

Kinerja Yang Dihasilkan Dari Efek Pluntiran Pada Turbin Hidrokinetik Savonius Tornado Tanpa *End Plate*

Vio Altara Sembiring, *Dwi Anung Nindito & Allan Restu Jaya
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya
*)dwi_anungnindito@eng.upr.ac.id

Received: 3 Maret 2025, Revised: 9 Maret 2025, Accepted: 10 Maret 2025

Abstract

Savonius Tornado Hydrokinetic Turbine has an optimal capture area, but is less able to transmit the thrust of water kinetic energy into electrical energy. The purpose of this study is to analyze the Savonius Tornado Hydrokinetic Turbine twisted without an end plate. The experimental method was carried out on the flume channel to compare the performance between the Conventional Savonius Hydrokinetic Turbine and the Savonius Tornado Turbine without an end plate by twisting the turbine blades 1/2D, 1/3D, 4/4D, where D is the width of the turbine end plate. This test will obtain the Coefficient of power (C_p), RPM, torque (τ) and TSR as parameters to see the turbine performance. This experimental study used a flow velocity (v) between 0.322 m/s - 0.507 m/s. The results of the study indicate that the Conventional Savonius Turbine produces a torque value of 0.040 Nm - 0.095 Nm, the 1/2D Savonius Tornado turbine without a twisted end plate produces a torque value of 0.051 Nm - 0.194 Nm, the 3/4D Savonius Tornado turbine without a twisted end plate produces a torque value of 0.049 Nm - 0.155 Nm, and the 4/4D Savonius Tornado turbine without a twisted end plate produces a torque value of 0.044 Nm - 0.168 Nm. The Savonius Tornado Hydrokinetic Turbine is twisted without end plates, resulting in increased turbine performance.

Keywords: *Hydrokinetic Turbine, Savonius Turbine Without End Plate, Velocity Distribution*

Abstrak

Turbin Hidrokinetik Savonius Tornado memiliki luas tangkap yang optimal, namun kurang mampu meneruskan gaya dorong energi kinetik air menjadi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis Turbin Hidrokinetik Savonius Tornado yang dipluntir tanpa end plate. Metode eksperimental dilakukan pada saluran flume untuk membandingkan kinerja antara turbin Hidrokinetik Savonius Konvensional dan turbin Savonius Tornado tanpa end plate dengan melakukan pluntiran pada bilah turbin 1/2D, 1/3D, 4/4D, dimana D adalah lebar end plate turbin. Pengujian ini akan didapatkan nilai Coefficient of power (C_p), RPM, torsi (τ) dan TSR sebagai parameter untuk melihat performa turbin. Studi eksperimen ini menggunakan kecepatan aliran (v) antara 0,322 m/s - 0,507 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Turbin Savonius Konvensional menghasilkan nilai torsi sebesar 0,040 Nm - 0,095 Nm, turbin Savonius Tornado 1/2D tanpa end plate yang dipluntir menghasilkan nilai torsi sebesar 0,051 Nm - 0,194 Nm, turbin Savonius Tornado 3/4D tanpa end plate yang dipluntir menghasilkan nilai torsi sebesar 0,049 Nm - 0,155 Nm, dan turbin Savonius Tornado 4/4D tanpa end plate yang dipluntir menghasilkan nilai torsi sebesar 0,044 Nm - 0,168 Nm. Turbin Hidrokinetik Savonius Tornado yang dipluntir tanpa end plate berimplikasi pada meningkatnya kinerja turbin.

Kata kunci: Turbin Hidrokinetik, Turbin Savonius tanpa End Plate, Distribusi Kecepatan

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah penduduk nomor empat terpadat di dunia. Seiring dengan berkembangnya zaman, pertumbuhan ekonomi harus didukung dengan

kemajuan teknologi, yang dapat dimulai dari teknologi yang sederhana berupa teknologi tepat guna (Hamidah et al., 2021). Salah satu teknologi yang dapat dikembangkan di kehidupan sehari-hari adalah dengan memanfaatkan aliran sungai yaitu mengubah energi kinetik air menjadi energi listrik.

Aliran sungai memiliki debit aliran yang tergantung dari aliran limpasan permukaan dan aliran air tanah di lahan basah (Nyagin et al., 2023). Turbin adalah salah satu alat yang dapat berputar sebagai penghasil energi listrik dari aliran fluida.

Turbin dapat dibedakan dalam beberapa jenis yaitu turbin uap, turbin angin, turbin air dan turbin gas. Turbin air juga dapat dibedakan menjadi turbin yang berbasis gaya *drag* dan *lift*. Turbin hidrokinetik Savonius adalah turbin air berbasis *drag* yang beroperasi karena perbedaan tekanan antara *blade* yang maju dan yang mundur (Salyers et al., 2017). Turbin hidrokinetik Savonius dapat berputar pada aliran yang rendah, oleh sebab itu turbin hidrokinetik Savonius cocok digunakan di daerah sungai yang memiliki *head* (tinggi jatuh) yang rendah atau yang hanya memanfaatkan kecepatan arus sungai (Nindito & Kamiana, 2010). Turbin Savonius Tornado terinspirasi dari bentuk pola distribusi kecepatan (Yudistira et al., 2021b). Distribusi kecepatan aliran pada arah vertikal menunjukkan kecepatan aliran yang semakin mengecil mendekati dasar saluran, kemudian meningkat menuju permukaan (Nindito, 2009).

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan uji coba dengan merubah berbagai bentuk turbin hidrokinetik untuk meningkatkan kinerja yang dihasilkan. Jenis turbin hidrokinetik memiliki 2 tipe yaitu *Horizontal Axis Turbine* (HAT) dan *Vertical Axis Turbine* (VAT). Contoh tipe turbin hidrokinetik HAT seperti turbin Archimedes Spiral dengan penambahan sistem pengarah aliran berupa *truncated cone* dan ekor pengarah (Pratama et al., 2021). Kemudian tipe turbin hidrokinetik VAT seperti turbin Darrieus menggunakan *blade* dengan bentuk *airfoil* dan *Spinning Top Darrieus* yang merupakan hasil inovasi dan desain berdasarkan konsep distribusi kecepatan aliran (Wardani et al., 2020). Turbin Darrieus memiliki kelemahan yaitu kesulitan memulai awal putaran (*self starting*) pada rotornya karena berbasis gaya angkat (Octauria et al., 2021). *Articulating H-Rotor* merupakan pengembangan turbin H-Darrieus yang memiliki *straight blade* miring dengan tujuan memperbaiki *self-starting* yang kurang baik karena dominasi gaya angkat (*lift*) (Rianti et al., 2021). Antomo et al., (2020) melakukan uji eksperimental dengan menambahkan luas bidang tangkap pada turbin hidrokinetik Gorlov. Kecepatan aliran akan semakin besar di permukaan dan semakin kecil di dasar saluran (Nindito et al., 2008). Densitas pada aliran fluida lebih tinggi daripada aliran angin (Sucie et al., 2022a). Perbedaan densitas inilah yang menjadi alasan untuk mengembangkan turbin hidrokinetik dari turbin angin ventilator yang memiliki banyak bilah (Sucie et al., 2022b). Efek

sisi cembung dari *blade* turbin hidrokinetik Savonius mengakibatkan adanya nilai torsi negatif cukup besar yang mengakibatkan kelemahan berupa efisiensi turbin yang relatif rendah (Ichsan et al., 2021). Selain dapat diaplikasikan di aliran yang rendah, turbin hidrokinetik Savonius juga memiliki harga yang cukup terjangkau dan mudah untuk di desain (Monika et al., 2022).

Turbin Savonius dapat dibedakan menjadi turbin Savonius dengan *end plate* dan Turbin Savonius tanpa *end plate*. Bentuk *blade* yang mengalami *twist* 180° adalah salah satu cara untuk meningkatkan nilai RPM dan torsi pada turbin Savonius Tornado dengan *end plate* (Punu et al., 2024). Turbin Savonius tanpa *end plate* memiliki nilai RPM dan torsi yang lebih rendah. Untuk mengatasi hal tersebut ada berbagai cara inovasi yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja turbin Savonius tanpa *end plate* yaitu dengan menekankan pada sisi modifikasi parameter aspek rasio, jarak *overlap* dan bentuk *blade* (Yudistira et al., 2021a).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja yang dihasilkan dari efek pluntiran pada turbin hidrokinetik Savonius Tornado tanpa *end plate*. Bentuk *blade* berupa efek pluntiran pada Savonius Tornado tanpa *end plate* dipilih karena memiliki keunggulan potensial meningkatkan nilai RPM dan torsi sehingga kinerja turbin semakin baik.

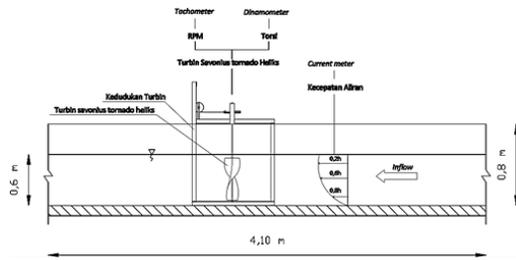
Metode

Studi ini melakukan uji eksperimental turbin hidrokinetik Savonius Tornado tanpa *end plate* dengan melakukan pluntiran (*twist*) pada bilah turbin. Uji eksperimen dilakukan di Laboratorium Hidrolika dan Hidrologi Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya. Desain turbin hidrokinetik Savonius Tornado tanpa *end plate* yang dipluntir diadaptasi dari bentuk profil distribusi kecepatan aliran yang besar pada bagian atas dan mengecil pada bagian bawah. Pada saat berputar, bentuk turbin Savonius Tornado tanpa *end plate* yang dipluntir menyerupai bentuk angin tornado yang bentuknya kecil pada bagian bawah *end plate* dan mulai membesar pada bagian atas *end plate* dengan tinggi turbin (H) sebesar 0,38 m.

Prosedur pengambilan data dilakukan dengan cara pengujian untuk mengetahui nilai RPM dan nilai torsi dari turbin hidrokinetik Savonius Tornado tanpa *end plate* yang dipluntir. Pengujian pertama dilakukan dengan pengambilan data kecepatan aliran pada saluran *flume* menggunakan alat *Current Meter* tipe SEBA-Universal *Current Meter* F1. Pengujian kedua adalah pengambilan data Rotasi Per Menit (RPM) menggunakan alat

ukur *tachometer* tipe GM8905. Pengujian ketiga adalah pengambilan data torsi dengan menggunakan alat neraca pegas digital untuk memperoleh nilai gaya (N) lalu mengalikan nilai dari neraca pegas digital tersebut dengan panjang lengan gaya (m).

Gambar 1 menunjukkan skema pengujian dari turbin hidrokinetik Savonius Tornado tanpa *end plate* yang dipluntir di saluran *flume* dengan tinggi *flume* 0,8 m, lebar 1 m dan kedalaman 0,6 m.



Gambar 1. Skema Pengujian Turbin Hidrokinetik Savonius di Saluran Flume

Variasi pengujian yang digunakan pada uji eksperimen ini yaitu, 4 (empat) variasi turbin Savonius Tornado tanpa *end plate* yang dipluntir dan 4 (empat) variasi kecepatan aliran pada *flume*. Simbol pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 dan data parameter turbin tertera pada Tabel 2.

Tabel 1. Simbol Pengujian Turbin Savonius

Jenis	Kode <i>running</i>	Keterangan
Turbin Savonius	TS	Turbin Savonius Konvensional
	TH1	Tornado 1/2D tanpa <i>end plate</i> yang dipluntir
	TH2	Tornado 3/4D tanpa <i>end plate</i> yang dipluntir
	TH3	Tornado 4/4D tanpa <i>end plate</i> yang dipluntir

Pluntiran bilah turbin dilakukan pada 1/2D, 1/3D, 4/4D, dimana D adalah lebar *end plate* turbin.

Tabel 2. Data Parameter Turbin

Komponen	TS	TH1	TH2	TH3
ϕ Turbin	25 cm	33,4 cm	28,5 cm	25 cm
h Turbin	38 cm	38 cm	38 cm	38 cm
n Bilah	2	2	2	2
ϕ As Turbin	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm

Gambar 2 menunjukkan penempatan turbin di *flume* pada saat pengujian. Posisi turbin diletakkan di tengah saluran prismatik (B/2) dan di tengah kedalaman aliran ($h/2$), dimana B adalah lebar saluran dan h adalah kedalaman saluran.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Penempatan Turbin saat Pengujian (a) Turbin Savonius Konvensional, (b) Turbin Savonius 1/2D tanpa End Plate yang Dipluntir, (c) Turbin Savonius 3/4D tanpa End Plate yang Dipluntir, (d) Turbin Savonius 4/4D tanpa End Plate yang Dipluntir

Metode analisis data dilakukan dengan cara menghitung parameter kinerja turbin hidrokinetik seperti ditunjukkan pada persamaan berikut ini.

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

$$\lambda = \frac{r \cdot \omega}{V} \quad (2)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot RPM}{60} \quad (3)$$

Keterangan:

C_p : Coefficient of power

TSR : Tip Speed Ratio

RPM : Rotasi Per Menit (rad/menit)

ρ : massa jenis air (kg/m^3)

π : Phi (22/7)

τ : Torsi (Nm)

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

V : Kecepatan aliran (m/s)

A : Luas bidang tangkap turbin (m^2)

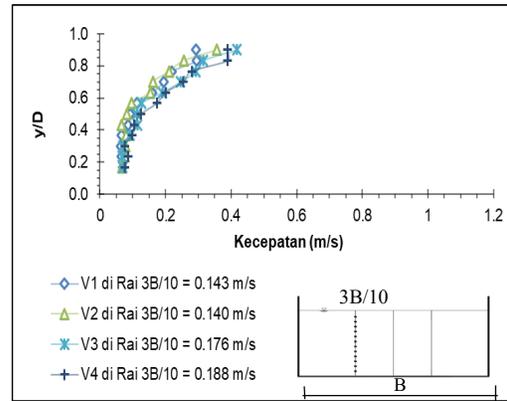
r : Jari-jari turbin (m)

Hasil dan Pembahasan

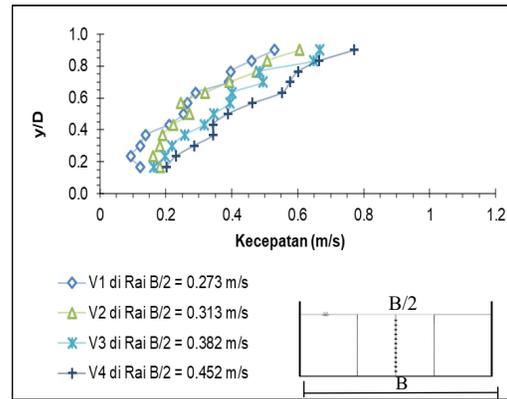
Gambar 3 menunjukkan hasil dari distribusi kecepatan aliran air di saluran *flume*. Menurut Gambar 3, grafik nilai distribusi kecepatan pada Gambar 3(a) posisi rai 3B/10 sebesar 0,143 m/s - 0,188 m/s, nilai distribusi kecepatan pada Gambar 3(b) posisi rai B/2 sebesar 0,273 m/s - 0,452 m/s

dan nilai distribusi kecepatan pada Gambar 3(c) posisi rai 7B/10 sebesar 0.525 m/s - 0.855 m/s.

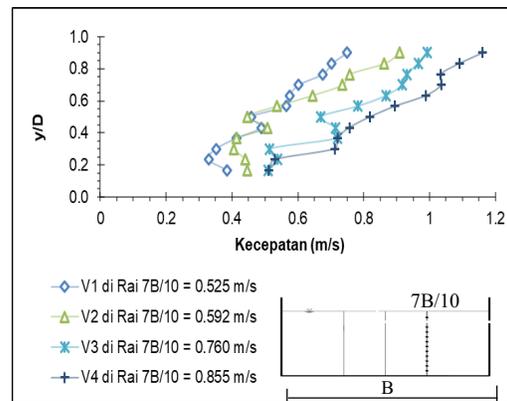
Berdasarkan distribusi kecepatan aliran yang dihasilkan dari pengujian, potensi tangkapan (*swept area*) terbesar terjadi di daerah atas penampang. Hal ini sejalan dengan tujuan inovasi dan desain yang dilakukan pada turbin Savonius Tornado tanpa *end plate* yang dipluntir.



(a)



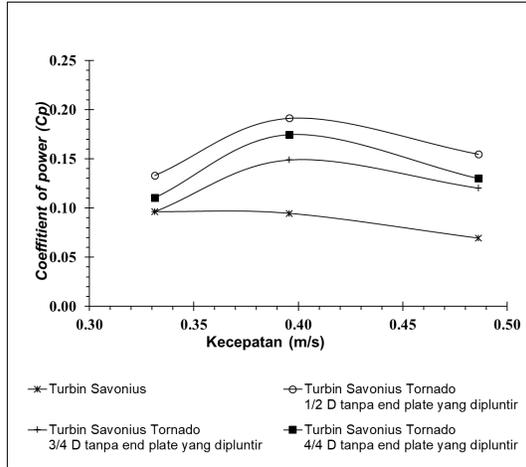
(b)



(c)

Gambar 3. Hubungan y/D dan Kecepatan Aliran : (a) Posisi Rai 3B/10, (b) Posisi Rai B/2, (c) Posisi Rai 7B/10

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara *Coefficient of power* (C_p) dan kecepatan (V) pada turbin hidrokinetik Savonius variasi 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir, 3/4D tanpa *end plate* yang dipluntir dan 4/4D tanpa *end plate* yang dipluntir.



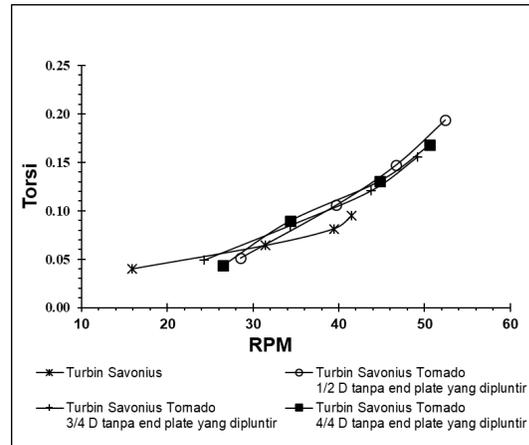
Gambar 4. Hubungan *Coefficient of power* (C_p) dan Kecepatan Aliran

Penghitungan untuk mendapatkan hasil *Coefficient of power* menggunakan persamaan (1). Pada perhitungan ini menggunakan kecepatan 0,322 m/s - 0,507 m/s.

Hasil pengambilan data dengan kecepatan aliran yang sama diperoleh nilai *Coefficient of power* pada turbin Savonius konvensional mengalami kenaikan nilai *Coefficient of power* sebesar 0,042 - 0,099 pada kecepatan 0,322 m/s - 0,355 m/s, pada kecepatan ke 0,451 m/s mulai turun hingga pada kecepatan 0,507 m/s sebesar 0,095 - 0,066. Turbin Savonius 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir juga mengalami kenaikan nilai *Coefficient of power* pada kecepatan 0,322 m/s - 0,355 m/s sebesar 0,096 - 0,206 dan mengalami penurunan pada kecepatan 0,451 m/s sebesar 0,165 dan kembali mengalami kenaikan pada kecepatan 0,507 m/s sebesar 0,171. Turbin Savonius 3/4D tanpa *end plate* yang dipluntir mengalami kenaikan nilai *Coefficient of power* sebesar 0,079 - 0,143 pada kecepatan 0,322 m/s - 0,355 m/s dan mengalami penurunan pada kecepatan 0,451 m/s sebesar 0,127 dan mengalami sedikit kenaikan pada kecepatan 0,507 m/s sebesar 0,129. Dan turbin Savonius 4/4D tanpa *end plate* yang dipluntir mengalami kenaikan nilai *Coefficient of power* sebesar 0,077 - 0,151 pada kecepatan 0,322 m/s - 0,355 m/s dan mengalami penurunan sebesar 0,141 pada kecepatan 0,451 m/s dan mengalami sedikit kenaikan pada kecepatan 0,507 m/s sebesar 0,143.

Dalam perolehan nilai *Coefficient of power*, turbin Savonius 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir menghasilkan nilai *Coefficient of power* yang paling tinggi di antara turbin pembandingan lainnya.

Gambar 5 menunjukkan hasil nilai torsi pada variasi turbin Savonius tanpa *end plate* yang dipluntir lebih tinggi dibandingkan dengan turbin Savonius konvensional tanpa *end plate*.



Gambar 5. Hubungan Torsi dan RPM

Dari hasil grafik Gambar 5, turbin Savonius memiliki nilai RPM paling rendah sebesar 15,88 rad/menit - 41,4 rad/menit, lalu pada turbin Savonius 4/4D tanpa *end plate* yang dipluntir memperoleh nilai sebesar 26,50 rad/menit - 50,58 rad/menit, lalu turbin Savonius 3/4D tanpa *end plate* yang dipluntir memperoleh nilai sebesar 24,28 rad/menit - 49,22 rad/menit dan untuk turbin Savonius 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir menghasilkan nilai RPM tertinggi dengan nilai sebesar 28,58 rad/menit - 52,40 rad/menit. Tetapi nilai torsi pada turbin Savonius 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir menghasilkan nilai paling tinggi dari turbin Savonius konvensional dengan nilai sebesar 0,051 Nm - 0,194 Nm. Turbin Savonius 3/4D dan Savonius 4/4D tanpa *end plate* yang dipluntir memiliki nilai torsi sebesar 0,049 Nm - 0,155 Nm dan 0,044 Nm - 0,168 Nm. Pengujian menggunakan variasi kecepatan rerata aliran sebesar 0,322 m/s - 0,507 m/s.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan bentuk *blade* yang mengikuti pola distribusi kecepatan aliran menghasilkan nilai torsi, RPM dan *Coefficient of power* pada turbin Savonius Tornado tanpa *end plate* yang dipluntir lebih baik dibandingkan dengan turbin Savonius. Uji eksperimental yang dilakukan pada interval kecepatan 0,322 m/s - 0,507 m/s menghasilkan

nilai *Coefficient of power* tertinggi pada turbin Savonius Tornado 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir. Hasil gradien perubahan nilai RPM terhadap nilai torsi yang paling tinggi terjadi pada turbin Savonius Tornado 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir. Dapat disimpulkan bahwa turbin Savonius Tornado 1/2D tanpa *end plate* yang dipluntir memiliki kinerja yang paling baik dibandingkan dengan turbin Savonius, turbin Savonius Tornado 3/4D, dan 4/4D tanpa *end plate* yang dipluntir.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah turbin hidrokinetik Savonius Tornado yang dipluntir tanpa *end plate* mampu diaplikasikan dalam pembuatan pembangkit listrik tenaga hidrokinetik untuk kecepatan rendah.

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menguji bentuk turbin hidrokinetik Savonius Tornado dengan perbandingan *end plate* atas dan *end plate* bawah yang menyesuaikan dengan perbandingan bentuk distribusi kecepatan aliran permukaan dan kecepatan yang mendekati di dasar saluran.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Dwi Anung Nindito, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya periode 2020-2023 yang telah menyediakan fasilitas peralatan laboratorium yang cukup lengkap dan memadai. Terima kasih pula disampaikan kepada Dwi Anung Nindito, S.T., M.T. dan Ir. Allan Restu Jaya, M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi.

Daftar Pustaka

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), hal. 159-170. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9186>.

Hamidah, N., Garib, T. W., Nindito, D. A., & Santoso, M. (2021, July). Installation Assistance Repeated Processing Technology Septictank (RPS) in Pahandut Seberang Village, Palangka Raya City. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 832, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.

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>.

Monika, Y., Nindito, D. A., & Yupi, H. M. (2022). Efek Sudut ODGV Terhadap Profil Distribusi Kecepatan Aliran Di Hilir Turbin Hidrokinetik Savonius. *Jurnal Teknika: 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* (02, pp. 1–7).

Nyagin, R. A., Yupi, H. M., & Nindito, D. A. (2023). Pengaruh Tekanan Hidrostatik Terhadap Debit Rembesan Sekat Kanal Berkonstruksi Beton pada Lahan Gambut. *Basement: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 58-66.

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 Pengarah Aliran Pada Turbin Hidrokinetik Archimedes Spiral. *Jurnal Teknik*, 19(1), 1–11. <https://doi.org/10.37031/jt.v19i1.145>.

Punu, A. K., Nindito, D. A., & Kamiana, I. M. (2024). Uji Eksperimental Efek Twist 180° Terhadap Performa Turbin Hidrokinetik Savonius Tornado. *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, 8(1), 28-34.

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>.

- Salyers, T., Rahman, M. and Ahmed, M. (2017) 'Vertical-Axis Wind Turbine Models With Various Number Of *Blades*', pp. 1–14.
- Sucie, E., Nindito, D. A., & Jaya, A. R. (2022a). Kinerja Turbin Hidrokinetik Ventilator. *Jurnal Teknika: 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 Teknika: 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>.