

PENGARUH TINGGI CELAH ALIRAN PADA SLUICE GATE TERHADAP KINERJA KINCIR AIR JENIS SUDU MELENGKUNG

Ridho Dwi Syahrial ¹⁾ ✉, Rudy Soenoko ¹⁾, Teguh Dwi Widodo ¹⁾, Alfeus Sunarso ²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin

Universitas Brawijaya
ridhodwis@student.ub.ac.id
rudysoen@ub.ac.id
widodoteguhdwi@ub.ac.id
sunarso@dosen.polnep.ac.id

²⁾Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Negeri Pontianak
sunarso@dosen.polnep.ac.id

Abstract

This study aimed to determine the effect of adding the sluice gate and the optimal width of the sluice gate on the waterwheel performance. Tests have been carried out experimentally on a laboratory scale. In the test, this study used an open channel waterwheel with variations in the flow gap width gate width of 25mm, 35mm, and 40mm. Each variation of the flow gap width will be tested at a flow rate of 12 liters/second. Parameters such as mill power, turbine torque, and efficiency will be determined based on the measurement results of the rotational speed of the waterwheel wheel, water level, and braking load. The results showed that the width of the sluice gate flow gap affects the performance of the waterwheel. The highest performance was obtained at a flow gap of 25mm followed by a flow gap width of 35mm, and the lowest performance was obtained at a variation of the slit width of 40mm. The maximum performance of the waterwheel is obtained at variations in the width of the flow gap of 25mm at 50 rpm rotation conditions with a discharge of 12 liters/second where liters were generated 15.06 watts and the efficiency 29.82%.

Keywords: Waterwheel, Sluice Gate, Flow Gap.

1. PENDAHULUAN

Salah satu energi terbarukan yang berpotensi di Indonesia adalah energi air. Energi air merupakan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan. Energi air adalah yang sangat melimpah di Indonesia yaitu sekitar 75.000-76.000 MW. Dari jumlah potensi energi air tersebut, pemanfaatannya dalam skala besar masih 3.783 MW Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan skala kecil 220 MW Pembangkit Listrik Tenaga *Micro* Hidro (PLTMH). Energi baru terbarukan yang bersumber dari air dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik. Salah satu pemanfaatan energi listrik adalah pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). PLTA adalah pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi air kecepatan rendah ^[1-2].

Salah satu energi air skala kecil adalah arus sungai yang mempunyai potensi energi yang tersimpan dalam aliran dengan kecepatan 0,01 s/d 2,8 m/s, meskipun hanya kecepatan rendah, energi yang tersimpan didalamnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Penggunaan dan pemanfaatan energi air kecepatan rendah salah satunya adalah dengan menggunakan kincir air. Kincir air ini memanfaatkan potensi energi kinetik berupa kecepatan aliran air dari sungai. Arus aliran air langsung menumbuk sudu kincir air yang dapat menyebabkan runner berputar sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi

Corresponding Author:

✉ **Ridho Dwi Syahrial**

Received on: 2021-11-22

Revised on: 2023-02-24

Accepted on: 2023-02-24

energi mekanis pada kincir air yang digunakan untuk menggerakkan generator kemudian menjadi energi listrik. Pada perkembangannya, kincir air ada dua jenis, yaitu : kincir air poros horizontal dan kincir air poros vertikal ^[3].

Kincir *undershot* (roda aliran) merupakan kincir air roda vertikal, roda diputar oleh aliran air yang mendorong sudu-sudu dibagian bawah roda. Undershot berasal dari menghantam bagian bawah roda. Kincir air jenis ini dianggap kincir tertua, dan juga dianggap sebagai kincir air sederhana karena bahan yang di gunakan sangat sederhana ^[15]. Kincir air yang ada saat ini merupakan perangkat yang dirancang untuk mengubah energi kinetik dalam aliran air ke energi mekanik. Biasanya, energi ini pada akhirnya dikonversi menjadi listrik melalui generator dan beroperasi tanpa menyita air. Menjadikannya pilihan yang layak di daerah dimana bendungan atau reservoir tidak akan layak dibangun dikawasan tersebut. Aliran air irigasi yang banyak tersebar di Indonesia memiliki potensi yang cukup baik untuk dimanfaatkan guna pembangkitan listrik skala kecil / mikro. Unit pembangkit listrik dengan jenis breastwheel yang terbuat dari material yang mudah didapat dan konstruksi yang relatif sederhana menunjukkan unjuk kerja (*performance*) yang cukup baik untuk pemanfaatan aliran air irigasi ^[4-5].

Kinerja Kincir air bergantung pada kecepatan aliran, sudut sudu, pengarah aliran, ukuran aliran, jumlah sudu, dan kelengkungan sudu. Sudut pengarah aliran kincir air adalah salah satu variabel yang sangat mempengaruhi putaran dan gaya tangensial dimana putaran dan gaya tangensial tersebut menentukan daya dan efisiensi sebuah Kincir air ^[6]. Debit air sangat mempengaruhi kinerja dari pada kincir, apabila debit aliran air besar, maka daya dan efisiensi yang di hasilkan juga besar, apabila debit aliran air kecil, maka daya dan efisiensi yang di hasilkan juga akan kecil ^[13]. Hubungan efisiensi total berbanding lurus dengan kecepatan dimana semakin besar nilai kecepatan maka efisiensi total yang dihasilkan akan semakin besar. Apabila roda air telah mencapai titik maksimumnya maka efisiensi akan menurun, hal ini dipengaruhi oleh sudu tidak dapat memaksimalkan daya potensial air yang diakibatkan karena sudu mendapatkan gaya tekanan balik yang dipengaruhi oleh profil sudu berbentuk lengkung sehingga putaran generator yang dihasilkan tidak maksimal dan mengalami putaran generator yang tidak berubah ^[7].

Kincir air dengan sudu segitiga dan melengkung menghasilkan putaran yang lebih tinggi dari pada kincir air dengan sudu tipe datar, karena volume air yang tertahan pada sudu segitiga dan melengkung lebih tinggi dari volume yang dengan menggunakan jenis sudu datar. Semakin besar sudut kelengkungan sudu maka efisiensi juga semakin meningkat ^[11]. Semakin besar lengkungan pada sudu kincir air juga berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan kincir air ^[14]. Massa air pada kincir air menghasilkan momen inersia dan kemudian menghasilkan kecepatan sudut yang lebih tinggi, menyebabkan kincir air berputar lebih cepat dibandingkan dengan kincir air tipe sudu datar ^[7]. Pengaruh variasi kecepatan terhadap putaran generator yang dihasilkan dari roda air sudu lengkung untuk arus horizontal yaitu semakin besar kecepatan yang dihasilkan, maka semakin tinggi rpm yang dihasilkan oleh generator ^[8]. Peningkatan debit air akan meningkatkan kecepatan air kemudian meningkatkan kecepatan angular dan memperbesar masa aliran yang menumbuk sudu kemudian memperbesar gaya ^[10].

Saluran irigasi yang memiliki sluice gate tidak dimanfaatkan secara teknik, hanya dimanfaatkan sebagai penyaluran air ke berbagai tempat untuk keperluan irigasi, drainase, air bersih dan sebagainya ^[4]. Aliran yang melewati pintu air (*sluice gate*) memiliki kecepatan aliran yang tinggi dan stabil, semakin kecil bukan pintu air geser tegak maka semakin jauh jarak awal loncatan air yang terjadi, loncatan air yang terjadi akan mengakibatkan kehilangan energi pada aliran air, sebelum terjadi loncatan air aliran tersebut menjadi aliran super kritis yang stabil ^[12]. Karakteristik aliran yang mengalir melalui pintu air dapat diketahui melalui hubungan dari persamaan dasar keseimbangan energi dan momentum. Persamaan debit

dapat dicari dengan vena contracta yang merupakan fenomena hidraulika pada pendekatan aliran melalui pintu air menghasilkan nilai koefisien debit dan koefisien kontraksi ^[9].

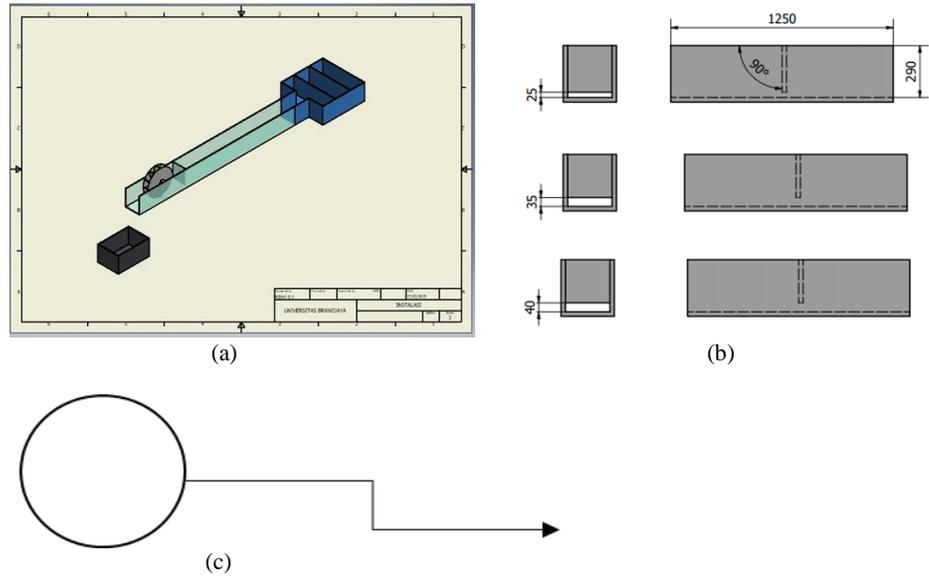
Penelitian ini mengarah kepada pemanfaatan *sluice gate* yang bertujuan untuk meningkatkan kecepatan aliran dan kestabilan aliran sebagai penggerak kincir air yang ideal dan variasi tinggi celah aliran untuk mendapatkan kecepatan air super kritis dan kestabilan aliran setelah melewati *sluice gate* sehingga menghasilkan kinerja kincir yang maksimal. Kenaikan kecepatan aliran dan kestabilan aliran mengakibatkan peningkatan kinerja kincir air.

2. METODE DAN BAHAN

Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental langsung yaitu pengujian dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti pada skala laboratorium. Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel bebas dalam penelitian ini adalah tinggi celah aliran (lebar celah *sluice gate*) dan pilihan debit yang digunakan, variabel terikat daya dan torsi, beserta variabel terkontrol jumlah sudu runner, kedalaman sudu, jarak *sluice gate* (pintu sorong) dengan kincir air, sudut *sluice gate*, dan dimensi sudu kincir. Standar instalasi pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah instalasi kincir air yang dirancang oleh tim *Masterplan* Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) di Politeknik Negeri Pontianak. Saluran air terbuat dari bahan acrylic dengan tebal 10mm, panjang 3000mm dan lebar 250mm. *Runner* kincir air terdiri atas poros berdiameter 15mm, diameter 480mm dan berjumlah 12 sudu yang terbuat dari bahan *acrylic*. *Sluice gate* dibuat dengan lebar yang sama dengan lebar saluran kincir air 250mm dari bahan acrylic.

Selanjutnya adalah memasang seluruh instalasi peralatan yang dibutuhkan, baik itu dalam pengambilan data maupun visualisasi aliran yang akan direkam dan diamati. Memasang alat eksperiment berupa pintu sorong atau *sluice gate* pada saluran. Mengatur jarak andalan *sluice gate* dengan sudu kincir. Mengatur tinggi celah aliran pada *sluice gate* sesuai dengan variasi celah aliran yang digunakan dalam eksperimen. Hal yang terpenting dalam proses ini adalah memeriksa kondisi-kondisi alat yang akan digunakan agar data yang akan diambil sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun langkah-langkah pengambilan data yang dilakukan adalah (1) Mengatur debit dengan cara menurunkan daya pompa sesuai dengan debit yang dipilih untuk digunakan. (2) Mengukur putaran poros Kincir air dengan sensor rpm yang sudah terpasang dan melihat hasilnya di *box panel* yang dilengkapi lcd penampil. (3) Mengukur putaran poros tanpa beban terlebih dahulu. (4) Kemudian mengukur putaran poros Kincir air dengan beban yang diberikan secara perlahan dengan cara memutar tuas beban gaya secara bertahap dan mencatat setiap beban gaya yang diberikan sampai Kincir air berhenti berputar. (5) Melakukan tiga kali pengulangan pada setiap variabel yang divariasikan. Mengulang langkah 1 sampai dengan ke 5 untuk setiap variasi dan debit pilihan yang telah direncanakan. Instalasi alat penelitian dalam penelitian ini adalah standar instalasi kincir air yang dirancang Tim MP3EI di Politeknik Negeri Pontianak.

2.1. Instalasi Penelitian



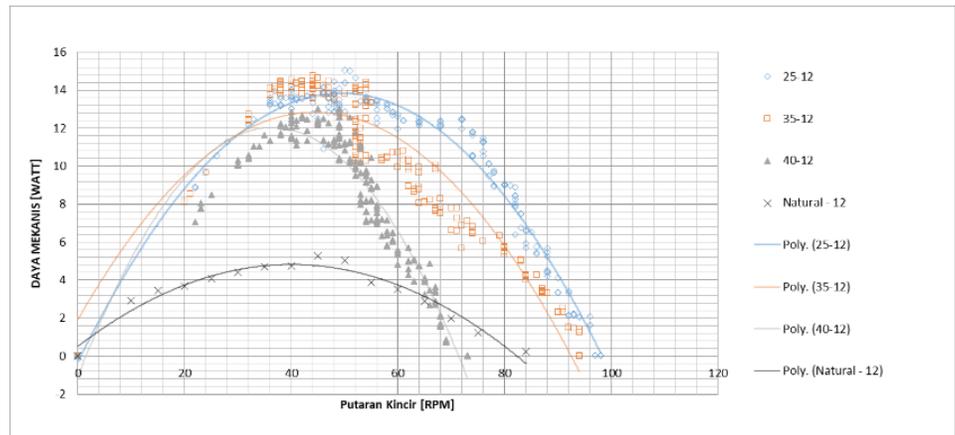
Gambar 1. Lebar celah aliran (a) Variasi lebar celah aliran *sluice gate* atau pintu sorong 25mm, (b) variasi lebar celah aliran *sluice gate* atau pintu sorong 35mm, (c) variasi lebar celah aliran *sluice gate* atau pintu sorong 45mm.



Gambar 2 : (a) Tripod camera (b) Lampu Sorot (c) Tripod dan *camera* perekam (d) Tripod dan *camera*

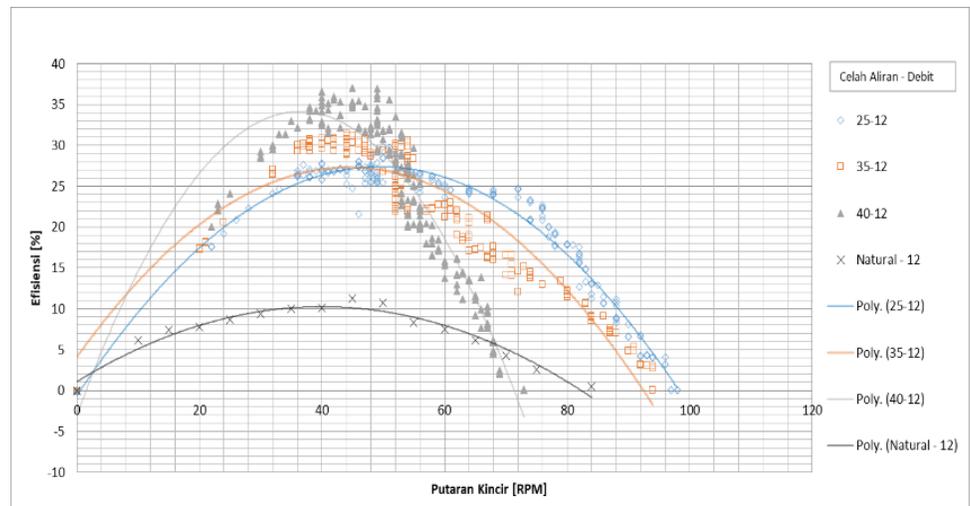
3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengamatan kemudian dilakukan analisa dan perhitungan untuk memperoleh nilai parameter Daya, Torsi dan Efisiensi. Data hasil pengujian dan pengolahan dimuat dalam bentuk grafik hubungan antara variabel – variabel yang ada dalam penelitian yaitu Daya, putaran, Torsi dan Efisiensi.



Gambar 3. Hubungan putaran kincir (rpm) terhadap daya mekanis (watt) pada debit air 12 liter/detik dengan variasi lebar celah aliran sluice gate (25), (35), (40) dan Natural.

Hubungan putaran kincir (rpm) terhadap torsi (N.m) dengan variasi lebar celah aliran *sluice gate* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, memperlihatkan kondisi-kondisi kinerja kincir air. Torsi terbesar pada celah aliran *sluice gate* 25 mm terdapat pada torsi 4,24 (N.m) dan torsi terendah pada 0,00428 (N.m) pada debit 12 liter/detik. Torsi terbesar untuk lebar celah aliran *sluice gate* 35 mm terdapat pada torsi 4,04 (N.m) dan torsi terendah pada 0,00214 (N.m) pada debit 12 liter/detik. Torsi terbesar untuk lebar celah aliran *sluice gate* 40 mm terdapat pada torsi 3,8 (N.m) dan torsi terendah pada 0,0031 (N.m) pada debit 12 liter/detik. Jika saluran pada kincir air tanpa penambahan *sluice gate* hanya menghasilkan torsi paling tinggi 2,96 (N.m) dan torsi terendah 0,02 (N.m) pada debit 12 liter/detik.



Gambar 5. Hubungan putaran (rpm) terhadap Efisiensi pada debit air 12 liter/detik dengan variasi lebar celah aliran sluice gate (25), (35), (40) dan Natural.

Adapun kondisi-kondisi maksimum dan minimum yang dicapai dari system operasi pada Gambar 5 kinerja kincir efisiensi maksimum dengan lebar celah *sluice gate* 25 mm terdapat pada putaran 50 (rpm) dengan efisiensi 29,8% dan efisiensi terendah pada putaran 22 (rpm) dengan efisiensi 17,5%. Efisiensi terbesar kinerja kincir air dengan lebar celah *sluice gate* 35 mm terdapat pada putaran 40 (rpm) dengan efisiensi 30,9% dan efisiensi terendah pada putaran 21 (rpm) dengan efisiensi 17,3%. Efisiensi terbesar kinerja kincir air

dengan lebar celah *sluice gate* 40 mm terdapat pada putaran 45 (rpm) dengan efisiensi 42,1% dan efisiensi terendah terdapat pada putaran 22 (rpm) dengan efisiensi 22,8%.

Adapun variabel lebar celah *sluice gate* yang semakin kecil memberikan nilai efisiensi kincir yang semakin kecil. Semakin besar lebar celah aliran *sluice gate* semakin tinggi juga nilai efisiensi yang dihasilkan. Fenomena ini bisa dipahami dari pembagi nilai daya air (Pa) yang semakin kecil. Semakin besar lebar celah aliran maka nilai ketinggian dari air (h) maka semakin kecil. Hal ini yang menyebabkan nilai Daya Air (Pa) juga semakin kecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisa pengolahan data dan pembahasan maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Lebar celah aliran *sluice gate* berpengaruh terhadap kecepatan putaran kincir air. Performa unjuk kerja kincir air dengan penambahan *sluice gate* menghasilkan unjuk kerja paling tinggi jika dibandingkan dengan tanpa penambahan *sluice gate* (Natural).
2. Unjuk kerja Daya Mekanis, dan Torsi tertinggi pada diperoleh pada lebar celah aliran *sluice gate* 25 mm. Dimana daya mekanis yang mampu dihasilkan maximum 15 Watt dan Torsi sebesar 4,24 N.m. Variabel lebar celah *sluice gate* yang semakin kecil memberikan nilai daya mekanis kincir yang semakin konsisten seiring dengan meningkatnya daya yang dihasilkan. Fenomena ini bisa dipahami dari olakan atau fenomena air loncat yang terjadi pada lebar celah *sluice gate* yang semakin besar menyebabkan turbulensi pada aliran air yang mendorong roda dari kincir air
3. Unjuk kerja efisiensi terbesar dihasilkan dari celah aliran *sluice gate* 40 mm yaitu sebesar 42,1% hal ini disebabkan variabel lebar celah *sluice gate* yang semakin kecil memberikan nilai efisiensi kincir yang semakin kecil. Semakin besar lebar celah aliran *sluice gate* semakin tinggi juga nilai efisiensi yang dihasilkan. Fenomena ini bisa dipahami dari pembagi nilai daya air (Pa) yang semakin kecil. Semakin besar lebar celah aliran maka nilai ketinggian dari air (h) maka semakin kecil. Hal ini yang menyebabkan nilai Daya Air (Pa) juga semakin kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Negeri Pontianak yang telah memberikan support serta membantu dalam memberikan akses untuk dapat memperoleh data yang berkaitan dengan experiment pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEMENTRIAN ESDM RI, “Statistik Ketenaga Listrikan Indonesia,” Kementrian ESDM, Jakarta, 2017.
- [2] R. PIETERSZ, RUDY S., SLAMET W., “Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal,” Jurnal Rekayasa Mesin, v. 4, no. 3, pp. 93-100, 2013.
- [3] Gaden, David L. F. and Eric Bibeau. “Increasing Power Density of Kinetic Turbines for Cost-effective Distributed Power Generation.”, In Proceedings Gaden Increasing PD, University Manitoba, Manitoba 2006.
- [4] J. RAZAK, ALI Y., ALGHOUL M., ZAINOL S. M., ZAHARIM A., SOPIAN K., “Application of Crossflow Turbine in Off-Grid Pico Hydro Renewable Energy System”. *Recent Advances in Applied Mathematics*. ISSN: 1790-2769. pp. 519-526, 2010.

- [5] MIFTAHUDIN, KAMAL, S., Studi kelayakan potensi saluran primer irigasi Batang Antokan Kecamatan Lubuk Basung Kabupaten Agam untuk rancang bangun pltmh, Thesis S2., Universitas Yogyakarta, Yogyakarta, 2009.
- [6] L. JASA, A. PRIYADI, M. H. PURNOMO, “*Alternative Model of Overshot Waterwheel Based on a Tracking Nozzle Angle Technique for Hydro Converter,*” *Journal of Renewable Energy Research*, v. 4, n. 4, pp. 1013-1019. 2014.
- [7] PLN PERSERO, “Energi Terbarukan,” Direktorat Kontruksi dan Energi Baru Terbarukan, Jakarta, 2017.
- [8] SULE, LUTHER, ARIP, MANGKAU, ANDI, et, al. “Kinerja Roda Air Sudu Lengkung Arus Bawah Untuk Pembangkit Listrik” In : Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi Ke-4 : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, pp. 449-460, Gowa Sulawesi Selatan, Nov. 2018.
- [9] LANGSITANINGTYAS, AGATHA PADMA, LEGONO, DJOKO, YULISTIYANTO, BAMBANG “Karakteristik Kecepatan Aliran Di Dekat Dasar Pintu Peluapan Bawah (Sluice Gate)”, *Jurnal Teknik Pengairan*, v 11, n. 1, pp.61-72, 2020.
- [10] M. H. KURNIAWAN, R. SOENOKO, W., A. SUNARSO, “Studi Ekperimental Performance Kincir Air Breasthot Dengan Menggunakan Nozzle,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 12, n. 3, pp. 633-642, 2021.
- [11] ABIDIN, MUHAMMAD AS’AD, “Pengaruh Besar Sudut Kelengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung *Overshot*”. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya, 2014.
- [12] Y. S. PRAMESTI, “Analisa Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Poros Horizontal dan Vertikal,” *Jurnal Mesin Nusantara*, v. 1, n. 1, pp. 51-59, 2018.
- [13] RAHMAN, ALIAH, KIMIN, “Pengaruh Debit Air Terhadap Kinerja Kincir Air,” *Jurnal Dinamis*, v. 2, n. 12, pp.76-79. Des. 2018.
- [14] LISADO, YORDAN, ADIWIBOWO, PRIYO HERU, “Eksperimental Pengembangan Sudut Sudu Berpenampang Lengkung Dengan Variasi Kelengkungan Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex”, *Jurnal JTM*, v. 9, n. 1, pp. 99-108, 2021.
- [15] OKTOVIANA, G. “Irigasi Sawa Menggunakan Kincir Air di Daerah Tanjung Pati”, *Jurnal Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Payakumbuh*, v. 1, n. 4, pp. 103-107, Sept. 2017.