

## UJI PERFORMANSI PENGARUH VARIASI DIAMETER SUDU DAN TINGGI JATUH AIR MASUK PADA TURBIN VORTEX

Irwan J. Purba<sup>1</sup>, Syahril Gultom<sup>2</sup>, M. Sabri<sup>3</sup>, Dian M. Nasution<sup>4</sup>, A. Husein Siregar<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

E-mail : purba.irwan@yahoo.com

### ABSTRAK

Penelitian kali ini adalah analisis dan perancangan struktur bak vortex yang mampu membentuk aliran vortex yang dipengaruhi gravitasi. Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi terbarukan. Namun pemanfaatan yang ada masih menggunakan teknologi yang sederhana. Pembangkit Listrik jenis ini dalam proses pembuatannya sangat ekonomis namun masih dalam skala kecil. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh diameter sudu dan tinggi jatuh air terhadap torsi, daya dan efisiensi. Variasi yang digunakan adalah variasi diameter sudu 15,5 cm, 18,5 cm, 21 cm dengan jumlah blade 6 buah. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan, pembuatan, dan pengujian. Dari pengujian turbin vortex ini dihasilkan daya listrik maksimum 6,435 watt dengan efisiensi maksimum 64,323%.

**Kata kunci:** Vortex yang dipengaruhi gravitasi, Variasi diameter sudu, Daya.

### 1. PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kemajuan teknologi sekarang ini banyak dibuat peralatan- peralatan yang inovatif dan tepat guna. Salah satu contoh dalam bidang teknik mesin terutama dalam bidang konversi energi dan pemanfaatan alam sebagai sumber energi. Diantaranya adalah pemanfaatan air yang bisa digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Listrik, sebuah kata yang hampir tidak bisa dihilangkan dalam kehidupan masyarakat saat ini. Hampir semua aktivitas manusia zaman sekarang membutuhkan listrik. Hal ini terbukti dengan banyaknya komplain kepada pihak PLN jika terjadinya pemadaman listrik. Namun hal ini terlihat ironis dengan kenyataan bahwa ternyata di zaman listrik saat ini masih banyak masyarakat yang belum menikmati listrik, terutama mereka yang bertempat tinggal di daerah pedesaan. Kalaupun bisa memperoleh listrik maka harus membayar dengan harga yang mahal. Kenyataan yang ada saat ini masyarakat pedesaan lebih memilih menggunakan genset (generator set) untuk memenuhi kebutuhan mereka akan listrik. Padahal sebenarnya disekitar mereka ada sumber daya alam yang potensial untuk dijadikan sebagai sumber pembangkit listrik yaitu air. Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi terbarukan. Namun pemanfaatan yang ada masih menggunakan teknologi yang sederhana. Pembangkit Listrik jenis ini dalam proses pembuatannya sangat ekonomis namun masih dalam skala kecil. Artinya pembangkit-pembangkit ini hanya mampu mencukupi pemakaian energi listrik untuk sejumlah rumah saja. Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air ini sering disebut *Microhydro* atau

sering juga disebut daya listrik yang *Picohydro* yang dibuat terjun dengan *head* jatuh aliran sungai dengan *head* termanfaatkan dengan referensi untuk dengan mengubahnya



*Picohydro* tergantung keluaran dihasilkan. *Microhydro* ataupun biasanya memanfaatkan air yang besar. Sedangkan untuk jatuh yang kecil belum optimal. Hal ini menjadi memanfaatkan aliran sungai menjadi aliran *vortex*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### *Vortex*

<sup>1</sup>Vortex adalah sebuah daerah di dalam fluida dimana aliran sebagian besar bergerak memutar pada terhadap sumbu yang imajiner. Pola gerakan disebut Aliran Vortex. Vortex terbentuk oleh fluida termasuk cairan, gas, dan plasma. Beberapa contoh umum adalah lingkaran asap, pusaran air yang sering timbul pada gerakan perahu, angin pada badai dan tornado, atau sayap pesawat terbang.

Vortex adalah sebuah komponen utama dalam aliran Turbulen.<sup>2</sup> Dengan tidak adanya gaya luar, gesekan viskos dalam cairan cenderung membuat aliran menjadi kumpulan yang disebut vortisitas irrotasional. Dalam pusaran tersebut, kecepatan fluida yang terbesar berada di samping sumbu imajiner, dan penurunan kecepatan berbanding terbalik terhadap jarak dari sumbu imajiner. Adapun contoh bentuk aliran vorteks dapat kita lihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 2.1 Aliran vortex

**Klassifikasi Vortex**

Secara umum, fenomena vortex terbagi atas dua bahagian yaitu :

**Vortex Paksa / Vortex Berotasi**

Vortex paksa adalah vortex yang terbentuk karena adanya gaya luar yang berpengaruh pada fluida. Vortex Paksa dikenal juga sebagai *vortex flywheel*<sup>2</sup>. Jika fluida berputar seperti benda kaku - yaitu, jika  $\omega$  naik secara proporsional terhadap  $r$  - bola kecil yang dibawa oleh arus juga akan berputar pada pusatnya seolah-olah itu adalah bagian dari benda kaku. Dalam hal ini, vektor omega adalah sama di mana-mana. Arahnya sejajar dengan sumbu putar, dan besarnya adalah dua kali kecepatan sudut untuk seluruh fluida.

**Vortex Bebas / Vortex Tak Berotasi**

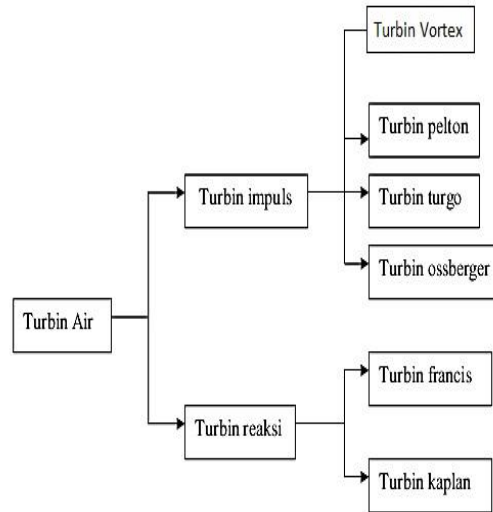
Vortex bebas adalah vortex yang terbentuk karena fenomena natural, tidak terpengaruh oleh gaya dari luar sistem fluida, pada aliran inkompresibel, umumnya terjadi karena adanya lubang keluar. Ketika massa fluida bergerak secara alami (karena pengaruh gaya-gaya internal) dalam sebuah kurva aliran, gerakan vortex bebas akan muncul, dalam kasus ini tidak ada torsi ataupun gaya eksternal yang mempengaruhi fluida. Vortex bebas dikenal juga sebagai *potential vortex*. Jika kecepatan tangensial partikel  $U_t$  berbanding terbalik dengan jarak  $r$ , maka percobaan bola khayalan tidak akan berputar terhadap dirinya sendiri; ini akan mempertahankan arah yang sama sambil bergerak dalam lingkaran di sekitar garis vortex dan aliran dikatakan tak berotasi. Contoh dari gerakan vortex bebas adalah aliran air yang keluar dari lubang yang berada di dasar tangki, aliran di pipa yang melengkung, aliran di pinggiran rumah keong pompa, tepat setelah keluar dari impeller pompa sentrifugal, dan aliran angin siklon.

**Turbin Air**

Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk industri pembangkit listrik. Sekarang lebih umum dipakai untuk generator listrik. Turbin kini dimanfaatkan secara luas dan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharukan. Kincir air sudah sejak lama digunakan untuk industri tenaga listrik. Pada mulanya yang dipertimbangkan adalah ukuran kincirnya, yang membatasi debit dan head yang dapat dimanfaatkan. <sup>3</sup>Perkembangan kincir air menjadi turbin modern membutuhkan

jangka waktu yang cukup lama. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industry menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu.

Berikut ini merupakan klassifikasi turbin air.



Gambar 2.2 Klassifikasi Turbin Air

### Turbin Vortex

Aliran sungai dengan *head* yang kecil belum termanfaatkan dengan optimal. Hal ini menjadi referensi untuk memanfaatkan aliran sungai dengan mengubahnya menjadi aliran *vortex*. Seorang Peneliti dari Jerman Viktor Schaubberger mengembangkan teknologi aliran vortex (pusaran) untuk diterapkan pada pemodelan turbin air dengan memanfaatkan aliran irigasi yang kemudian diubah menjadi aliran vortex (pusaran), yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan sudu turbin. Aliran vortex yang juga dikenal sebagai aliran *pulsating* atau pusaran dapat terjadi pada suatu fluida yang mengalir dalam suatu saluran yang mengalami perubahan mendadak.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### Pengujian

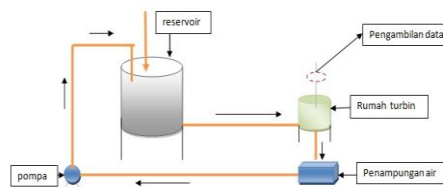
Turbin pusaran air (vortex) merupakan salah satu turbin yang sangat spesial, karena dapat beroperasi pada daerah yang memiliki head yang sangat rendah. Turbin pusaran air (vortex) bekerja pada head rendah. Sebagai simulasi atau pengkondisian dari air mengalir yang berada di alam. Dalam uji eksperimental turbin vortex ini, adapun beberapa pekerjaan yang dilakukan adalah pembuatan sudu dari besi plat, pembuatan poros, pembuatan rumah turbin (*casing*) dari bahan kaca akrilik (*acrylic*), pembuatan bak penampungan air (*reservoir*), pembuatan saluran air dari bak penampungan (*talang*) dan pembuatan saluran buang (*output*)

Diameter dalam turbin (casing) adalah 0.5 m, dengan tinggi rumah turbin ( $h$ ) = 0,4m. Rancang bangun instalasi uji eksperimental turbin vortex terdapat pada lantai empat (*rooftop*) Teknik Mesin USU.

Besaran-besaran yang diukur dan dicatat meliputi: Debit air masuk( $Q$ ), Putaran poros Turbin Vortex (rpm), Momen Puntir Turbin Vortex (kilogramforce~Nm), Arus listrik (ampere) dan tegangan (volt) yang dihasilkan Turbin Vortex. Dari besaran-besaran ini atas dapat dihitung besaran turunan lainnya seperti: daya air, daya turbin vortex, daya listrik keluaran alternator dan efisiensi turbin vortex. Adapun prosedur pengujian uji eksperimental turbin vortex dengan sudu A1 adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pertama dilakukan dengan pemasangan lubang buang dan sudu A1.
2. Hidupkan pompa pengumpan .
3. Dilakukan *monitoring* terhadap ketinggian air di dalam reservoir dan penampungan bawah turbin .
4. Setelah ketinggian air di bak penampungan reservoir mencukupi, maka dilakukan pengujian serta pengambilan data terhadap: Pengukuran putaran (rpm) pada poros Turbin vortex dengan menggunakan *Hand Tachometer*, Pengukuran momen puntir (kilogram) dengan menggunakan *Timbangan Pegas* dan Pengukuran arus listrik (ampere) dan tegangan (volt) menggunakan *Multimeter*.
5. Pengukuran terhadap beberapa variabel dilakukan terhadap sudu A1, A2, A3 dan lubang buang 10,5 cm dan 16 cm
6. Setiap pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk mendapatkan data pengujian yang lebih akurat dan spesifik.

Setelah pengukuran pada turbin vortex selesai, maka dilakukan penggantian lubang buang. Gambar di bawah ini menunjukkan alur proses pengujian sampai pengambilan data.

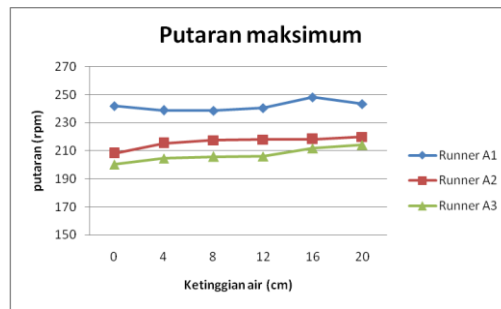


Gambar 3.1 *eksperimental setup*

#### 4. ANALISA DATA

##### Hasil pengujian putaran maksimum

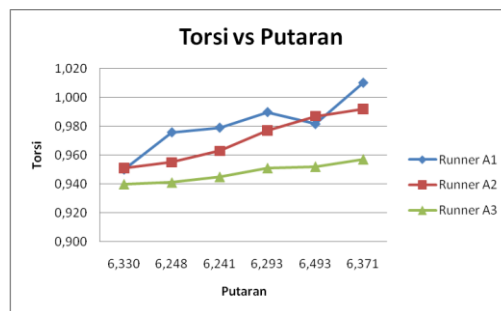
Data pengujian merupakan nilai rata-rata yang di ambil dari sampel 10 kali pengujian, dengan waktu 10 detik. Data didapat dengan pembacaan alat hand tachometer pada poros turrbin vortex.



Gambar 4.1 grafik hasil pengujian putaran maksimum  
Pada gambar di atas hasil pengujian putaran maksimum tertinggi berada pada Runner A1 (248 Rpm) dan putaran paling rendah berada di Runner A3 (200 Rpm).

### Pengujian Torsi-Putaran Berbeban

Data pengujian didapat dari pengukuran yang dilakukan dalam waktu yang bersamaan (sekaligus). Dalam kasus ini, pengujian membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menentukan pembebanan yang tepat sebelum poros berhenti berputar. Pembebanan ini dilakukan menggunakan gesekan tali yang dikaitkan pada 2 neraca pegas. Waktu pengujian sampel sepanjang 20 detik, dibutuhkan lebih dari 15 x pengujian (sampel) untuk setiap perubahan variasi. Pengukuran putaran dilakukan dalam kondisi poros terbeban hampir berhenti.



Gambar 4.2 grafik torsi vs putaran

Pada gambar diatas torsi paling tinggi berada pada Runner A1 (1,00 N/m) dengan putaran 6,37 Rad/s dan torsi paling rendah pada Runner A3 (0,94 N/m) dengan putaran 5,242 Rad/s.

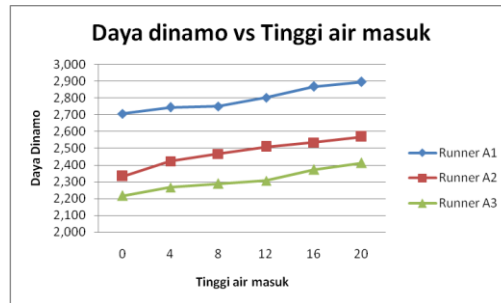
### Hasil Pengujian Menggunakan Alternator

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alternator dan rangkaian listrik tertutup berbeban. Beban berupa lampu, besar beban terpasang maksimum 7 watt.

<sup>4</sup>Untuk mendapat daya keluaran listrik rangkaian, dapat digunakan rumus:

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Dalam kasus ini  $\cos \phi$  dianggap 1 (rangkain ideal), sehingga volt-Ampere disamakan dengan Watt.



Gambar 4.3 grafik daya listrik pada lubang buang 4

Pada gambar di atas didapat bahwa daya paling tinggi berada pada Runner A1 yaitu 2,896 vA sedangkan paling rendah pada Runner A3 yaitu 2,217 vA.

### Analisa Perhitungan Daya-Efisiensi

<sup>5</sup>Dari konsep daya hidrolik air, maka akan didapat potensi energi yang dapat dipanen dari sejumlah air dengan kondisi ketinggian tertentu, dengan rumusan;

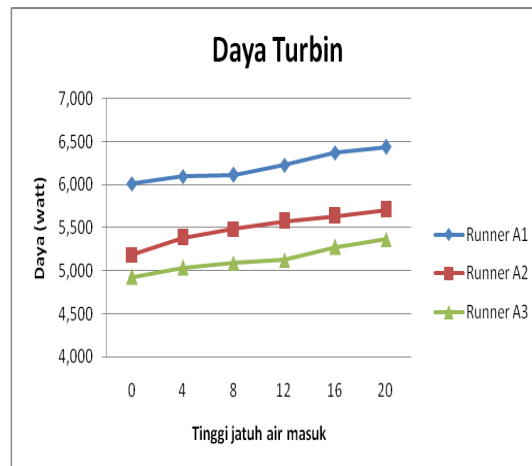
$$P_{air} = \rho \times g \times Q \times H$$

Untuk menghitung daya turbin, digunakan persamaan:

$$P_{turbin} = \Gamma \text{ (Nm)} \times n \text{ (rad/s)}$$

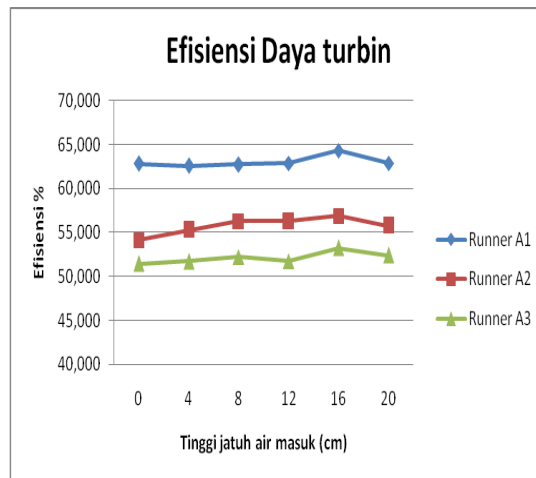
Untuk menghitung efisiensi turbin, digunakan persamaan:

$$\eta(\%) = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\%$$



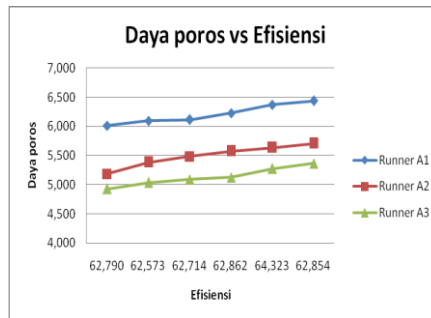
Gambar 4.4 grafik hasil perhitungan daya turbin

Gambar diatas menunjukkan bahwa hasil perhitungan daya turbin paling tinggi berada pada Runner A1 yaitu 6,435 Watt dan paling rendah di Runner A3 4,927 Watt.



Gambar 4.5 Hasil perhitungan efisiensi daya turbin

Gambar diatas menunjukkan bahwa hasil perhitungan efisiensi paling tinggi ada pada Runner A1 yaitu 64,323 % pada tinggi jatuh air 16 cm dan paling rendah pada Runner A3 51,446% pada tinggi jatuh air 0 cm.



Gambar 4.6 grafik daya poros versus efisiensi

Pada grafik 4.6 didapat bahwa daya paling maksimal adalah 6,435 Watt dengan efisiensi 62,854 % di Runner A1 dan daya paling rendah adalah 4,927 Watt dengan efisiensi 51,446 % di Runner A3.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari uji performansi pengaruh variasi diameter sudu, tinggi jatuh air masuk dan diameter lubang buang terhadap prestasi turbin vortex (dengan spesifikasi : tinggi 40 dan lebar 50 cm menggunakan 6 sudu) didapat beberapa kesimpulan:

1. Putaran paling maksimum adalah 248,138 Rpm pada Runner A1 di ketinggian jatuh air 16 cm
2. Torsi paling maksimum adalah 1,010 N/m pada Runner A1 di ketinggian jatuh air 20 cm
3. Daya listrik yang di hasilkan alternator paling optimal adalah 2,896 vA pada Runner A1 di ketinggian jatuh air 20 cm.



4. Daya poros paling optimal adalah 6,435 Watt pada Runner A1 di ketinggian jatuh air 20 cm.
5. Efisiensi turbin paling tinggi adalah 64,323 % pada Runner A1 di ketinggian jatuh air 16 cm.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] L. V. Steeter dan Wylie B. 1993. *Mekanika Fluida*. Edisi Kedelapan. Jakarta: Erlangga.
- [2] Munson, Bruce. 2005. *Mekanika Fluida*, Edisi Keempat Jilid 2. Jakarta: Erlangga
- [3] M.M. Dandekar, K.N. Sharma. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. UI. Press Jakarta. 1991
- [4]. Khurmi, R.E. 1984. *A Text Book Of Hydraulic Machine*. Ram Nagar, Newdelhi: S. Chand and Company LTD.
- [5] Fritz Dietzel, Dakso Sriyono. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Erlangga. Jakarta. 1990.