

Perbandingan variasi tipe sudu dan tinggi *impeller* dengan jumlah sudu 9 buah terhadap daya dan efisiensi pada turbin *vortex*

Renhard Januar Sitindaon, Rafil Arizona

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin nasution, Km. 11, No. 133, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
Email korespondensi: renhardjanuar@student.uir.ac.id

Abstrak

Kurang maksimalnya penggunaan energi alternatif terlebih energi air, maka kajian ini akan dilakukan dengan turbin air, yaitu turbin *vortex*. Turbin ini memanfaatkan pusaran air untuk menggerakkan sudunya dan bisa beroperasi pada head yang relatif rendah. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tipe sudu terhadap daya dan efisiensi turbin yang lebih optimal dan mendapatkan hasil analisis terbaik pada perbandingan *impeller* tipe sudu lurus dan lengkung terhadap daya dan efisiensi turbin *vortex* tinggi *impeller* 205 mm, 210 mm, dan 215 mm dengan jumlah sudu 9 buah. Metode yang digunakan pada kajian ini adalah studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengambilan data, kemudian pengolahan data dan analisis. Hasil dari kajian ini juga dibandingkan dengan *impeller* sudu lurus, *impeller* sudu lengkung mendapatkan nilai tertinggi pada daya dan efisiensi turbin. Lebih detailnya, *impeller* sudu lengkung dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 9 buah menghasilkan kinerja turbin tertinggi. Daya turbin (P_t) yang dihasilkan adalah 46,77 watt dan efisiensi turbin (η) yang dihasilkan adalah 13,41%. Sedangkan pada *impeller* tipe sudu lurus, hasil daya dan efisiensi turbinnya lebih rendah dibandingkan *impeller* tipe sudu lengkung. Terutama pada *impeller* sudu lurus 205 mm dengan jumlah sudu 8 buah yang memiliki hasil daya dan efisiensi terendah.

Kata kunci: turbin *vortex*, tipe sudu *impeller*, tinggi *impeller*, jumlah sudu.

Abstract

The lack of maximum use of alternative energy, especially water energy, so this research will be carried out with water turbines, namely *vortex* turbines. This turbine utilizes a water vortex to drive the blade and can operate at a relatively low head. This study aims to determine the effect of blade type on the power and efficiency of a more optimal turbine and get the best analysis results on the comparison of straight and curved blade type *impellers* on the power and efficiency of a 205 mm, 210 mm, and 215 mm high *impeller* *vortex* turbine with a total of 9 blades. The method used in this research is literature study, preparation of tools and materials, data collection then data processing and analysis. The results of this study compared to the straight blade *impeller*, the curved blade *impeller* gets the highest value of turbine power and efficiency. more details the curved blade *impeller* with a height of 215 mm and the number of blades of 9 pieces produces the highest turbine performance in this study. The resulting turbine power (P_t) is 46.77 watt and the resulting turbine efficiency (η) is 13.41%. While in the straight blade type *impeller* the turbine power and efficiency results are lower than the curved blade type *impeller*. Especially the 205 mm straight blade *impeller* with 8 blades has the lowest power and efficiency results.

Keywords: *vortex* turbine, *impeller* blade type, *impeller* height, number of blades.

1. Pendahuluan

Energi sangat dibutuhkan dalam kehidupan, dikarenakan hampir seluruh kegiatan dan aktifitas yang dilakukan manusia selalu membutuhkan energi [1]-[6]. Kebanyakan energi yang digunakan adalah berasal dari energi fosil yang berbentuk minyak bumi dan gas alam. Meningkatnya jumlah penduduk yang semakin pesat, ditambah lagi dengan kebutuhan dalam mengonsumsi energi listrik yang semakin tinggi dalam kehidupan masyarakat membuat terjadinya dampak kekurangan energi fosil di dalam kehidupan dan menyebabkan dampak buruk pada lingkungan, seperti polusi udara dan efek rumah kaca [4]-[10].

Untuk mengatasi dan mengantisipasi masalah krisis energi bisa menggunakan berbagai opsi demi

terciptanya energi alternatif yang bisa dimaksimalkan dan dimanfaatkan untuk dikembangkan [11]. Sumber daya alam yang tidak bisa habis dan bisa diperbarui disebut energi alternatif [12]. Masih banyak yang belum mengoptimalkan pemanfaatan energi alternatif seperti energi air, energi angin, energi surya dan lainnya. Pada kajian ini akan memanfaatkan energi air dengan mengaplikasikannya menggunakan turbin air. Energi air merupakan energi yang telah banyak dimanfaatkan secara luas di Indonesia, dalam skala besarnya telah digunakan sebagai pembangkit listrik [13],[14].

Turbin air merupakan mesin konversi energi yang merubah energi mekanik menjadi energi kinetik, kemudian menjadi energi potensial dan selanjutnya mengubah menjadi energi listrik [15]. Kajian ini akan dilakukan menggunakan turbin *vortex*, di mana turbin

ini memiliki *head* yang rendah sekitar 0,7 m-3 m dengan debit 50 L/s, dan juga turbin ini memanfaatkan pusaran air sebagai penggerak sudunya. Pemanfaatan aliran sungai yang memiliki *head* yang rendah dapat diaplikasikan dengan menggunakan turbin reaksi aliran *vortex*. Kemudian pada turbin reaksi, seluruh energi potensial yang ada pada air diubah menjadi energi kinetik saat air melewati lengkungan sudu-sudu pengarah, sehingga poros akan berputar [16]-[19].

Pada kajian turbin *vortex* ini akan dibuat dengan beberapa variasi seperti tipe penampang sudu pada *impeller*, jumlah sudu pada *impeller*, dan tinggi *impeller* pada turbin *vortex* [20]. Kajian dimulai dengan turbin *vortex* yaitu analisis perbandingan tipe sudu dengan memvariasikan jumlah sudu dan tinggi *impeller* pada turbin *vortex* [21],[22]. Kajian sebelumnya tidak membandingkan bagaimana kinerja turbin yang lebih baik jika melakukan analisis perbandingan pada *impeller* turbin, seperti tipe sudu, tinggi *impeller* dan jumlah sudu. Selain itu, pengoperasian turbin *vortex* ini mudah untuk dilakukan, dan untuk biaya dapat dioptimalkan dan terjangkau. Dari beberapa kajian di atas juga didapatkan ide rumusan masalah dalam kajian ini. Pertama, agar mengetahui bagaimana efisiensi tertinggi dan terendah yang dihasilkan oleh turbin reaksi aliran *vortex* tipe penampang sudu (lengkung dan lurus) dengan variasi jumlah sudu dan tinggi *impeller* pada turbin *vortex* [23]. Kedua, mengetahui nilai daya yang dihasilkan oleh turbin reaksi aliran *vortex* tipe sudu (lengkung dan lurus) dengan variasi jumlah sudu dan tinggi *impeller* pada turbin *vortex* [24]. Dengan tujuan dilakukannya kajian ini adalah untuk mengetahui mendapatkan nilai kinerja turbin yang lebih optimal dan mendapatkan analisis terbaik dari perbandingan tipe sudu (lurus dan lengkung) dengan variasi jumlah sudu dan tinggi *impeller* pada turbin *vortex* [25],[26].

2. Metode

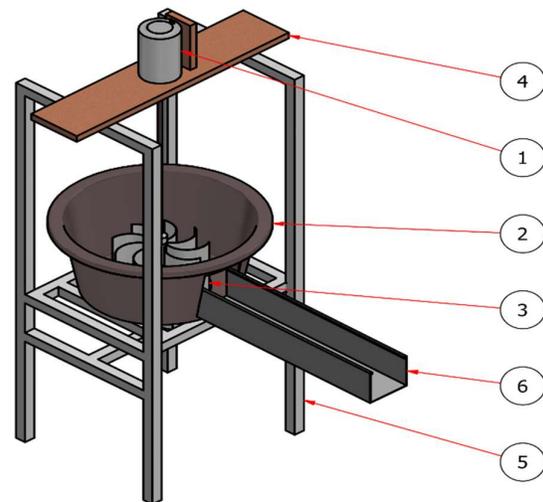
Lokasi pengambilan data yakni di Jl. Datuk Setia Maharaja No.171 ABC, Tangkerang Sel., Kec, Bukit Raya, Kota Pekanbaru, Riau, sesuai dengan Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data.

Tahapan awal dalam melakukan analisis yakni membaca serta mempelajari referensi yang berkaitan dengan turbin *vortex*. Referensi yang berkaitan tersebut berupa kajian-kajian penelitian sebelumnya.

Sebelum melakukan pengambilan data yang dibutuhkan sesuai parameter, terlebih dahulu melakukan penyiapan alat dan bahan yang akan digunakan pada saat akan melakukan pengujian. Alat dan bahan yang dipersiapkan yaitu turbin *vortex*. Berdasarkan variasi yang ditentukan yaitu tipe sudu *impeller* lurus dan lengkung, dengan tinggi sudu 205 mm, 210 mm, dan 215 mm, dengan jumlah sudu adalah 9 buah. Kemudian, bahan pendukung lain adalah *tachometer*, *multimeter*, kunci *ring*, penggaris dan *stopwatch*. Untuk turbin *vortex* dan *impeller* yang digunakan pada kajian ini dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut.



Gambar 2. Desain alat uji turbin *vortex*.

Keterangan pada Gambar 2 adalah sebagai berikut:

- 1) Dinamo
- 2) *Basin* (ember)
- 3) *Impeller*
- 4) *Bracket* dinamo
- 5) Kerangka turbin *vortex*
- 6) Takang air (saluran masuk)

Impeller yang digunakan pada kajian ini adalah seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Impeller yang digunakan.

Sebelum memulai pengujian pertama, perlu menentukan debit air menggunakan parameter untuk mencari debit air. Setelah itu, membuat bendungan, kemudian setelah bendungan selesai, turbin *vortex* diletakkan pada posisi yang sudah diatur. Kemudian, memulai pengambilan data yang diperlukan, di mana data yang diperlukan adalah, debit air (Q), putaran *impeller* (rpm), tinggi vortex (H_v). Pengujian dilakukan secara bertahap, dimulai dengan menggunakan *impeller* tipe sudu lurus dengan tinggi 205 mm dengan tipe sudu 9 buah, setelah data didapatkan, *impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 9 buah tersebut ditukar dengan *impeller* selanjutnya sesuai dengan variasi tingginya. Sebelum mengganti dan memasang *impeller*, bendungan ditutup agar proses penggantian *impeller* tidak terganggu oleh air yang masuk melalui saluran masuk pada turbin *vortex*. Proses pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Proses pengambilan data.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus atau parameter-parameter daya dan efisiensi turbin untuk mendapatkan hasil pengujian pada turbin *vortex* ini. Setelah hasil didapatkan, mulai melakukan analisis pada hasil akhir dari data yang sudah dicari, agar dapat menentukan *impeller* tipe sudu mana yang dapat mendapat hasil terbaik pada daya dan efisiensi turbin dengan variasi tinggi *impeller* dengan jumlah sudu 9 buah.

Parameter pendukung analisis kinerja turbin *vortex* yang dimaksud adalah segala parameter-parameter yang digunakan untuk mempermudah analisis pada turbin *vortex*. Parameter yang dimaksud antara lain ditunjukkan pada Persamaan (1)-(3) berikut.

$$Q = v \times A \text{ atau } Q = V/t \quad (1)$$

$$v = s/t \text{ dan } A = l.h \quad (2)$$

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} \quad (3)$$

Parameter yang digunakan untuk menghitung daya dan efisiensi pada turbin *vortex*. Adapun parameter tersebut ditunjukkan pada Persamaan (4)-(9) berikut.

$$P_{hid} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_v \quad (4)$$

$$T = F_{tot} \cdot r \quad (5)$$

$$F_{tot} = F_{b1} + F_{b2} + F_p + F_i + F_{sc} + F_{al} + F_{bp} \quad (6)$$

$$F_{b1}, F_{b2}, F_p, F_i, F_{sc}, F_{al}, F_{bp} = m \cdot g \quad (7)$$

$$P_t = \omega \cdot \tau \quad (8)$$

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_{hid}} \times 100\% \quad (9)$$

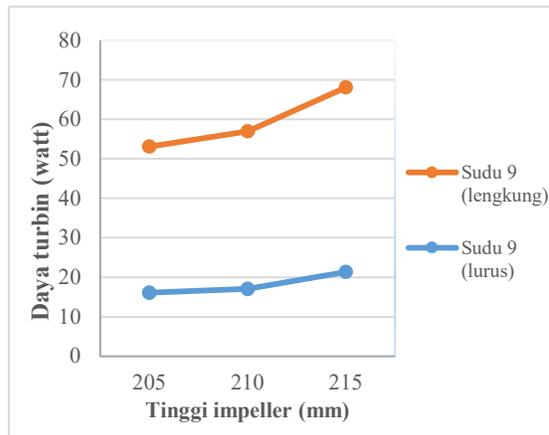
3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil daya dan efisiensi turbin dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data hasil daya dan efisiensi turbin.

Impeller sudu lurus	Daya turbin (Watt)	Efisiensi turbin (%)	Impeller sudu lengkung	Daya turbin (Watt)	Efisiensi turbin (%)
205	17,0422	8,08	205	39,956	12,21
210	19,271	10,79	210	43,03	12,9
215	21,374	9,03	215	46,77	13,41

Grafik hubungan tipe sudu, tinggi sudu dan jumlah sudu 9 buah pada *impeller* terhadap daya turbin (P_t) ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.

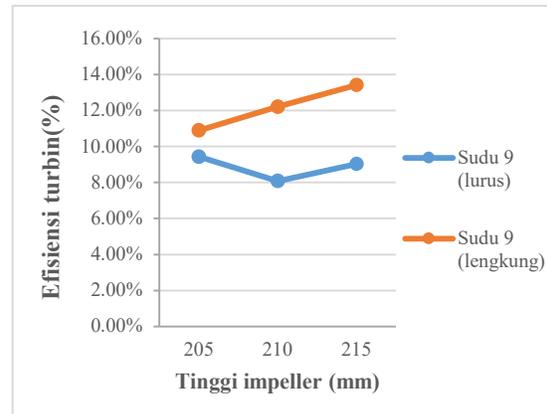


Gambar 5 Grafik hubungan tinggi impeller dan jumlah sudu 9 buah terhadap daya turbin pada impeller tipe sudu lurus dan lengkung.

Pada Gambar 1, *impeller* tipe sudu lengkung memiliki nilai daya turbin tertinggi dibandingkan dengan *impeller* tipe sudu lurus. Nilai daya turbin tertinggi terletak pada *impeller* lengkung 215 mm dengan jumlah sudu 9 dengan nilai 46,77 watt dan nilai terendah pada *impeller* lengkung itu sendiri terletak pada *impeller* lengkung 205 mm dengan jumlah sudu 9 yang nilainya 39,956 watt. Sedangkan pada *impeller* tipe sudu lurus, nilai tertinggi daya turbin pada

impeller lurus 215 dengan jumlah sudu 9 buah yaitu 21,374 watt dan pada *impeller* 205 mm dengan jumlah sudu 9 buah nilai terendahnya 17,0422 watt. Pada setiap pengujian yang dilakukan, *impeller* mengalami kenaikan nilai daya turbin yang didapat. Jadi, analisis hasil perbandingan dari grafik di atas, didapatkan *impeller* dengan tipe sudu lengkung memiliki nilai daya turbin tertinggi dibandingkan dengan *impeller* tipe sudu lurus. Dapat disimpulkan juga dari grafik bahwa pada tipe sudu, tinggi *impeller* dan jumlah sudu *impeller* pada turbin *vortex*, jika tipe sudunya melengkung dan tinggi impellernya semakin tinggi, maka nilai daya turbin yang didapatkan akan semakin tinggi pula seperti pada Gambar 5 di atas dengan peningkatan nilai daya turbin yang terjadi pada setiap variasinya saat pengujian.

Grafik hubungan variasi tipe sudu, tinggi sudu, dan jumlah sudu 9 buah pada *impeller* terhadap efisiensi turbin (η_t) ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik hubungan tinggi impeller dan jumlah sudu 9 buah terhadap efisiensi turbin pada impeller tipe sudu lurus dan lengkung.

Pada Gambar 6, dapat dilihat *impeller* tipe sudu lengkung 215 mm dengan jumlah sudu 9 memiliki nilai efisiensi turbin tertinggi dengan nilai 13,41% dan untuk nilai terendah pada *impeller* tipe sudu lengkung itu terletak pada *impeller* lengkung 205 mm dengan jumlah sudu 9 buah yang nilainya 12,21%. Sedangkan pada *impeller* lurus, yang memiliki nilai efisiensi turbin tertinggi adalah *impeller* 210 mm dengan jumlah sudu 9 buah yang nilainya 10,89%, dan nilai terendah adalah 8,08 % terletak pada *impeller* lurus 215 mm dengan jumlah sudu 9 buah. Seperti ditunjukkan pada grafik, dapat dilihat pada *impeller* sudu lengkung di setiap pengujian pada variasinya, jika semakin tinggi dan banyak jumlah sudu yang dilakukan pada pengujian selalu dominan hasil efisiensi turbin yang didapatkan selalu meningkat, berbeda dengan *impeller* tipe sudu lurus yang tidak menentu.

Jadi, analisis hasil perbandingan, didapatkan bahwa *impeller* dengan tipe sudu lengkung adalah *impeller* yang memiliki nilai efisiensi turbin tertinggi dibandingkan tipe sudu lurus. Dapat disimpulkan juga

bahwa pada tipe sudu, tinggi *impeller* dan jumlah sudu *impeller* pada turbin vortex, jika tipe sudunya melengkung dan tingginya semakin tinggi dan juga memiliki jumlah sudu yang relatif banyak, maka nilai efisiensi turbin yang didapatkan akan semakin tinggi pula seperti pada Gambar 6 di atas dengan peningkatan nilai efisiensi turbin yang terjadi pada setiap variasi tingginya, hanya saja pada *impeller* lurus, sedikit berbeda yang di mana kenaikan nilai efisiensi tinggi dan jumlah sudu maupun tipe sudu pada *impeller* tidak berpengaruh pada efisiensi turbin.

4. Kesimpulan

Telah didapatkan daya dan efisiensi turbin yang lebih optimal pada kajian ini, di mana tipe sudu lengkung dan lurus dengan variasi tinggi *impeller* dan lebar sudu 9 buah sangat berpengaruh terhadap kinerja pada turbin vortex. Tinggi *impeller* masing-masing 205 mm, 210 mm, dan 215 mm. Untuk daya dan efisiensi turbin didapatkan hasil perbandingannya, yaitu *impeller* dengan sudu lengkung dengan variasinya merupakan *impeller* yang mendapatkan nilai tertinggi pada kinerja turbin dibandingkan dengan *impeller* tipe sudu lurus. *Impeller* tipe sudu lengkung dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 9 buah yang mendapatkan daya dan efisiensi turbin tertinggi, maka pada *impeller* tipe sudu lengkung semakin tinggi *impeller*-nya, maka mendapatkan hasil daya dan efisiensi yang lebih optimal lagi.

Dari grafik didapatkan bahwa hasil terbaik dari perbandingan tipe sudu lurus dan lengkung dengan variasi tinggi *impeller* dan jumlah sudu 9 buah pada *impeller*, jika dibandingkan *impeller* tipe sudu lurus dan lengkung, didapatkan bahwa hasil terbaik daya dan efisiensi pada kajian ini adalah *impeller* tipe sudu lengkung. *Impeller* tipe sudu lengkung dengan tinggi 215 mm dengan jumlah sudu 9 buah adalah *impeller* yang menghasilkan nilai tertinggi dari daya dan efisiensi turbin vortex. Dengan nilai daya turbin (P_t) nilainya 46,77 watt dan efisiensi turbin (η_t) dengan nilai 13,41 %. Sedangkan pada *impeller* dengan tipe sudu lurus dengan variasi tinggi *impeller* 205 mm dan jumlah sudu 9 buah adalah *impeller* dengan nilai terendah dari semua variasi yang ada.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua untuk segala doa dan semangat yang selalu diberikan, terima kasih kepada dosen pembimbing untuk kerja samanya dan selalu memberikan masukan-masukan yang membangun, serta kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan berkontribusi pada kajian ini, kepada warga yang berada disekitar Parit Indah, Pekanbaru, yang telah mengizinkan untuk melakukan pengujian di tempat tersebut, sehingga pengujian dapat terselesaikan, saya ucapkan terima kasih.

Daftar Pustaka

- [1] Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Adi Bagus Prasetyo, Roni Andespa, Politeknik Negeri Lhokseumawe, and Kata Pengantar. 2020. "Tugas Akhir Tugas Akhir." *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201* 2(1):41–49.
- [2] Ardianto, Mumammad. 2018. "Perencanaan Prototype Turbin Vortex Dengan Kapasitas Aliran Maksimal 200 L/Menit."
- [3] Farisi, Adnan Al, Yopi Handoyo, and Taufiqur Rokhman. 2020. "Analisis Variasi Jumlah Sudu Turbin Berpenampang Pelat Datar Pada Turbin Air Aliran Vortex Dengan Tipe Saluran Masuk Involute." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 7(2):72–78. doi: 10.33558/jitm.v7i2.1917.
- [4] Gibran, Syahril Gultom, A. Zulkifli Lubis, and Pramio G. Sembiring. 2017. "Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar." *Dinamis* 5(2):36–46. doi: 10.32734/dinamis.v5i2.7049.
- [5] Gultom, Syahril, A. Zulkifli Lubis, and Pramio G. Sembiring. 2017. "Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar." *DINAMIS* 5(2).
- [6] Gusni, Novi, Bima Sakti, Satria Wibawa, and Fachnur Firdaus. 2017. "Analisa Efisiensi Dan Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Alsthom Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Kapasitas 20 Mw NhurRahmat Glanz 1 Prinsip Kerja PLT GU 1. PRINSIP KERJA PLT GU 1.1. Turbin Gas (Siklus Brayton) 1.1.2. Sejarah Turbin Gas." 14(2):209–18.
- [7] Hafiz Nurcahyo Eka Putra, Arief Subekti, Aulia Nadia Rachmad. 2018. "TOPSIS UNTUK PENENTUAN PRIORITAS PERBAIKAN PADA STEAM TURBINE DI PERUSAHAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI Hafiz Nurcahyo Eka Putra, Arief Subekti, Aulia Nadia Rachmad." *Proceeding 1st Conference on Safety Engineering and Its Application* (2581):71–76.
- [8] Hakim, Muhammad Farid Rahman, and Priyo Heru Adiwibowo. 2018. "Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Tinggi Sudu." *Jurnal Teknik Mesin* 6(1):85–95.
- [9] Hamdani, Wildan, and Ahmad Yani. 2021. "Rancang Bangun Turbin Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pesisir Pantai)." *Jurnal Teknik Juara Aktif Global Optimis* 1(1):38–45.
- [10] Indarto, Bachtera, Mochammad Ilman Nafi, Muhammad Hasan Basri, Hilman Saraviyan Iskawanto, and Alfi Tranggono Agus Salim.

2020. "Rancang Bangun Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis Basin Silinder." *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)* 5(1):27-34. doi: 10.32486/jeecae.v5i1.498.
- [11] Kurniady, Irvan, Amrinsyah Amrinsyah, and Amirsham Amirsham. 2019. "Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin." *Journal of Electrical and System Control Engineering* 2(2). doi: 10.31289/jesce.v2i2.2359.
- [12] Lukas, Lukas, Daniel Rohi, and Hanny Hosiana Tumbelaka. 2017. "Studi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Air (Plta) Di Daerah Aliran Sungai (Das) Brantas." *Jurnal Teknik Elektro* 10(1):17-23.
- [13] Maulana, Tuter, and Priyo Heru Adiwibowo. 2019. "Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Luas Optimum Sudu." *Jurnal Teknik Mesin* 7(3):109-20.
- [14] Mustangin, Muhammad. 2018. "Mustangin_buku Turbin Uap." *TURBIN UAP Prinsip, Start-up, Perawatan, Penunjangnya* xvi:1-200.
- [15] NASUTION, R. A. 2022. "Perancangan Dan Pembangunan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool."
- [16] Prabowo, Boy Ilham, and Priyo Heru Adiwibowo. 2018. "Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang L Dengan Variasi Panjang Sisi Lurus Pada Ujung Sudu." *Jurnal Teknik Mesin* 06(01):115-23.
- [17] Prasetyo, Wahyu Didik. 2018. Rancang Bangun Turbin Vortex Skala Kecil Dan Pengujian Pengaruh Bentuk Penampang Pudu Terhadap Daya, Skripsi S1.
- [18] Putra, Frisca Anugra. 2018. "Analisa Pengaruh Sudut Sudu Dan Debit Aliran Terhadap Performa Turbin Kaplan."
- [19] Putri. 2018. "Universitas Islam Riau." 28284(113):28284.
- [20] Rahmanto, Raden Hengki, Muhammad Syaifuddin Az, and Geri Setiadi. 2020. "Analisis Eksperimental Kinerja Turbin Vortex Akibat Perubahan Tinggi Impeller Tipe Sudu Berpenampang Lurus." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 8(2):96-103. doi: 10.33558/jitm.v8i2.2188.
- [21] Rasyid, Ibnu. 2022. "Pengaruh Tinggi Impeller Dan Variasi Jumlah Sudu Pada Impeller Terhadap Kinerja Turbin Vortex."
- [22] Rizky Nasution, Muhamdad. 2018. "Tugas Sarjana Konversi Energi." 1-68.
- [23] Rofiq, Mohammad Aunur, and Ilmi Rizki Imaduddin. 2020. "Uji Eksperimen Basin Silinder Terhadap Reaksi Aliran Vortex Dengan Variasi Tinggi Blade (Turbin) Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)." *ELEMEN Jurnal Teknik Mesin* 7(2):70-77.
- [24] Sukma, Gamma Alan. 2022. "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Diameter Impeller Dan Tinggi Jatuh Air Terhadap Peforma Turbin Vortex."
- [25] Sumatri, Fajar, and Muhammad Fitri. 2017. "Perancangan Alat Uji Vortex Bebas Dan Vortex Paksa." *Zona Mesin* 8(2):1-9.
- [26] Suryana, Dadan. 2013. "Scanned by CamScanner كمزاري." *A Psicanalise Dos Contos de Fadas. Tradução Arlene Caetano* 466.