebelumnya, oleh sebab itu alat pengujian turbin aliran pusaran ini dapat digunakan dalam mendukung mata kuliah praktikum prestasi mesin dengan topik turbin aliran pusaran (*vortex*) bagi mahasiswa.

Daftar Pustaka

A. Faraji, Y. A. C. Jande, and T. Kivevele. (2024) Exergy analysis and performance testing of a gravitational water vortex turbine runner for small

hydropower plants: An experimental approach, *Tanzania Journal of Science*, vol. 50, no. 3, pp. 580–590.

- A. Sharif, A. A. Noon, R. Muhammad, and W. Alam. (2023) Enhancing the performance of gravitational water vortex turbine through novel blade shape by flow simulation analysis, *Journal of Technology Innovations and Energy*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7.
- Dietzel, Fritz. (1980), *Turbin pompa dan kompresor*. Terjemahan oleh Ir Dakso Sriyono, 1988, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Himran, S. (2017) *Turbin air: Teori dan Dasar Perencanaan*, Andi Publisher.
- M. Marfizal, S. Sufiyanto, and D. Wardianto. (2023) Analisis pengaruh profil sudu terhadap daya turbin vortex, *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, vol. 1, no. 2, pp. 1–11.
- Munson, Bruce R., and Donald F. Young. (2009) *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Hoboken, NJ: Wiley.
- N, Maika, W. Lin, and M. Khatamifar. (2023) A review of gravitational water vortex hydro turbine systems for hydropower generation, *Energies*, vol. 16, no. 14, pp. 5394–5409.
- Pamuji, D. S., Nugroho, H. L., dan Sugati, D. (2021) Studi numerik perbandingan kinerja dan medan aliran turbin vortex gravitasi dengan tipe sudu lengkung backward dan Forward, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 48.
- Sinaga, J. B. (2009) Perancangan Alat Pengujian Pompa Tanpa Motor (Hydrum Pump) untuk Mendukung Pelaksanaan Praktikum Prestasi Mesin di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Unila, B. Lampung.
- Sinaga, J. B. (2011) Perancangan Alat Uji Gesekan Aliran Di Dalam Pipa Untuk Mendukung Pelaksanaan Praktikum Fenomena Dasar Mesin Di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknologi – IV, B. Lampung.
- Sinaga, J. B., Sinaga, D., Yonanda, A., Topan, T., & Bahtera, G. (2024) Pengaruh bentuk sudu terhadap efisiensi turbin air gravitasi aliran vortex. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 13(2), 574–582.2024.
- Sinaga, J. B., Irsyad, M., Yonanda, A., Ibrahim, G. A., Sinaga, D. (2024) The effects of blade height on the efficiency of gravitational water vortex turbine, *Engineering and Technology, Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 3717–3721.
- Subramanya, K. (2016). *Hydraulic Machines*, Tata McGraw-Hill. New Delhi.