

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIAS JUMLAH SUDU
PADA TURBIN AIR ARCHIMEDES
DENGAN HEAD RENDAH**

¹Aditya Putra Wijayanta, Heri Irawan², Gusti Rusydi Furqun Syahrilah³

¹Prodi Teknik Mesin, 21201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB,
NPM 17620183

²Prodi Teknik Mesin, 21201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB,
NIDN 1130078801

³Prodi Teknik Mesin, 21201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB,
NIDN 1130078801

Email : Adityapw131@gmail.com

ABSTRAK

Turbin air Archimedes adalah salah satu jenis turbin air yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari air. Turbin air Archimedes memiliki desain yang sederhana dan mudah perawatannya, sehingga cocok untuk digunakan di daerah-daerah yang memiliki potensi energi air yang besar. Jumlah sudut pada turbin air Archimedes adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja turbin tersebut, termasuk kecepatan putaran, daya yang dihasilkan, dan efisiensinya. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh variasi jumlah sudut pada turbin air Archimedes perlu dilakukan untuk menentukan jumlah sudut yang optimal, yang dapat meningkatkan kinerja turbin dan memaksimalkan pemanfaatan energi air. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian eksperimental. Penelitian ini menggunakan turbin air Archimedes dengan variasi jumlah sudut 4, 5, dan 6. Desain turbin air Archimedes ini mempertimbangkan faktor-faktor seperti dimensi, sudut, dan lebar sudut untuk memastikan kestabilan dan efisiensi turbin yang optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada variasi jumlah sudut 4, kecepatan putaran rata-ratanya adalah 209,7 rpm. Pada jumlah sudut 5, kecepatan putaran rata-ratanya adalah 212,3 rpm. Sedangkan pada jumlah sudut 6, kecepatan putaran rata-ratanya adalah 236,1 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putaran pada jumlah sudut 6 lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sudut 4 dan 5. Selanjutnya, hasil pengujian daya menunjukkan bahwa pada jumlah sudut 4, daya rata-ratanya adalah 6,89 watt. Pada jumlah sudut 5, daya rata-ratanya adalah 7,56 watt. Sedangkan pada jumlah sudut 6, daya rata-ratanya adalah 7,76 watt. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan pada jumlah sudut 6 lebih besar daripada jumlah sudut 4 dan 5. Terakhir, efisiensi turbin dihitung berdasarkan hasil pengujian. Pada jumlah sudut 4, efisiensi rata-ratanya adalah 47,33%. Pada jumlah sudut 5, efisiensi rata-ratanya adalah 51,94%. Sedangkan pada jumlah sudut 6, efisiensi rata-ratanya adalah 53,34%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa efisiensi turbin meningkat dengan peningkatan jumlah sudut. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman tentang pengaruh variasi jumlah sudut pada turbin air Archimedes terhadap kinerja turbin tersebut. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan turbin air Archimedes yang lebih efisien dan optimal dalam menghasilkan energi listrik dari sumber air

Kata Kunci : Turbin *Archimedes*, Jumlah Sudu, Unjuk Kerja

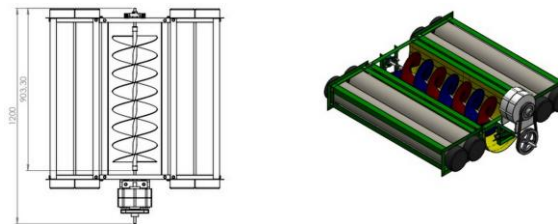
PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi alam yang kaya dengan berbagai sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik (Heri Irawan, 2019). Sumber energi tersebut meliputi energi air, energi angin, energi surya, energi panas bumi, dan energi laut. Namun, penggunaan energi alternatif sebagai pembangkit listrik di Indonesia masih rendah berdasarkan data Badan Pusat Statistik. Salah satu potensi yang perlu dikembangkan lebih lanjut adalah pembangkit listrik tenaga mikrohidro (Heri Irawan, 2018), terutama mengingat sebagian besar sumber air di Indonesia memiliki head yang rendah. Dalam hal ini, turbin ulir (Archimedes Turbine) telah dikembangkan untuk memanfaatkan sumber air dengan head rendah sebagai penggerak awal dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Turbin ulir adalah jenis turbin air yang relatif baru dan sedang dalam tahap pengembangan untuk pembangkit listrik skala kecil dan menengah di masa depan. Turbin ulir digunakan untuk mengubah energi potensial atau energi kinetik air menjadi energi mekanik yang dapat menghasilkan putaran poros. Turbin ulir sebenarnya merupakan pembalikan dari fungsi pompa ulir yang ditemukan oleh ilmuwan Yunani, Archimedes, lebih dari 21 abad yang lalu. Prinsipnya adalah dengan membuat selubung ulir, air yang terperangkap di antara sudut ulir akan dipindahkan ke outlet selubung bagian atas saat ulir diputar secara manual. Penelitian sebelumnya oleh Bambang (2012) menyebutkan bahwa turbin ulir merupakan turbin air yang memiliki kemampuan bekerja pada head yang sangat rendah. Namun, turbin jenis ini masih tergolong baru di Indonesia. Penelitian yang dilakukan oleh Abdulkadir (2017) juga mengungkapkan hal yang sama, yaitu turbin ulir dapat beroperasi pada head yang sangat rendah. Havendri dan Amif (2010) melaporkan bahwa turbin ulir merupakan turbin air yang khusus karena dapat bekerja pada daerah dengan head yang

relatif rendah dan debit aliran yang cukup besar. Rosly (2016) melakukan penelitian untuk mengkaji dan mengidentifikasi parameter-parameter yang berpotensi meningkatkan efisiensi turbin ulir. Mereka menemukan bahwa penggunaan 3 sudut ulir dengan 3 putaran dapat meningkatkan efisiensi turbin. Havendri dan Amif (2010) telah mengembangkan prototipe turbin ulir dengan sudut ulir 23 derajat dan 26 derajat. Namun, penelitian sebelumnya hanya membahas perancangan dan pengaruh sudut ulir terhadap daya mekanik turbin. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan, di mana penelitian ini akan difokuskan pada pengaruh variasi jumlah sudut terhadap kinerja mekanik turbin.

METODE PENELITIAN

1) Alat Penelitian



Gambar 1 Turbin Air Archimedes Terapung

2) Tahapan Penelitian

- Mempersiapkan alat tulis dan alat ukur, untuk mencatat hasil dari pengujian turbin Archimedes.
- Mengukur luas sungai dan panjang sungai menggunakan meteran dan kemudian meletakkan pelampung dari titik awal yang sudah ditentukan sehingga didapatkan nilai dari kecepatan aliran sungai.
- Memasang turbin Archimedes pada tempat yang sudah ditentukan untuk pengujian.
- Mengatur sudut kemiringan poros turbin menggunakan alat ukur busur derajat.
- Mengukur putaran yang dihasilkan oleh turbin Archimedes dengan menggunakan alat ukur Tachometer.

- Mengukur arus dan tegangan pada alternator dengan menggunakan alat multimeter
- Mencatat semua hasil pengujian berdasarkan variabel dan parameter yang sudah ditentukan.

3) Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Eksperimental, pengujian ini untuk mengetahui kinerja dari turbin air Archimedes. Adapun hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk Tabel dan Grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Proses Pengambilan Data

Persiapan alat dan bahan: Siapkan alat tulis, turbin Archimedes, meteran, penggaris busur, tachometer, multimeter, stopwatch, pelampung, dan penggaris sudut. Menghitung debit aliran: Langkah pertama adalah menghitung luas penampang dengan menggunakan meteran dan menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung untuk mengukur waktu. Dari hasil tersebut, dapat dihitung debit aliran. Menghitung potensi daya hidrolis: Berdasarkan data debit aliran yang telah dihitung sebelumnya, dapat

dihitung potensi daya hidrolis dengan menggunakan rumus yang sesuai. Menghitung potensi daya turbin dan torsi: Langkah berikutnya adalah menghitung potensi daya turbin dan torsi yang dihasilkan oleh turbin Archimedes. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus yang relevan dan dapat disesuaikan dengan karakteristik turbin yang digunakan. Menghitung efisiensi daya: Setelah mendapatkan data-data sebelumnya, langkah terakhir adalah menghitung efisiensi daya yang dihasilkan oleh turbin Archimedes. Efisiensi daya dapat dihitung dengan membandingkan daya yang dihasilkan oleh turbin dengan potensi daya hidrolis yang ada.

2) Menghitung Debit Aliran

Debit aliran adalah jumlah volume air yang mengalir melalui turbin dalam satu unit waktu. Namun, debit aliran juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus luas penampang dikalikan dengan kecepatan aliran air. Untuk menghitung debit aliran, diperlukan data pengujian yang sesuai. Berikut ini adalah contoh data pengujian untuk menghitung debit aliran:

Tabel 1 Data Pengujian Untuk Menghitung Debit

Pengujian	Diameter (d)	Lebar Persegi (l)	Phi (π)	Panjang Lintasan (L)	Waktu (t)
Satuan	(m)	(m)	(rad)	(m)	(s)
1	0,19	0,015	3,14	0,3	0,32
2	0,19	0,015	3,14	0,3	0,32
3	0,19	0,015	3,14	0,3	0,32
Rata-Rata	0,19	0,015	3,14	0,3	0,32

Dari data di atas, dapat dihitung luas penampang dan kecepatan aliran air yang masuk dalam turbin Archimedes :

1. Perhitungan Luas Penampang

$$A = l \times d + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \right)$$

$$A = l \times d + \frac{1}{8} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot (d)^2$$

$$A = 0,015 \cdot 0,19 + \left(\frac{1}{8} \cdot \frac{3,14}{2} \cdot \frac{0,19 \cdot 0,19}{2} \right)$$

$$A = 0,00285 + 0,00354$$

$$A = 0,00639 \text{ m}^2$$

2. Kecepatan Aliran Air

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{0,3}{0,32}$$

$$v = 0,93 \text{ m/s}$$

3. Perhitungan Debit Aliran

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = 0,00639 \cdot 0,93$$

$$Q = 0,00594 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. Menghitung Daya Hidrolis

$$P_a = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P_a = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,00594 \cdot 0,25$$

$$P_a = 14,55 \text{ Watt}$$

5. Menghitung Daya Turbin

$$P_t = V \cdot I$$

$$P_t = 9,93 \cdot 0,69$$

$$P_t = 6,85 \text{ Watt}$$

6. Menghitung Torsi Turbin

$$T = \frac{P_t}{2\pi \frac{n}{60}}$$

$$T = \frac{6,85}{2,3,14 \frac{239,3}{60}} = T = 0,3 \text{ Nm}$$

7. Menghitung Efisiensi Turbin

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\%$$

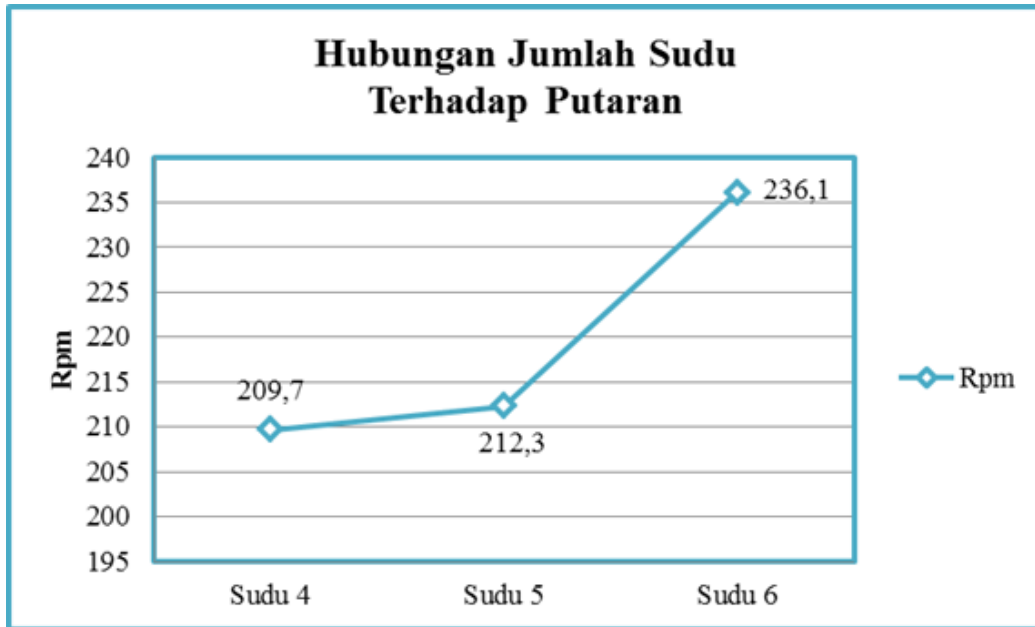
$$\eta = \frac{6,85}{14,55} \cdot 100\% = 47,08\%$$

3) Hasil Perhitungan Dan Pengujian Turbin Archimedes

Tabel 2 Data Pengujian dan Perhitungan Turbin Archimedes

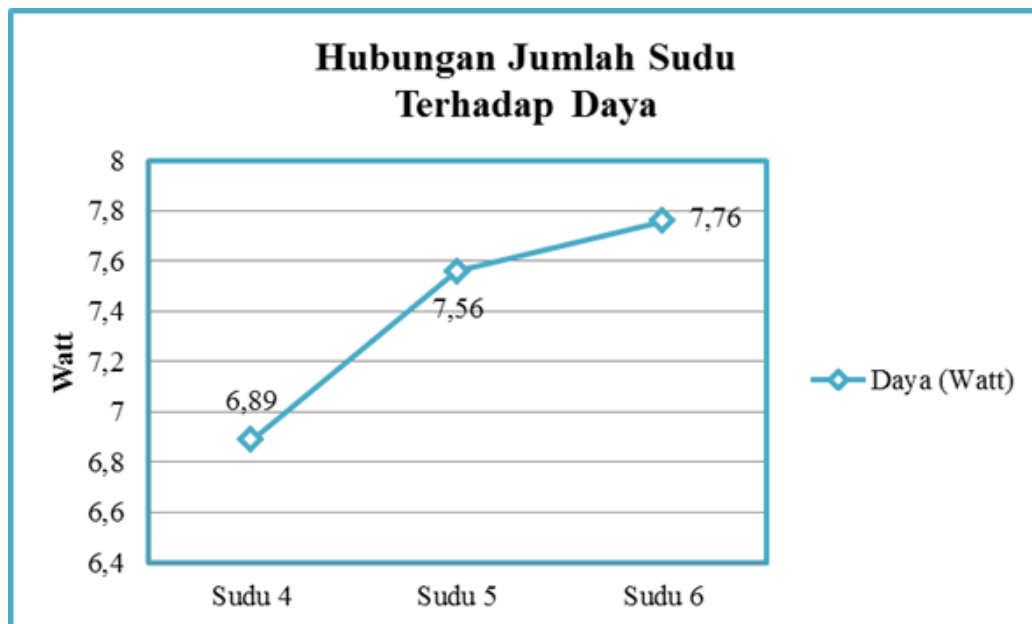
No	Variabel	Debit	Putaran (Rpm)	Torsi (Nm)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (Watt)	Daya Hidrolis (Watt)	Efisiensi (%)
1	Sudu 4	0,00594	201,0	0,3	9,81	0,68	6,67	14,55	45,85
2			219,4	0,3	10,2	0,69	7,04	14,55	48,37
3			208,7	0,3	9,93	0,72	7,15	14,55	49,14
Rata-Rata			209,7	0,3	9,98	0,69	6,89	14,55	47,33
1	Sudu 5	0,00594	204,4	0,3	9,26	0,86	7,96	14,55	54,73
2			214,9	0,3	9,21	0,77	7,09	14,55	48,74
3			217,9	0,3	9,53	0,82	7,81	14,55	53,71
Rata-Rata			212,3	0,3	9,33	0,81	7,56	14,55	51,94
1	Sudu 6	0,00594	224,4	0,3	9,86	0,79	7,79	14,55	53,54
2			259,6	0,3	9,89	0,78	7,71	14,55	53,02
3			224,5	0,3	10,1	0,79	7,98	14,55	54,84
Rata-Rata			236,1	0,3	9,95	0,78	7,76	14,55	53,34

Data pada Tabel 2 dapat digunakan untuk membuat grafik efisiensi yang menggambarkan hubungan antara putaran, daya, dan efisiensi pada tiga variasi jumlah sudu. Grafik tersebut menunjukkan bagaimana efisiensi turbin berubah seiring dengan perubahan putaran dan daya.



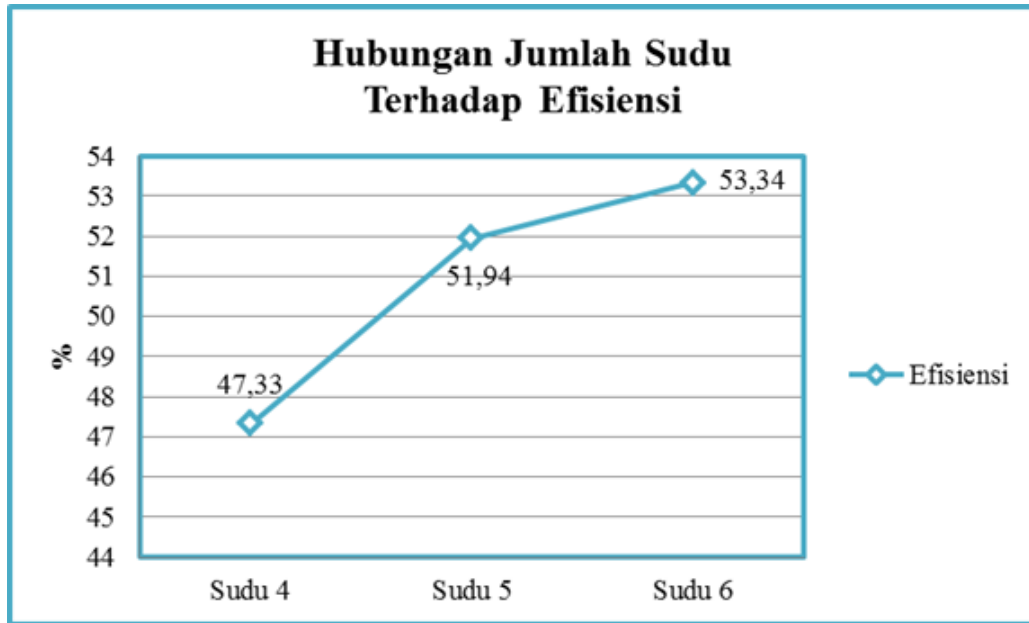
Gambar. 2 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Putaran

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai putaran rata-rata turbin pada variasi jumlah sudu. Nilai putaran rata-rata untuk jumlah sudu 4 buah adalah 209,7 Rpm, untuk jumlah sudu 5 buah adalah 212,3 Rpm, dan untuk jumlah sudu 6 buah adalah 236,1 Rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa putaran turbin pada jumlah sudu 6 buah lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 5 buah.



Gambar. 3 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Daya

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai daya rata-rata pada variasi jumlah sudu. Nilai daya rata-rata untuk jumlah sudu 4 buah adalah 6,89 Watt, untuk jumlah sudu 5 buah adalah 7,56 Watt, dan untuk jumlah sudu 6 buah adalah 7,76 Watt. Hasil ini menunjukkan bahwa daya pada jumlah sudu 6 buah lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 5 buah.



Gambar. 4 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai efisiensi rata-rata pada variasi jumlah sudu. Pada jumlah sudu 4 buah, efisiensi rata-rata turbin adalah 47,33%. Pada jumlah sudu 5 buah, efisiensi rata-rata turbin adalah 51,94%. Sedangkan pada jumlah sudu 6 buah, efisiensi rata-rata turbin adalah 53,34%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi turbin pada jumlah sudu 6 buah lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 5 buah.

KESIMPULAN

- 1) Jumlah sudu 4 buah: Nilai putaran rata-rata sebesar 209,7 RPM. Jumlah sudu 5 buah: Nilai putaran rata-rata sebesar 212,3 RPM. Jumlah sudu 6 buah: Nilai putaran rata-rata sebesar 236,1 RPM. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa putaran turbin pada jumlah sudu 6 buah lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 5 buah.
- 2) Jumlah sudu 4 buah: Nilai daya rata-rata sebesar 6,89 Watt. Jumlah sudu 5 buah: Nilai daya rata-rata sebesar 7,56 Watt. Jumlah sudu 6 buah: Nilai daya rata-rata sebesar 7,76 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa daya pada jumlah sudu 6 buah lebih besar dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 5 buah.
- 3) Jumlah sudu 4 buah: Nilai efisiensi rata-rata sebesar 47,33%. Jumlah sudu 5 buah: Nilai efisiensi rata-rata sebesar 51,94%. Jumlah sudu 6 buah:

Nilai efisiensi rata-rata sebesar 53,34%. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa efisiensi turbin pada jumlah sudu 6 buah lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 5 buah

REFERENSI

- Achmad Adiarso, Sudargana. 2014. Uji Karakteristik Turbin Darrieus Pada HydrofoilNaca 0021 Dengan Memanfaatkan Arus Air Di Cokro Tulung. Jurnal Teknik Mesin Universitas Diponegoro. S-1, Vol. 2, No. 1. ISSN: 2303-1972
- Adia Cahya P., Ridho H., dan Gunawan N. 2013. Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran. Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No. 2. ISSN: 2337-3539.

- Arismunandar Wiranto. 2004. Penggerak Mula Turbin. ITB Press, Bandung
- Bono dan Indarto. 2008. Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro Dengan Variasi Bentuk Sudu. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Dietzel Fritz. 1993. Turbin Pompa Dan Kompresor. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Diliph Singh. 2009. Micro Hydro Power Resource Assesment HandBook. APCTT.
- Hari Siswoyo, Teguh Utomo, Hari Santoso, dan Rini Nur Hasanah. 2011. Upaya Mewujudkan Desa Mandiri Energi Melalui Pengembangan PLTM Tipe Kincir Air. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- Heri Irawan, M. (2018). Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Runner Turbin Air Crossflow Terhadap Unjuk Kerja Dengan Metode Taguchi. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), 80–85. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v3i1.1397>
- Heri Irawan, M. (2019). Perancangan Turbin Air Tipe Crossflow Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 46–50. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v4i1.1981>
- Sahid. 2010. Kajian Eksperimental Optimasi Tipe Lekuk Sudu Turbin Pelton SuduBasis Konstruksi Elbow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. ProsidingSeminar Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Sahid. 2012. Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Crossflow Berbasis KonstruksiSilinder (Drum) Poros Vertikal Untuk Potensi Arus Sungai. Prosiding SNST ke3. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. ISBN 978602-99334-1-3
- Sahid, Gatot S. 2006. Peningkatan Kinerja Melalui Optimasi Jumlah Sudu Pada Turbin Crossflow Untuk PLTMh. *Rekayasa mesin vol III nomor 3*. hal 133-144. ISSN 1411-6863.
- Sutomo, Arief Budiman. 2014. Eksperimental Bentuk Sudu Turbin Pelton Setengah Silinder Pada Variasi Sudut Keluaran Air Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro. *Jurnal Agri-tek Volume 15 Nomor 1*.
- Suyanto. 2010. Kajian Modifikasi Desain Turbin Uap Menjadi Turbin Hidrokarbon untuk PLTP Siklus Biner Daya 100 kW. Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi BPPT, Jakarta.
- Vardar Ali and Bulent Eker. 2006. Principle of Rotor Design for Horizontal Axis Wind Turbines. *Journal of applied sciences* 6(7):1527-1533.
- Yesung Allo Padang, I Dewa Ketut Okariawan, dan Mundara Wati. 2014. Analisis Variasi Jumlah Sudu Berengsel Terhadap Unjuk Kerja Turbin Cross Flow Zero Head. *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 4 No. 1. ISSN: 2088-088X