

Performa Turbin *Spinning Top Darrieus* Terhadap Saluran Berbelok

*Benni Randy Sitanggang, Dwi Anung Nindito, Allan Restu Jaya
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
*)sitanggang.bennirandy@gamil.com

Received: 18 Februari 2026, Revised: 20 Februari 2026, Accepted: 20 Februari 2026

Abstract

The Spinning Top Darrieus hydrokinetic turbine has curved blades that cause its initial rotation to be weak due to the effect of lift, especially when the turbine starts to rotate. This experimental study aims to improve turbine performance by varying the flow position. The tests were conducted at four flow positions, namely one in a straight channel and three in channels with angles of 0°, 90°, and 180°. The experiments were conducted in an open channel (flume) measuring 100 cm wide, 600 cm long, 80 cm high, with a water depth of 60 cm. The tests were conducted at four variations of average flow velocity, namely $V1 = 0.228$ m/s, $V2 = 0.276$ m/s, $V3 = 0.368$ m/s, and $V4 = 0.361$ m/s. The turbine used a NACA0018 blade profile. The results showed that the turbine in the straight channel had the best performance compared to the curved channel. In the straight channel, the power generated ranged from 0.333 to 1.521 J/s with an efficiency of 46.274% to 58.232% and a Coefficient of Power of 0.373 to 0.429. Meanwhile, the lowest performance occurred in the 180° angled channel with power ranging from 0.101 to 0.630 J/s and a Coefficient of Power of 0.102 to 0.134.

Keywords: *Spinning Top Darrieus, Hydrokinetic, Groove channel turning*

Abstrak

Turbin hidrokinetik *Spinning Top Darrieus* memiliki bilah melengkung yang menyebabkan kemampuan putaran awalnya lemah akibat pengaruh gaya lift, terutama saat turbin mulai berputar. Penelitian eksperimental ini bertujuan meningkatkan performa turbin dengan memvariasikan posisi aliran. Pengujian dilakukan pada empat posisi aliran, yaitu satu pada saluran lurus dan tiga pada saluran berbelok dengan sudut 0°, 90°, dan 180°. Eksperimen dilakukan di saluran terbuka (flume) berukuran lebar 100 cm, panjang 600 cm, tinggi 80 cm, dengan kedalaman air 60 cm. Uji dilakukan pada empat variasi kecepatan aliran rata-rata, yaitu $V1 = 0,228$ m/s, $V2 = 0,276$ m/s, $V3 = 0,368$ m/s, dan $V4 = 0,361$ m/s. Turbin menggunakan profil bilah NACA0018. Hasil menunjukkan bahwa turbin pada saluran lurus memiliki performa terbaik dibandingkan saluran berbelok. Pada saluran lurus, daya yang dihasilkan berkisar 0,333–1,521 J/s dengan efisiensi 46,274%–58,232% dan Coefficient of Power 0,373–0,429. Sementara itu, performa terendah terjadi pada saluran belokan sudut 180° dengan daya 0,101–0,630 J/s dan Coefficient of Power 0,102–0,134.

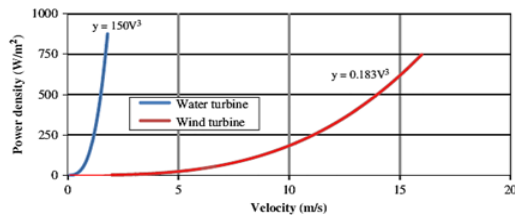
Kata kunci: *Spinning Top Darrieus, Hidrokinetik, Saluran aliran berbelok*

Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi akan memacu pertumbuhan di semua sektor penggerak ekonomi yang berakibat pada peningkatan kebutuhan energi. Hal yang tidak bisa dipungkiri lagi, penggunaan energi dari fosil (minyak bumi, batu bara, dan gas alam) saat ini terus meningkat. Berdasarkan data dari *BP Statistical Review Of World Energy* tahun 2016

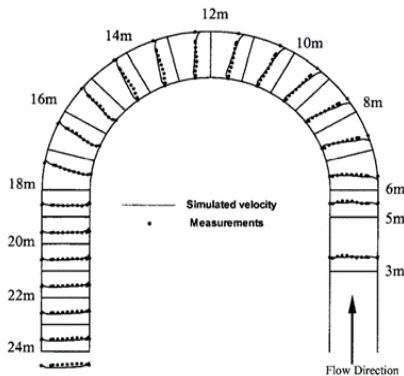
penggunaan energi dunia masih didominasi oleh energi fosil, dengan rincian; minyak mencapai 72,59 juta ton setara minyak (*Million Tonnes Oil Equivalent/Mtoe*), batu bara 62,7 mtoe, gas alam 33,93 MTOE, tenaga air 3,27 MTOE, dan *renewable energy* mencapai 2,56 MTOE. Seiring dengan perkembangan zaman pemanfaatan energi hidrokinetik sebagai *Renewable Energy* mengalami perkembangan pesat seiring dengan peningkatan kebutuhan energi di dunia. Energi

hidrokinetik bersumber dari energi arus sungai, energi arus laut, energi panas laut, energi gelombang laut, dan energi pasang surut air laut. Indonesia merupakan negara maritim yang sebagian besar wilayahnya didominasi oleh laut yang luas. Karena Indonesia merupakan negara maritim sehingga memiliki potensi melalui tenaga air untuk menghasilkan *Renewable Energy*. Turbin *Spinning Top Darrieus* merupakan hasil inovasi dan desain berdasarkan konsep distribusi kecepatan aliran. Hidrokinetik merupakan energi konversi dari aliran air (Khan et al., 2009). Aliran air memiliki kecepatan minimum berada pada dasar saluran (Nindito et al., 2008). Kecepatan aliran akan bertambah besar disaat menuju ke permukaan (Nindito, 2009). Energi dari aliran air dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan dengan bantuan turbin air. Gambar 1 merupakan grafik perbandingan densitas daya pada turbin air dan turbin angin (Saini & Saini, 2019). Pada kecepatan yang sama, daya yang dihasilkan turbin air lebih besar dibandingkan turbin angin.



Gambar 1. Perbandingan Daya pada Kecepatan Aliran Turbin Air dan Turbin Angin
 Sumber: Saini & Saini (2019)

Pada aliran saluran yang berbelok, memiliki kecepatan aliran yang searah dimana aliran meningkat di sepanjang tikungan dalam dan kecepatan aliran menurun di sepanjang aliran tikungan luar, sedangkan kecepatan searah aliran di tepi dalam dan luar hampir sama di saluran masuk tikungan (Duan, 2004). Gambar 2 memperlihatkan akselerasi kecepatan searah aliran di tikungan bagian dalam adalah karena konveksi melintang momentum yang disebabkan oleh arus sekunder.



Gambar 2. Kecepatan aliran pada saluran yang berbelok

Turbin hidrokinetik dapat menjadi teknologi pembangkit listrik skala kecil pada tepian sungai yang memiliki *head* rendah (Nindito & Kamiana, 2010). Turbin hidrokinetik adalah teknologi yang memanfaatkan energi kinetik dari aliran air pasang surut dan aliran sungai, dengan cara memanfaatkan luas bidang tangkap aliran (Kumar & Saini, 2014). Turbin hidrokinetik mampu memanfaatkan distribusi kecepatan aliran air yang terjadi. Turbin hidrokinetik umumnya terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *Vertical Axis Turbine* (VAT) dan *Horizontal Axis Turbine* (HAT). Turbin dengan jenis VAT terbagi menjadi 2 jenis bilah, yaitu bilah yang memakai *airfoil* dan bilah yang tidak memakai *airfoil*. Turbin yang memakai *airfoil*, yaitu Darrieus, H-Darrieus, Gorlov, turbin DNA (Antomo et al., 2020), *Spinning Top Darrieus* (Wardani et al., 2020) dan turbin Darrieus dengan ODGV (Octauria et al., 2021). Jenis turbin yang tidak memakai *airfoil*, seperti Savonius, Tornado Savonius (Yudistira et al., 2021a) (Yudistira et al., 2021b), dan Savonius dengan *rectifier guide vanes* (Ichsan et al., 2021). Turbin dengan jenis HAT, yaitu Archimedes Spiral dan *Archimedes Spiral* dengan sistem pengarah aliran (Pratama et al., 2021). Turbin hidrokinetik Savonius dapat berfungsi pada aliran yang rendah turbin savonius juga dapat didesain dengan mudah karena turbin savonius sangat terjangkau untuk harga bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat turbin savonius (Monika et al., 2022). Turbin H-Darrieus yang memiliki *straight blade* yang miring dimana tujuan *straight blade* yang miring untuk memperbaiki *self-starting* yang kurang baik dikarenakan pada turbin h-Darrieus memiliki gaya angkat (*lift*) sangat mendominasi (Rianti et al., 2021). 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).

Parameter Kinerja Turbin

Kecepatan sudut (ω) merupakan hasil konversi dari nilai Rotasi Per Menit (RPM) (Febrianto & Santoso, 2016).

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot RPM}{60}$$

Tip Speed Ratio (λ) adalah perbandingan antara kecepatan aliran fluida dan kecepatan ujung bilah (López et al., 2016); (Lain & Osorio, 2010).

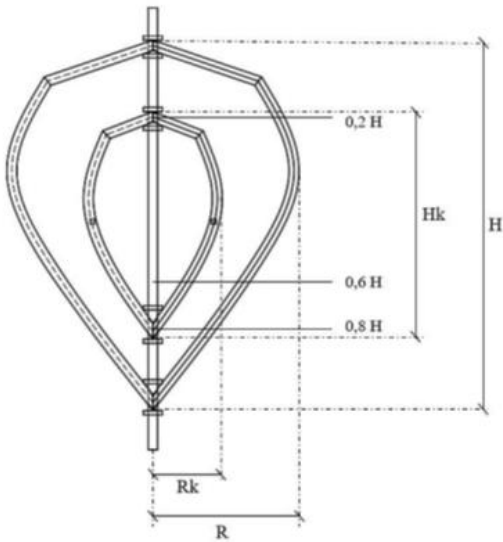
$$TSR = \lambda = \frac{r \cdot \omega}{V}$$

Power Coefficient (C_p) merupakan perbandingan daya pada turbin dan daya aliran fluida (Shaaban et al., 2018); (Qamar & Janajreh, 2017)

$$C_p = \frac{P_{turbin}}{P_{Available}} = \frac{\tau\omega}{0.5\rho AV^3}$$

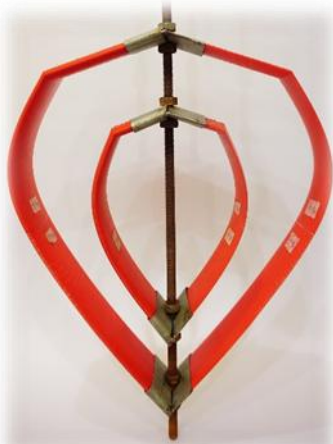
Metode

Turbin hidrokinetik *Spinning Top Darrieus* menggunakan 4 bilah di mana 2 bilah luar dan 2 bilah dalam dengan airfoil NACA0018. Tinggi bilah luar (h) adalah 0,38 m., dan tinggi bilah dalam yaitu $3/5$ dari tinggi bilah luar, jari-jari turbin bilah luar (R) yaitu 0,15m dan jari-jari bilah dalam turbin (R_k) yaitu $1/2,2$ kali jari-jari bilah luar (R_k). Gambar 3 menunjukkan inovasi dan parameter desain turbin *Spinning Top Darrieus*, Gambar 4 hasil turbin *Spinning Top Darrieus* setelah di buat



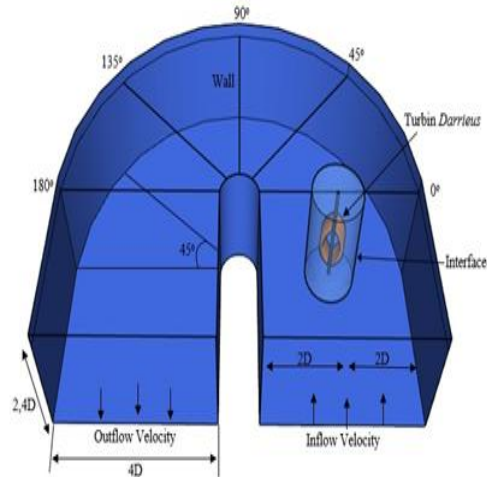
Gambar 3. Desain inovasi turbin *Spinning Top Darrieus*

Turbin spinning top darrieus dengan *balde naca* 0018 dengan bahan PLA (*Poly Lactic Acid*) dibuat menggunakan printer 3D, dapat dilihat pada Gambar 4.



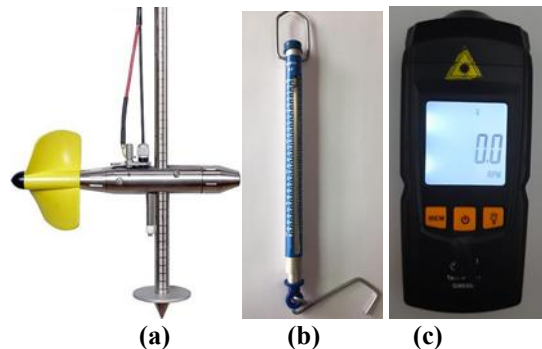
Gambar 4. Turbin hidrokinetik *spinning top darrieus* yang telah jadi.

Uji eksperimen ini memvariasikan 4 aliran saluran di mana 1 saluran lurus dan 3 pada saluran berbelok. Variasi kemiringan sudut berbelok pada saluran sudut $0^\circ, 90^\circ,$ dan 180° . Gambar 5 menunjukkan posisi saluran berbelok.

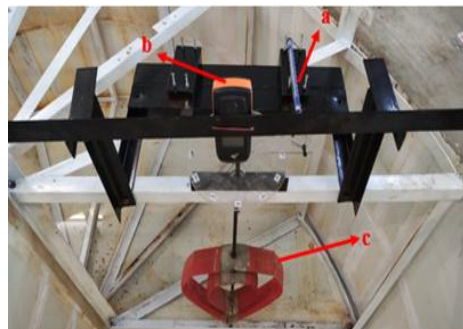


Gambar 5. menunjukkan posisi saluran berbelok

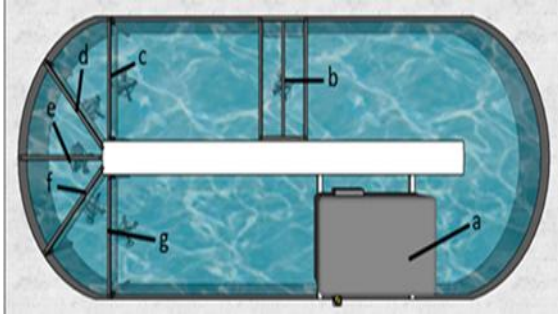
Alat ukur yang digunakan dalam pengujian Turbin Hidrokinetik *Spinning Top Darrieus* yaitu *Curentt Meter* (*digital counter*; BBE-CNT001 dan SEBA F1519), neraca pegas dan *Tachometer* (GM8905)



Gambar 6. Alat Ukur Pengujian Turbin Hidrokinetik *Articulating H-Rotor*; (a) *Curentt Meter (Digital Counter)* BBE-CNT001 dan SEBA



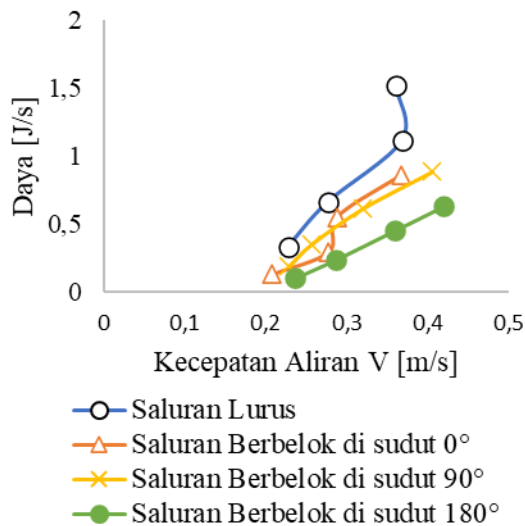
Gambar 7. Cara pengambilan data pada turbin *Spinning Top Darrieus*, (a) Pengambilan data Torsi, (b) Pengambilan data Rotasi Per Menit (RPM), dan (c) Posisi turbin *Spinning Top Darrieus*



Gambar 8. Mekanisme Pengujian Turbin Hidrokinetik Spinning Top Darrieus pada saluran berbelok

Gambar 8 merupakan mekanisme pengujian turbin Spinning Top Darrieus di saluran flume. Gambar 8 a menunjukkan posisi mesin sebagai penggerak aliran air, Gambar 8 b posisi turbin di aliran saluran lurus, Gambar 8 c posisi turbin pada saluran aliran berbelok pada sudut 0° , Gambar 8 d posisi turbin di saluran berbelok di sudut 45° , Gambar 8 e posisi turbin pada sudut 90° di saluran berbelok, Gambar 8 f posisi turbin pada saluran berbelok di sudut 135° dan gambar 8 g posisi turbin di saluran berbelok di sudut 180° .

Hasil dan Pembahasan

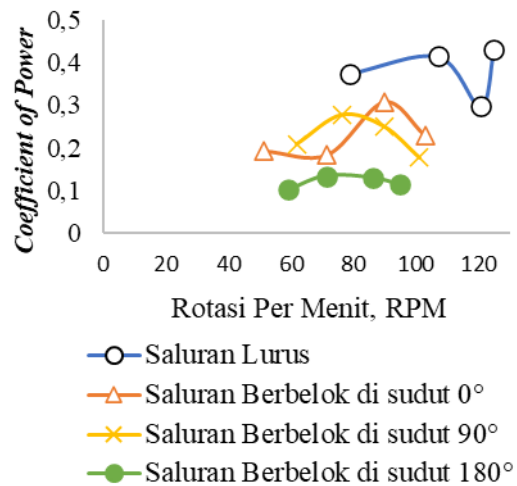


Gambar 9. Grafik hubungan Kecepatan Aliran dan Daya pada Turbin Hidrokinetik Spinning Top Darrieus pada saluran lurus dan saluran aliran yang berbelok

Tabel 1. Data hasil pengujian dari nilai Daya

V	Daya (J/s)			
	Saluran Lurus	0° pada belokan	90° pada belokan	180° pada belokan
1	0,33	0,13	0,19	0,10
2	0,66	0,30	0,35	0,24
3	1,12	0,55	0,61	0,45
4	1,52	0,86	0,89	0,63

Gambar 9. menunjukkan grafik Daya turbin Hidrokinetik Spinning Top Darrieus terhadap Performa daya pada turbin Spinning Top Darrieus semakin kesaluran berbelok maka daya yang dihasilkan semakin menurun. Daya yang paling tinggi dihasilkan pada saluran aliran lurus, dengan menghasilkan daya sebesar 0,333 J/s -1,521 J/s, dan daya yang paling rendah di hasikan pada belokan saluran di sudut 180° , yaitu dengan daya sebesar 0,101 J/s-0,630 J/s. Untuk melihat hasil keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 10. Grafik hubungan Coefficient of Power (Cp) dan Rotasi Per Menit (RPM) pada Turbin Hidrokinetik Spinning Top Darrieus pada saluran lurus dan saluran aliran yang berbelok

Tabel 2. Data hasil pengujian dari nilai coefficient of power (Cp)

V	Coefficient of Power (Cp)			
	Saluran Lurus	0° pada belokan	90° pada belokan	180° pada belokan
1	0,37	0,19	0,21	0,10
2	0,41	0,18	0,28	0,13
3	0,30	0,31	0,25	0,13
4	0,43	0,23	0,18	0,11

turbin Hidrokinetik Spinning Top Darrieus dimana perpompa coefficient of power (Cp) pada turbin Spinning Top Darrieus semakin kesaluran berbelok maka coefficient of power (Cp) yang di hasilkan semakin menurun. coefficient of power (Cp) yang paling tinggi dihasilkan pada saluran aliran lurus, dengan menghasilkan daya sebesar 0,373 – 0,429, dan coefficient of power (Cp) yang paling rendah di hasikan pada belokan saluran si sudut 180° , yaitu dengan coefficient of power (Cp) sebesar 0,102 – 0,134. Untuk melihat hasil keseluruhan dapat di lihat pada Tabel 2.

Kesimpulan

Turbin hidrokinetik Spinning Top Darrieus dengan saluran aliran lurus memiliki daya dan Coefficient of Power (C_p) yang lebih unggul dibandingkan dengan saluran berbelok. Turbin Spinning Top Darrieus dengan saluran aliran lurus memiliki efisiensi terbesar yaitu 58,232 % dibandingkan dengan saluran aliran berbelok 0° , 90° dan 180° . Saluran aliran di sudut 0° menghasilkan nilai daya 0,129 J/s – 0,860 J/s dan nilai Coefficient of Power 0,183 – 0,229. Turbin dengan saluran berbelok pada sudut 90° menghasilkan nilai daya 0,187 J/s – 0,885 J/s dan nilai Coefficient of Power 0,176 – 0,277. Saluran aliran berbelok dengan sudut 180° menghasilkan nilai daya 0,101 J/s-0,630 J/s dan nilai Coefficient of Power 0,102 – 0,134.

Saran

Pada uji eksperimen selanjutnya peneliti dapat mengubah variasi *blade* dengan mengikuti aliran air di bagian saluran yang berbelok.

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), 159. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9186>
- Duan, J. G. (2004). *Simulation of Flow and Mass Dispersion in Meandering Channels*. 964–976. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9426\(2004\)130:\(964\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9426(2004)130:(964))
- Febrianto, A., & Santoso, A. (2016). Analisa Perbandingan Torsi dan RPM Turbin Tipe Darrieus Terhadap Efisiensi Turbin. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 517–521. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.19414>
- 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. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v7i2.96>
- Khan, M. J., Bhuyan, G., Iqbal, M. T., & Quaiocoe, J. E. (2009). Hydrokinetic Energy Conversion Systems and Assessment of Horizontal and Vertical Axis Turbines for River and Tidal Applications: A Technology Status Review. *Applied Energy*, 86(10), 1823–1835. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.02.017>
- Kumar, A., & Saini, R. (2014). Development of Hydrokinetic Power Generation System: a Review. *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology*, 4(6), 464–477.
- Lain, S., & Osorio, C. (2010). Simulation and Evaluation of a Straight-Bladed Darrieus-Type Cross Flow Marine Turbine. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69(12), 906–912.
- López, O., Meneses, D., Quintero, B., & Láin, S. (2016). Computational Study of Transient Flow Around Darrieus Type Cross Flow Water Turbines. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 8(1), 1–21. <http://dx.doi.org/10.1063/1.4940023>
- 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)*, 1, 8–15.
- Nindito, D. A., Istiarto., & Kironoto, B. A. (2008). Simulasi Numeris Tiga Dimensi Kantong Lumpur Bendung Sapon. In *Journal of the Civil Engineering Forum* (Vol. 18, Nomor 1, hal. 712–724).
- Nindito, D. A., & Kamiana, I. M. (2010). Perencanaan Model PLTA Skala Kecil Berbasis Teknologi Lokal Di Daerah Pemukiman Tepi Sungai. In *PROTEKSI (Program Studi Teknik Sipil)*, II(02), 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(1), 15–24. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.26623/teknika.v16i2.3981>
- Saini, G., & Saini, R. P. (2019). A Review on Technology, Configurations and Performance of Cross-Flow Hydrokinetic Turbines. *International Journal of Energy Research*,

- 43(13),6639–6679.
<https://doi.org/10.1002/er.4625>
- 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.
- 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. *RekaRecana: Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 1–11.
<https://doi.org/10.26760/rekaracana.v7i1.215>