

## PENGARUH PENAMBAHAN NOZZLE TERHADAP POLA ALIRAN PADA KINCIR AIR BREASTSHOT

Muhammad Helmi Kurniawan<sup>1</sup>, Rudy Soenoko<sup>2</sup>, Winarto<sup>3</sup>, Alfeus Sunarso<sup>4</sup>

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

e-mail :<sup>1</sup>mr.helmi.kurniawan@gmail.com,<sup>2</sup>rudysoen@ub.ac.id, <sup>3</sup>winarto@ub.ac.id, <sup>4</sup>sunarso@dosen.polnep.ac.id

### ABSTRACT

Based on the research results, it can be argued that the use of a nozzle and the right angular direction can increase the tangential force which will improve the performance of the waterwheel. Meanwhile, the performance of the breastshot waterwheel it self can be increased by increasing the flow of water that hits the blades of the waterwheel in a direction. The tilt angle of the nozzle gives the mechanical power of the wheel a higher value as the flow rate increases and the nozzle count increases. The increase in water flow will increase the speed of the water then increase the angular velocity and increase the mass of the flow that hits the blade then increases the force. By increasing the angle of the nozzle, there will be an increase in the speed of water flow when entering the wheel. Increasing the speed of the water into the wheel will increase the momentum. The method in this research is direct experimental, namely testing is carried out directly on the object under study. This design is realized by assembling various Arduino-based hardware. To anticipate the relatively large size of the program due to the complexity in data acquisition and control, the Arduino Mega 2560 board is used. The speed of the wheel is measured using a proximity sensor (induction type) whose voltage changes when brought near a metal at a distance of about 2 mm. By fixing proximity on the side of the dish with a metal protrusion which rotates along the shaft of the water wheel. The braking force of the mill is measured using a load cell which produces a voltage proportional to the braking force. The steps for data collection are (1) Adjusting the flow rate and adjusting the pump according to the planned flowrate. (2) Measuring the rotation of the waterwheel shaft with a given load slowly by turning the force load adjustment lever until it meets the rpm rotation value (3) Record force (F) and discharge (Q) data on each test wheel (4) Perform 1-2 repetitions for each of the varied variables. The data processing technique uses descriptive techniques based on the results of data analysis by displaying graphs to determine the graph of the power, torque and efficiency of the waterwheel from the influence of the planned nozzle tilt variations.

**Keywords :** Waterwheel, Breastshot, Nozzle.

### INTISARI

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikemukakan bahwa penggunaan nozzle dan arah sudut yang tepat dapat memperbesar gaya tangensial yang akan meningkatkan performa kincir air. Sementara kinerja kincir air breastshot itu sendiri dapat ditingkatkan dengan menambah masa aliran air yang menumbuk sudu kincir air secara terarah. Sudut kemiringan nozzle memberikan nilai daya mekanis kincir yang semakin tinggi seiring dengan meningkatnya debit dan jumlah nozzle. Peningkatan debit air akan meningkatkan kecepatan air kemudian meningkatkan kecepatan anguler dan memperbesar massa aliran yang menumbuk sudu kemudian memperbesar gaya. Dengan menambah kemiringan sudut nozzle maka akan ada kenaikan kecepatan aliran air pada saat masuk kincir. Penambahan kecepatan air kedalam kincir ini akan meningkatkan momentum. Metode dalam penelitian ini eksperimental langsung yaitu pengujian dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti. 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. Adapun langkah – langkah pengambilan data adalah yang dilakukan adalah (1) Mengatur debit aliran dan mengatur pompa sesuai dengan debit yang direncanakan. (2) Mengukur putaran poros kincir air dengan beban yang diberikan secara pelan – pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi nilai putaran rpm, (3) Merecord data gaya (F) dan debit (Q) pada setiap pengujian kincir; (4) Melakukan 1-2 kali pengulangan pada setiap variabel yang divariasikan. Teknik pengolahan data menggunakan teknik deskriptif berdasarkan hasil analisa data dengan menampilkan grafik untuk mengetahui grafik daya, torsi dan efisiensi kincir air dari pengaruh variasi kemiringan nozzle yang direncanakan.

**Kata kunci :** Kincir air, Breastshot, Nozzle.

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi di seluruh dunia berkembang pesat, ini telah menciptakan permintaan yang meningkat untuk energi baru terbarukan (EBT), yang pada gilirannya telah menghasilkan kekuatan pendorong untuk kemajuan teknologi. Air, angin, dan matahari semuanya mengandung sejumlah besar energi, dan ada pangsa pasar

kuat yang muncul dalam metode berkelanjutan untuk mengekstraksi potensi energi tersebut (Bilal, 2013). Energi hidrokinetik merupakan sumber energi yang tersedia dari dalam aliran sungai dan saluran air dengan kecepatan air yang cukup untuk menggerakkan sudu (Razak, 2010). 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 (ESDM, 2020). Menjadikannya pilihan yang layak di daerah di mana bendungan tidak akan layak dibangun dikawasan tersebut.

Kinerja kincir air dengan menggunakan sistem *nozzle* (pengarah) tunggal hanya menghasilkan daya mekanis 3,17 Watt dengan efisiensi 81,37%, sedangkan sudut pengarah kincir lebih dari satu meningkat mencapai daya kincir adalah 3.264 Watt dengan efisiensi 83, 60%. Dengan modifikasi menggunakan *Overflow Double Nozzle* (OKDN) memberikan pengaruh yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi dari 61.6% menjadi 73.5% walaupun secara teoritis meningkat pada posisi 84.2% hal ini dikarenakan penerapan gaya momentum pada *bucket* atau saluran dengan menggunakan *curve vane* yang sebelumnya hanya bergantung pada gravitasi (Wahyudi dkk, 2013). Kincir air *Breastshot* jenis *Coulisse inlet* (saluran air yang bersudut pengarah) memiliki efisiensi hingga 77%. Saluran air yang bersudut tersebut dibutuhkan untuk memberikan aliran air masuk dengan arah sudut masuk ke sudu yang cukup curam untuk menumbuk ke sudu (Muller dkk, 2004). Teori desain kincir air tradisional mengasumsikan setiap gerakan air yang berhubungan dengan sudu/runner merupakan sumber kehilangan energi, sehingga *nozzle* (pengarah aliran) difokuskan dengan mengarahkannya sedekat mungkin ke permukaan sudu untuk memaksimalkan gaya tumbukan air ke kincir (Denny, 2003).

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian diatas dapat dikemukakan bahwa penggunaan *nozzle* (pengarah aliran) dan arah sudut yang tepat dapat memperbesar gaya tangensial yang akan meningkatkan performa kincir air. Sementara kinerja kincir air *breastshot* itu sendiri dapat ditingkatkan dengan menambah masa aliran air yang menumbuk sudu kincir air secara terarah. Menerapkan sistem *nozzle* pada eksperimen ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja perangkat ini secara keseluruhan dan memungkinkannya beroperasi pada laju aliran yang lebih besar. Penting untuk melakukan studi eksperimen dan menggunakan analisis-analisa untuk mengamati efek penggunaan *nozzle* terhadap kinerja dan pola aliran air pada saat menumbuk sudu kincir air. Eksperimen ini menggunakan sistem akuisisi data berbasis *Arduino* untuk merekam data putaran (rpm) dan gaya pengereman (F).

## 2. METODE PENELITIAN

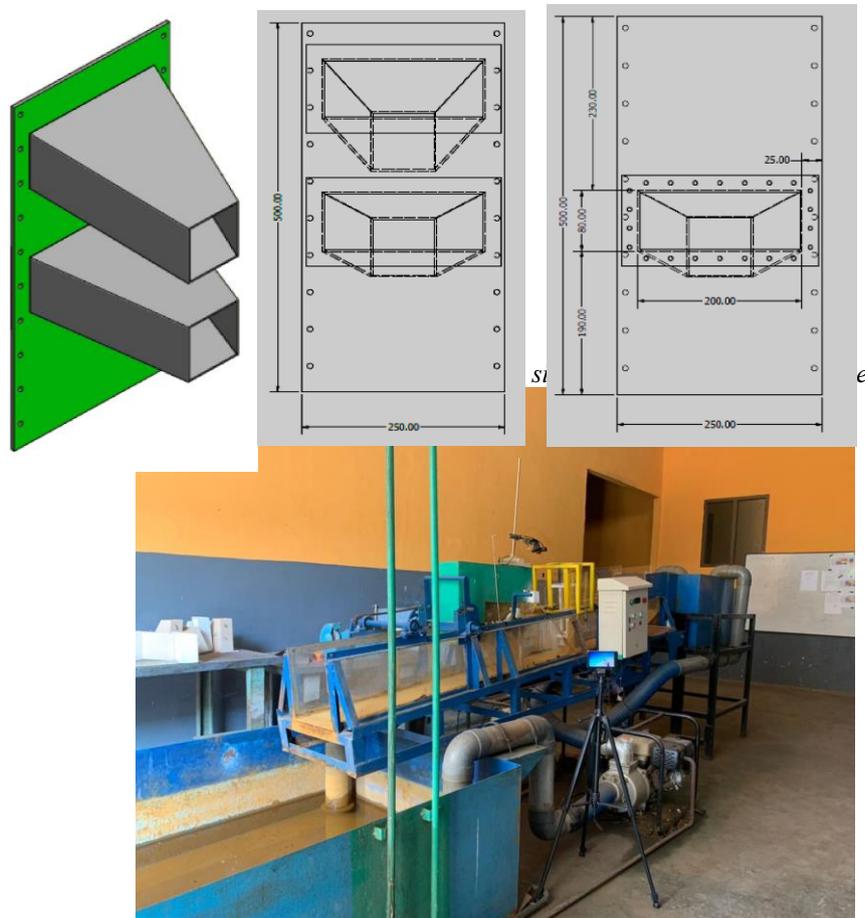
Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental langsung yaitu pengujian dilakukan secara langsung pada objek yang diteliti. Pengujian dilakukan di laboratorium fluida teknik mesin Politeknik Negeri Pontianak (Kalimantan Barat). Rancangan ini diwujudkan dengan merangkai berbagai perangkat keras berbasis *Arduino*, adapun fungsi *Arduino* antara lain adalah mempercepat dan mempermudah dalam pembuatan *system control*, baik bersifat automasi maupun instrumentasi. 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. 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 sebagai berikut.

1. Memasang instalasi visualisasi, dalam hal ini memasang tripod, lampu sorot dan kamera.
2. Mengatur debit aliran *nozzle* (pengarah aliran) dan putaran poros pada kondisi yang akan diamati.
3. Memulai perekaman video sampai dengan durasi 5-10 detik.

Selanjutnya mengulang langkah 1 sampai 3 untuk kondisi lainnya. Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel terikat yaitu daya kincir, torsi dan efisiensi kincir. Variabel bebas yakni debit air yang digunakan: (12 liter/s) & (15 liter/s) dan jumlah *nozzle* dan sudut kemiringan *nozzle*. Beserta variabel kontrol yang mencakup jumlah sudu, jenis, sudu melengkung dan kemiringan *nozzle*. Selanjutnya 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) Mengukur putaran poros kincir air dengan beban yang diberikan secara pelan – pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi nilai putaran rpm, (3) Merekam data gaya secara otomatis (F) dan debit (Q) pada setiap pengujian kincir, (4) Melakukan 1-2 kali pengulangan pada setiap variabel yang divariasikan. Instalasi dalam penelitian ini adalah standar instalasi kincir yang dirancang tim pengajar Politeknik Negeri Pontianak. Teknik pengolahan data menggunakan teknik

deskriptif berdasarkan hasil analisa data dengan menampilkan grafik untuk mengetahui grafik daya,torsi dan efisiensi kincir air dari pengaruh variasi kemiringan *nozzle* yang direncanakan.

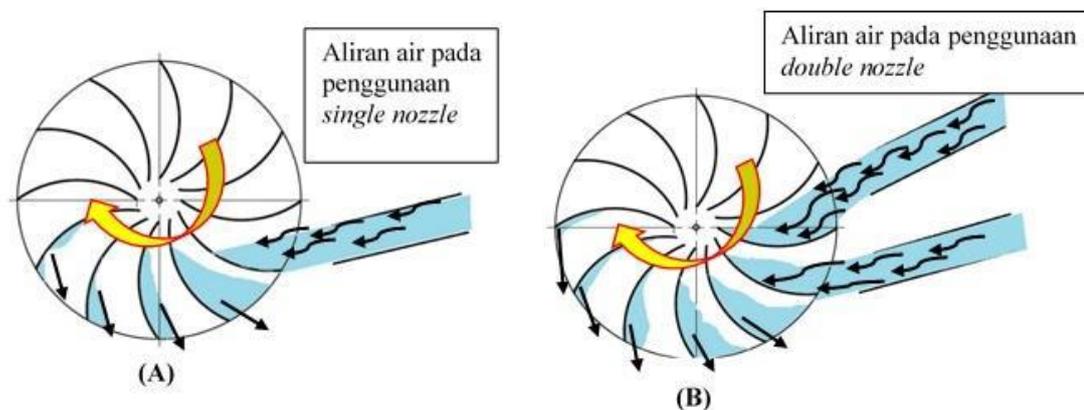


Gambar 2: Instalasi pengujian kincir air.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Visualisasi pola aliran.

Perilaku aliran dan sudu-sudu kincir air direkam dalam bentuk rekaman video untuk mengetahui fenomena yang terjadi. Hasil rekaman video ditampilkan dalam bentuk rentetan gambar yang mewakili setiap pergerakan kincir air. Gambar 3 merupakan contoh sketsa gambar yang dikonversi dari hasil rekaman video.

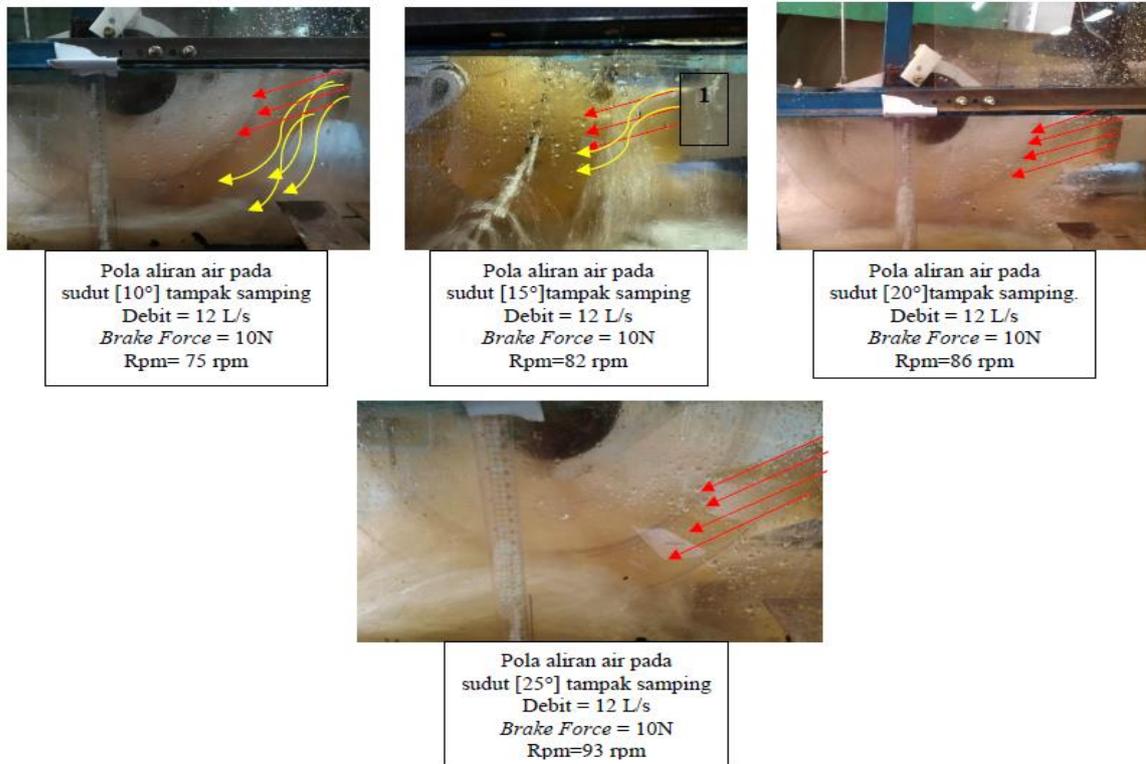


Gambar 3: Perbandingan pola aliran *single nozzle* vs *double nozzle*.

Dari gambar-gambar ini dapat diamati pergerakan sudu dan aliran yang menumbuk sudu. 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

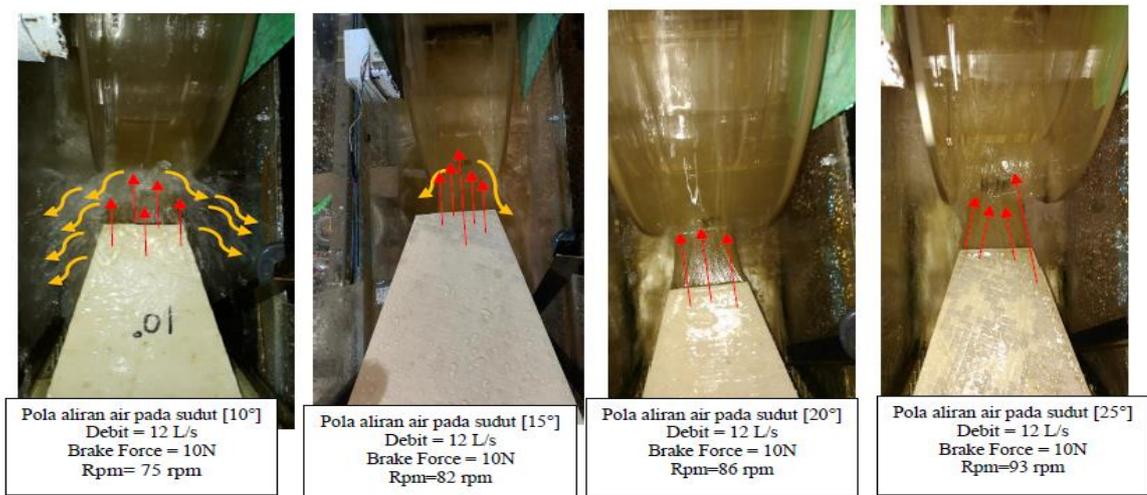
terjadi pada kondisi tersebut.

### 3.2. Visualisasi pola aliran pada kinerja maksimum dan kinerja minimum pada variasi *single nozzle*.



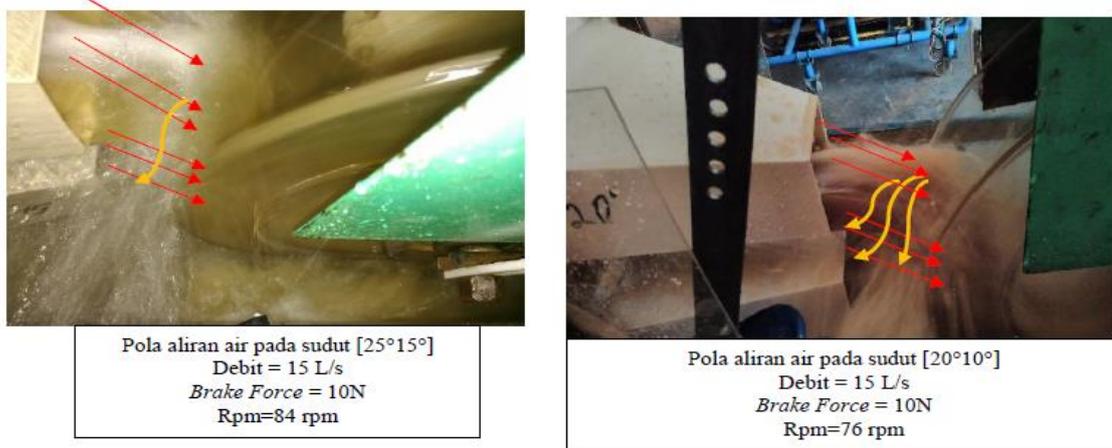
**Gambar 4:** Perbandingan pola aliran *single nozzle* dengan berbagai sudut kemiringan untuk gaya pengereman dan debit yang sama.

Kinerja kincir air dapat diamati berdasarkan *head* dan kapasitas aliran air ke arah poros pembangkitan dan efisiensi kincir (Choi dkk, 2010). Kinerja kincir juga dapat dilihat dari kecepatan, perbandingan laju aliran, dan putaran spesifik dari operasi kincir (Adhikari dkk, 2016). Tabrakan yang mengakibatkan kerugian hidraulik dari semburan air dan perubahan arah semburan air saat memasuki sudu kincir air, dan kondisi seperti itu dapat diprediksi mengurangi efisiensi (Stout dkk, 2017).



**Gambar 5:** Perilaku aliran dengan variasi *single nozzle* pada kinerja maksimum dan kinerja minimum.

### 3.3. Visualisasi pengaruh jumlah *nozzle* terhadap pola aliran dan kecepatan putar pada variasi *double nozzle*.



**Gambar 6:** Perbandingan pola aliran *double nozzle* dengan berbagai sudut kemiringan untuk gaya pengereman dan debit yang sama.

Pada waktu *break force* di 10N dengan debit yang sama 12L/s variasi *single nozzle* [10°],[15°],[20°],[25°] menunjukkan kenaikan kecepatan dikarenakan perbedaan penggunaan sudut kemiringan *nozzle*. Peningkatan debit air akan meningkatkan kecepatan air kemudian meningkatkan kecepatan angular dan memperbesar massa aliran yang menumbuk sudu kemudian memperbesar gaya. Dengan menambah kemiringan sudut *nozzle* maka akan ada kenaikan kecepatan aliran air pada saat masuk kincir. Penambahan kecepatan air kedalam kincir ini akan meningkatkan momentum. Peningkatan momentum ini akan meningkatkan gaya tangensial. Begitu juga dengan variasi *double nozzle* [(25°),(15°)] & [(20°),(15°)] mengalami kenaikan kecepatan yang signifikan pada *break force* 15N dengan debit yang sama 15L/s.

Pola semburan air yang mengalir pada kincir air aliran dipengaruhi oleh jumlah bilah sudu aktif yang dihantam oleh air dari *nozzle* kincir air. Jumlah sudu aktif ditentukan oleh seberapa besar sudut kemiringan *nozzle*, semakin besar sudut kemiringan *nozzle* mengakibatkan semakin banyak sudu aktif (Collona dkk, 2008). Terlihat pada gambar 4 dan 6 bagaimana pola aliran pada kincir air dengan kinerja secara maksimum. Pada variasi sudut *single nozzle* [10°],[15°],[20°],[25°] kinerja maksimum kincir air diperoleh pada putaran 98 rpm pada sudut *nozzle* [25°], putaran 92 rpm pada sudut *nozzle* [20°], putaran 88 rpm pada sudut *nozzle* [15°] & putaran 78 rpm pada sudut *nozzle* [10°] dengan debit aliran 12 L/s. Sedangkan kinerja maksimum pada kincir air dengan variasi sudut *double nozzle* [(25°),(15°)]&[(20°),(15°)]. Kinerja maksimum kincir air diperoleh pada putaran 102 rpm pada sudut *nozzle* [(25°),(15°)], putaran 96 rpm pada sudut *nozzle* [(20°),(15°)] dengan debit aliran 15 L/s

Dapat dilihat pada gambar 4,5 dan 6 pada saat kerja aliran mulai masuk ke roda kincir air ditunjuk oleh garis panah berwarna kuning perbedaan arah aliran masuk disebabkan adanya sudut pengarah aliran. Sementara itu garis warna merah menunjukkan aliran air yang masuk menumbuk sudu, memberikan dorongan untuk memutar kincir dan menghasilkan energi mekanik pada poros. Unjuk kerja putaran kincir air paling rendah pada *single nozzle* sudut dengan kemiringan 10° pada 78 rpm dan kerja putaran kincir air paling tinggi dengan kemiringan 25° pada 98 rpm. Pada *double nozzle* kerja putaran kincir air paling tinggi dengan kemiringan 25° -20° pada 102 rpm.

## 4. KESIMPULAN

1. Sudut kemiringan *nozzle* (pengarah aliran) memberikan nilai daya mekanis kincir yang semakin tinggi seiring dengan meningkatnya debit dan jumlah *nozzle*. Peningkatan debit air akan meningkatkan kecepatan air kemudian meningkatkan kecepatan *angular* dan memperbesar massa aliran yang menumbuk sudu kemudian memperbesar gaya. Dengan menambah kemiringan sudut *nozzle* maka akan ada kenaikan kecepatan aliran air pada saat masuk kincir. Penambahan kecepatan air kedalam kincir ini akan meningkatkan momentum. Peningkatan momentum ini akan meningkatkan gaya tangensial.
2. Daya kincir air sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan *angular*, dimana daya kincir air dapat ditingkatkan dengan meningkatkan nilai torsi atau kecepatan *angular*. Sementara itu dalam sistem *operation* kerja kincir air, torsi dan kecepatan *angular* menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik dimana torsi yang tinggi diperoleh dari pembebanan yang besar. Akan tetapi besarnya pembebanan mengakibatkan turunnya putaran dan itu artinya kecepatan *angular* yang dihasilkan akan kecil.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan 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 eksperimen.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bilal Abdullah Nasir. (2013). Design of High Efficiency Cross-Flow Turbine for Hydro-Power Plant”, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Volume-2, Issue-3, February 2013
- Razak, J. A., Ali, Y., Alghoul, M., Zainol, M. S., Zaharim, A., & Sopian, K. (2010). Application of crossflow turbine in off-grid pico hydro renewable energy system. *Proceeding of the American- Math, 10*, 519-526.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM).(2020).Pemerintah Buka Ruang Libatkan Milenial Kembangkan (EBT).SIARAN PERS.NOMOR: 289.Pers/04/SJI/2020 Arikunto, Suharsimi. 2011. Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik. Edisi Revisi VII. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Wahyudi, B., Faizin, A., and Supraman, S. (2013). Increasing efficiency of overshot waterwheel with Overflow Keeper Double Nozzle (OKDN) by using hydraulic ram system. *Applied Mechanics and Materials Vol. 330*
- Muller G & Kauppert K (2004). Performance characteristics of water wheels. International Association of Hydraulic Engineering and Research.*Journal of Hydraulic Research Vol. 42, No. 5, pp. 451–460.*
- Denny.M. (2003).The efficiency of overshot and undershot waterwheels. *European Journal of Physics 25(2): 193–202.*
- Choi, Y.D., Yoon, H. Y.,&Inagaki, M. (2010). Performance improvement of a cross-flow hydro turbine by air layer effect. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 12, 012030.
- Adhikari, R., & Wood, D. (2018). The Design of High-Efficiency Crossflow Hydro Turbines: A Review and Extension. *Energies, 11, 267.*
- Stout C., Islam S., White A., Arnott S., Kollovozi E., Shaw M. (2017). Efficiency Improvement of Vertical Axis Wind Turbines with an Upstream Deflector *Energy Procedia. Vol. 118. P. 141–148.*