

PENGARUH KOMPOSISI DUA TINGKAT TURBIN HIDROKINETIK SAVONIUS TERHADAP TORSI YANG DIHASILKAN

Berlin Haratua Marbun

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: berlinharatua@gmail.com

Dwi Anung Nindito

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: dwi_anungnindito@eng.upr.ac.id

Allan Restu Jaya

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: alanrestujaya@eng.upr.ac.id

Abstract: *The depletion of fossil energy makes humans have to think of other alternative energy such as by switching to renewable energy. Renewable energy is divided into three, namely solar, wind and water energy. Utilization of water energy can be obtained by utilizing turbine motion energy caused by the flow of water flowing through the turbine which converts fluid energy into mechanical energy. An example of an alternative turbine that can be used is the Savonius turbine. The experimental method carried out is to change the design form of a conventional Savonius hydrokinetic turbine to a two-level Savonius hydrokinetic turbine, and the upper and lower blades using phase 90° angles with end plate sizes of 1/2D, 3/4D, and 4/4D respectively, where D is the width of the turbine end plate. This research was conducted by reviewing the performance of the turbine in the flow in the prismatic channel which will later be compared with the previous Savonius turbine design so as to minimize the negative torque value of the Savonius turbine. Results from experimental studies using flow velocity (v) between 0.322 m/s-0.507 m/s. Conventional Savonius turbines produce rated torque of 0.080 Nm-0.115 Nm. Two-stage Savonius turbines 1/2D produce rated torque of 0.105 Nm-0.215 Nm, two-stage Savonius turbines 3/4D produce rated torque of 0.079 Nm-0.196 Nm and two-stage Savonius turbines 4/4D produce rated torque of 0.082 Nm-0.215 Nm.*

Keywords: Hydrokinetic turbine, Savonius, Two stage

Abstrak: Semakin menipisnya energi fosil membuat manusia harus memikirkan energi alternatif lain seperti dengan beralih ke energi terbarukan. Energi terbarukan yang terbagi menjadi 3 (tiga) yaitu energi matahari, angin dan air. Pemanfaatan energi air bisa didapatkan dengan memanfaatkan energi gerak turbin yang disebabkan oleh aliran air yang mengalir turbin yang mengubah energi fluida menjadi energi mekanik. Contoh alternatif turbin yang dapat digunakan ialah turbin Savonius. Metode eksperimental yang dilakukan adalah dengan mengubah bentuk desain dari turbin hidrokinetik Savonius konvensional menjadi turbin hidrokinetik Savonius dua tingkat, serta bilah atas dan bawah menggunakan sudut *phase* 90° dengan ukuran *end plate* masing-masing 1/2D, 3/4D, dan 4/4D, dimana D adalah lebar *end plate* turbin. Penelitian ini dilakukan dengan meninjau kinerja turbin pada aliran di saluran prismatic yang nantinya akan dibandingkan dengan desain turbin Savonius terdahulu sehingga dapat memperkecil nilai torsi negatif dari turbin Savonius. Hasil dari studi eksperimen dengan menggunakan kecepatan aliran (v) antara 0,322 m/s-0,507 m/s. Turbin Savonius Konvensional menghasilkan nilai torsi sebesar 0,080 Nm-0,115 Nm. Turbin Savonius dua tingkat 1/2D menghasilkan nilai torsi sebesar 0,105 Nm-0,215 Nm, turbin Savonius dua tingkat 3/4D menghasilkan nilai torsi sebesar 0,079 Nm-0,196 Nm dan turbin Savonius dua tingkat 4/4D menghasilkan nilai torsi sebesar 0,082 Nm-0,215 Nm.

Kata kunci: : Turbin hidrokinetik, Savonius, Dua tingkat

PENDAHULUAN

Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dengan cara memanfaatkan sumber energi terbarukan (Octauria et al., 2021) adalah pilihan terbaik untuk saat ini. Selain dari penggunaan bahan bakar fosil yang semakin terbatas, manusia juga harus memanfaatkan sumber energi lain, contohnya seperti energi air. Aliran dari energi air dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin yang dapat diperbaharui menjadi energi listrik. Contoh turbin yang dapat digunakan adalah turbin hidrokinetik Savonius (Yudistira et al., 2021a). Turbin hidrokinetik Savonius merupakan turbin dengan sumbu vertikal (Monika et al., 2022). Turbin hidrokinetik Savonius dengan dua bilahnya dapat berputar pada aliran yang rendah, oleh sebab itu turbin hidrokinetik Savonius cocok digunakan di daerah pinggiran sungai yang memiliki *head* (tinggi jatuh) yang rendah atau yang hanya memanfaatkan kecepatan arus sungai (Nindito & Kamiana, 2010). Efek dari sisi bilah cembung turbin hidrokinetik Savonius mengakibatkan adanya nilai torsi negatif cukup besar yang mengakibatkan kelemahan berupa efisiensi turbin yang relatif rendah (Ichsan et al., 2021). Dari gaya *drag* pada turbin juga dapat mempengaruhi performa turbin (Pratama et al., 2021). Hal ini juga dapat dipengaruhi dari bentuk pola distribusi kecepatan aliran air yang besar di atas saluran dan akan mengecil di dasar saluran (Yudistira et al., 2021b). Nindito et al., (2008) juga menyatakan besarnya kecepatan aliran berada di permukaan dan akan menunjukkan nilai yang semakin mengecil jika berada di dasar saluran (Nindito, 2009). Aliran fluida memiliki densitas yang lebih tinggi dibanding dengan aliran angin (Sucie et al., 2022a). Dari perbedaan densitas inilah yang dimanfaatkan untuk menghasilkan kinerja turbin agar menjadi lebih baik (Sucie et al., 2022b).

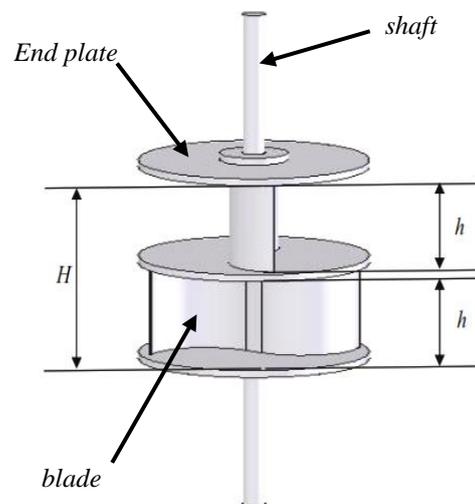
TINJAUAN PUSTAKA

Para peneliti terdahulu telah melakukan beberapa percobaan dengan merubah bentuk dan penambahan inovasi pada turbin hidrokinetik yang bertujuan untuk meningkatkan nilai torsi yang dihasilkan. Rianti et al., (2021) melakukan uji eksperimental pada turbin Articulating H-Rotor

untuk meningkatkan *self-starting* pada turbin yang buruk, karena untuk melakukan rotasi, turbin hidrokinetik memerlukan putaran awal yang baik (Wardani et al., 2020).

Antomo et al., (2020) melakukan uji eksperimental pada turbin hidrokinetik Gorlov dengan penambahan luas bidang tangkap.

Ali et al., (2019) melakukan uji eksperimental pada turbin Savonius dengan mendesain dan menambah variasi *blade* pada turbin Savonius menjadi variasi 2 *blade*, 3 *blade* dan 4 *blade* di kecepatan rendah.



Gambar 1. Turbin Savonius dengan dua tingkat (Kamoji et al., 2011)

Parameter Kinerja Turbin

Kecepatan sudut merupakan suatu nilai yang dikonversi dari nilai Rotasi Per Menit (RPM) dengan persamaan:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{RPM}}{60} \quad (1)$$

Coefficient of Power (C_p) merupakan suatu perbandingan antara daya yang dihasilkan dari turbin dengan tenaga yang berada di aliran air (Hantoro et al., 2018) dengan persamaan:

$$C_p = \frac{\tau \cdot \omega}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3} \quad (2)$$

Tip Speed Ratio (TSR) merupakan suatu perbandingan antara kecepatan aliran dengan tangensial *blade* turbin (Hantoro et al., 2018) dengan persamaan:

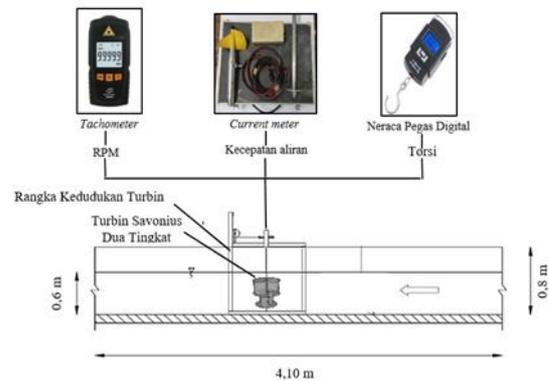
$$\lambda = \frac{r \cdot \omega}{V} \quad (3)$$

Keterangan:

- RPM : Rotasi Per Menit (rad/mnt)
- ω : Kecepatan Sudut (rad/s)
- π : Phi
- C_p : *Coefficient of power*
- τ : Torsi (Nm)
- ρ : Massa jenis air (kg/m³)
- A : Luas bidang tangkap turbin (m²)
- V : Kecepatan aliran (m/s)
- TSR : *Tip Speed Ratio*
- r : Jari-jari turbin (m)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam uji eksperimental ini yaitu, dengan melakukan uji penelitian pada *flume* berbentuk prisma dengan menggunakan empat variasi kecepatan aliran air, bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan torsi dari turbin hidrokinetik Savonius konvensional dengan desain turbin hidrokinetik Savonius dua tingkat yang berukuran *end plate* 1/2D, 3/4D, dan 4/4D. Turbin didesain dengan merubah bentuk turbin yang menyerupai pola distribusi kecepatan aliran dimana mengecil di bagian bawah dan membesar pada bagian atas turbin. **Gambar 2** menunjukkan skema dari pelaksanaan pengujian turbin hidrokinetik Savonius dan turbin hidrokinetik Savonius dua tingkat dengan menggunakan beberapa variasi lebar *end plate* yang dilakukan pada saat pengambilan data dengan ukuran *flume* tinggi 0,8 meter, lebar 1 meter, panjang 6 meter dan untuk kedalaman aliran 0,6 meter. Pengujian pertama dilakukan dengan pengambilan data Rotasi Per Menit (RPM) menggunakan alat ukur *tachometer* tipe GM8905. Pengambilan data torsi menggunakan alat neraca pegas digital untuk memperoleh nilai gaya (N) kemudian dikalikan dengan panjang lengan (m) dan untuk pengambilan data kecepatan aliran pada pengujian turbin menggunakan alat ukur *current meter* dengan seri SEBA-Universal *Current meter* F1.



Gambar 2. Skema uji eksperimen turbin hidrokinetik Savonius di saluran *flume*

Variasi Pengujian

Variasi pengujian yang digunakan pada uji eksperimen ini terletak pada variasi lebar *end plate* turbin dan sebanyak empat variasi kecepatan aliran air pada *flume*.

Tabel 1. Keterangan simbol pada pengujian

Komponen	Kode <i>running</i>	Keterangan
Turbin Savonius	TS	Turbin Savonius Konvensional
	TS1	Turbin Savonius dua tingkat 1/2D
	TS2	Turbin Savonius dua tingkat 3/4D
	TS3	Turbin Savonius dua tingkat 4/4D

Tabel 1 menunjukkan penggunaan kode *running* pada turbin hidrokinetik Savonius dan turbin Savonius dua tingkat berdasarkan desain dan lebar *end plate* yang digunakan pada saat penelitian.



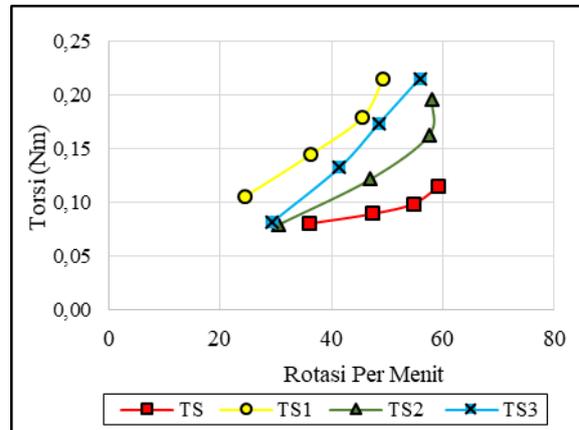


Gambar 3. Posisi turbin pada saat pengujian
 (a) Turbin Savonius konvensional,
 (b) Savonius variasi *end plate* 1/2D,
 (c) Savonius variasi *end plate* 3/4D dan
 (d) Savonius variasi *end plate* 4/4D

Tabel 2. Data parameter desain turbin hidrokinetik Savonius dan turbin Savonius dua tingkat dengan variasi *end plate*

Parameter	TS	TS1	TS2	TS3
Tinggi turbin	38cm	38cm	38cm	38cm
Tinggi blade	38cm	19cm	19cm	19cm
Diameter <i>end plate</i>	25cm	1/2D	3/4D	4/4D
Diameter shaft	1cm	1cm	1cm	1cm
Jumlah blade	2	2	2	2

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Grafik hubungan antara Torsi (Nm) dan Rotasi Per Menit (RPM)

Tabel 3. Data hasil pengujian dari nilai Torsi (Nm)

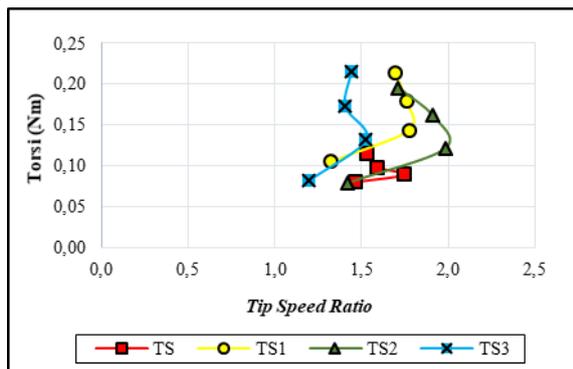
V	Torsi (Nm)			
	TS	TS1	TS2	TS3
1	0,080	0.105	0.079	0.082
2	0,089	0.144	0.121	0.132
3	0,099	0.179	0.162	0.173
4	0,115	0.215	0.196	0.215

Data RPM dan data torsi didapat secara langsung pada saat pelaksanaan pengujian. Dari data yang diperoleh dalam pengujian dapat ditampilkan dalam sebuah grafik hubungan yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Nilai torsi pada variasi turbin dua tingkat jauh lebih tinggi dibanding dari turbin Savonius Konvensional. Penambahan variasi lebar pada *end plate* turbin Savonius dua tingkat mengakibatkan nilai torsi semakin tinggi namun pada nilai RPM

mengalami sedikit penurunan. Turbin Savonius dua tingkat dengan variasi lebar *end plate* 1/2D memiliki nilai RPM yang paling rendah dengan nilai sebesar 24,4 rad/menit – 49,3 rad/menit, sedangkan pada turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 4/4D memperoleh nilai sebesar 29,4 rad/menit – 55,8 rad/menit, kemudian turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 3/4D memperoleh nilai sebesar 40,6 rad/menit – 58,0 rad/menit dan pada turbin Savonius konvensional menghasilkan nilai RPM tertinggi dibanding dengan turbin Savonius dua tingkat. Tetapi pada nilai torsi turbin dengan *end plate* 1/2D menghasilkan nilai yang paling tinggi dari pada turbin Savonius konvensional, Savonius 3/4D dan Savonius 4/4D dengan nilai sebesar 0,105-0,215 Nm. Nilai data hasil torsi pada turbin keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 3** dan untuk nilai hasil RPM dapat dilihat pada **Tabel 4**. Pengujian ini menggunakan variasi kecepatan rerata aliran pada kecepatan antara 0,322 m/s - 0,507 m/s.

Tabel 4. Data hasil pengujian dari nilai Rotasi Per Menit (RPM)

V	Rotasi Per Menit (RPM)			
	TS	TS1	TS2	TS3
1	36.1	24.4	30.6	29.4
2	47.4	36.2	47.0	41.4
3	54.7	45.5	57.5	48.5
4	59.2	49.3	58.0	55.8



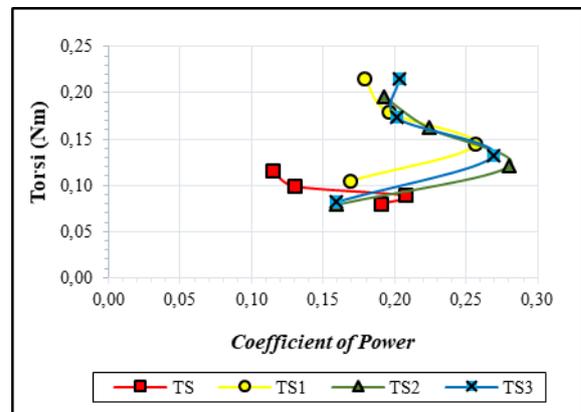
Gambar 5. Grafik hubungan antara Torsi (Nm) dan Tip Speed Ratio (TSR)

Tabel 5. Data hasil pengujian dari nilai Tip Speed Ratio (TSR)

V	Tip Speed Ratio (TSR)			
	TS	TS1	TS2	TS3
1	1.465	1.322	1.421	1.196
2	1.748	1.776	1.982	1.526

3	1.587	1.760	1.908	1.406
4	1.528	1.694	1.713	1.441

Berdasarkan **Gambar 5** yang menunjukkan hubungan antara torsi (Nm) dan Tip Speed Ratio (TSR) untuk mendapatkan nilai dari Tip Speed Ratio dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (3). Pada grafik hubungan torsi dan TSR ini dapat dilihat bahwa pada turbin Savonius dua tingkat dengan variasi lebar *end plate* 4/4D menghasilkan nilai Tip Speed Ratio yang lebih rendah yaitu sebesar 1,196 - 1,526. Dibandingkan pada turbin Savonius konvensional yang menghasilkan nilai Tip Speed Ratio dengan range sebesar 1,465 – 1,748 kemudian pada turbin Savonius dua tingkat dengan variasi *end plate* 1/2D menghasilkan nilai Tip Speed Ratio dengan range 1,322 – 1,776 dan untuk turbin yang paling tinggi menghasilkan nilai Tip Speed Ratio ialah turbin Savonius dua tingkat dengan variasi lebar *end plate* 3/4D yaitu sebesar 1,421 – 1,982. Pada saat melakukan pengujian ini kecepatan aliran yang digunakan sebesar antara 0,322 - 0,507 m/s. Untuk melihat hasil keseluruhan nilai Tip Speed Ratio dapat dilihat pada **Tabel 5**.



Gambar 6. Grafik hubungan antara Torsi (Nm) dan Coefficient of power (Cp)

Tabel 6. Data hasil pengujian dari nilai Coefficient of power (Cp)

V	Coefficient of power (Cp)			
	TS	TS1	TS2	TS3
1	0.190	0.169	0.159	0.159
2	0.208	0.257	0.280	0.269
3	0.130	0.196	0.224	0.201
4	0.115	0.179	0.192	0.203

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara torsi dan Coefficient of power (Cp) pada turbin hidrokinetik Savonius dan turbin hidrokinetik

Savonius dua tingkat yang menggunakan desain variasi *end plate* 1/2D, 3/4D dan 4/4D. Penghitungan nilai untuk mendapatkan hasil *Coefficient of power* dapat digunakan pada persamaan (2). Pada penghitungan ini menggunakan *range* kecepatan 0,322 m/s sampai dengan 0.507 m/s. Hasil pengambilan data dengan *range* kecepatan aliran yang sama diperoleh nilai *Coefficient of power* (Cp) turbin Savonius konvensional sebesar 0,115 – 0,208. Turbin Savonius dua tingkat dengan variasi lebar *end plate* 1/2D memperoleh *range* nilai Cp sebesar 0,169 – 0,257. Turbin Savonius dua tingkat dengan variasi lebar *end plate* 3/4D mendapatkan nilai Cp pada *range* sebesar 0,159 – 0,280 dan untuk turbin Savonius dua tingkat dengan variasi *end plate* 4/4D memperoleh nilai Cp pada *range* sebesar 0,159 – 0,269. Dalam perolehan nilai Cp turbin Savonius dua tingkat dengan variasi *end plate* 3/4D menghasilkan nilai Cp yang paling tinggi diantara turbin yang diujikan, untuk melihat data Cp dari turbin keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

KESIMPULAN

Hasil uji eksperimen Turbin hidrokinetik Savonius dan turbin hidrokinetik Savonius dua tingkat dengan variasi lebar *end plate* 1/2D, 3/4D dan 4/4D didesain menyerupai bentuk pola distribusi kecepatan aliran. Dimana memiliki ukuran lebih besar pada bagian atas dan mengecil pada bagian bawah turbin. Pengujian menghasilkan kesimpulan bahwa Torsi dan RPM masing-masing sebesar 0,080-0,115 Nm dan 36,1-59,2. Turbin Savonius dua tingkat 1/2D menghasilkan nilai Torsi dan RPM sebesar 0,105-0,215 Nm dan 24,4-49,3. Turbin Savonius dua tingkat 3/4D menghasilkan nilai torsi dan RPM sebesar 0,079-0,196 Nm dan 30,6-58,0. Dan untuk Turbin Savonius dua tingkat 4/4D menghasilkan nilai Torsi dan RPM sebesar 0,082-0,215 Nm dan 29,4-55,8.

Hasil pengujian turbin Savonius menghasilkan nilai *Coefficient of power* (Cp) sebesar 0,114-0,226. Turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 1/2D menghasilkan nilai *Coefficient of power* (Cp) sebesar 0,169-0,257. Turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 3/4D menghasilkan nilai *Coefficient of power* (Cp) sebesar 0,159-0,280. Turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 4/4D menghasilkan

nilai *Coefficient of power* (Cp) sebesar 0,159-0,269.

Turbin Savonius menghasilkan nilai *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 1,465-1,748. Turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 1/2D menghasilkan nilai *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 1,322-1,776. Turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 3/4D menghasilkan nilai *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 1,421-1,982. Turbin Savonius dua tingkat dengan *end plate* 4/4D menghasilkan nilai *Tip Speed Ratio* (TSR) sebesar 1,196-1,526.

SARAN

Pada uji eksperimen selanjutnya peneliti dapat menambahkan desain menjadi 3 tingkat atau lebih dan memvariasikan pergeseran *phase* pada *bladenya*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Hidrologi dan Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya yang telah menyediakan tempat dan alat laboratorium sebagai penunjang dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N. M., Abdul Hassan, A. K., & Aljabair, S. (2019). Effect of Conventional Multistage Savonius Wind Turbines on the Performance of the Turbine at Low Wind Velocity. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 11(11), 229–239. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V11111/20193192>
- Antomo, T., Kamiana, I. M., & Nindito, D. A. (2020). Analisis Pengembangan Hidrokinetik Turbin Gorlov Akibat Penambahan Luas Bidang Tangkap. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 159. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9186>
- Hantoro, R., Utama, I. K. A. P., Arief, I. S., Ismail, A., & Manggala, S. W. (2018). Innovation in Vertical Axis Hydrokinetic Turbine - Straight Blade Cascaded (VAHT-SBC) Design and Testing for Low Current Speed Power Generation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1022(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012023>
- Ichsan, N., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Uji Eksperimental Pengaruh Dimensi Lebar

- Rectifier Guide Vanes terhadap Kinerja Turbin Hidrokinetik Savonius. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 96–107. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v7i2.96>
- Kamoji, M., Kedare, S., & Prabhu, S. V. (2011). Experimental Investigations on Two and Three Stage Modified Savonius Rotor. *Wind Engineering*, 35(4), 483–510. <https://doi.org/10.1260/0309-524X.35.4.483>
- Monika, Y., Nindito, D. A., & Yupi, H. M. (2022). Efek Sudut ODGV Terhadap Profil Distribusi Kecepatan Aliran Di Hilir Turbin Hidrokinetik Savonius. *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 6(1), 42–48. <https://doi.org/10.52868/jt.v6i1.7691>
- Nindito, D. A. (2009). Pengaruh Profil Distribusi Kecepatan Terhadap Hasil Perhitungan Kecepatan Gesek Pada Aliran Bersedimen di Lokasi Pengukuran Arah Transversal Saluran Tampang Segiempat. *Jurnal PROTEKSI (Program studi Teknik Sipil)* (Vol. 1, pp. 8–15).
- Nindito, D. A., Istiarto, I., & Kironoto, B. A. (2008). Simulasi Numeris Tiga Dimensi Kantong Lumpur Bendung Sapon. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 18(1), 712–726.
- Nindito, D. A., & Kamiana, I. M. (2010). Perencanaan Model PLTA Skala Kecil Berbasis Teknologi Lokal Di Daerah Pemukiman Tepi Sungai. *PROTEKSI (Program Studi Teknik Sipil): Vol. II* (Issue 02, pp. 1–7).
- Octauria, E. P., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Omni Directional Guide Vanes Terhadap Performa Turbin Hidrokinetik Darrieus. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 17(2), 95–108. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v17i2.2581>
- Pratama, A., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Studi Eksperimental Sistem Pengaruh Aliran Pada Turbin Hidrokinetik Archimedes Spiral. *Jurnal Teknik*, 19(1), 1–11. <https://doi.org/10.37031/jt.v19i1.145>
- Rianti, D., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021). Pengaruh Kemiringan Straight Blade Terhadap Peningkatan Kemampuan Self-Starting Turbin Hidrokinetik Articulating H-Rotor. *Teknika*, 16(2), 78–88. <https://doi.org/10.26623/teknika.v16i2.3981>
- Sucie, E., Nindito, D. A., & Jaya, A. R. (2022a). Kinerja Turbin Hidrokinetik Ventilator. *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 5(2), 59–64. <https://doi.org/10.52868/jt.v5i2.7650>
- Sucie, E., Nindito, D. A., & Jaya, A. R. (2022b). Uji Eksperimental Pengaruh Konfigurasi Bilah Terhadap Performa Turbin Ventilator di Air. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 08(03), 144–153. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v8i3.144>
- Wardani, C. S., Nindito, D. A., & Jaya, A. R. (2020). Inovasi Dan Desain Turbin Hidrokinetik Darrieus Berdasarkan Bentuk Distribusi Kecepatan Aliran. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 9(1), 32–43. <https://doi.org/10.33084/mits.v9i1.1771>
- Yudistira, R., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021a). Kinerja Turbin Hidrokinetik Tornado Savonius. *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(2), 181–186. <https://doi.org/10.52868/jt.v4i2.2732>
- Yudistira, R., Nindito, D. A., & Saputra, R. H. (2021b). Uji Eksperimental Pengembangan Turbin Hidrokinetik Savonius Berdasarkan Bentuk Profil Distribusi Kecepatan Aliran. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.26760/rekaracana>