

Analisis Pengaruh Geometri dan Jumlah Sudu terhadap Kinerja Kincir Air *Overshot*

Dennis Lorens¹, A Muhammad Idkhan², Iswahyudi Indra Putra³, Nur Fadillah⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

Email: dennis.lorens@unm.ac.id

ABSTRAK

Kincir air *overshot* merupakan salah satu teknologi ramah lingkungan yang efektif untuk memanfaatkan potensi energi air pada head rendah. Kinerja kincir air ini sangat dipengaruhi oleh parameter geometri sudu tipe lengkung, jumlah sudu, dan debit aliran air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi jumlah sudu (4 sudu, 6 sudu, dan 8 sudu) terhadap daya kincir dan efisiensi kincir air *overshot*. Pengujian dilakukan secara ekperimental dengan mengalirkan air pada bagian atas kincir dengan memanfaatkan debit air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan debit air berbanding lurus dengan peningkatan torsi dan daya yang dihasilkan. Pada kincir air *overshot* dengan jumlah 8 sudu menghasilkan kinerja yang optimal dibandingkan jumlah 4 sudu dan 6 sudu. Hal ini disebabkan oleh kapasitas tangkapan volume air pada sudu yang lebih kontinu, sehingga meminimalkan rugi-rugi gaya gravitasi yang terjadi saat kincir berputar. Efisiensi tertinggi diperoleh pada konfigurasi 8 sudu.

Kata kunci: Kincir air *overshot*, jumlah sudu, geometri sudu, efisiensi

A. PENDAHULUAN

Sebagai negara berkembang, kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan dan menjadi bagian penting dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Hal ini sejalan dengan pesatnya perkembangan di sektor teknologi, industri, dan informasi. Namun, ketersediaan energi di Indonesia saat ini masih sangat bergantung pada energi fosil sebagai sumber utama pembangkit listrik, yang keberlanjutannya tidak dapat dijamin. Diperkirakan cadangan minyak bumi di Indonesia akan habis dalam kurun waktu 11 tahun mendatang (Dennis Lorens, Corvis L Rantererung, Baso, 2024). Oleh sebab itu, PLN sebagai penyedia energi listrik dituntut untuk mampu memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, baik di wilayah perkotaan maupun pedesaan. Kebutuhan listrik di kota-kota besar terus meningkat, sedangkan di daerah pedesaan pertumbuhannya masih relatif rendah akibat keterbatasan pembangkit listrik serta sulitnya akses transportasi menuju wilayah terpencil (HUMAS EBTKE, 2024). Pada dasarnya, pertumbuhan ekonomi harus didukung oleh ketersediaan energi yang memadai. Upaya pemenuhan energi dapat dilakukan melalui efisiensi penggunaan energi fosil serta penerapan sistem konversi energi yang memanfaatkan sumber daya energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, air, biogas, dan sumber energi lainnya (Djojonegoro, W., n.d.).

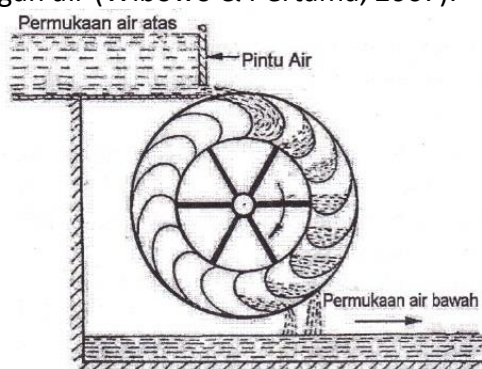
Energi merupakan suatu kekuatan yang dimiliki oleh suatu zat sehingga zat tersebut mempunyai pengaruh pada keadaan sekitarnya. Energi bersifat abstrak, sulit dibuktikan

namun dapat dirasakan keberadaannya. Hukum Termodinamika pertama dikenal juga sebagai hukum kekekalan energi bahwasanya energi tidak dapat diciptakan atau dimusnakan tetapi hanya dapat dialihkan dari satu bentuk ke bentuk lainnya (Moran, 2006).

Pemanfaatan sumber energi terbarukan, seperti energi angin, energi surya, energi nuklir, dan energi air, menjadi salah satu alternatif strategis dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di masa mendatang (Vries, 2011). Penggunaan energi terbarukan diharapkan mampu memberikan kontribusi positif terhadap penyediaan energi listrik, khususnya bagi masyarakat yang berada di wilayah pedesaan dan daerah terpencil yang masih mengalami keterbatasan akses listrik (Lianda & Adam, 2017; Setiadi et al., 2015). Dibandingkan dengan energi fosil, energi alternatif memiliki keunggulan karena bersifat berkelanjutan, dapat diperbaharui, serta lebih ramah terhadap lingkungan akibat emisi pencemar yang relatif lebih rendah (Delvia Rimesye Apalem Ranno Marlany Rachman, Renny James Betaubun, Rudi Serang, Rini Sriyani, Dennis Lorens, Tryantini Sundi Putri, Corvis L Rantererung, 2024).

Kincir air merupakan salah satu jenis turbin impuls yang bekerja dengan mengubah energi air, baik berupa energi potensial maupun energi kinetik, menjadi energi mekanik dalam bentuk torsi pada poros (Lianda & Adam, 2017; Quaranta & Revelli, 2018). Teknologi kincir air *overshot* banyak diterapkan sebagai sistem pembangkit listrik skala kecil karena konstruksinya relatif sederhana dan memanfaatkan potensi sumber daya air yang tersedia di lingkungan sekitar (Müller & Kauppert, 2004). Secara umum, kincir air terdiri atas poros yang dilengkapi dengan beberapa jumlah sudu. Ketika aliran air mengenai sudu, gaya dorong air akan menghasilkan putaran pada kincir sehingga poros kincir dapat berotasi (AWARE et al., 2016; Quaranta & Revelli, 2015). Besarnya daya yang dihasilkan oleh kincir air dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain karakteristik aliran air, dimensi kincir, geometri dan jumlah sudu, serta debit aliran yang digunakan. Variasi terhadap jumlah sudu dan pengaturan pembukaan katup debit air dapat dilakukan untuk memperoleh performa kincir yang optimal sesuai dengan potensi energi air yang tersedia dan kebutuhan energi yang diperlukan (Bachan et al., 2019; Kurniawan et al., 2019).

Posisi kincir air sebaiknya diatur dengan baik agar pancaran air juga dapat dimanfaatkan. Pada kondisi ini, kincir air digerakkan oleh sebagian karena gaya berat air, dan sebagian lain oleh dorongan air (Wibowo & Pertama, 2007).



Gambar 1. Kincir air *Overshot* (Wibowo & Pertama, 2007)

Berdasarkan gambar 1 diatas menunjukkan kincir air *overshot*. Pada kincir ini, air masuk dari bagian atas melalui pintu air kemudian jatuh dan mengisi sudu-sudu kincir. Sehingga roda berputar akibat gaya berat air.

Hasil dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa keuntungan dari kincir air *overshot* adalah:

- a. Tidak membutuhkan aliran deras karena gaya berat dari air yang jatuh kedalam sudu yang menyebabkan kincir air berputar.
- b. Kontruksi yang sederhana.
- c. Mudah dalam perawatan.
- d. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian dari kincir air *overshot* adalah:

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya dibuatkan reservoir air atau bendungan air.
- b. Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- d. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

Berdasarkan pengembangan kincir air *overshot* maka peneliti mempertimbangkan pemilihan geometri sudu dan jumlah sudu. Hal tersebut perlu diperhatikan untuk mendapatkan putaran yang maksimal untuk menghitung kinerja dari kincir air *overshot*.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Metode eksperimental dipilih untuk menganalisis secara langsung karakteristik aliran fluida serta pengaruh parameter pengujian terhadap kinerja kincir air *overshot*. Melalui pendekatan ini, data yang diperoleh dapat digunakan untuk mengevaluasi performa kincir air secara lebih akurat dan sistematis. Sehingga mampu memberikan hasil analisis yang mendukung pengembangan teknologi konversi energi fluida dan juga berdampak bagi Masyarakat.

1. Alat dan bahan yang digunakan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas beberapa peralatan pengujian kincir air *overshot*, alat ukur dan komponen pendukung dalam pengambilan data. Peralatan utama yang digunakan meliputi kinci air, pompa air, reservoir, saluran air, tachometer untuk mengukur putaran poros serta alat ukur debit dan pembebanan. Selain itu, digunakan bahan pendukung seperti geometri sudu tipe lengkung, jumlah sudu, poros, bantalan, dan instalasi perpipaan sebagai media pengaliran fluida. Seluruh alat dan bahan tersebut digunakan untuk mendukung proses pengujian dan memperoleh data eksperimen secara akurat guna menganalisis karakteristik serta kinerja kincir air *overshot* yang diteliti.

2. Perancangan dan Pembuatan Kincir Air

Proses pembuatan kincir air *overshot* dimulai dengan tahap perancangan terlebih dahulu yang meliputi penentuan dimensi utama kincir air serta desain geometri sudu tipe lengkung sesuai dengan parameter pengujian yang direncanakan. Perancangan tersebut bertujuan untuk memperoleh konfigurasi kincir air yang mampu memaksimalkan interaksi antara aliran fluida dan permukaan sudu sehingga efisiensi kincir air *overshot* dapat meningkat. Tahap selanjutnya adalah perakitan rangka dan poros sebagai elemen utama penopang kincir air.



Gambar 2. Kincir Air

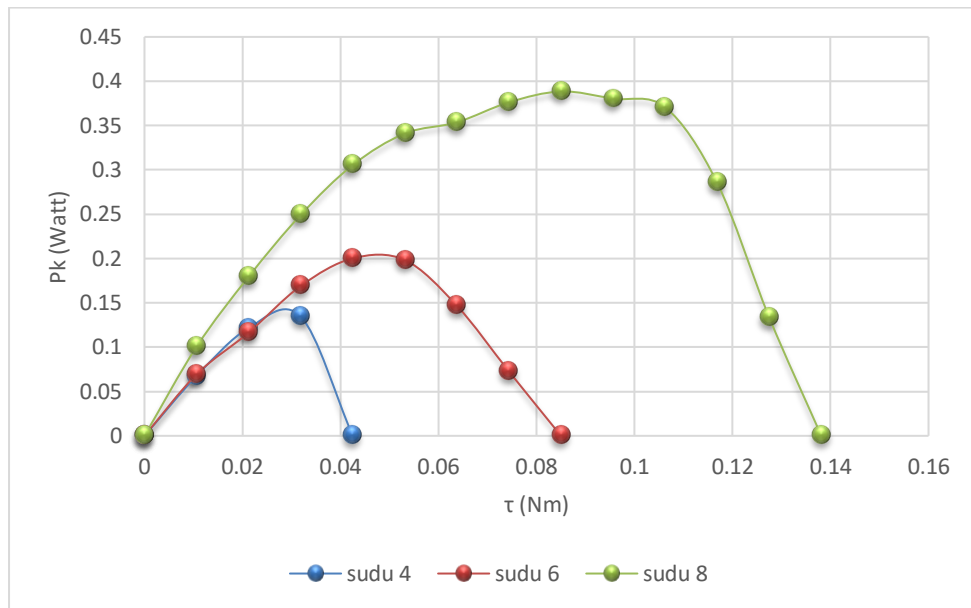
Pembuatan sudu dilakukan menggunakan material PVC yang telah ditentukan. Kemudian dibentuk dengan profil lengkung setengah pipa PVC yang seragam agar menghasilkan distribusi tekanan dan gaya dorong air yang lebih optimal pada setiap sudu. Setelah proses pembuatan selesai, maka sudu dipasang pada roda kincir dengan variasi jumlah sudu sebanyak 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu. Pemasangan sudu dilakukan secara merata pada keliling roda untuk menjaga keseimbangan dinamis serta kestabilan putaran kincir selama proses pengoperasian.

Gambar 3. Instalasi Pengujian Kincir Air *Overshot*

3. Prosedur Pengambilan Data Kincir Air

Pada prosedur pengambilan data pengujian kincir air *overshot* dilakukan melalui beberapa tahap secara sistematis untuk memperoleh data eksperimen yang akurat dan konsisten. Pertama memeriksa kondisi seluruh peralatan pengujian, termasuk sistem kincir air, pompa, dan katup pengatur debit air. Untuk memastikan seluruh komponen berada dalam kondisi yang baik. Selanjutnya, kincir air dengan variasi jumlah sudu (4 sudu, 6 sudu, 8 sudu) di pasang pada posisi pengujian sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

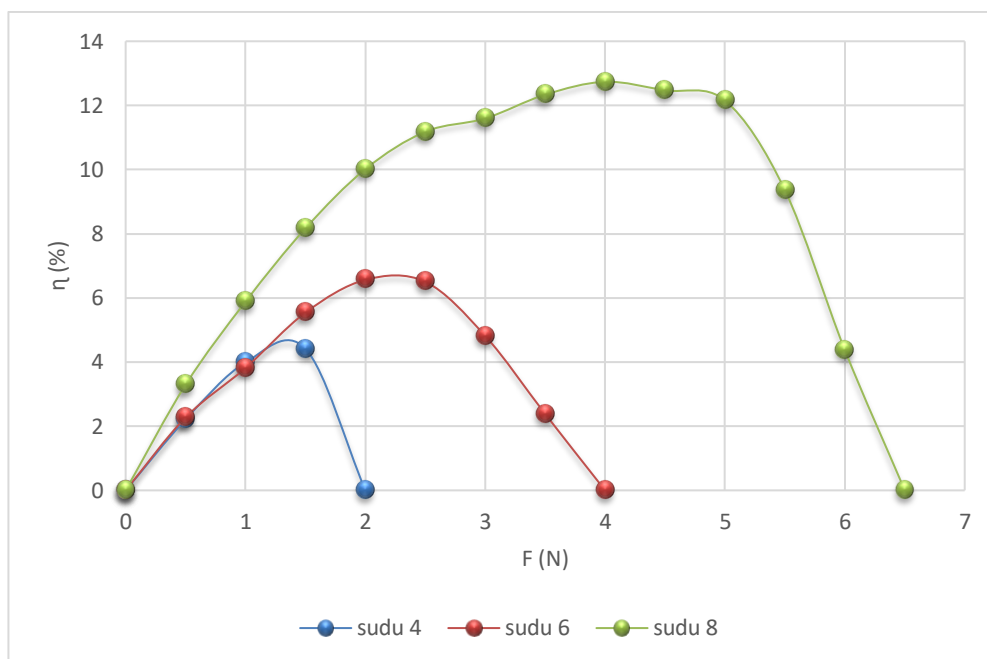


Gambar 4. Grafik hubungan torsi terhadap daya kincir air

Berdasarkan Gambar 4 grafik hubungan torsi (τ) terhadap daya kincir air (P_k), dapat diketahui bahwa variasi jumlah sudu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap daya yang dihasilkan oleh kincir air *overshot*. Pada kincir air *overshot* dengan 4 sudu, daya maksimum yang dihasilkan terjadi pada pembebanan 1,5 N dengan nilai daya sebesar 0,134 Watt pada torsi 0,0318 Nm. Setelah mencapai titik maksimum, daya yang dihasilkan mengalami penurunan seiring bertambahnya pembebanan hingga akhirnya kincir tidak mampu berputar. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah sudu yang relatif sedikit menyebabkan kemampuan kincir dalam menangkap energi aliran air menjadi terbatas. Pada kincir air dengan 6 sudu, daya maksimum diperoleh pada pembebanan 2 N dengan nilai daya sebesar 0,200 Watt pada torsi 0,0425 Nm. Peningkatan jumlah sudu dari 4 menjadi 6 sudu menyebabkan luas bidang tangkap aliran air semakin besar. Sehingga energi kinetik air yang dikonversi menjadi energi mekanik dapat meningkat. Kondisi ini menyebabkan putaran poros menjadi lebih stabil dan menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan kincir air 4 sudu. Sementara itu, kincir air dengan 8 sudu menghasilkan daya terbesar dibandingkan variasi lainnya, yaitu sebesar 0,388 Watt pada pembebanan 4 N dengan torsi 0,085 Nm. Pada penelitian sebelumnya oleh (MUDZAKI, 2020) menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu mampu meningkatkan kemampuan kincir dalam memanfaatkan energi aliran air secara lebih optimal. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah sudu, maka interaksi antara aliran air dan permukaan sudu menjadi lebih besar sehingga torsi dan daya yang dihasilkan meningkat. Oleh karena itu, konfigurasi 8 sudu menghasilkan putaran yang lebih stabil pada pembebanan yang lebih tinggi dibandingkan variasi 4 dan 6 sudu.

Secara umum, grafik menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu pada kincir air *overshot* berpengaruh terhadap peningkatan torsi dan daya keluaran yang

dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya luas kontak antara aliran air dengan sudu, sehingga proses konversi energi potensial dan energi kinetik air menjadi energi mekanik berlangsung lebih efektif. Namun demikian, peningkatan jumlah sudu juga perlu mempertimbangkan hambatan aliran dan massa sistem, karena jumlah sudu yang terlalu banyak dapat menyebabkan peningkatan tahanan fluida yang berpotensi menurunkan efisiensi putaran kincir air.



Gambar 5. Grafik hubungan pembebanan terhadap efisiensi

Berdasarkan gambar 5 grafik hubungan pembebanan (F) terhadap efisiensi (η), dapat diketahui bahwa variasi jumlah sudu memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap nilai efisiensi kincir air. Pada kincir air *overshot* dengan 4 sudu, efisiensi maksimum yang diperoleh sebesar 4,412% pada pembebanan 1,5 N. Setelah mencapai titik optimum, efisiensi mengalami penurunan secara drastis hingga mencapai nol pada pembebanan yang lebih besar. (S, Hardianto Dwi, 2014) melakukan penelitian pengaruh variasi jumlah sudu yaitu 3 Sudu, 4 Sudu dan 5 sudu. Penelitian tersebut menghasilkan kinerja kincir air pada jumlah 5 sudu. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah sudu yang relatif sedikit menyebabkan kemampuan kincir dalam menangkap dan memanfaatkan energi aliran air masih terbatas. Sehingga kincir kurang mampu mempertahankan performa pada pembebanan yang tinggi. Pada pada penlitian ini kincir air dengan jumlah 6 sudu, efisiensi maksimum meningkat menjadi 6,56% yang terjadi pada pembebanan 2 N. Peningkatan efisiensi ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu mampu memperbesar luas kontak antara aliran air dan permukaan sudu, sehingga energi kinetik air yang dikonversi menjadi energi mekanik menjadi lebih optimal. Selain itu, konfigurasi 6 sudu menghasilkan putaran yang lebih stabil dibandingkan dengan kincir 4 sudu, sehingga daya yang dihasilkan juga meningkat. Namun, setelah melewati titik pembebanan optimum, efisiensi kembali mengalami penurunan akibat bertambahnya beban yang menyebabkan

putaran kincir berkurang. Sementara itu, kincir air dengan 8 sudu menghasilkan efisiensi tertinggi dibandingkan variasi lainnya, yaitu sebesar 12,736% pada pembebanan 3 N. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu memberikan kemampuan yang lebih baik dalam menangkap energi aliran air dan mempertahankan putaran kincir pada pembebanan yang lebih besar. Dengan jumlah sudu yang lebih banyak, distribusi gaya air pada permukaan sudu menjadi lebih merata sehingga proses konversi energi berlangsung lebih efektif. Selain itu, kincir air 8 sudu mampu bekerja lebih stabil pada rentang pembebanan yang lebih tinggi dibandingkan variasi 4 dan 6 sudu. Sehingga grafik menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu pada kincir air *overshot* cenderung meningkatkan efisiensi kincir air. Hal ini terjadi karena semakin besar jumlah sudu, maka semakin besar pula kemampuan kincir dalam memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik air menjadi energi mekanik pada poros. Akan tetapi, penambahan jumlah sudu tetap perlu mempertimbangkan aspek hambatan fluida dan massa putar sistem, karena jumlah sudu yang terlalu banyak dapat menimbulkan tahanan aliran yang berpotensi menurunkan performa kincir air.

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi jumlah sudu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja kincir air *overshot* dengan geometri sudu tipe lengkung, baik terhadap daya yang dihasilkan maupun efisiensi. Semakin besar jumlah sudu yang digunakan maka semakin besar pula kemampuan kincir air dalam memanfaatkan energi aliran air untuk dikonversi menjadi energi mekanik pada poros. Pada grafik hubungan torsi terhadap daya, kincir air 8 sudu menghasilkan daya terbesar dibandingkan variasi lainnya, yaitu sebesar 0,388 Watt pada torsi 0,085 Nm. Sementara itu, kincir air 6 sudu menghasilkan daya maksimum sebesar 0,200 Watt, dan kincir air 4 sudu hanya menghasilkan daya maksimum sebesar 0,134 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu mampu meningkatkan luas kontak antara aliran air dan sudu, sehingga energi air yang diserap menjadi lebih optimal dan menghasilkan torsi serta daya yang lebih besar. Hasil yang sama juga terlihat pada grafik hubungan pembebanan terhadap efisiensi. Kincir air 8 sudu memiliki efisiensi tertinggi sebesar 12,736% pada pembebanan 3 N, diikuti oleh kincir air 6 sudu dengan efisiensi maksimum sebesar 6,56%, dan kincir air 4 sudu sebesar 4,412%. Peningkatan efisiensi ini menunjukkan bahwa jumlah sudu yang lebih banyak mampu menghasilkan distribusi gaya air yang lebih merata pada permukaan sudu. Sementara itu, proses konversi energi berlangsung lebih efektif dan stabil pada berbagai kondisi pembebanan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kincir air dengan 8 sudu merupakan konfigurasi terbaik pada penelitian ini karena menghasilkan daya dan efisiensi tertinggi dibandingkan variasi 4 sudu dan 6 sudu. Dengan demikian, penambahan jumlah sudu pada kincir air *overshot* terbukti mampu meningkatkan performa sistem konversi energi air, meskipun tetap perlu mempertimbangkan faktor hambatan fluida dan beban putar agar kinerja kincir tetap optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- AWARE, S. V., AWARE, V. V., KUSHAL, S., & PACHBHAI, P. (2016). Design and development of pelton wheel for pico-hydro power generation unit. *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES*, 12(1). <https://doi.org/10.15740/has/ijas/12.1/60-64>
- Bachan, A., Ghimire, N., Eisner, J., Chitrakar, S., & Prasad Neopane, H. (2019). Numerical analysis of low-tech overshoot water wheel for off grid purpose. *Journal of Physics: Conference Series*, 1266(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1266/1/012001>
- Delvia Rimesye Apalem Ranno Marlany Rachman, Renny James Betaubun, Rudi Serang, Rini Sriyani, Dennis Lorens, Tryantini Sundi Putri, Corvis L Rantererung, A. R. S. (2024). *Pencemaran Air* (Z. Sri Gusty, Ed.). CV.TOHAR MEDIA.
- Dennis Lorens, Corvis L Rantererung, Baso. (2024). *THERMODINAMIKA ENTROPY, SISTEM TENAGA UAP DAN GAS*. PT,NAS MEDIA INDONESIA.
- Djojonegoro,W., 1992. (n.d.). *Pengembangan dan penerapan energi baru dan terbarukan, Lokakarya "Bio Mature Unit" (BMU) untuk pengembangan masyarakat pedesaan, BPPT, Jakarta.*
- HUMAS EBTKE. (2024). *Presiden Joko Widodo: Indonesia Kaya Potensi EBT, Manfaat Bagi Masa Depan Bumi*. 944, 22–25.
- Kurniawan, R., Himawanto, D. A., & Widodo, P. J. (2019). The performance of numbers of blade towards picohydro propeller turbine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 508(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012057>
- Lianda, J.-, & Adam, A.-. (2017). Pembangkit Listrik Tenaga Air Sungai Dengan Kombinasi Turbin Savonius dan Heliks. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 2(2), 117–120. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v2i2.132>
- Moran, M. J. , S. H. N. , D. D. Boettner. , M. B. B. (2006). *FUNDAMENTALS OF ENGINEERING THERMODYNAMICS* (Eight Edition).
- MUDZAKI, I. (2020). *PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU KINCIR AIR TERHADAP KINERJA KINCIR AIR DENGAN ALIRAN BREASTSHOT DAN ALIRAN UNDERSHOT*. Universitas Bengkulu.
- Müller, G., & Kauppert, K. (2004). Performance characteristics of water wheels. *Journal of Hydraulic Research*, 42(5). <https://doi.org/10.1080/00221686.2004.9641215>
- Quaranta, E., & Revelli, R. (2015). Output power and power losses estimation for an overshoot water wheel. *Renewable Energy*, 83, 979–987. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2015.05.018>
- Quaranta, E., & Revelli, R. (2018). Gravity water wheels as a micro hydropower energy source: A review based on historic data, design methods, efficiencies and modern optimizations. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 97). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.033>
- S, Hardianto Dwi. (2014). *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung Overshot*. Universitas Brawijaya.
- Setiadi, Y., Soesilo, E., & Septe, E. (2015). Perancangan Pico Hydro Portable Type Kincir Air Sebagai Pembangkit Energi Listrik. *Abstract Of Undergraduate ...*
- Vries, P. de, C. M. , J. R. (2011). *Buku Panduan Energi Terbarukan*.
- Wibowo, O. :, & Pertama, P. E. (2007). *TURBIN AIR*.