

Analisis Perbandingan Pengaruh Performa Aliran Natural dan Penggunaan Sluice Gate (Pintu Air) Pada Kincir Air Dengan Pendekatan Kajian Teoritis

A Theoretical Study Approach to Comparing the Effects of Natural Flow Performance and the Use of Sluice Gates on Waterwheels

Ridho Dwi Syahrial¹, Muhammad Helmi Kurniawan², dan Khusnul Khotimah Ayuningtiyas³
Politeknik Negeri Pontianak¹, Universitas Brawijaya², UPN “Veteran” Jawa Timur³
e-mail: ridhodwisyahrial@gmail.com¹, mr.helmi.kurniawan@gmail.com², dan
khusnulayu03khotimah@gmail.com³

ABSTRACT

The water wheel is defined as a mechanical device in the form of a wheel with blades (buckets or spatulas) around the edges which are on the horizontal axis of water as the working fluid. The water flowing into and out of the wheel has no excess pressure, only atmospheric pressure. The speed of the water flowing into the wheel must be large, because if the speed is large, the impetus on the blades of the water wheel will be greater. Comparison of the Effect of Natural Flow Performance and the Use of Sluice Gate on the Wheel. The use of Sluice Gate on the Waterwheel affects the performance of the waterwheel and from several variations in the width of the sluice gate flow gap (25mm), (35mm), and (40mm) with a sluice gate flow gap of 40 mm with an efficiency of 38.12 % at 40 rpm rotation, which is 13 Watt higher than the natural flow test at 40 rpm, the rotation speed is 5.11 watts with an efficiency of 10%, and the lowest power at 10 rpm is 3 watts and an efficiency of 6% with a discharge of 12 liters per second.

Kata kunci: Waterwheel, Water Flow, Speed, Sluice, Spin.

ABSTRAK

Kincir air didefinisikan sebagai alat mekanis berupa kincir dengan sudu-sudu (ember atau spatula) di sekitar tepi yang berada pada sumbu horizontal air sebagai fluida kerja. Air yang mengalir ke dalam dan ke luar kincir tidak mempunyai tekanan lebih, hanya tekanan *atmosfir* saja. Kecepatan air yang mengalir ke dalam kincir haruslah besar, sebab bila kecepatannya besar maka dorongan pada sudu kincir air semakin besar. Perbandingan pengaruh performa aliran natural dan penggunaan *sluice gate* (Pintu Air) Pada Kincir. Penggunaan *sluice gate* (Pintu Air) Pada Kincir Air berpengaruh terhadap performa kincir air dan dari beberapa variasi lebar celah aliran *sluice gate* (25mm), (35mm), Dan (40mm) dengan celah aliran pintu air sebesar 40 mm dengan efisiensi sebesar 38,12% pada putaran 40 rpm yaitu sebesar 13 Watt lebih tinggi dari uji aliran alami pada 40 rpm kecepatan putaran 5,11 watt dengan efisiensi 10%, dan daya terendah pada 10 rpm adalah 3 watt dan efisiensi 6% dengan debit 12 liter per detik.

Kata kunci: Kincir Air, Aliran Air, Kecepatan, Pintu Air, Putaran.

PENDAHULUAN

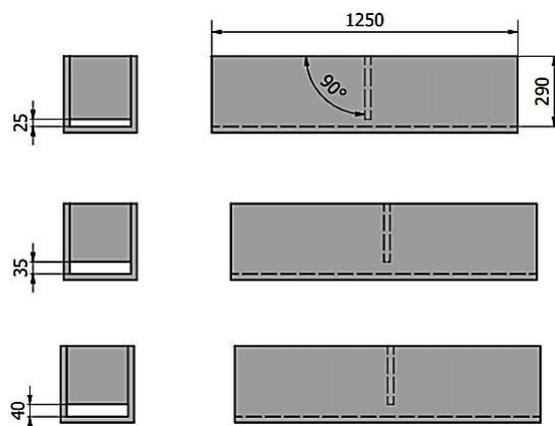
Konsumsi energi di seluruh dunia berkembang pesat, mengakibatkan peningkatan permintaan sumber daya terbarukan, yang pada gilirannya merupakan kekuatan pendorong kemajuan teknologi. Air, angin, dan matahari mengandung banyak energi, sehingga terdapat pangsa pasar yang besar dalam metode penggalan potensi energi yang berkelanjutan ini. Energi hidrokinetik adalah sumber energi yang berasal dari sungai dan saluran air dengan kecepatan air yang cukup untuk mengubah sudut kinetik turbin [1]. 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 [2]-[3].

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 saat menggunakan aliran natural/alamiah saluran cenderung menurun dan daya mekanis dan efisiensi yang rendah, dikarenakan aliran air tidak terfokuskan kepada kincir sehingga banyak energi air yang terlewatkan yang menyebabkan putaran (rpm) kincir air menurun dan peforma kincir air menurun [6]. Turbin atau kincir air yang ada saat ini merupakan perangkat yang dirancang untuk mengubah sebagian energi kinetik dalam aliran air ke energi mekanik. Biasanya, energi ini pada akhirnya dikonversi menjadi listrik melalui *generator* dan beroperasi tanpa menyita air [7]. Menjadikannya pilihan yang layak di daerah di mana bendungan tidak akan layak dibangun dikawasan tersebut. 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 [8]. Aliran yang melewati pintu air memiliki laju aliran yang tinggi dan stabil, semakin kecil sliding gate vertikal maka semakin jauh jarak terjadinya loncatan air maka energi akan hilang pada aliran air akibat loncatan air tersebut, sebelum loncatan air terjadi. aliran menjadi aliran superkritis mantap [9]. Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat dikatakan bahwa penggunaan pintu air pada kincir air dengan sudu yang melengkung dengan baik dapat meningkatkan gaya tangensial yang akan meningkatkan kinerja kincir air. Laju aliran yang meningkat dan stabilitas aliran meningkatkan kinerja kincir air.

METODE PENELITIAN

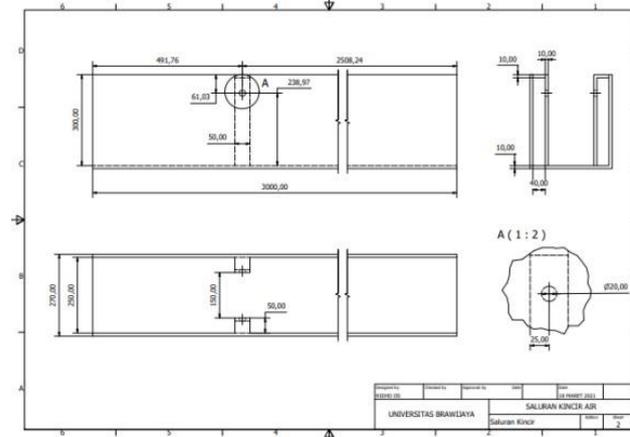
Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental langsung yaitu pengujian dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti. Pengujian dilakukan di laboratorium fluida teknik mesin Politeknik Negeri Pontianak (Kalimantan Barat). Variabel penelitian ini adalah variabel terikat yaitu desain penelitian, desain studi kasus merupakan metode penelitian sederhana dengan latar belakang yang menitikberatkan secara intensif dan ekstensif pada fenomena untuk mengembangkan model. Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel terikat yaitu daya kincir, torsi kincir dan efisiensi kincir, Variabel bebas adalah variabel yang bebas nilainya ditentukan sebelum dilakukan penelitian dan nilainya divariasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi tinggi celah aliran : 25 mm, 35 mm, dan 40 mm. Langkah langkah dalam penelitian ini di mulai dengan pembuatan alat, untuk menghindari ketidak sesuaian data maka alat penelitian dibuat berdasarkan, instalasi penelitian menggunakan standar instalasi kincir air di laboratorium fluida jurusan teknik mesin Politeknik Negeri Pontianak. Saluran air terbuat dari bahan *acrylic* dengan tebal 5 mm. Kincir air terdiri atas poros berdiameter 3cm, cakram berdiameter 9.5 cm dan sudu berjumlah 12 bilah yang terbuat dari bahan *acrylic*. Adapun sketsa dan dimensi secara rinci dapat dilihat pada gambar 1 – 2.



Gambar 1. Sketsa Penampang Aliran Sluice Gate.

Sumber : dokumen pribadi redaksi

Sluice Gate adalah perangkat yang dirancang untuk meningkatkan laju aliran fluida saat keluar (atau memasuki) suatu ruang. Pintu geser diarahkan pada sudut 90o ke saluran air, digunakan celah aliran 25mm, 35mm dan 40mm. Variasi bukaan celah aliran pada sliding gate tergantung pada alirannya. Bahan pembuatan pintu air adalah akrilik. Pada penelitian ini aliran air direncanakan dengan panjang 3000 mm dan lebar 250 mm, serta akan menggunakan material plat akrilik seperti pada Gambar 2.

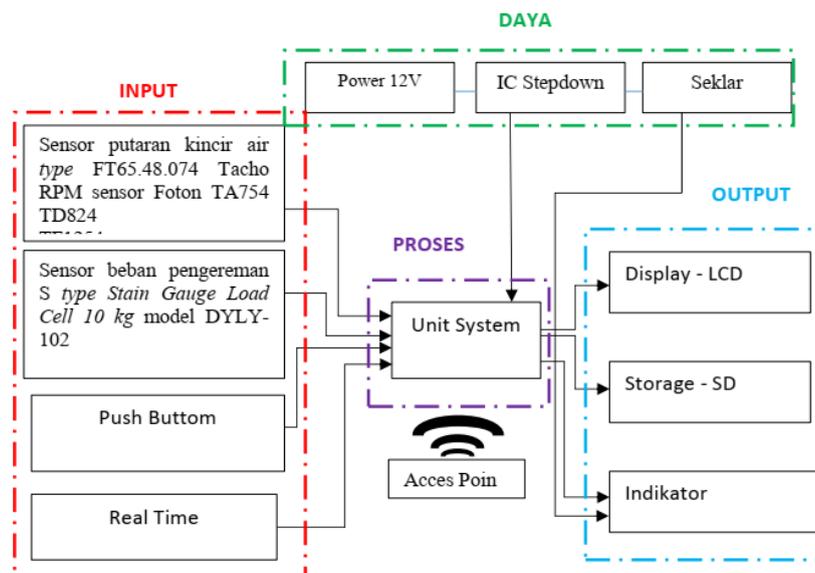


Gambar 2. Sketsa Saluran Air

Sumber : dokumen pribadi redaksi

Prinsip Kerja

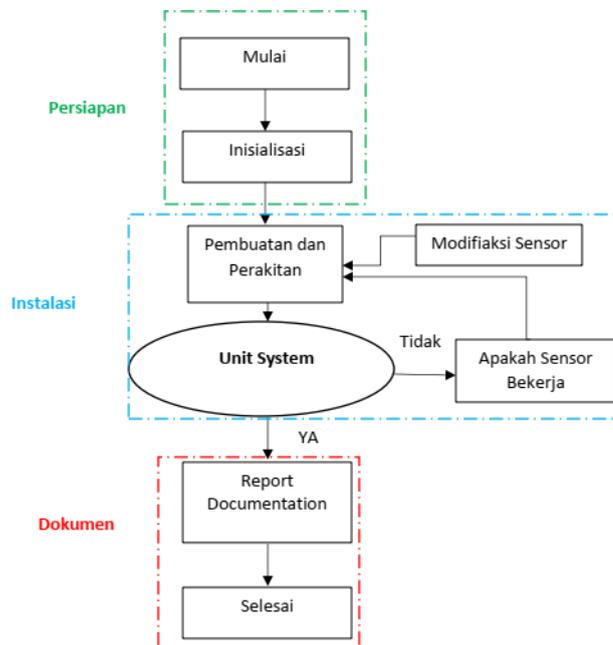
Selanjutnya, pemasangan lengkap peralatan yang diperlukan untuk pengumpulan data perlu dipasang. Dalam proses ini yang terpenting adalah mengecek kondisi instrumen yang digunakan agar data yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian. Akuisisi data dilakukan 1-2 kali untuk setiap perekaman data, tujuannya agar tidak terjadi kesalahan pada saat membaca data baik dari alat maupun orang. Langkah-langkah pengambilan data adalah sebagai berikut: (1) Mengatur debit aliran menggunakan flow meter ultrasonik dan mengatur pompa sesuai dengan debit yang direncanakan. (2) Ukur secara perlahan putaran poros kincir air di bawah beban yang diberikan dengan memutar tuas pengatur beban daya hingga mencapai jumlah putaran. (4) Catat data gaya (F) dan debit (Q) untuk setiap tes putaran. (5) Lakukan 1-2 iterasi dengan setiap variabel yang Anda ubah. Ulangi langkah 1-5 untuk setiap variasi yang Anda rencanakan. Instalasi penelitian dalam penelitian ini adalah instalasi turbin kinetik standar yang dirancang oleh tim dosen Politeknik Negeri Pontianak [10]. Diagram perencanaan sistem kontrol ditunjukkan di bawah ini pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Perencanaan Sistem Kendali

Sumber : dokumen pribadi redaksi

Program sistem dirancang agar alat dapat dihubungkan dengan benar. Pemrograman ini akan menangani dan menerima data dari beberapa komponen sebagai *input* dan *output*. Tahap desain ini meliputi beberapa kegiatan seperti merancang model dan bentuk mesin, dimensi yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi, dan pemilihan material atau komponen yang akan digunakan. Anda dapat melihat diagram rangkaian sistem pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Flowchart Rangkaian Sistem

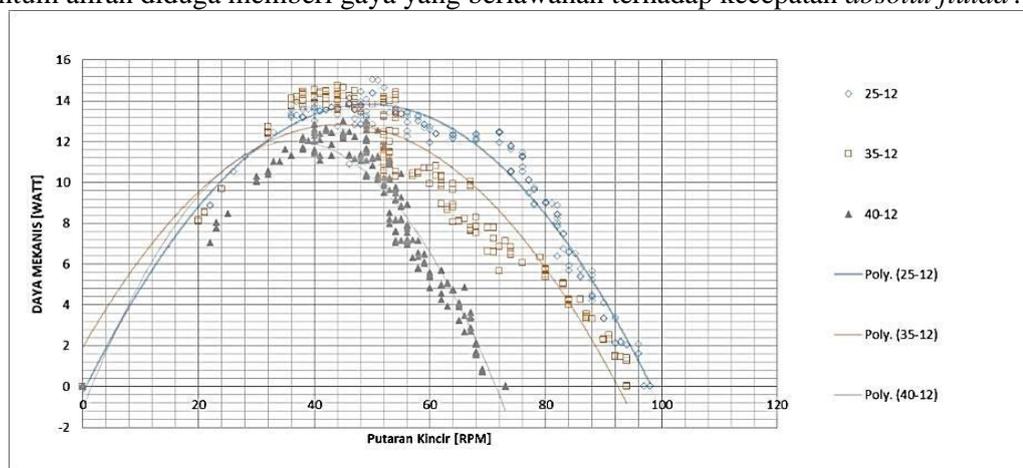
Sumber : dokumen pribadi penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan metodologi penelitian maka didapatkan sebuah analisis sistem, dan analisis perangkat lunak serta *hardware* yang digunakan untuk mengetahui pengaruh performa aliran natural dan penggunaan sluice gate (pintu air) pada kincir air dengan sudu melengkung. Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengamatan kemudian dilakukan analisa dan perhitungan untuk memperoleh nilai parameter daya dan efisiensi. Data hasil pengujian dan pengolahan dimuat dalam bentuk grafik hubungan antara variabel yang ada dalam penelitian yaitu putaran, daya dan efisiensi kincir air. Setiap *equipment component* membutuhkan perawatan berkelanjutan untuk meningkatkan keandalan operasionalnya. Perawatan *equipment component* merupakan cara untuk menyimpan aset mekanis agar berfungsi dengan baik. Maintenance atau perawatan *equipment component* melibatkan perawatan peralatan secara teratur, pemeriksaan rutin, pekerjaan perbaikan, dan penggantian suku cadang yang aus atau tidak berfungsi [10].

Penggunaan Variasi Lebar Celah *Sluice Gate*

Data keseluruhan hasil pengujian kincir air dengan variasi lebar celah sluice gate, debit aliran air dan putaran poros kincir air dapat dilihat pada grafik hubungan putaran (rpm) terhadap daya mekanis pada debit air 12 liter/detik. Data hasil pengujian kincir air. Berikut ini ditampilkan dalam tabel adalah data yang diambil pada setiap pengujian kincir air dengan variasi lebar celah aliran sluice gate masing-masing. Grafik pada gambar 4 ini merupakan hubungan putaran (rpm) terhadap daya mekanis pada debit air 12 liter/detik dengan variasi lebar celah aliran sluice gate (25mm), (35mm), dan (40mm) dan grafik pada gambar 5 ialah hubungan putaran (rpm) terhadap efisiensi pada debit air 12 liter/detik dengan variasi lebar celah sluice gate (25mm), (35mm), dan (40mm) dibawah ini memperlihatkan fenomena hubungan putaran dan daya kincir air yang identik untuk setiap debit aliran. Begitupun dengan masing - masing variasi lebar celah aliran pada sluice gate. Secara keseluruhan meningkatnya putaran akan meningkatkan daya kincir air. Fenomena ini bisa terjadi karena adanya aliran balik dari air yang menumbuk sudu bila pembebanannya besar. Momentum aliran diduga memberi gaya yang berlawanan terhadap kecepatan *absolut fluida*.

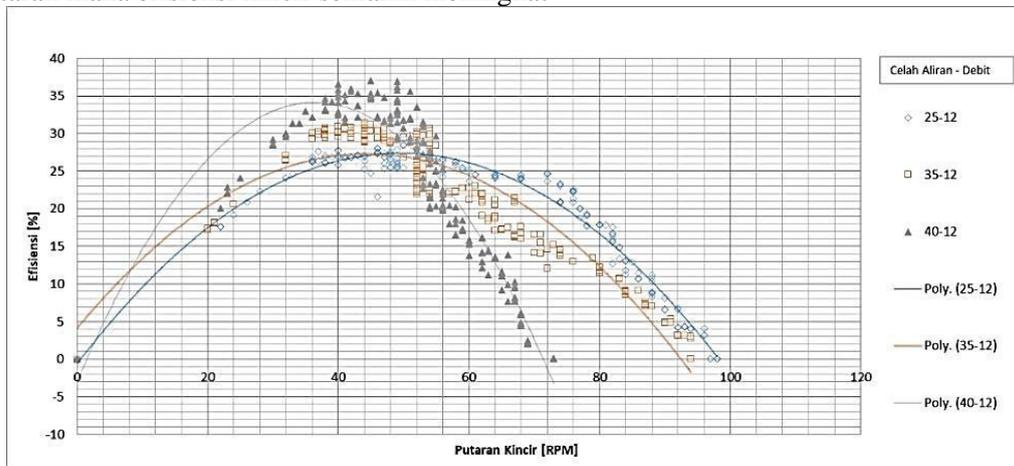


Gambar 5. Grafik Hubungan Putaran (Rpm) Terhadap Daya Mekanis Pada Debit Air 12 Liter/Detik Dengan Variasi Lebar Celah Aliran *Sluice Gate* (25mm), (35mm), Dan (40mm).

Sumber : dokumen pribadi penulis

Secara umum diketahui dari persamaan daya mekanik bahwa daya mekanik kincir air sangat bergantung pada besarnya torsi dan kecepatan sudut, dimana daya mekanik kincir air dapat diperbesar dengan menaikkan nilai torsi atau kecepatan sudut. Sedangkan pada sistem operasi kincir air, torsi dan kecepatan sudut menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik dimana torsi tinggi diperoleh dari beban yang tinggi. Namun, beban mengurangi rpm, yang berarti kecepatan sudut akan rendah. Diagram di bawah pada gambar 5 menunjukkan rasio putaran kincir air versus daya, yang identik untuk setiap debit aliran. Juga dengan setiap perubahan lebar celah aliran pada pintu air. Umumnya, meningkatkan kecepatan akan meningkatkan kekuatan kincir air.

Pada gambar 6 terlihat bahwa fenomena dari hubungan antara putaran dan efisiensi pada setiap variasi lebar celah *sluice gate* (25), (35), dan (40). Dimana penurunan beban atau dengan kata lain semakin meningkat nilai putaran maka efisiensi kincir semakin meningkat



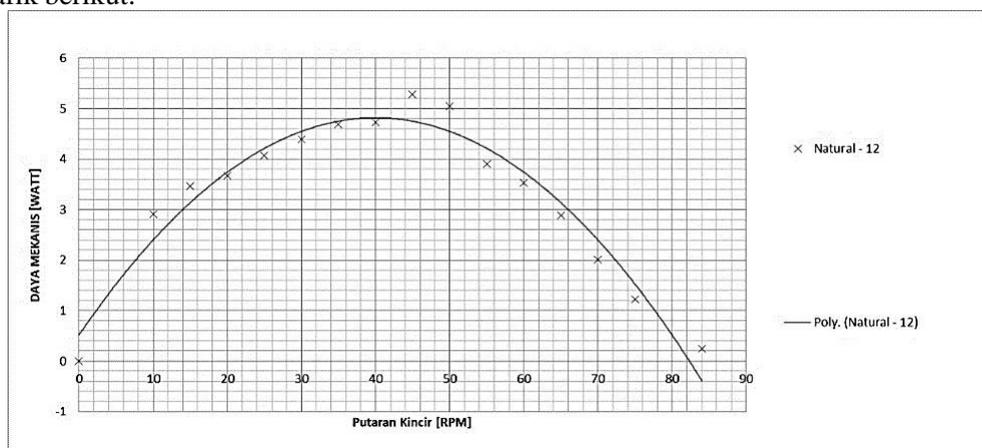
Gambar 6. Grafik hubungan putaran (rpm) terhadap efisiensi pada debit air 12 liter/detik dengan variasi lebar celah *sluice gate* (25mm), (35mm), dan (40mm).

Sumber : dokumen pribadi penulis

Terlihat bahwa efisiensi maksimum adalah celah aliran pintu air sebesar 40 mm dengan efisiensi sebesar 38,12%, hal ini ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi tersebut salah satunya adalah daya air yang tersedia dalam perhitungan ini. Daya air sendiri dipengaruhi oleh salah satu faktor yaitu tinggi muka air (h), karena tinggi air berubah setiap perubahan lebar celah aliran, sehingga daya air relatif lebih rendah pada celah aliran 40 mm. Berbeda dengan celah aliran 25mm dan 35mm, daya air yang dihitung lebih tinggi, tetapi tenaga mekanis yang dihasilkan oleh kincir angin relatif lebih rendah, sehingga efisiensi celah aliran 25 mm dan 35 mm kecil dibandingkan dengan lebar air. celah aliran 40 mm.

Penggunaan Aliran Natural/Alamiah Aliran Pada Aliran Kincir

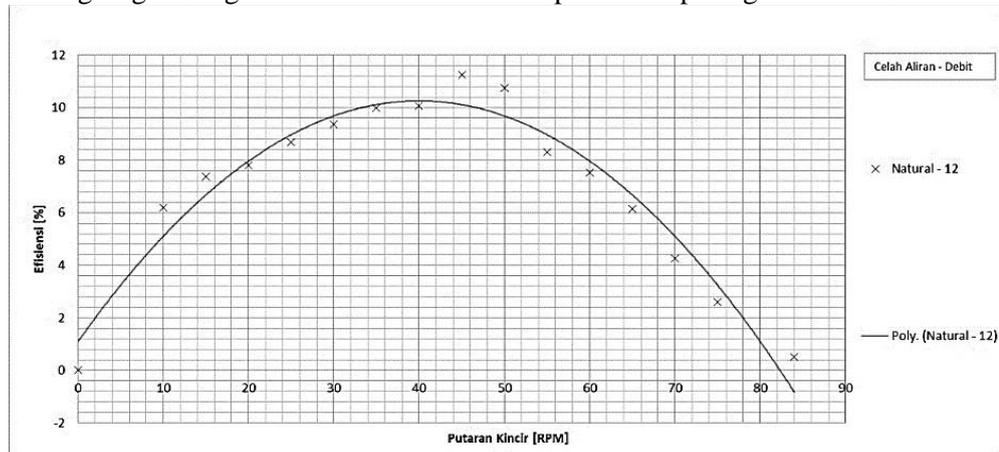
Mengingat hal tersebut di atas, diperlukan kondisi putaran kincir air yang proporsional atau seimbang untuk mencapai kinerja tenaga kincir air yang optimal. Pada percobaan ini dilakukan pengujian dengan menguji laju aliran alami dari setiap outlet air pada setiap rangkaian air yang digunakan. Dengan demikian, untuk memahami sepenuhnya fenomena daya yang dihasilkan pada sistem kerja kincir air, hubungan antara putaran (n) dan daya mekanis (P_m) untuk semua debit pada setiap titik ditunjukkan secara grafis pada grafik berikut.



Gambar 7. Hubungan Putaran (Rpm) Terhadap Daya Kincir Dengan Debit 12 Liter/S Dan Hubungan Putaran (Rpm) Terhadap Daya Kincir Dengan Debit 12 Liter/S Pada Aliran Natural.

Sumber : dokumen pribadi penulis

Sedangkan pada aliran alami, pada putaran 40 rpm, kecepatan putarannya sebesar 5,11 watt, dengan efisiensi 10%, dan daya terendah pada putaran 10 rpm. adalah 3 watt dan efisiensi 6% dengan debit 12 liter per detik. Pengoperasian kincir air menggunakan aliran saluran alami cenderung patuh dan daya mekanik serta efisiensinya rendah karena aliran air tidak diarahkan ke kincir, sehingga banyak energi air yang terbuang sehingga terjadi putaran (rpm), kinerja kincir air akan menurun. Hubungan antara putaran (rpm) dan efisiensi sebuah gilingan dengan debit aliran 12 liter/s dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Hubungan Putaran (Rpm) Terhadap Efisiensi Kincir Dengan Debit 12 Liter/S Dan Hubungan Putaran (Rpm) Terhadap Daya Kincir Dengan Debit 12 Liter/S Pada Aliran Natural

Sumber : dokumen pribadi penulis

KESIMPULAN

Penggunaan pintu air pada kincir air mempengaruhi kinerja kincir air dan karena beberapa variasi lebar celah aliran pintu air (25 mm), (35 mm) dan (40 mm) dengan lebar celah aliran pintu air 40 mm dan efisiensi 38,12% pada 40 rpm untuk kecepatan putaran yaitu 13 watt dan daya terendah pada 21 rpm. untuk putaran adalah 7 watt dan efisiensi 20% lebih tinggi dari uji aliran alami pada 40 rpm. untuk kecepatan putaran, kecepatan putaran 5,11 watt dengan efisiensi 10%, dan daya terendah pada 10 rpm. adalah 3 watt dan efisiensi 6% dengan debit 12 liter per detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. A. Nasir, "Design of High Efficiency Cross-Flow Turbine for Hydro-Power Plant," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, no. 23, pp. 2249–8958, 2013.
- [2] Kementerian ESDM RI, *Statistik Ketenaga Listrik Indonesia*. Jakarta: Kementerian ESDM, 2017.
- [3] S. Pietersz, R., Soekono, R., & Wahyudi, "Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal," *urnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.3 Tahun 2013 220-226*, vol. 4, no. 3, pp.220–226, 2013.
- [4] J. A. Razak, Y. Ali, M. A. Alghoul, M. Said Zainol, A. Zaharim, and K. Sopian, "Application of Crossflow Turbine in Off-Grid Pico Hydro Renewable Energy System," *Proceeding Am. -Math*, no. January, pp. 519–526, 2010.
- [5] S. Kamal, *Pengembangan Energi Alternatif*. Yogyakarta: Pusat Studi Energi Universitas Yogyakarta, 2009.
- [6] M. H. Kurniawan and K. K. Ayuningtiyas, "Analisis Eksperimental Pengaruh Performa Aliran Natural (Tanpa Pengarah) dan Penggunaan Nozzle Pada Kincir Air Jenis Breastshot," vol. 5, no. 1, pp. 39–42, 2022.
- [7] J. A. Razak, Y. Ali, M. A. Alghoul, M. S. Zainol, A. Zaharim, and K. Sopian, "Application of crossflow turbine in off-grid pico hydro renewable energy system," in *AMERICAN-MATH'10: Proceedings of the 2010 American conference on Applied mathematics*, 2010, pp. 519–526. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1863981.1864077>

- [8] Y. S. Pramesti, “Analisa pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin kinetik poros horisontal dan vertikal,” *J. Mesin Nusant.*, vol. 1, no. 1, p. 51, 2018, doi: 10.29407/jmn.v1i1.12296.
- [9] M. H. Kurniawan, R. Soenoko, Wiranto, and A. Sunarso, “Pengaruh Penambahan Nozzle Terhadap Pola Aliran Pada Kincir Air Breastshot,” *Pros. SNAST*, pp. 60–65, 2021, [Online]. Available: <https://journal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/view/3358%0Ahttps://journal.akprind.ac.id/index.php/prosidingsnast/article/download/3358/2426>
- [10] J. Dalzochio *et al.*, “Machine learning and reasoning for predictive maintenance in Industry 4.0: Current status and challenges,” *Comput. Ind.*, vol. 123, p. 103298, 2020, doi: 10.1016/j.compind.2020.103298.