

## PENGARUH SLUICE GATE TERHADAP POLA ALIRAN PADA SALURAN KINCIR AIR

Ridho Dwi Syahrial<sup>1</sup>, Rudy Soenoko<sup>2</sup>, Teguh Dwi Widodo<sup>3</sup>, Alfeus Sunarso<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universitas Brawijaya, <sup>2</sup>Universitas Brawijaya, <sup>3</sup>Universitas Brawijaya, <sup>4</sup>Politeknik Negeri Pontianak

e-mail : <sup>1</sup>ridhodwisyahrial@gmail.com, <sup>2</sup>rudysoen@ub.ac.id,

<sup>3</sup>widodoteguhdwi@ub.ac.id, <sup>4</sup>sunarso@dosen.polnep.ac.id

### ABSTRACT

Water energy is one of the renewable energy sources that many used in Indonesia. Water Energy is clean and environmentally friendly energy. Water Energy is very abundant in Indonesia. One of the water energies with a small scale is river currents that have low velocities ranging from 0.01 m / s - 2.8 m / s. Even though it is only a low speed, the energy stored in it can be used as a source of electrical energy. Utilization of river current energy with a generator in the form of a water wheel. Waterwheels utilize the potential of kinetic energy in the form of water flow velocity from the river. To increase the speed and make this flow rate stable, the addition of a sluice gate was chosen. The stability of the rotation on the flow will make the waterwheel spin stable, the stability of the water will make the waterwheel's performance increase. The method in this research is direct experimental, namely, testing is carried out directly on the object under study. The parameters in the test are flow gaps of 25mm, 35mm, and 40mm. With 2 different discharge experiments, the discharge is 0.012 m<sup>3</sup> / s and the discharge is 0.010. Retrieval of data by assembling various Arduino-based hardware. The rotational speed of the wheel is measured using a proximity sensor (induction type) whose voltage changes when it is held close to the metal. By fixing proximity on the side of the dish with a metal protrusion that rotates along the shaft of the water wheel. The braking force of the mill is measured using a load cell that produces a voltage proportional to the braking force. The results of the flow from the sluice gate were tested to get a stable flow pattern in the 25mm gap, the smaller the flow gap at the sluice gate, the better the flow stability in the channel. At the highest discharge, which is 0.012 m<sup>3</sup> / s, the stability of the waterwheel rotation reaches 98 rpm, but at the flow rate of 0.010 m<sup>3</sup> / s, the rotation of the waterwheel reaches 88 rpm. The two experiments on the difference in discharge were carried out under no braking load..

**Keywords :** waterwheel, sluice gate, flow

### INTISARI

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan di Indonesia adalah energi air. Energi air merupakan energi bersih dan ramah lingkungan. Energi air adalah yang sangat melimpah di Indonesia. Salah satu energi air dengan skala kecil yaitu arus sungai yang mempunyai kecepatan rendah berkisar 0.01 m/s – 2.8 m/s. Meski hanya kecepatan rendah, energi yang tersimpan di dalamnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Pemanfaatan energi arus sungai dengan pembangkit berupa kincir air. Kincir air memanfaatkan potensi energi kinetik berupa kecepatan aliran air dari sungai. Untuk meningkatkan kecepatan dan membuat kecepatan aliran ini menjadi stabil maka dipilih penambahan sluice gate. Kestabilan putaran pada aliran akan membuat putaran kincir air stabil, kestabilan air akan membuat kinerja kincir air meningkat. Metode dalam penelitian ini eksperimental langsung yaitu pengujian dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti. Parameter pada pengujian adalah celah aliran 25mm, 35mm, dan 40mm. Dengan 2 percobaan debit yang berbeda, debit 0,012 m<sup>3</sup>/s dan debit 0,010 m<sup>3</sup>/s. Pengambilan data dengan merangkai berbagai perangkat keras berbasis Arduino. Kecepatan putar kincir diukur menggunakan sensor proximity (tipe induksi) yang tegangannya berubah apabila didekatkan dengan logam. Dengan memasang proximity di sisi piringan dengan tonjolan logam yang berputar bersama poros kincir air. Gaya pengereman kincir diukur menggunakan load cell yang menghasilkan tegangan yang nilainya sebanding dengan gaya pengereman. Hasil aliran dari sluice gate yang dilakukan pengujian mendapatkan pola aliran yang stabil pada celah 25mm, semakin kecil celah aliran pada sluice gate maka kestabilan aliran pada saluran semakin bagus. Pada debit tertinggi yaitu 0,012 m<sup>3</sup>/s kestabilan putaran kincir air mencapai 98 rpm, namun pada debit aliran 0,010 m<sup>3</sup>/s putaran kincir air mencapai 88 rpm. Kedua percobaan dalam perbedaan debit ini dilakukan pada kondisi tanpa beban pengereman.

**Kata kunci :** kincir air, pintu sorong, aliran

## 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 energi 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 Mikro Hidro (PLTMH). Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah pembangkit kecil yang daya outputnya dibawah PLTA dan merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air kecepatan rendah (Perusahaan Listrik Negara, Persero, 2013). Salah satu energi air skala kecil adalah arus sungai yang mempunyai kecepatan rendah berkisar 0.01 s/d 2.8 m/s. Meski 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 (Pietersz, Rudy, & Slamet, 2013). Pada energi air skala kecil ini, dapat menjadi alternatif solusi masalah energi untuk daerah terpencil. Pada perkembangannya, Kincir air ada dua jenis, yaitu : Kincir air poros horizontal dan Kincir air poros vertikal (Bibeau, 2008). 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 (Pramesti, 2018). (Jasa, Priyadi, & Purnomo, 2014) dan (Neved, 2014) menerangkan kincir air dengan sudu segitiga dan melengkung menghasilkan putaran (RPM) 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. Massa air pada kincir air menghasilkan momen inersia dan kemudian menghasilkan kecepatan sudut yang lebih tinggi, yang menyebabkan kincir air berputar lebih cepat.

Pada penelitian yang dilakukan (Jhonson & Paulus, 2007) bahwa 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. Oleh karena itu penelitian ini mengarah kepada pemanfaatan *sluice gate* pada saluran air 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 PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental langsung yaitu pengujian dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti. Pengujian ini dilakukan di laboratorium fluida teknik mesin Politeknik Negeri Pontianak, Kalimantan Barat. Rancangan ini diwujudkan dengan merangkai berbagai perangkat keras berbasis *Arduino*. Untuk mengantisipasi ukuran program yang relatif besar karena kompleksitas dalam akuisisi data dan pengendalian, digunakan *board Arduino Mega 2560*. Kecepatan putar kincir diukur menggunakan sensor *proximity* (tipe induksi) yang tegangannya berubah apabila didekatkan dengan logam pada jarak sekitar 2 mm. Dengan memasang *proximity* di sisi piringan dengan tonjolan logam yang berputar bersama poros kincir air. Gaya

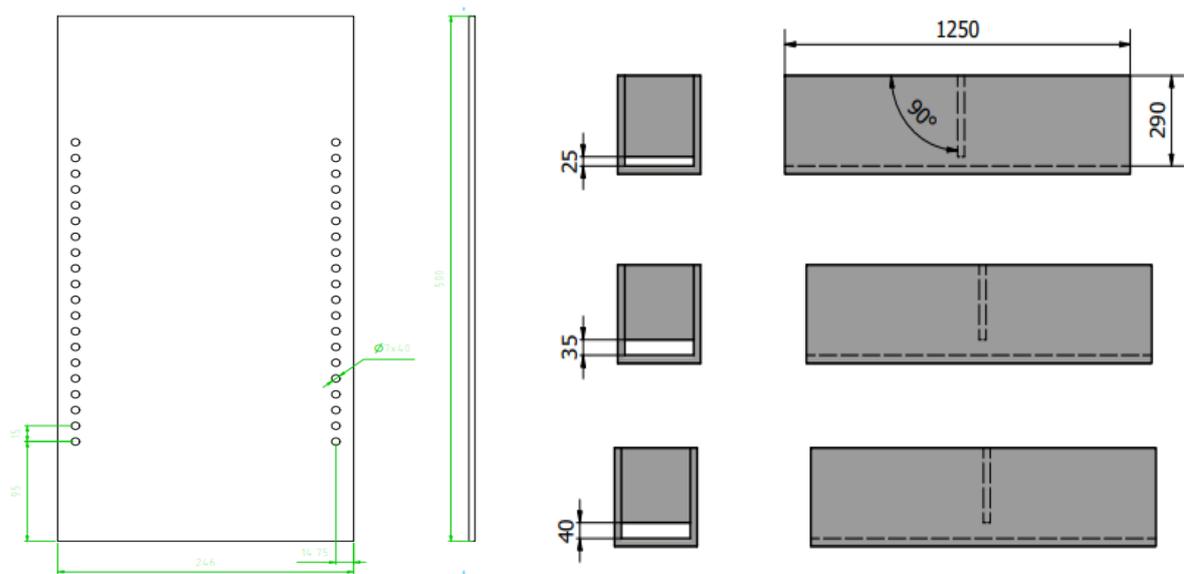
pengereman kincir diukur menggunakan *load cell* yang menghasilkan tegangan yang nilainya sebanding dengan gaya pengereman. Untuk memperkuat dan mengubah sinyal analog dari *load cell* menjadi sinyal digital digunakan chip HX711, yang merupakan *analog to digital (A/D) converter* dengan resolusi 24bit. Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel terikat yaitu daya kincir, torsi dan efisiensi kincir. Variabel bebas yakni celah aliran *sluice gate* pada saluran 25mm, 35mm, dan 40mm adapun debit air yang digunakan: (0,012 m<sup>3</sup>/s) & (0,010 m<sup>3</sup>/s). Beserta variabel kontrol yang mencakup jumlah sudu, jenis, sudu melengkung.

Selanjutnya adalah memasang seluruh instalasi peralatan yang dibutuhkan dalam pengambilan data. Hal yang terpenting dalam proses ini adalah memeriksa kondisi – kondisi alat yang akan digunakan agar data yang diambil sesuai dengan tujuan dari penelitian. Pengambilan data dilakukan 1-2 kali pengulangan untuk setiap perekaman data, tujuannya adalah untuk menghindari adanya kesalahan pembacaan data baik dari alat ataupun dari manusia. Adapun langkah – langkah pengambilan data adalah yang dilakukan adalah :

1. Mengatur debit aliran dan mengatur pompa sesuai dengan debit yang direncanakan.
2. Mengatur celah *sluice gate* pada saluran kincir dengan cara menurunkan ataupun menaikkan *sluice gate* pada saluran air kemudian mengukur celah lantai saluran terhadap tinggi *sluice gate*.
3. Dengan demikian ada pengambilan dokumentasi foto dan rekaman dalam bentuk video yang akan diambil. Durasi 1 rekaman video adalah 5-10 detik dengan setingan kamera yang digunakan adapun langkah – langkah pengambilan gambar video.
4. Memasang instalasi visualisasi, dalam hal ini memasang tripod, lampu sorot dan kamera,
5. Mengatur debit dan celah aliran pada *sluice gate*, putaran poros kincir air pada kondisi tanpa beban pengereman yang akan diamati
6. Memulai perekaman video sampai dengan durasi 5-10 detik.
7. Mengukur putaran poros kincir air dengan beban yang diberikan secara pelan – pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi nilai putaran rpm.
8. Merekord data gaya (F) dan debit (Q) pada setiap pengujian kincir.
9. Melakukan 1-3 kali pengulangan pada setiap variabel yang divariasikan.

Mengulang langkah 1 sampai dengan ke 4 untuk setiap variasi yang telah direncanakan. Instalasi penelitian dalam penelitian ini adalah standar instalasi turbin kinetik yang dirancang tim pengajar Politeknik Negeri Pontianak. Teknik pengolahan data menggunakan teknik deskriptif berdasarkan hasil analisa data dengan menampilkan grafik untuk mengetahui kecepatan putar kincir, daya, torsi, dan efisiensi kincir air dari pengaruh variasi celah aliran di *sluice gate*.

Gambar sketsa *Sluice gate* pada saluran yang terpasang dapat dilihat pada Gambar 1. Terdapat 3 variasi celah aliran pada saluran kincir air yaitu 25mm, 35mm, dan 40mm.



Gambar 1. Sketsa Sluice Gate

Instalasi saluran kincir air dan sluice gate dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Instalasi pengujian kincir air dengan sluice gate

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Visualisasi Aliran

Prilaku aliran dan sudu kincir air direkam dalam bentuk rekaman video untuk mengetahui fenomena yang terjadi. Hasil rekaman video akan ditampilkan dalam bentuk rentetan gambar yang mewakili setiap pergerakan kincir air. Pada gambar 3 akan menunjukkan rentetan gambar yang dikonversi dari video rekaman.

Dari gambar 4 dapat dilihat pergerakan sudu dan aliran yang menumbuk ke sudu. Pada gambar kecepatan aliran stabil dengan aliran yang stabil kincir air terdorong sehingga menghasilkan momentum yang besar. Pada gambar 3 aliran yang menumbuk ke sudu bukan aliran stabil, terjadi lompatan air terlebih dahulu sebelum aliran menumbuk ke kincir, pada prinsipnya lompatan air menyebabkan kehilangan energy pada aliran, sehingga momentum yang dihasilkan tidak maksimal. Untuk pengamatan yang lebih baik beberapa video diambil

pada momentum tertinggi yang diterima sudu dimana kondisi kincir air yang maksimum akan memberikan tekanan dorong yang maksimal pada sudu kincir air. Selain itu pengamatan juga dilakukan pada kondisi kinerja kincir yang paling buruk untuk memahami fenomena aliran yang terjadi pada kondisi tersebut.

### 3.2 Visualisasi aliran pada kinerja maksimum dan kinerja minimum pada variasi *sluice gate*



Gambar 3. Pola aliran dengan celah *sluice gate* besar



Gambar 4. Perilaku aliran dengan variasi *sluice gate*

Dapat dilihat pada gambar 4 variasi celah aliran 25mm pada *sluice gate* memiliki kecepatan aliran dan aliran stabil dengan pola aliran rata hingga menumbuk ke sudu kincir air sehingga pada aliran stabil ini akan membuat kecepatan putar pada kincir air stabil pada kecepatan 98 rpm kondisi kincir air tanpa beban pengereman. Pola aliran yang stabil akan mempengaruhi kecepatan putar kincir yang stabil, begitu pula putaran kincir yang stabil akan mempengaruhi kinerja dari kincir air tersebut. Kinerja maksimum pada variasi celah aliran 35mm dan 40mm yang ditunjukkan pada gambar 4 hanya menghasilkan putaran 73 rpm dan 88 rpm, hal ini disebabkan karena

terjadinya fenomena air loncat pada saat air menumbuk ke sudu kincir, hal ini menyebabkan kehilangan energi pada aliran. Kehilangan energi atau fenomena air loncat terjadi karena adanya perubahan kecepatan aliran dari aliran super kritis menjadi aliran sub kritis.

**Tabel 1.** Kecepatan Putar Kincir

Fb (N)	Celah Aliran	RPM	Debit (Q)
0	25 mm	98	0,012
0	35 mm	96	0,012
0	40 mm	73	0,012
0	25 mm	88	0,010
0	35 mm	72	0,010
0	40 mm	65	0,010

Fb (N)	Celah Aliran	RPM	Debit (Q)
10	25 mm	80	0,012
10	35 mm	68	0,012
10	40 mm	59	0,012
10	25 mm	63	0,010
10	35 mm	55	0,010
10	40 mm	52	0,010

Pada tabel 1 dapat dilihat hasil dari putaran kincir air berpengaruh pada celah aliran, semakin kecil celah aliran semakin tinggi kecepatan putar pada kincir air, kecepatan putar pada kincir air dikarenakan aliran yang melewati *sluice gate* terjadi pada kondisi stabil, tidak ada olakan yang terjadi pada saat aliran menumbuk ke sudu kincir air. Semakin besar celah aliran kecepatan putar pada kincir air semakin menurun hal ini disebabkan adanya turbulensi ataupun loncatan air yang menumbuk ke kincir air sehingga menyebabkan kehilangan energi. Pada kondisi debit yang berbeda kecepatan aliran juga berpengaruh pada kecepatan putar kincir yang menumbuk. Pada saat beban pengereman 10 N kecepatan putar kincir air pada celah aliran 25mm konstan masih menjadi kecepatan tertinggi dibandingkan celah aliran yang lain. Kecepatan aliran yang stabil akan membuat putaran kincir air stabil, kestabilan kincir air akan mempengaruhi kinerja dari kincir air.

#### 4. KESIMPULAN

Dari experiment ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pola aliran yang dihasilkan pada celah *sluice gate* 25mm adalah aliran yang stabil, jenis aliran super kritis yang menumbuk ke sudu kincir sehingga menghasilkan putaran kincir yang tinggi dan stabil.

Semakin tinggi celah *sluice gate* maka aliran yang melewati *sluice gate* akan bergelombang atau terjadi turbulensi dan loncatan air sehingga menyebabkan kehilangan energy pada saluran kincir air sebelum aliran menumbuk ke sudu kincir.

2. Kecepatan tanpa beban dengan celah aliran 25mm memiliki kecepatan tertinggi dibandingkan lebar celah *sluice gate* yang lain.
3. Dengan adanya perubahan *sluice gate* maka masuknya masa air kedalam kincir lebih stabil.
4. Semakin stabil masa air yang masuk menumbuk ke sudu maka momentum yang dihasilkan akan stabil, momentum yang stabil akan menstabilkan gaya tangensial. Kestabilan gaya tangensial ini akan menstabilkan torsi. Kestabilan torsi akan menstabilkan daya, jika daya stabil tentunya akan menghasilkan efisiensi yang stabil.
5. Kehilangan energi pada saat terjadi air loncat mengakibatkan putaran kincir air tidak stabil dan putaran menjadi lemah.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada Politeknik Negeri Pontianak yang telah memberikan tempat serta membantu dalam memberikan akses untuk dapat memperoleh data yang berkaitan dengan eksperimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bibeau, D. L. (2008). Increasing Power Density of Kinetic Turbines for cost-effective Distributed Power Generation Department. *Mechanical and Manufacturing Engineering University of Manitoba*.
- Jasa, L., Priyadi, A., & Purnomo, M. H. (2014). Alternative Model of Overshot Waterwheel Based on a Tracking Nozzle Angle Technique for Hydropower Converter. *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol 4 No. 4.
- Jhonson, H. A., & Paulus, N. (2007). Tinjauan Jarak Awal Loncat Air Akibat Perletakan End Still Pada Pintu Air Geser Tegak (Sluice Gate). *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2*, 19.
- Neved, A. (2014). Investigation and design of undershot hydrostatic pressure converter for the exploitation of very low head hydropower potential for a specific site in Pakistan. *Tesis Universitas of Engineering and Technology, Pakistan*.
- Pietersz, R., Rudy, S., & Slamet, W. (2013). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 93-100.
- PLN Persero. (2013). *Direktorat Konstruksi dan Energi Baru Terbarukan*. PT.PLN (Persero).
- Pramessti, Y. S. (2018). Analisa Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Poros Horizontal dan Vertikal. *Jurnal Mesin Nusantara*, 52-59.