

## Pengaruh Jarak Sudu Terhadap Prestasi Turbin Vortex Berpenampang Lingkaran Dengan Diameter Sudu 46 cm

Lendeber Sinaga<sup>1</sup>, Syahril Gultom<sup>2</sup>, Taufiq bin Nur<sup>3</sup>, Tulus B. Sitorus<sup>4</sup>, Himsar Ambarita<sup>5</sup>, Mahadi<sup>6</sup>  
*lendebersinaga@gmail.com*

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

### ABSTRAK

Salah satu sumber energi saat ini yang banyak dilakukan penelitian adalah arus air. Dimana Indonesia adalah Negara agraris yang menghasilkan air secara terus menerus, sehingga turbin air lebih diutamakan dari turbin angin. Biasanya microhydro ataupun pichydro memanfaatkan air terjun dengan head jatuh yang besar, sedangkan aliran sungai dengan head jatuh yang kecil dimanfaatkan dengan optimal [1]. Hal ini menjadi referensi untuk memanfaatkan aliran sungai dengan mengubahnya menjadi aliran vortex. Tujuan dari rancang bangun ini adalah untuk mendapatkan rancangan casing turbin vortex dengan berpenampang lingkaran berbahan akrilik, rancangan poros, rancangan sudu berbahan seng dan bantalan. Turbin Vortex ini dirancang dengan debit air 0.0052 dan kecepatan air 1.44 m/s. Menggunakan casing berpenampang lingkaran berbahan Akrilik, dengan sudu berbahan seng. Efisiensi maksimum di dapat pada ketinggian saluran 6 cm yaitu 59.92714 %.

Kata Kunci : Energi, vortex, lingkaran, akrilik.

### 1. PENDAHULUAN

Sadarnya para ilmuwan diseluruh dunia akan berkurangnya energi fosil sehingga mencoba berbagai energi alternatif. Dimana arus air sebagai sumber energi yang paling banyak diteliti. Indonesia adalah negara agraris yang menghasilkan air secara terus menerus, sehingga turbin air lebih diutamakan dari turbin angin karena angin di Indonesia relatif stabil. Alih fungsi turbin angin menjadi turbin air perlu dilakukan studi lebih lanjut. Massa jenis air yang hampir 1000 kali lipat massa jenis udara menyebabkan gaya dan torsi yang mempengaruhi turbin semakin besar.

Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi terbaru, namun pemanfaatan yang ada masih menggunakan teknologi yang sederhana. Listrik Tenaga Air ini sering disebut Microhydro atau sering juga disebut Pichydro tergantung keluaran daya listrik yang dihasilkan [2].

Microhydro ataupun Pichydro yang dibuat biasanya memanfaatkan air terjun dengan head jatuh yang besar. Sedangkan untuk aliran sungai dengan head jatuh yang kecil belum dimanfaatkan dengan optimal. Hal ini menjadi referensi untuk memanfaatkan aliran sungai dengan mengubahnya menjadi aliran vortex.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### Pengertian Turbin Air

Turbin air adalah salah satu mesin penggerak yang mana fluida kerjanya adalah air. Yang mana energy kinetik diubah menjadi energy mekanik oleh sudu turbin, selanjutnya energy mekanik diubah menjadi energy tenaga pada poros. Komponen-komponen utama rotor yaitu sudu-sudu, poros, bantalan sedangkan komponen utama stator yaitu pipa pengarah dan rumah turbin.

Turbin adalah mesin penggerak dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar sudu turbin. Bagian turbin yang bergerak dinamakan rotor atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Secara umum, turbin adalah alat mekanika yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap ataupun stationary blade, tidak ikut berputar bersama poros, dan berfungsi mengarahkan aliran fluida [3]. Sedangkan sudu putar atau rotary blade, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros. Air biasanya dianggap sebagai fluida yang tak kompresibel, yaitu fluida yang secara virtual massa jenisnya tidak berubah dengan tekanan [4].

Ada beberapa kesamaan teori dari turbin air dan pompa air, dengan perbedaan utama energi transfer yang berkebalikan. Turbin air mengubah energi potensial dari air menjadi energi mekanis putaran poros. Sedangkan pompa air mengubah energi mekanis putaran poros menjadi gerak aliran air.

### **Turbin Vortex (Pusaran Air)**

Turbin vortex merupakan turbin yang memanfaatkan pusaran air sebagai media perantara energi terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya. Turbin air ini dioperasikan pada daerah yang memiliki head yang rendah dan memanfaatkan pusaran gravitasi air sehingga akan menimbulkan perbedaan tekanan air dengan bagian sumbu. Hal ini ditemukan oleh insinyur Austria Franz Zotloterer ketika mencoba untuk menemukan cara untuk menganginkan air tanpa sumber daya eksternal[5].

### **Cara Kerja Turbin Vortex**

Sistem PLTA pusaran air adalah sebuah teknologi baru yang memanfaatkan energi yang terkandung dalam pusaran air yang besar dengan diciptakan melalui perbedaan head rendah di sungai. Cara kerja turbin Vortex :

1. Air Sungai dari tepi sungai disalurkan dan dibawake tangki sirkulasi. Tangki sirkulasi ini memiliki suatu lubang lingkaran pada dasarnya.
2. Tekanan rendah pada lubang dasar tangki dan kecepatan air pada titik masuk tangki sirkulasi mempengaruhi kekuatan aliran vortex.
3. Energi potensial seluruhnya diubah menjadi energy kinetic rotasi diinti vortex yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.
4. Air kemudian kembali kesungai melalui saluran keluar.

### **Aliran Vortex**

Vortex adalah massa fluida yang partikel-partikelnya bergerak berputar dengan garis arus (streamline) membentuk lingkaran konsentris. Gerakan vortex berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antara lapisan fluida yang berdekatan. Dapat diartikan juga sebagai gerak alamiah fluida yang diakibatkan oleh parameter kecepatan dan tekanan. Vortex sebagai pusaran yang merupakan efek dari putaran rotasional dimana viskositas berpengaruh didalamnya[6].

### **Aliran Vortex Bebas**

Aliran vortex terjadi walaupun tidak adanya gaya yang dilakukan pada fluida tersebut. Karakteristik dari vortex bebas adalah kecepatan tangensial dari partikel fluida yang berputar pada jarak tertentu dari pusat vortex. Hubungan kecepatan partikel fluida  $v$  terhadap jaraknya dari pusat putaran  $r$  dapat dilihat pada persamaan ini:

$$V = \frac{\tau}{2\pi r}$$

Dimana:

$V$  = kecepatan tangensial fluida (m s<sup>-1</sup>)

$r$  = jari-jari putaran partikel fluida dari titik pusat (m)

$\tau$  = sirkulasi

### **Aliran Vortex Paksa**

Apabila suatu gaya diberikan pada suatu fluida dengan maksud membuat aliran fluida berputar. Hubungan kecepatan partikel fluida  $v$  terhadap jaraknya dari pusat putaran  $r$  dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$V = r \cdot \omega$$

Dimana:

$\omega$  = kecepatan sudut

$r$  = jari-jari putaran (m)

### Aliran Vortex Kombinasi

Aliran Vortex Kombinasi adalah vortex dengan vortex paksa pada inti pusatnya dan distribusi kecepatan yang sesuai dengan vortex bebas pada luar intinya. Jadi untuk sebuah vortex kombinasi dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$V_{\theta} = \omega r \quad r \leq r_0$$

$$V_{\theta} = \frac{K}{r} \quad r > r_0$$

Dimana :

K dan  $\omega$  = konstanta  
 $r_0$  = jari-jari inti pusat

Sebuah konsep matematika yang biasanya berhubungan dengan gerakan vortex adalah sirkulasi. Sirkulasi didefinisikan sebagai sebuah integral garis dari komponen tangensial kecepatan yang diambil dari sekeliling kurva tertutup di medan aliran. Konsep sirkulasi sering digunakan untuk mengevaluasi gaya-gaya pada terbentuk pada benda-benda yang terendam dalam fluida yang bergerak.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Rancang Bangun Instalasi

Rancang bangun instalasi uji eksperimental Turbin Vortex terdapat pada rooftop lantai empat Teknik Mesin USU.

Adapun elemen yang meliputi perancangan turbin vortex adalah :

#### Rumah Turbin (casing)

Rumah turbin berbentuk Spiral yang terbuat dari Akrilik dengan diameter 0,9 m dan tingginya 1 m (diukur dari saluran keluaran tempat penampungan bawah ke permukaan bak) dan memiliki lubang saluran buang pada dasar bak.



Gambar 1. Rumah Turbin (casing)

#### Poros Turbin

Poros yang digunakan terbuat dari bahan besi S45 C-D. Dengan diameter 1,9 cm dan tinggi poros 1,50 m.

#### Sudu Turbin

Sudu turbin ada 8 buah dengan tinggi sudu cm 0,9 m dan 3 variasi lebar sudu. Ukuran – ukuran utama sudu roda jalan yang akan dihitung terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- Diameter Sudu Roda Jalan Pada Sisi Masuk

Diameter sudu roda jalan sisi masuk ( $D_1$ ) dan diameter roda jalan sisi keluar ( $D_2$ ) direncanakan adalah :

$$D_1 = 0,46 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,12 \text{ m}$$

$$\phi = 30^\circ$$

- Jarak Antara Sudu

Jarak antara sudu dapat ditentukan dengan persamaan :

$$L = \frac{\pi \cdot D_1}{z}$$

Dimana :  $D_1$  = Diameter sudu pada sisi masuk

$z$  = Jumlah sudu (direncanakan 8)

maka :

$$L = \frac{3,14 \cdot 0,32}{8} = 0,12 \text{ m}$$

- Tebal Sudu Roda Jalan

Sudu roda jalan dalam perancangan ditentukan dengan menggunakan bahan seng dengan ketebalan 0.20 mm.

- Tinggi Roda Jalan

Tinggi roda jalan dapat ditentukan dengan dengan persamaan :

$$\begin{aligned} H_{rj} &= \text{tinggi turbin} - \text{tinggi penampang} \\ &= 1 \text{ m} - 0,10 \text{ m} = 0,90 \text{ m} \end{aligned}$$

### Pelaksanaan Pengujian

Uji eksperimental turbin vortex dengan menggunakan jumlah sudu sebanyak 8 sudu dilakukan di rooftop lantai empat, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Pengukuran-pengukuran yang dilakukan terhadap penelitian ini meliputi:

1. Pengukuran putaran (rpm) poros turbin vortex dengan menggunakan Hand Tachometer.
2. Pengukuran momen puntir (kilogram) dengan menggunakan Timbangan Pegas.

Sebelum dilakukan pengujian turbin vortex dan pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan (checking) terhadap beberapa instalasi dan peralatan, yang meliputi:

1. Pemeriksaan debit air di dalam tempat penampungan bawah.
2. Pemeriksaan pipa penghubung antara pompa pengumpan dan talang.
3. Pemeriksaan poros turbin vortex serta pemberian pelumas pada bearing.
4. Pemeriksaan tali dan pulley.
5. Pemeriksaan pompa pengumpan.

Setelah prosedur pemeriksaan terhadap beberapa instalasi dan peralatan di atas selesai dilakukan dan pemeriksaan dipastikan dalam kondisi standby, maka prosedur pengujian pun dapat dimulai. Adapun prosedur pengujian uji eksperimental turbin vortex dengan jumlah sudu 8 adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pertama dilakukan pada rumah turbin (casing) berpenampang lingkaran dengan jumlah 8 sudu.
2. Hidupkan pompa pengumpan.
3. Dilakukan monitoring terhadap ketinggian air di dalam rumah sudu (casing).
4. Setelah ketinggian air di rumah sudu (casing) konstan, maka dilakukan pengujian serta pengambilan data terhadap:
  - a. Pengukuran putaran (rpm) pada poros Turbin Vortex dengan menggunakan Hand Tachometer.
  - b. Pengukuran momen puntir (kilogram) dengan menggunakan Timbangan Pegas.
5. Pengukuran terhadap beberapa variabel di atas dilakukan terhadap ketinggian antara sudu dengan lubang buang dengan jarak 2cm, 4cm, dan 6cm dengan variasi lubang buang 6cm.
6. Setiap pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk mendapatkan data pengujian yang lebih akurat.

7. Setelah pengukuran pada turbin vortex selesai, maka dilakukan penggantian lubang buang dan rumah sudu (casing) berpenampang Lingkaran. Kemudian dilakukan pengujian kembali seperti prosedur diatas.

Besaran-besaran yang diukur dan dicatat meliputi:

1. Putaran poros Turbin Vortex (rpm)
2. Momen Puntir Turbin Vortex (kilogram)

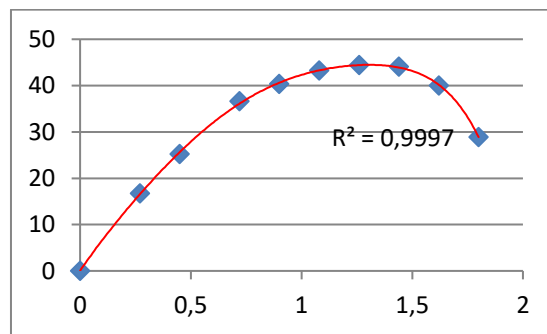
Dari besaran-besaran di atas dapat dihitung besaran turunan lainnya seperti:

1. Torsi Turbin Vortex
2. Daya Turbin Vortex
3. Efisiensi Turbin Vortex

#### 4. HASIL PENGUJIAN

Setelah dilakukan perancangan instalasi turbin vortex dan pengujian maka diperoleh hasil pengujian sebagai berikut :

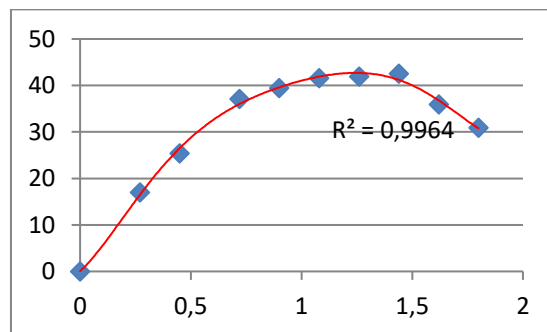
##### Efisiensi Turbin Vortex Dengan Jarak Antara Sudu Dengan Saluran Keluar Ketinggian 2 cm



Gambar 2 Grafik Torsi vs Efisiensi pada jarak sudu dengan saluran keluar ketinggian 2cm.

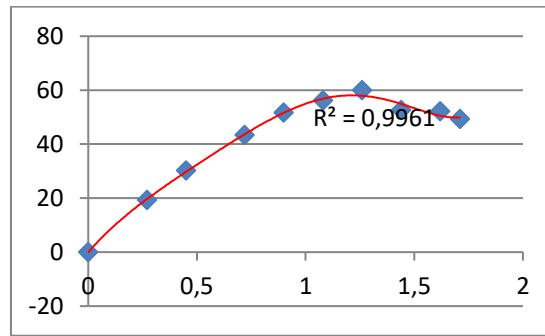
Dari gambar 4.1 Torsi vs Efisiensi didapat hubungan antara Torsi dengan Efisiensi, dimana torsi yang digunakan mulai dari 0 sampai 1.8 Nm (turbin berhenti). Dari grafik di atas didapat data bahwa efisiensi maksimum turbin vortex pada ketinggian 2cm jarak antara sudu dengan lubang buang adalah sebesar 44.40938 %.

##### Efisiensi Turbin Vortex Dengan Jarak Antara Sudu Dengan Lubang Buang Ketinggian 4 cm



Gambar 3 Grafik Torsi vs Efisiensi pada jarak antara sudu dengan saluran keluar ketinggian 4 cm.

Dari gambar 4.2 Torsi vs Efisiensi di dapat hubungan antara torsi dengan efisiensi, dimana torsi yang digunakan mulai dari 0 sampai 1.8 Nm (turbin berhenti). Dari grafik di atas didapat data bahwa efisiensi maksimum turbin vortex pada jarak antara sudu dengan lubang outlet ketinggian 4 cm adalah sebesar 42.586335 %.

**Efisiensi Turbin Vortex Dengan Jarak Antara Sudu Dengan Lubang Buang Ketinggian 6 cm**

Gambar 4 Grafik Torsi vs Efisiensi pada jarak antara sudu dengan lubang outlet ketinggian 6 cm.

Dari gambar 4.3 Torsi vs Efisiensi di dapat hubungan antara torsi dengan efisiensi, dimana torsi yang digunakan mulai dari 0 sampai 1.71 Nm (turbin berhenti). Dari grafik di atas didapat data bahwa efisiensi maksimum turbin vortex pada jarak antara sudu dengan lubang outlet ketinggian 6 cm adalah sebesar 59.92714 %.

## 5. KESIMPULAN

Dari uji eksperimental pembangkit listrik mikro hidro menggunakan turbin vortex dengan casing berpenampang Lingkaran yang menggunakan sudu berdiameter 32 cm, Tinggi 90 cm, 3 variasi jarak antara Sudu dan Saluran Keluar dengan Saluran Keluar berdiameter 7,5 cm. Maka di dapat kesimpulan:

1. Diperoleh tingkat efisiensi maksimum yang terdapat pada jarak antara Sudu dan Saluran keluar Ketinggian 2 cm dengan data sebagai berikut:
  - a. Efisiensi Maximum= 60,204243 %
  - b. Daya Turbin = 7,777152 watt
  - c. Putaran Turbin = 7,2010667 rad/s
2. Diperoleh tingkat efisiensi maksimum terdapat pada jarak antara Sudu dan Saluran keluar Ketinggian 4 cm dengan data sebagai berikut:
  - a. Efisiensi Maximum= 58,08951 %
  - b. Daya Turbin= 7,503972 watt
  - c. Putaran Turbin = 5,9555533 rad/s
3. Diperoleh tingkat efisiensi maksimum terdapat pada jarak antara Sudu dan Saluran keluar Ketinggian 6 cm dengan data sebagai berikut:
  - a. Efisiensi Maximum= 67,78111 %
  - b. Daya Turbin= 8,756832 watt
  - c. Putaran Turbin = 6.9498666 rad/s

## SARAN

1. Untuk perancangan pembangkit listrik mikro hidro berikutnya diharapkan melakukan perbandingan jumlah sudu. Misalnya dengan membandingkan data yang di hasilkan dengan menggunakan 10 sampai 12 sudu.
2. Untuk perancangan pembangkit listrik mikro hidro berikutnya diharapkan melakukan penelitian dengan menggunakan casing dengan tinggi 0,4 meter sampai 0,5 meter.
3. Untuk perancangan pembangkit listrik mikro hidro berikutnya diharapkan menggunakan peralatan pengujian yang lebih presisi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Warnik,C.C,“HydroPower Engineering”, Prentice Hall, Inc, New York,1989.
- [2] M.M Dandekar dan K.N. Sharman, “Pembangkit Listrik Tenaga Air”. UI-Press, Jakarta,1991.
- [3] KonzKI.EmmeRossei\_110131[1].doc / WWK Energie GmbH.
- [4] Rajput Rames, “A Textbook of Fluida Mechanics and Hydraulic Machine”, Part-II, Rajput. Company, 2000.
- [5] <http://www.zotloeterer.com/>
- [6] Victor.L.Streeter and Benjamin, “Mekanika Fluida”, Erlangga, Jakarta, 1993.