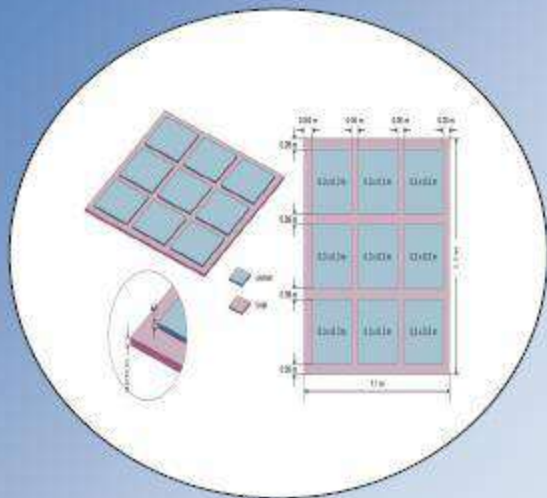


Deskripsi Artikel

- Judul Jurnal : R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal
- Volume Jurnal : Volume 8, Nomor 1, 2023
- Akreditasi : Peringkat 3
- Judul Artikel : Pengaruh Kincir Tertutup Terhadap Efisiensi dan Rugi-rugi
- Penulis : Zaka Nurfadilah, **Dan Mugisidi**, Abdul Rahman Soleh Pohan, Oktarina Heriyani.
- Status Penulis : Kontributor

REM JURNAL

(REKAYASA ENERGI MANUFAKTUR)



p-172527-967037

SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia



Kutipan dari Keputusan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia

Nomor 230/E/KPT/2022

Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah periode IV Tahun 2022

Nama Jurnal Ilmiah

R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal

E-ISSN: 25283723

Penerbit: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Ditetapkan Sebagai Jurnal Ilmiah

TERAKREDITASI PERINGKAT 3

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu
Volume 7 Nomor 1 Tahun 2022 sampai Volume 11 Nomor 2 Tahun 2026

Jakarta, 30 December 2022

Plt. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi,
Riset, dan Teknologi



Prof. Ir. Nizam, M.Sc., DIC, Ph.D., IPU, ASEAN Eng
NIP. 196107061987101001



Balai
Sertifikasi
Elektronik

Catatan :

1. UU ITE No 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti yang sah"
2. Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR-E

Editorial Team

<https://rem.umsida.ac.id/index.php/rem/about/editorialTeam>

The screenshot shows the 'Editorial Team' page of the R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal website. The page features a navigation bar with 'HOME / EDITORIAL TEAM' and a search bar. The main content area is titled 'Editorial Team' and lists the following roles and members:

- Editor in Chief:** Dr Prantasi Harmi Tjahjanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
- Associate Editors:**
 - Prof. KIWATA Takahiro, Kanazawa University, Japan
 - Dr-Eng. Rahmad Firdaus, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
 - Rudi Nurdiansyah, Universitas Negeri Malang, Indonesia
 - Andita Nataria Ganda, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia
 - Karyanik Karyanik, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia
 - Ali Akbar, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
- Managing Editors:**
 - Mulyadi Mulyadi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
 - A'rahy Fahrudin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

On the right side of the page, there is a 'Support Center' with a WhatsApp icon, and two accreditation certificates: 'Accredited SINTA 3' and 'SERTIFIKAT' from the Ministry of Education, Culture, and Higher Education of the Republic of Indonesia.

Daftar Isi

<https://rem.umsida.ac.id/index.php/rem/issue/view/148>

The screenshot shows the 'Daftar Isi' (Table of Contents) page for issue 148 of the R.E.M. journal. The page features a navigation bar with 'HOME ARCHIVES VOL 8 NO 1 (2023) JUNE' and a search bar. The main content area displays the journal cover for 'REKAYASA ENERGI MANUFAKTUR' (REM JURNAL) and the following information:

- DOI:** <https://doi.org/10.21070/rem.v8i1>
- Published:** 2023-02-22

The 'Articles' section lists the following article:

- Using the MPX5500DP Sensor for Monitoring Microcontroller-Based HVAC Systems and IOT**
Penggunaan Sensor MPX5500DP Untuk Monitoring Sistem HVAC Berbasis Mikrokontroler dan IOT
Rizki Aulia Nanda, Agus Supriyanto, Karyadi, Fathan Mubina Dewadi
1-8

Below the article title, there are buttons for 'PDF', 'XML', and 'EPUB'. On the right side of the page, there is a 'Support Center' with a WhatsApp icon, and two accreditation certificates: 'Accredited SINTA 3' and 'SERTIFIKAT' from the Ministry of Education, Culture, and Higher Education of the Republic of Indonesia. At the bottom right, there is a 'Citedness in Scopus' badge.

Pengaruh Kincir Tertutup Terhadap Efisiensi dan Rugi-rugi

Zaka Nurfadilah¹, Dan Mugisidi^{2*}, Abdul Rahman Soleh Pohan³, Oktarina Heriyani⁴

*Email corresponding author: dan.mugisidi@uhamka.ac.id

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia

Article history: Received: 01 Mei 2023 | Revised: 17 Mei 2023 | Accepted: 26 Mei 2023

Abstract. *Waterwheel is a component in a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) which obtains energy from flowing water which has a height and speed. The amount of energy converted by the water wheel depends on the shape of the blade and the installation position, but the losses due to wasted water are still large. Therefore this study proposes a closed water wheel to reduce losses. This research uses two condition of water wheel: open wheel and closed wheel. This research uses one mill which applied into two conditions. The waterwheel is made using Polylactid Acid (PLA) and tested using 2 inch pipe lines and flow rates of 10, 12, 14, 16, 18, 20 m³/hour. The efficiency of a closed water wheel is higher than that of an open wheel at all discharge rates. The highest efficiency for a closed wheel is 54.54% and for an open wheel is 52.25% at a discharge of 10 m³/hour with a loss ratio of 0.078 for an open wheel and 0.065 for a closed wheel which shows that the losses in the water wheel are reduced.*

Keywords - Efficiency, Waterwheel, Micro hydro, Losses

Abstrak. *Kincir air adalah komponen dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki ketinggian dan kecepatan. Jumlah energi yang dikonversikan oleh kincir air tergantung pada bentuk sudu dan posisi pemasangannya akan tetapi rugi-rugi akibat air yang terbuang masih besar. Oleh karena itu penelitian ini mengusulkan kincir air tertutup untuk mengurangi rugi-ruginya. Penelitian ini menggunakan dua jenis: kincir terbuka dan kincir tertutup. Penelitian ini menggunakan satu kincir yang diaplikasikan untuk dua kondisi. Kincir air dibuat menggunakan Polylactid Acid (PLA). Kincir air diuji menggunakan saluran pipa 2 inch dan laju aliran 10, 12, 14, 16, 18, 20 m³/jam. Efisiensi kincir air tertutup lebih tinggi daripada kincir terbuka pada semua tingkat debit. Efisiensi tertinggi kincir tertutup adalah 54,54% dan kincir terbuka 52,25% pada debit 10 m³/jam dengan rasio rugi-rugi mencapai 0,078 pada kincir terbuka dan 0,065 pada kincir tertutup yang menunjukkan bahwa rugi-rugi pada kincir air berkurang.*

Kata Kunci - Efisiensi, Kincir Air, Mikrohidro, Rugi-rugi

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia dalam melakukan aktifitas sehari-hari [1]. Pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun semakin meningkat yang menyebabkan kebutuhan energi listrik menjadi meningkat [2] karena berbagai peralatan menggunakan energi listrik [3]. Akan tetapi Pembangkit listrik harus dicapai untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat ini. Sehingga dibutuhkan sumber energi terbarukan seperti energi air, energi angin, energi matahari, biogas, gelombang laut dan sebagainya [4]. Di Indonesia, penyediaan energi listrik masih mengandalkan pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil [5]. Berkurangnya cadangan energi fosil seperti minyak bumi, gas, dan batu bara, maka perlu diadakan pengembangan mengenai pembangkit listrik yang ramah lingkungan seperti kincir air dengan memanfaatkan aliran dan jatuhnya air [6]. Sampai saat ini sumber energi terbesar yang telah dimanfaatkan adalah energi air [7].

Energi air merupakan energi yang berasal dari alam yang mudah didapat, disebabkan air mempunyai energi potensial dan energi kinetik [8] [9]. Energi air menjadi pilihan yang baik karena kondisi di Indonesia yang bergunung dan berbukit yang di aliri oleh banyak sungai yang menghasilkan energi dan akan dimanfaatkan dalam wujud energi mekanik menjadi energi listrik [10]. Tenaga air merupakan energi terbarukan yang sangat berkontribusi untuk pembangkit listrik [11]. Namun karena bergantungnya pada kondisi geografis dan cuaca, pemanfaatan energi air tidaklah sederhana [12].

Salah satu alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang optimal di Indonesia adalah kincir air. Kincir air adalah tenaga air yang digunakan sejak jaman dahulu untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [13]. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan besar debit air yang menggerakkan kincir dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [14] [15]. Ada beberapa jenis kincir air yaitu : *overshoot*, *undershoot*, *breastshoot*, kincir air aliran [16] [17]. Pemanfaatan mikrohidro sangat menguntungkan untuk daerah-daerah terpencil [18]. Oleh karena itu, desain kincir air relatif sederhana dan memiliki torsi tinggi, namun implementasi kincir air sebagai mikrohidro perlu di teliti lebih lanjut untuk mengembangkan kinerja PLTA [19].

Beberapa penelitian tentang kincir air telah banyak dilakukan diantaranya tebal sudu terhadap kinerja kincir air sudu datar [20], kedalaman pencelupan sudu kincir [21], pengaruh tinggi sudu kincir air terhadap daya dan efisiensi [22], analisis kerugian pada performa *dethridge wheel* [23] [24], karakteristik kinerja dan rugi-rugi daya pada kincir air *breastshot* [25], serta estimasi daya keluaran dan rugi-rugi daya pada kincir air *overshot* [26]. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk mengurangi rugi-rugi pada kincir air. Sejauh ini belum ada penelitian yang menggunakan kincir air tertutup untuk mengurangi rugi-rugi pada kincir air. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan rugi-rugi kincir air dengan menggunakan kincir air tertutup.

METODE

Pengujian kincir air ini untuk mengukur efisiensi dan rugi-rugi kincir air [27]–[29] yang dihasilkan dengan kincir tertutup. Kincir air tertutup yang digunakan pada penelitian ini adalah kincir air yang dikurangi luasan terbukanya sehingga aliran air masuk tidak terganggu tetapi air tidak mudah untuk keluar dan dibandingkan dengan kincir air yang biasa (kincir air terbuka) seperti pada gambar 1.



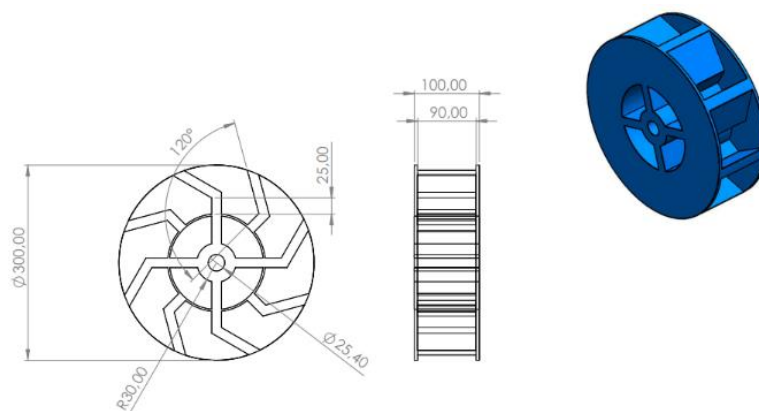
Gambar 1. (a) Kincir air terbuka dan (b) Kincir air tertutup

Alat yang digunakan dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat Ukur yang digunakan

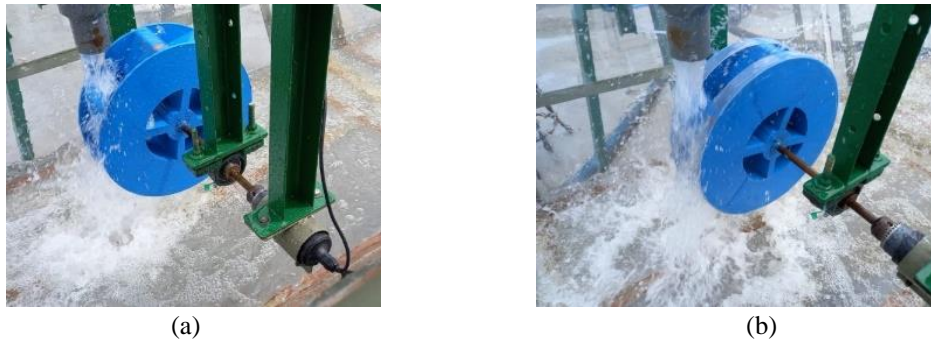
Alat Ukur	Tipe
Rotameter	LZS 65 Z
Tachometer	KW06-563
Torque meter	Lutron TQ-8800
Flow Velocity meter	Flowatch FL-03

Pada penelitian ini menggunakan satu kincir air dengan untuk mengambil data kincir air terbuka dan selanjutnya kincir air yang sama digunakan menjadi kincir air tertutup. Kincir ini memiliki diameter 300 mm dan lebar 100 mm dengan menggunakan bahan *Polyactid Acid*. Penutup kincir air terbuat dari *fiber plastic composite* dengan ukuran 20 mm pada kedua sisi.



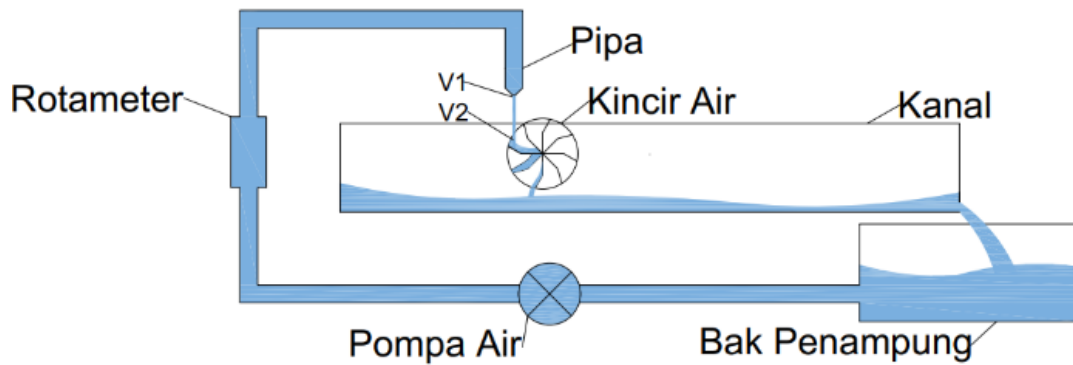
Gambar 2. Geometri Kincir air

Penelitian ini membandingkan kincir terbuka dan kincir tertutup. Kincir tertutup dibuat sebagai mengurangi rugi-rugi pada kincir terbuka.



Gambar 3. (a). Proses pengambilan data kincir terbuka dan (b) Proses pengambilan data kincir tertutup

Percobaan menggunakan enam variasi debit air, yaitu 10, 12, 14, 16, 18, 20 m³/jam. Air dipompa dari tangki penyimpanan air ke pipa dan melalui rotameter. Air mengalir melalui saluran kemudian memutar kincir air kemudian mengalir kembali ke bak penampung seperti gambar 4.



Gambar 4. Percobaan Kincir Air

Tenaga air dapat diperoleh berdasarkan perbedaan debit air yang masuk kedalam kincir air. Daya yang dihasilkan oleh air dapat dihitung dengan mengalikan [30].

$$P_i = \rho \times Q \times g \times H \quad (1)$$

Dimana :

$$g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$H = \text{Tinggi jatuh air (0,40 m)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air (1000 kg/m}^3\text{)}$$

Daya yang dihasilkan oleh kincir dapat dihitung dengan mengalikan torsi (T) dan kecepatan sudut (ω) [30].

$$P_o = T \times \omega \quad (2)$$

$$P_o = T \times \frac{2\pi n}{60} \quad (3)$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

$$n = \text{Putaran kincir (Rpm)}$$

Efisiensi kincir merupakan perbandingan antara daya kincir air dan daya air, maka diperoleh [30].

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (4)$$

Gaya air (F_a) yang mendorong sudu kincir yang disebabkan oleh massa air (\dot{m}) yang bergerak menimbulkan gaya tangensial kincir (F_t) yang tegak lurus terhadap poros kincir sehingga menimbulkan gaya kincir (F_o) [31].

$$\dot{m} = \rho \times A \times v \quad (5)$$

$$F_a = \dot{m} \times (v_2 - v_1) \quad (6)$$

$$F_t = \frac{F_a}{\cos \theta} \quad (7)$$

Impact losses (L_{imp}) dapat terjadi di kincir maupun di saluran. *Impact losses* dapat dituliskan sebagai :

$$L_{imp} = \xi \gamma Q \frac{w^2}{2g} \quad (8)$$

Dimana :

ξ = Koefisien dampak

γ = Berat jenis air (N/m^3)

w = Kecepatan relative (m/s)

g = Gravitasi (9,81 m/s)

Untuk mendapatkan kecepatan relatif dapat dituliskan

$$w = v - u \quad (9)$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran air (m/s)

u = Kecepatan tangensial (m/s)

Volumetric Losses (L_{Qu}) terjadi di bagian masuknya air kedalam kincir. Sebagian dari aliran air hilang ketika air masuk kedalam kincir. *Volumetric Losses* dapat dituliskan :

$$L_{Qu} = \gamma Q_u (H_u - H_d) \quad (10)$$

Dimana :

Q_u = *Volumetric losses* di bagian sudu kincir (m^3/s)

H_u = Tinggi aliran air sampai permukaan (m)

H_d = Tinggi genangan air (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengambilan data, maka data tersebut akan diolah. Data hasil penelitian pada kincir air *overshot* didapatkan pengukuran daya yang dihasilkan oleh kincir air *overshot*. Kecepatan aliran air diukur dari perbedaan debit air, serta rpm kincir dari pengukuran kecepatan putaran kincir.

Pada pengambilan data dilakukan dengan menggunakan debit 10, 12, 14, 16, 18, 20 m^3/det yang disirkulasikan dengan menggunakan pompa dengan variable kincir terbuka dan kincir tertutup. Setelah melakukan pengambilan data maka hasil data tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut :

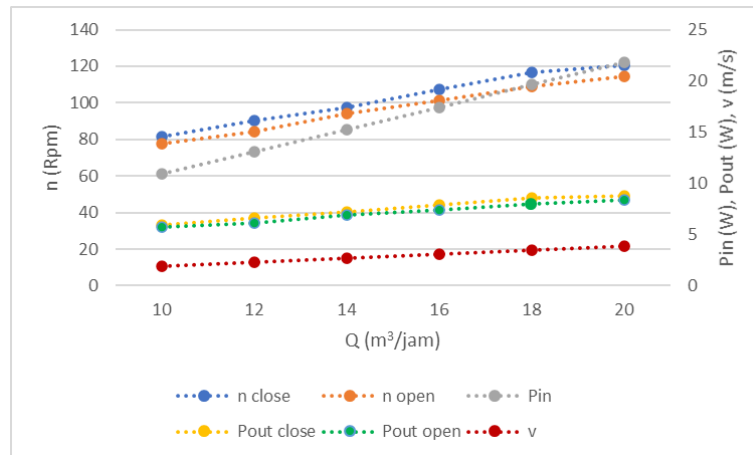
Tabel 2. Kincir air terbuka

Q (m^3/jam)	n (rpm)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	E (%)	λ
10	77,7	10,91	5,7	52,25	0,61
12	84	13,07	6,16	47,13	0,56
14	94,2	15,26	6,9	45,21	0,54
16	101,5	17,42	7,44	42,71	0,52
18	108,7	19,62	7,97	40,62	0,49
20	114,2	21,82	8,37	38,36	0,46

Tabel 3. Kincir air tertutup

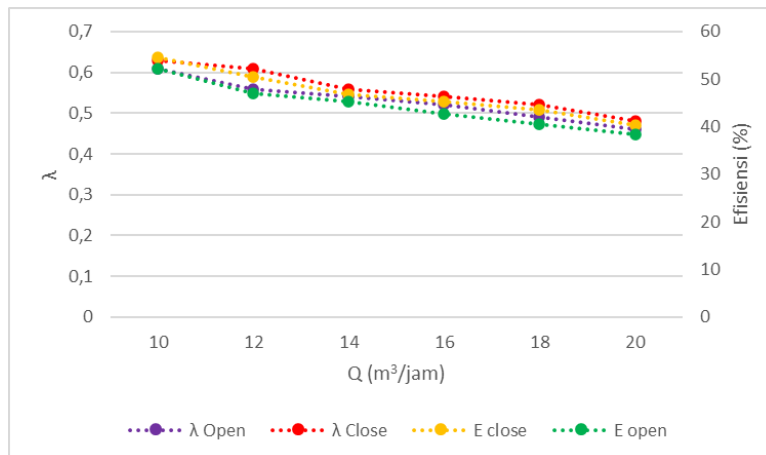
Q (m^3/jam)	n (rpm)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	E (%)	λ
10	81,3	10,91	5,95	54,54	0,63
12	90,3	13,07	6,61	50,57	0,61
14	97,7	15,26	7,16	46,92	0,56
16	107,5	17,42	7,88	45,23	0,54
18	116,8	19,62	8,56	43,63	0,52
20	120,3	21,82	8,81	40,38	0,48

Torsi diatur sebesar 0,7 Nm. Putaran kincir dipengaruhi oleh jumlah air yang mengalir, seperti yang dilihat pada tabel diatas putaran kincir air terbuka dan tertutup meningkat dengan bertambahnya aliran air. Namun, pada kincir tertutup lebih besar putarannya dibandingkan dengan kincir terbuka. Karena penutup pada kincir air tertutup memungkinkan untuk masuknya air dapat terkonsentrasi dan terarah secara lebih efektif aliran air menuju bagian kincir. kincir tertutup yang dikurangi luasan terbukanya yang membuat aliran air yang masuk kedalam sudu kincir tertutup akan lebih terfokus pada bagian tengah kincir dan tidak mudah keluar karena air terbentur dengan penutup kincir yang membuat rugi-rugi pada kincir tertutup lebih sedikit dibandingkan dengan kincir terbuka [32]. Bahkan apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [33]–[37] efisiensi kincir air tertutup lebih tinggi. Perbandingan tersebut akan dibuatkan dengan grafik. Berikut ini adalah grafik yang menggambarkan perbandingan hasil data-data yang sudah diolah:



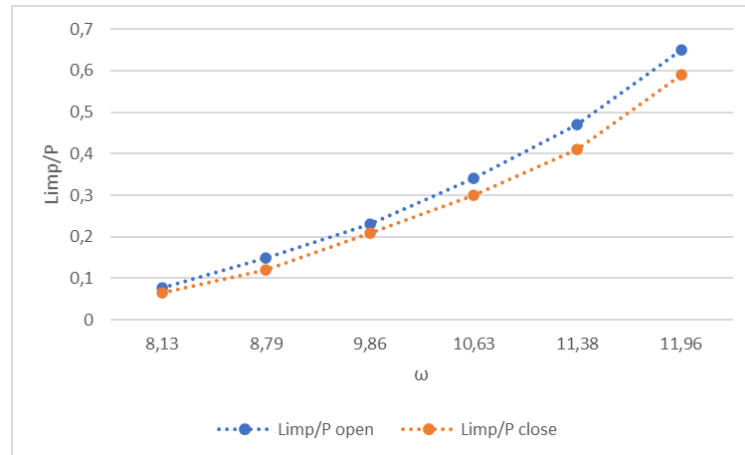
Gambar 5. Grafik daya kincir (P_{out}), daya air (P_{in}), kecepatan putaran (n) dan debit air (Q)

Selain menampilkan daya kincir, gambar 5 menampilkan daya air, kecepatan putaran dan debit air. Tampak bahwa daya kincir dan daya air meningkat dengan bertambahnya laju aliran air. Hal ini karena laju aliran bertambah sehingga energi kinetik yang menggerakkan sudu meningkat. Meskipun diatur dengan torsi 0,7 Nm daya kincir tertutup lebih besar dari daya kincir terbuka dengan debit air yang sama.



Gambar 6. Grafik efisiensi (%) dan tip speed ratio (λ)

Gambar 6 menampilkan efisiensi kincir tertutup dan kincir terbuka dengan debit aliran 10 m³/jam pada 81,3 rpm dan 77,7 rpm berturut-turut adalah 54,54 % dan 52,25%. Namun ketika debit dinaikkan efisiensinya turun. Hal ini dikarenakan peningkatan putaran kincir air tidak sebanding dengan pertambahan debit air.



Gambar 7. Grafik *Impact losses* (L_{imp}) terhadap kecepatan sudut (ω)

Gambar 7 menampilkan *impact losses*. Tampak bahwa *impact losses* meningkat dengan bertambahnya kecepatan sudut. Namun *impact losses* kincir tertutup lebih rendah dibandingkan dengan kincir terbuka. Karena air yang masuk kedalam kincir tertutup cipratannya membentur penutup sehingga mengurangi rugi-rugi dan memberikan gaya dorong terhadap kincir.

KESIMPULAN

Energi kinetik pada aliran air dengan menggunakan pipa belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal kebutuhan energi listrik semakin meningkat di Indonesia. Salah satu alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang optimal di Indonesia adalah kincir air. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kincir air tertutup lebih efisien di bandingkan dengan kincir air terbuka. Hal ini dikarenakan *Impact losses* pada kincir tertutup lebih sedikit dibandingkan dengan kincir terbuka. gaya tangensial kincir (F_t) meningkat dengan bertambahnya massa air. Hal ini dikarenakan bertambahnya gaya air yang mendorong sudu. Rasio rugi-rugi tertinggi pada kincir tertutup mencapai 0,59 dan kincir air terbuka 0,64. Efisiensi tertinggi pada kincir air terbuka adalah 54,54% dan kincir air tertutup mencapai 52,25%, menunjukkan peningkatan 2,29% pada $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan pada rasio rugi-rugi mencapai 0,078 pada kincir terbuka dan 0,065 pada kincir tertutup.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lemlitbang UHAMKA yang telah mendanai penelitian ini dengan nomor kontrak 50/F.03.07/2022

REFERENSI

- [1] E. Elfiano *et al.*, "Pembuatan Kincir Air Untuk Pembangkit Listrik Dengan Pemanfaatan Arus Air Sungai," vol. 1, no. 2, 2017.
- [2] R. Boli, A. Makhsud, M. Tahir, and M. Tahir, "Analisis Daya Output Dan Efisiensi Kincir Air Sudu Miring Yang Bekerja Pada Saluran Horizontal," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2018, doi: 10.32662/gojise.v1i2.423.
- [3] J. Prasetyo, "Kincir Bertingkat pada Pembangkit Listrik Mikrohidro," *Avitec*, vol. 1, no. 1, pp. 71–76, 2019, doi: 10.28989/avitec.v1i1.502.
- [4] A. Muliawan and A. Yani, "Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.31958/js.v8i1.434.
- [5] L. Sule, A. A. Mochtar, and O. Sutresman, "Performance of undershot water wheel with bowl-shaped blades model," *Int. J. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 278–287, 2020, doi: 10.14716/ijtech.v11i2.2465.
- [6] H. A. Santoso, G. E. Kusuma, S. So, and S. T. Sarena, "Perancangan dan Pembuatan Kincir Air Type Overshot Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," pp. 145–150, 2017.
- [7] S. C. Laksana, A. Fahrudin, and A. Akbar, "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran Pada Turbin Air Crossflow Tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2018, doi: 10.21070/r.e.m.v3i1.1591.

- [8] N. E. Falabibla, "Bab II Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 8–24, 2019.
- [9] M. M. Saleh and E. Widodo, "Analisa Kinerja Aliran Fluida dalam Rangkaian Seri dan Paralel dengan Penambahan Tube Bundle pada Pompa Sentrifugal," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 3, no. 2, p. 71, 2019, doi: 10.21070/r.e.m.v3i2.1884.
- [10] R. A. Luhung, D. Mugisidi, A. Fikri, and O. Heriyani, "Penguujian Kinerja Detridge Wheel sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Head Sangat Rendah," *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 3, no. 2502, p. 44, 2019, doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2912.
- [11] E. Quaranta, "Stream water wheels as renewable energy supply in flowing water: Theoretical considerations, performance assessment and design recommendations," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 45, pp. 96–109, 2018, doi: 10.1016/j.esd.2018.05.002.
- [12] D. Mugisidi, I. N. Fauzi, O. Heriyani, Y. Djeli, E. Aidhilhan, and P. H. Gunawan, "Development of the Dethridge Wheel Blade Shape for Hydropower Generation in Irrigation Canals in Indonesia," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 98, no. 2, pp. 146–156, 2022, doi: 10.37934/arfmts.98.2.146156.
- [13] W. Feng, Y. Zheng, A. Yu, and Q. Tang, "Experimental and Numerical Analysis of the Clearance Effects between Blades and Hub in a Water Wheel Used for Power Generation," *Water*, vol. 14, no. 22, p. 3640, 2022, doi: 10.3390/w14223640.
- [14] J. Emitor, J. Teknik, E. Fakultas, and U. M. Surakarta, "PEMANFAATAN Pemandian Umum Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro (PLTMh) Menggunakan Kincir Tipe," *J. Emit.*, vol. 12, no. 01, 2012.
- [15] A. Junaidi, Rinaldi, and A. Hendri, "Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik," *Jom FTEKNIK*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2014, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/206233-model-fisik-kincir-air-sebagai-pembangki.pdf>.
- [16] M. H. Nguyen, H. Jeong, and C. Yang, "A study on flow fields and performance of water wheel turbine using experimental and numerical analyses," *Sci. China Technol. Sci.*, vol. 61, no. 3, pp. 464–474, 2018, doi: 10.1007/s11431-017-9146-9.
- [17] A. Tevata and C. Inprasit, "The effect of paddle number and immersed radius ratio on water wheel performance," *Energy Procedia*, vol. 9, pp. 359–365, 2011, doi: 10.1016/j.egypro.2011.09.039.
- [18] O. Heriyani, D. Mugisidi, M. Y. Djeli, and Y. Iqbal, "EFFECT OF CANAL BASE GEOMETRY ON DETHRIDGE," vol. 1, no. 4, pp. 41–48, 2020.
- [19] A. Buku and I. L. K. Wong, "A laboratory scale curve bladed undershot water wheel characteristic as an irrigation power," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 9, pp. 1048–1054, 2018.
- [20] S. Wahyudi and D. N. Cahyadi, "Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 337–342, 2012.
- [21] I. G. Widodo, A. Sunarso, A. Agato, H. Sihombing, and D. Sulistiono, "Pengaruh Kedalaman Pencelupan Sudu Kincir Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 2, p. 62, 2018, doi: 10.32497/rm.v13i2.1246.
- [22] M. Z. Kadir and Bambang, "Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya Dan Efisiensi Yang Dihasilkan," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin*, pp. 13–15, 2010.
- [23] O. Heriyani, D. Mugisidi, R. A. Luhung, M. Y. Djeli, and A. Fikri, "Performance of dethridge wheel as low head power generator and loss analysis," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012012.
- [24] D. Mugisidi, O. Heriyani, R. A. Luhung, and M. R. D. Andrian, "Utilization of the dethridge wheel as a low head power generator and loss analysis," *MATEC Web Conf.*, vol. 204, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201820404003.
- [25] E. Quaranta and R. Revelli, "Performance characteristics, power losses and mechanical power estimation for a breastshot water wheel," *Energy*, vol. 87, pp. 315–325, 2015, doi: 10.1016/j.energy.2015.04.079.
- [26] E. Quaranta and R. Revelli, "Output power and power losses estimation for an overshot water wheel," *Renew. Energy*, vol. 83, pp. 979–987, 2015, doi: 10.1016/j.renene.2015.05.018.
- [27] L. Tang, S. Yuan, Y. Tang, and Z. Gao, "Performance characteristics in runner of an impulse water turbine with splitter blade," *Processes*, vol. 9, no. 2, pp. 1–14, 2021, doi: 10.3390/pr9020303.
- [28] A. Židonis, D. S. Benzon, and G. A. Aggidis, "Development of hydro impulse turbines and new opportunities," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 51, pp. 1624–1635, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.07.007.
- [29] D. S. Benzon, G. A. Aggidis, and J. S. Anagnostopoulos, "Development of the Turgo Impulse turbine: Past and present," *Appl. Energy*, vol. 166, pp. 1–18, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.12.091.
- [30] H. P. Prabawa, D. Mugisidi, and O. Heriyani, "Pengaruh Variasi Ukuran Diameter Nozzle terhadap Daya dan Efisiensi Kincir Air Sudu Datar," *Pros. Semnastek*, no. November, 2016.
- [31] M. Denny, "The efficiency of overshot and undershot waterwheels," *Eur. J. Phys.*, vol. 25, no. 2, pp. 193–202, 2004, doi: 10.1088/0143-0807/25/2/006.

- [32] Y. Nishi, T. Inagaki, Y. Li, R. Omiya, and J. Fukutomi, "Study on an undershot cross-flow water turbine," *J. Therm. Sci.*, vol. 23, no. 3, pp. 239–245, 2014, doi: 10.1007/s11630-014-0701-y.
- [33] L. Jasa, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, "An alternative model of overshot waterwheel based on a tracking nozzle angle technique for hydropower converter," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 1013–1019, 2014.
- [34] A. Buku, H. Calvin, P. Tiwow, and B. Tangaran, "Undershot Flat Plate Water Wheel Performance as a Water Lifter," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 10, pp. 158–165, 2019, [Online]. Available: <http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp158http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=10http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=10>.
- [35] I. W. B. Saputra, A. I. Weking, and L. Jasa, "Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Kincir Overshot Wheel," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 48, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p09.
- [36] A. Syuriadi and A. Nidhar, "Pengujian variasi jumlah dan sudut bilah kincir air tipe breastshot," *Politeknologi*, vol. 14, no. 3, 2015.
- [37] L. Tang, S. Yuan, Y. Tang, and Z. Qiu, "Optimization of impulse water turbine based on GA-BP neural network arithmetic," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 33, no. 1, pp. 241–253, 2019, doi: 10.1007/s12206-018-1224-3.

Zaka Nurfadilah - Pengaruh Kincir Tertutup Terhadap Efisiensi dan Rugi-rugi

by Zaka Nurfadilah Uploaded By Lutfan Zulwaqar

Submission date: 08-Jun-2023 09:13AM (UTC+0700)

Submission ID: 2111427586

File name: Pengaruh_Kincir_Tertutup_TerhadapEfisiensi_dan_Rugi-rugi.pdf (413.71K)

Word count: 3604

Character count: 19265

Pengaruh Kincir Tertutup Terhadap Efisiensi dan Rugi-rugi

Zaka Nurfadilah¹, Dan M²³sidi^{2*}, Abdul Rahman Soleh Pohan³, Oktarina Heriyani⁴

*Email corresponding author: dan.mugisidi@uhamka.ac.id

17

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia

Article history: Received: 01 Mei 2023 | Revised: 17 Mei 2023 | Accepted: 26 Mei 2023

Abstract. Waterwheel is a component in a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) which obtains energy from flowing water which has a height and speed. The amount of energy converted by the water wheel depends on the shape of the blade and the installation position, but the losses due to wasted water are still large. Therefore this study proposes a closed water wheel to reduce losses. This research uses two condition of water wheel: open wheel and closed wheel. This research uses one mill which applied into two conditions. The waterwheel is made using Polylactid Acid (PLA) and tested using 2 inch pipe lines and flow rates of 10, 12, 14, 16, 18, 20 m³/hour. The efficiency of a closed water wheel is higher than that of an open wheel at all discharge rates. The highest efficiency for a closed wheel is 54.54% and for an open wheel is 52.25% at a discharge of 10 m³/hour with a loss ratio of 0.078 for an open wheel and 0.065 for a closed wheel which shows that the losses in the water wheel are reduced.

Keywords - Efficiency, Waterwheel, Micro hydro, Losses

Abstrak. Kincir air adalah komponen dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki ketinggian dan kecepatan. Jumlah energi yang dikonversikan oleh kincir air tergantung pada bentuk sudu dan posisi pemasangannya akan tetapi rugi-rugi akibat air yang terbuang masih besar. Oleh karena itu penelitian ini mengusulkan kincir air tertutup untuk mengurangi ruginya. Penelitian ini menggunakan dua jenis: kincir terbuka dan kincir tertutup. Penelitian ini menggunakan satu kincir yang diaplikasikan untuk dua kondisi. Kincir air dibuat menggunakan Polylactid Acid (PLA). Kincir air diuji menggunakan saluran pipa 2 inch dan laju aliran 10, 12, 14, 16, 18, 20 m³/jam. Efisiensi kincir air tertutup lebih tinggi daripada kincir terbuka pada semua tingkat debit. Efisiensi tertinggi kincir tertutup adalah 54,54% dan kincir terbuka 52,25% pada debit 10 m³/jam dengan rasio rugi-rugi mencapai 0,078 pada kincir terbuka dan 0,065 pada kincir tertutup yang menunjukkan bahwa rugi-rugi pada kincir air berkurang.

Kata Kunci - Efisiensi, Kincir Air, Mikrohidro, Rugi-rugi

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia dalam melakukan aktifitas sehari-hari [1]. Pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun semakin meningkat yang menyebabkan kebutuhan energi listrik menjadi meningkat [2] karena berbagai peralatan menggunakan energi listrik [3]. Akan tetapi, Pembangkit listrik harus dicapai untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat ini. Sehingga dibutuhkan sumber energi terbarukan seperti energi air, energi angin, energi matahari, biogas, gelombang laut dan sebagainya [4]. Di Indonesia, penyediaan energi listrik masih mengandalkan pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil [5]. Berkurangnya cadangan energi fosil seperti minyak bumi, gas, dan batu bara, maka perlu diadakan pengembangan mengenai pembangkit listrik yang ramah lingkungan seperti kincir air dengan memanfaatkan aliran dan jatuhnya air [6]. Sampai saat ini sumber energi terbesar yang telah dimanfaatkan adalah energi air [7].

Energi air merupakan energi yang berasal dari alam yang mudah didapat, disebabkan air mempunyai energi potensial dan energi kinetik [8] [9]. Energi air menjadi pilihan yang baik karena kondisi di Indonesia yang bergunung dan berbukit yang di aliri oleh banyak sungai yang menghasilkan energi dan akan dimanfaatkan dalam wujud energi mekanik menjadi energi listrik [10]. Tenaga air merupakan energi terbarukan yang sangat berkontribusi untuk pembangkit listrik [11]. Namun karena bergantungnya pada kondisi geografis dan cuaca, pemanfaatan energi air tidaklah sederhana [12].

Salah satu alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang optimal di Indonesia adalah kincir air. Kincir air adalah tenaga air yang digunakan sejak jaman dahulu untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [13]. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan besar debit air yang menggerakkan kincir dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [14] [15]. Ada beberapa jenis kincir air yaitu : overshoot, undershoot, breathshoot, kincir air aliran [16] [17]. Pemanfaatan mikrohidro sangat menguntungkan untuk daerah-daerah terpencil [18]. Oleh karena itu, desain kincir air relatif sederhana dan memiliki torsi tinggi, namun implementasi kincir air sebagai mikrohidro perlu diteliti lebih lanjut untuk mengembangkan kinerja PLTA [19].

Beberapa penelitian tentang kincir air telah banyak dilakukan diantaranya tebal sudu terhadap kinerja kincir air sudu datar [20], kedalaman pencelupan sudu kincir [21], pengaruh tinggi sudu kincir air terhadap daya dan efisiensi [22], analisis kerugian pada performa *dethridge wheel* [23] [24], karakteristik kinerja dan rugi-rugi pada kincir air *breastshot* [25], serta estimasi daya keluaran dan rugi-rugi daya pada kincir air *overshot* [26]. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk mengurangi rugi-rugi pada kincir air. Se jauh ini belum ada penelitian yang menggunakan kincir air tertutup untuk mengurangi rugi-rugi pada kincir air. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan rugi-rugi kincir air dengan menggunakan kincir air tertutup.

METODE

Penggunaan kincir air ini untuk mengukur efisiensi dan rugi-rugi kincir air [27]–[29] yang dihasilkan dengan kincir tertutup. Kincir air tertutup yang digunakan pada penelitian ini adalah kincir air yang dikurangi luasan terbukanya sehingga aliran air masuk tidak terganggu tetapi air tidak mudah untuk keluar dan dibandingkan dengan kincir air yang biasa (kincir air terbuka) seperti pada gambar 1.



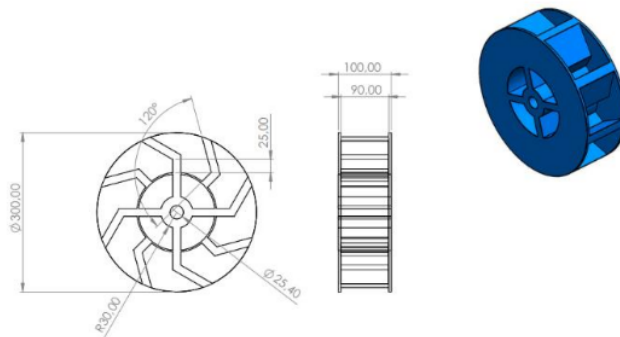
Gambar 1. (a) Kincir air terbuka dan (b) Kincir air tertutup

Alat yang digunakan dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat Ukur yang digunakan

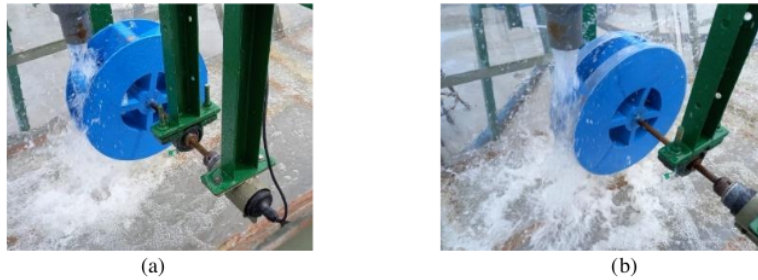
Alat Ukur	Tipe
Rotameter	LZS 65 Z
Tachometer	KW06-563
Torque meter	Lutron TQ-8800
Flow Velocity meter	Flowwatch FL-03

Pada penelitian ini menggunakan satu kincir air dengan untuk mengambil data kincir air terbuka dan selanjutnya kincir air yang sama digunakan menjadi kincir air tertutup. Kincir ini memiliki diameter 300 mm dan lebar 100 mm dengan menggunakan bahan *Polylactid Acid*. Penutup kincir air terbuat dari *fiber plastic composite* dengan ukuran 20 mm pada kedua sisi.



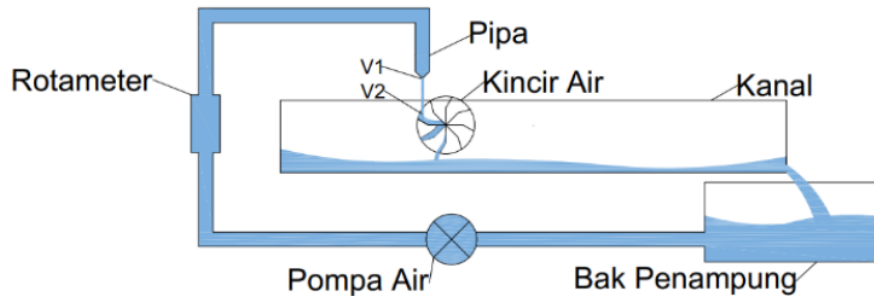
Gambar 2. Geometri Kincir air

Penelitian ini membandingkan kincir terbuka dan kincir tertutup. Kincir tertutup dibuat sebagai mengurangi rugi-rugi pada kincir terbuka.



Gambar 3. (a). Proses pengambilan data kincir terbuka dan (b) Proses pengambilan data kincir tertutup

Percobaan menggunakan enam variasi debit air, yaitu 10, 12, 14, 16, 18, 20 m³/jam. Air dipompa dari tangki penyimpanan air ke pipa dan melalui rotameter. Air mengalir melalui saluran kemudian memutar kincir air kemudian mengalir kembali ke bak penampung seperti gambar 4.



Gambar 4. Percobaan Kincir Air

Tenaga air dapat diperoleh berdasarkan perbedaan debit air yang masuk kedalam kincir air. Daya yang dihasilkan oleh air dapat dihitung dengan mengalikan [30].

$$P_i = \rho \times Q \times g \times H \quad (1)$$

Dimana :

$$g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$H = \text{Tinggi jatuh air (0,40 m)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air (1000 kg/m}^3\text{)}$$

Daya yang dihasilkan oleh kincir dapat dihitung dengan mengalikan torsi (T) dan kecepatan sudut (ω) [30].

$$P_o = T \times \omega \quad (2)$$

$$P_o = T \times \frac{2\pi n}{60} \quad (3)$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

$$n = \text{Putaran kincir (Rpm)}$$

Efisiensi kincir merupakan perbandingan antara daya kincir air dan daya air, maka diperoleh [30].

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (4)$$

Gaya air (F_a) yang mendorong sudu kincir yang disebabkan oleh massa air (\dot{m}) yang bergerak menimbulkan gaya tangensial kincir (F_t) yang tegak lurus terhadap poros kincir sehingga menimbulkan gaya kincir (F_c) [31].

$$\dot{m} = \rho \times A \times v \quad (5)$$

$$F_a = \dot{m} \times (v_2 - v_1) \quad (6)$$

$$F_t = \frac{F_a}{\cos \theta} \quad (7)$$

Impact losses (L_{imp}) dapat terjadi di kincir maupun di saluran. Impact losses dapat dituliskan sebagai :

$$L_{imp} = \xi \gamma Q \frac{w^2}{2g} \quad (8)$$

Dimana :

ξ = Koefisien dampak

γ = Berat jenis air (N/m^3)

w = Kecepatan relative (m/s)

g = Gravitasi (9,81 m/s)

Untuk mendapatkan kecepatan relatif dapat dituliskan

$$w = v - u \quad (9)$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran air (m/s)

u = Kecepatan tangensial (m/s)

Volumetric Losses (L_{Qu}) terjadi di bagian masuknya air kedalam kincir. Sebagian dari aliran air hilang ketika air masuk kedalam kincir. Volumetric Losses dapat dituliskan :

$$L_{Qu} = \gamma Q_u (H_u - H_d) \quad (10)$$

Dimana :

Q_u = Volumetric losses di bagian sudu kincir (m^3/s)

H_u = Tinggi aliran air sampai permukaan (m)

H_d = Tinggi genangan air (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengambilan data, maka data tersebut akan diolah. Data hasil penelitian pada kincir air overshoot dilakukan pengukuran daya yang dihasilkan oleh kincir air overshoot. Kecepatan aliran air diukur dari perbedaan debit air, serta rpm kincir dari pengukuran kecepatan putaran kincir.

Pada pengambilan data dilakukan dengan menggunakan debit 10, 12, 14, 16, 18, 20 m^3/det yang disirkulasikan dengan menggunakan pompa dengan variable kincir terbuka dan kincir tertutup. Setelah melakukan pengambilan data maka hasil data tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut :

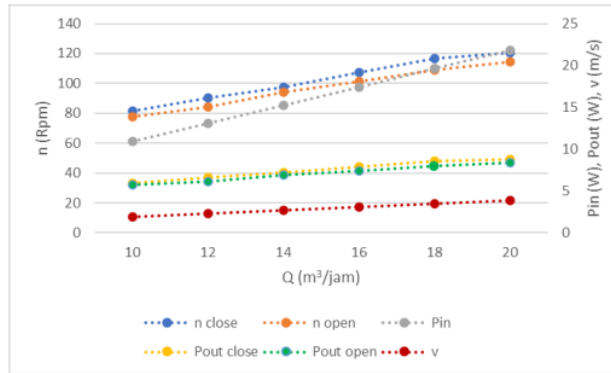
Tabel 2. Kincir air terbuka

Q (m^3/jam)	n (rpm)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	E (%)	λ
10	77,7	10,91	5,7	52,25	0,61
12	84	13,07	6,16	47,13	0,56
14	94,2	15,26	6,9	45,21	0,54
16	101,5	17,42	7,44	42,71	0,52
18	108,7	19,62	7,97	40,62	0,49
20	114,2	21,82	8,37	38,36	0,46

Tabel 3. Kincir air tertutup

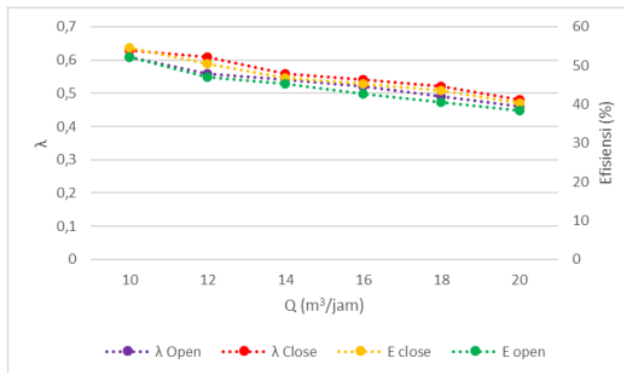
Q (m^3/jam)	n (rpm)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	E (%)	λ
10	81,3	10,91	5,95	54,54	0,63
12	90,3	13,07	6,61	50,57	0,61
14	97,7	15,26	7,16	46,92	0,56
16	107,5	17,42	7,88	45,23	0,54
18	116,8	19,62	8,56	43,63	0,52
20	120,3	21,82	8,81	40,38	0,48

Torsi diatur sebesar 0,7 Nm. Putaran kincir dipengaruhi oleh jumlah air yang mengalir, seperti yang dilihat pada tabel diatas putaran kincir air terbuka dan tertutup meningkat dengan bertambahnya aliran air. Namun, pada kincir tertutup lebih besar putarannya dibandingkan dengan kincir terbuka. Karena penutup pada kincir air tertutup memungkinkan untuk masuknya air dapat terkonsentrasi dan terarah secara lebih efektif aliran air menuju bagian kincir. kincir tertutup yang dikurangi luasan terbukanya yang membuat aliran air yang masuk kedalam sudu kincir tertutup akan lebih terfokus pada bagian tengah kincir dan tidak mudah keluar karena air terbentur dengan penutup kincir yang membuat rugi-rugi pada kincir tertutup lebih sedikit dibandingkan dengan kincir terbuka [32]. Bahkan apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [33]–[37] efisiensi kincir air tertutup lebih tinggi. Perbandingan tersebut akan dibuatkan dengan grafik. Berikut ini adalah grafik yang menggambarkan perbandingan hasil data-data yang sudah diolah:



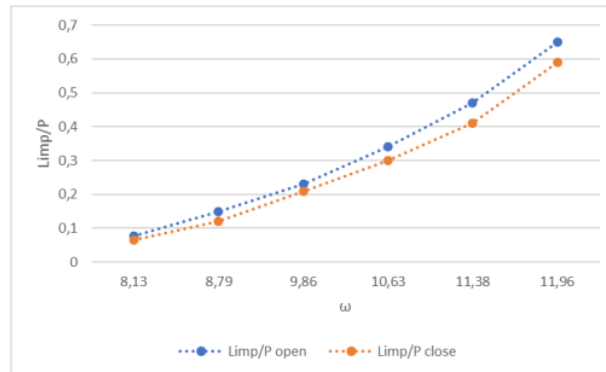
Gambar 5. Grafik daya kincir (P_{out}), daya air (P_{in}), kecepatan putaran (n) dan debit air (Q)

Selain menampilkan daya kincir, gambar 5 menampilkan daya air, kecepatan putaran dan debit air. Tampak bahwa daya kincir dan daya air meningkat dengan bertambahnya laju aliran air. Hal ini karena laju aliran bertambah sehingga energi kinetik yang menggerakkan sudu meningkat. Meskipun diatur dengan torsi 0,7 Nm daya kincir tertutup lebih besar dari daya kincir terbuka dengan debit air yang sama.



Gambar 6. Grafik efisiensi (%) dan tip speed ratio (λ)

Gambar 6 menampilkan efisiensi kincir tertutup dan kincir terbuka dengan debit aliran 10 m³/jam pada 81,3 rpm dan 77,7 rpm berturut-turut adalah 54,54 % dan 52,25%. Namun ketika debit dinaikkan efisiensinya turun. Hal ini dikarenakan peningkatan putaran kincir air tidak sebanding dengan pertambahan debit air.



Gambar 7. Grafik *Impact losses* (L_{imp}) terhadap kecepatan sudut (ω)

Gambar 7 menampilkan *impact losses*. Tampak bahwa *impact losses* meningkat dengan bertambahnya kecepatan sudut. Namun *impact losses* kincir tertutup lebih rendah dibandingkan dengan kincir terbuka. Karena air yang masuk kedalam kincir tertutup cipratannya membentur penutup sehingga mengurangi rugi-rugi dan memberikan gaya dorong terhadap kincir.

KESIMPULAN

Energi kinetik pada aliran air dengan menggunakan pipa belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal kebutuhan energi listrik semakin meningkat di Indonesia. Salah satu alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang optimal di Indonesia adalah kincir air. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kincir air tertutup lebih efisien di bandingkan dengan kincir air terbuka. Hal ini dikarenakan *Impact losses* pada kincir tertutup lebih sedikit dibandingkan dengan kincir terbuka. gaya tangensial kincir (F_t) meningkat dengan bertambahnya massa air. Hal ini dikarenakan bertambahnya gaya air yang mendorong sudu. Rasio rugi-rugi tertinggi pada kincir tertutup mencapai 0,59 dan kincir air terbuka 0,64. Efisiensi tertinggi pada kincir air terbuka adalah 54,54% dan kincir air tertutup mencapai 52,25%, menunjukkan peningkatan 2,29% pada 10 m³/jam dan pada rasio rugi-rugi mencapai 0,078 pada kincir terbuka dan 0,065 pada kincir tertutup.

11

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lemlitbang UHAMKA yang telah mendanai penelitian ini dengan nomor kontrak 50/F.03.07/2022

REFERENSI

- [1] E. Elfiano *et al.*, "Pembuatan Kincir Air Untuk Pembangkit Listrik Dengan Pemanfaatan Arus Air Sungai," vol. 1, no. 2, 2017.
- [2] R. Boli, A. Makhsud, M. Tahir, and M. Tahir, "Analisis Daya Output Dan Efisiensi Kincir Air Sudu Miring Yang Bekerja Pada Saluran Horizontal," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2018, doi: 10.32662/gojise.v1i2.423.
- [3] J. Prasetyo, "Kincir Bertingkat pada Pembangkit Listrik Mikrohidro," *Avitec*, vol. 1, no. 1, pp. 71–76, 2019, doi: 10.28989/avitec.v1i1.502.
- [4] A. Muliawan and A. Yani, "Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.31958/js.v8i1.434.
- [5] L. Sule, A. A. Mochtar, and O. Sutresman, "Performance of undershot water wheel with bowl-shaped blades model," *Int. J. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 278–287, 2020, doi: 10.14716/ijtech.v11i2.2465.
- [6] H. A. Santoso, G. E. Kusuma, S. So, and S. T. Sarena, "Perancangan dan Pembuatan Kincir Air Type Overshot Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," pp. 145–150, 2017.
- [7] S. C. Laksmiana, A. Fahrudin, and A. Akbar, "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran Pada Turbin Air Crossflow Tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2018, doi: 10.21070/r.e.m.v3i1.1591.

-
- [8] N. E. Falabibla, "Bab II Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 8–24, 2019.
- [9] M. M. Saleh and E. Widodo, "Analisa Kinerja Aliran Fluida dalam Rangkaian Seri dan Paralel dengan Penambahan Tube Bundle pada Pompa Sentrifugal," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 3, no. 2, p. 71, 2019, doi: 10.21070/r.e.m.v3i2.1884.
- [10] R. A. Luhung, D. Mugisidi, A. Fikri, and O. Heriyani, "Penguujian Kinerja Detridge Wheel sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Head Sangat Rendah," *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 3, no. 2502, p. 44, 2019, doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2912.
- [11] E. Quaranta, "Stream water wheels as renewable energy supply in flowing water: Theoretical considerations, performance assessment and design recommendations," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 45, pp. 96–109, 2018, doi: 10.1016/j.esd.2018.05.002.
- [12] D. Mugisidi, I. N. Fauzi, O. Heriyani, Y. Djeli, E. Aidhilhan, and P. H. Gunawan, "Development of the Dethridge Wheel Blade Shape for Hydropower Generation in Irrigation Canals in Indonesia," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 98, no. 2, pp. 146–156, 2022, doi: 10.37934/arfmts.98.2.146156.
- [13] W. Feng, Y. Zheng, A. Yu, and Q. Tang, "Experimental and Numerical Analysis of the Clearance Effects between Blades and Hub in a Water Wheel Used for Power Generation," *Water*, vol. 14, no. 22, p. 3640, 2022, doi: 10.3390/w14223640.
- [14] J. Emitor, J. Teknik, E. Fakultas, and U. M. Surakarta, "PEMANFAATAN PAMANDIAN UMUM UNTUK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK MIKROHIDRO (PLTMh) MENGGUNAKAN KINCIR TIPE," *J. Emit.*, vol. 12, no. 01, 2012.
- [15] A. Junaidi, Rinaldi, and A. Hendri, "Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik," *Jom FTEKNIK*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2014, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/206233-model-fisik-kincir-air-sebagai-pembangki.pdf>.
- [16] M. H. Nguyen, H. Jeong, and C. Yang, "A study on flow fields and performance of water wheel turbine using experimental and numerical analyses," *Sci. China Technol. Sci.*, vol. 61, no. 3, pp. 464–474, 2018, doi: 10.1007/s11431-017-9146-9.
- [17] A. Tevata and C. Inprasit, "The effect of paddle number and immersed radius ratio on water wheel performance," *Energy Procedia*, vol. 9, pp. 359–365, 2011, doi: 10.1016/j.egypro.2011.09.039.
- [18] O. Heriyani, D. Mugisidi, M. Y. Djeli, and Y. Iqbal, "EFFECT OF CANAL BASE GEOMETRY ON DETHRIDGE," vol. 1, no. 4, pp. 41–48, 2020.
- [19] A. Buku and I. L. K. Wong, "A laboratory scale curve bladed undershot water wheel characteristic as an irrigation power," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 9, pp. 1048–1054, 2018.
- [20] S. Wahyudi and D. N. Cahyadi, "Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 337–342, 2012.
- [21] I. G. Widodo, A. Sunarso, A. Agato, H. Sihombing, and D. Sulistiono, "Pengaruh Kedalaman Pencelupan Sudu Kincir Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 2, p. 62, 2018, doi: 10.32497/rm.v13i2.1246.
- [22] M. Z. Kadir and Bambang, "Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya Dan Efisiensi Yang Dihasilkan," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin*, pp. 13–15, 2010.
- [23] O. Heriyani, D. Mugisidi, R. A. Luhung, M. Y. Djeli, and A. Fikri, "Performance of dethridge wheel as low head power generator and loss analysis," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012012.
- [24] D. Mugisidi, O. Heriyani, R. A. Luhung, and M. R. D. Andrian, "Utilization of the dethridge wheel as a low head power generator and loss analysis," *MATEC Web Conf.*, vol. 204, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201820404003.
- [25] E. Quaranta and R. Revelli, "Performance characteristics, power losses and mechanical power estimation for a breastshot water wheel," *Energy*, vol. 87, pp. 315–325, 2015, doi: 10.1016/j.energy.2015.04.079.
- [26] E. Quaranta and R. Revelli, "Output power and power losses estimation for an overshot water wheel," *Renew. Energy*, vol. 83, pp. 979–987, 2015, doi: 10.1016/j.renene.2015.05.018.
- [27] L. Tang, S. Yuan, Y. Tang, and Z. Gao, "Performance characteristics in runner of an impulse water turbine with splitter blade," *Processes*, vol. 9, no. 2, pp. 1–14, 2021, doi: 10.3390/pr9020303.
- [28] A. Židonis, D. S. Benzon, and G. A. Aggidis, "Development of hydro impulse turbines and new opportunities," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 51, pp. 1624–1635, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.07.007.
- [29] D. S. Benzon, G. A. Aggidis, and J. S. Anagnostopoulos, "Development of the Turgo Impulse turbine: Past and present," *Appl. Energy*, vol. 166, pp. 1–18, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.12.091.
- [30] H. P. Prabawa, D. Mugisidi, and O. Heriyani, "Pengaruh Variasi Ukuran Diameter Nozzle terhadap Daya dan Efisiensi Kincir Air Sudu Datar," *Pros. Semnastek*, no. November, 2016.
- [31] M. Denny, "The efficiency of overshot and undershot waterwheels," *Eur. J. Phys.*, vol. 25, no. 2, pp. 193–202, 2004, doi: 10.1088/0143-0807/25/2/006.

- [32] Y. Nishi, T. Inagaki, Y. Li, R. Omiya, and J. Fukutomi, "Study on an undershot cross-flow water turbine," *J. Therm. Sci.*, vol. 23, no. 3, pp. 239–245, 2014, doi: 10.1007/s11630-014-0701-y.
- [33] L. Jasa, A. Priyadi, and M. H. Purnomo, "An alternative model of overshoot waterwheel based on a tracking nozzle angle technique for hydropower converter," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 1013–1019, 2014.
- [34] A. Buku, H. Calvin, P. Tiyou, and B. Tangaran, "Undershot Flat Plate Water Wheel Performance as a Water Lifter," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 10, pp. 158–165, 2019, [Online]. Available: <http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp158http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=10http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=10>.
- [35] I. W. B. Saputra, A. I. Weking, and L. Jasa, "Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Kincir Overshot Wheel," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 48, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p09.
- [36] A. Syuriadi and A. Nidhar, "Pengujian variasi jumlah dan sudut bilah kincir air tipe breastshot," *Politeknologi*, vol. 14, no. 3, 2015.
- [37] L. Tang, S. Yuan, Y. Tang, and Z. Qiu, "Optimization of impulse water turbine based on GA-BP neural network arithmetic," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 33, no. 1, pp. 241–253, 2019, doi: 10.1007/s12206-018-1224-3.

Zaka Nurfadilah - Pengaruh Kincir Tertutup Terhadap Efisiensi dan Rugi-rugi

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	docplayer.info Internet Source	3%
2	repository.usd.ac.id Internet Source	2%
3	repository.uhamka.ac.id Internet Source	1%
4	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	1%
5	kanazawa-u.repo.nii.ac.jp Internet Source	1%
6	simakip.uhamka.ac.id Internet Source	1%
7	digilib.iain-palangkaraya.ac.id Internet Source	1%
8	123dok.com Internet Source	1%
9	doku.pub Internet Source	1%

10	docobook.com Internet Source	1 %
11	ejournal.akprind.ac.id Internet Source	1 %
12	enerbi.co.id Internet Source	1 %
13	journal.um.ac.id Internet Source	<1 %
14	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
15	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1 %
16	repository.pnj.ac.id Internet Source	<1 %
17	semarakilmu.com.my Internet Source	<1 %
18	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
19	id.scribd.com Internet Source	<1 %
20	journal.atim.ac.id Internet Source	<1 %
21	jurnal.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %

22

www.slideshare.net

Internet Source

<1 %

23

Dan Mugisidi, Oktarina Heriyani, Zeinab S. Abdel-Rehim, Hamdi Fathurohman. "The influence of container material conductivity to sea water evaporation", AIP Publishing, 2018

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On