

## ANALISA RUMAH VORTEX BERBENTUK LINGKARAN DENGAN VARIASI DIAMETER LUBANG BUANG MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CFD

Stefanus Tobing<sup>1</sup>, Syahril Gultom<sup>2</sup>, Taufiq B. N<sup>3</sup>, Terang UHS Ginting<sup>4</sup>, Suprianto<sup>5</sup>, A. Husein Siregar<sup>6</sup>, Dian M. Nasution<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Kampus USU Medan  
Email:stefenbink@yahoo.com

### ABSTRAK

*Turbin Vortex adalah salah satu jenis turbin mikrohidro yang menggunakan pusaran air sebagai penggerak sudunya. Turbin Vortex mempunyai head yang relatif rendah 0,7m-1,4m dan debit air 0,02 m<sup>3</sup>/s yang mengalir terus menerus, turbin ini sangat cocok digunakan di aliran sungai. Untuk itu dilakukan analisa dan simulasi secara numerik Turbin Vortex dengan bantuan software Ansys 14 menggunakan CFD. CFD dapat menganalisa atau memprediksi aliran fluida yang ada pada turbin vortex. Dalam proses pembentukan meliputi Preprocessing, Solving, dan Postprocessing. Analisis dilakukan pada aliran tiga dimensi (3D), transient, turbulen dan incompressible. Variabel yang digunakan untuk dianalisa adalah diameter lubang buang air yang terdiri dari tiga ukuran 9 cm, dan 7,5 cm. Didapat kecepatan aliran yang baik pada rumah turbin dengan lubang buang 7,5cm.*

*Kata kunci: Vortex, CFD, Ansys, Turbin Vortex, Lubang Buang*

### 1. PENDAHULUAN

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. Fenomena aliran *vortex* sering kali dijumpai pada pemodelan sayap pesawat, aliran *vortex* cenderung dianggap sebagai suatu kerugian dalam suatu aliran fluida. Kemudian teknologi ini dikembangkan oleh Franz Zotloeterer berkebangsaan Austria. Ia memulai penelitian ini pada tahun 2004 dan memulai pemasangan turbin pertamanya di Obergrafendorf, Austria pada tahun 2005, kemudian sampai dengan tahun 2013 turbin ini sudah dibangun di beberapa negara seperti Jerman, Republik Ceko, Hungaria, Cili, Thailand, Irlandia, Indonesia, Jepang, Francis, Italy, dan Swiss. Referensi teori tentang turbin ini jarang dibahas di dunia pendidikan karena teknologi ini sudah menjadi hak paten Zotloeterer. [1]

Oleh sebab itu peneliti dari berbagai Universitas di dunia memulai penelitian jenis turbin ini dengan melakukan eksperimen – eksperimen yang ada. Contohnya di Amerika Sligo Institute (Amerika), Khonkaen Universty (Thailand) dan Perguruan Tinggi UGM (Indonesia) sudah memulai penelitian turbin ini. Oleh sebab itu sudah selayaknya Universitas Sumatera Utara juga ikut berkontribusi dalam penelitian turbin yang baru ini sehingga menjadi modal kita untuk mengembangkan mutu pendidikan di kampus ini.

Bertolak dari kondisi tersebut di atas maka penyusun melakukan penelitian untuk mengetahui turbin ini lebih lagi. Penelitian tentang “turbin *vortex*” belumlah sempurna, bukan karena Indonesia kekurangan penemu tetapi pengaplikasiannya belum banyak sehingga dapat penelitian ini nantinya dapat dijadikan tolak ukur. Oleh karena itu perlu dibuat penganalisaan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan membuat variasi diameter lubang buang, kerena dengan variasi lubang buang dapat mempegaruhi aliran vortex yang kuat atau yang lemah yang nantinya akan mempengaruhi putaran air terhadap sudu turbin dan pembuatan simulasi aliran *vortex* itu sendiri sangat penting dan agar studi tentang turbin ini dapat dikembangkan.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah yang diberikan agar penelitian ini lebih terarah, yaitu:

1. Membuat Design rumah turbin, talang dan variasi lubang buang/*outlet* dengan menggunakan software *Solidwork*
2. Melakukan analisa fluida turbin *vortex* dengan menggunakan software FLUENT - ANSYS.
3. Bentuk rumah turbin yang digunakan adalah berbentuk lingkaran dimensi tinggi 1000 mm serta Diameter 900 mm.
4. Diameter saluran buang yang digunakan di rumah turbin adalah 7,5 cm ; dan 9 cm

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Dinamika Fluida, Vortex adalah sebuah daerah di dalam fluida dimana aliran sebagian besar bergerak memutar pada terhadap sumbu yang imajiner, baik bergerak lurus atau melengkung. 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.

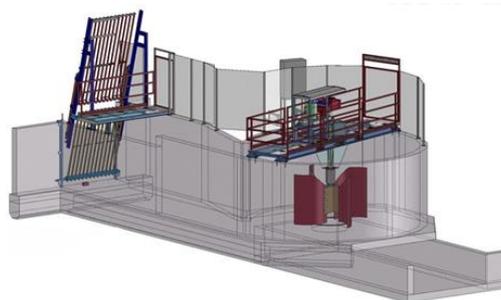
### 2.1 TURBIN AIR

Turbin air adalah suatu alat yang dapat menghasilkan torsi sebagai akibat gaya dinamik dan gaya tekan air, turbin hidraulik ini dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu :

1. Turbin Impuls (impuls turbine) adalah turbin yang memanfaatkan energi kinetik dari pancaran air yang berkecepatan tinggi untuk diubah menjadi energi gerak.
2. Turbin Reaksi (reaction turbine) adalah turbin yang mengkombinasikan energy potensial tekan dan energi kinetik untuk menghasilkan energi gerak.

### 2.2 TURBIN VORTEX

Turbin ini dikelompokkan ke dalam turbin impuls, dikarenakan memanfaatkan kecepatan aliran untuk memutar sudunya. Turbin ini dinamakan sebagai Gravitation Water *Vortex* Power Plant (GWVPP) oleh penemunya Frans Zotleterer berkebangsaan Austria, tetapi nama turbin ini dikenal juga sebagai turbin *Vortex* atau turbin pusaran air. Sesuai dengan namanya pusaran air, air ini memanfaatkan pusaran air buatan untuk memutar sudu turbin dan kemudian energi pusaran air diubah menjadi energi putaran pada poros. Prosesnya air dari sungai dialirkan melalui saluran masuk ke tanki turbin yang berbentuk lingkaran dan di bagian tengah dasar tanki terdapat saluran buang berupa lingkaran kecil. Akibat saluran buang ini maka air mengalir akan membentuk aliran pusaran air. Ketinggian air (*head*) yang diperlukan untuk turbin ini 0,7 – 2 m dan debit berkisar 1000 liter per detik. Turbin ini sederhana, mudah dalam perawatannya, kecil, kuat, dan bertahan hingga 50 – 100 tahun. [1]



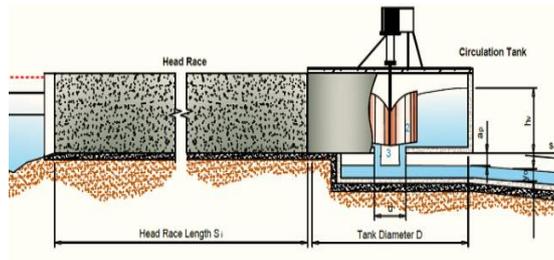
Gambar 2.1 Tubin *Vortex* (Pusaran Air)

### 2.3 PRINSIP KERJA TURBIN VORTEX

Sistem Turbin Vortex adalah sebuah teknologi baru yang memanfaatkan energi yang terkandung dalam pusaran air yang besar yang dibuat dengan menciptakan melalui Perbedaan *head* rendah di sungai. Cara kerjanya:

1. Air Sungai dari tepi sungai disalurkan dan diarahkan ke 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 energi kinetik rotasi di inti *vortex* yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.
4. Air kemudian kembali ke sungai melalui saluran keluar. [2]

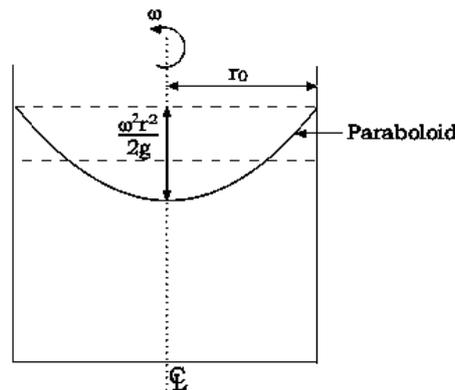


Gambar 2.2 Instalasi Turbin Vortex Pada Sungai

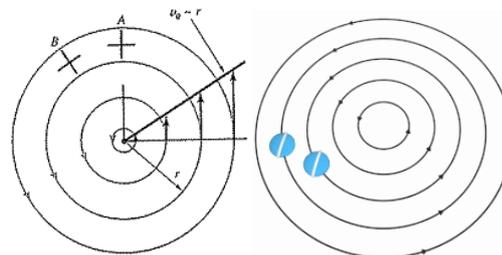
**2.4 TIPE ALIRAN VORTEX**

1. Forced Vortex

Forced Vortex dikenal juga sebagai vortex flywheel. Jika fluida berputar seperti benda kaku - yaitu, jika  $v$  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.



Gambar 2.3 Teh Cangkir yang di aduk adalah sebuah Aplikasi Force vortex

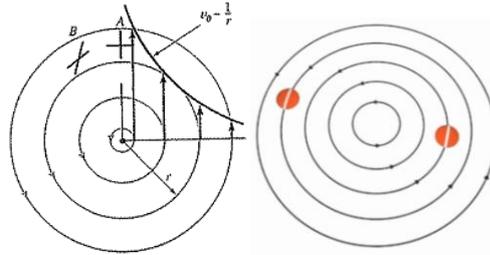


Gambar 2.4 Grafik kecepatan dan Posisi Pergerakan forced vortex

Rumus kecepatan tangential pada Rotational vortex :  $v_\theta = \omega \cdot r$

2. Free vortex

Free vortex dikenal juga sebagai potential vortex. jika kecepatan partikel  $v$  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. Dalam hal ini vortisitas vektor omega adalah nol pada setiap titik tidak pada baris tersebut, dan aliran dikatakan irrotational.



Gambar 2.5 Grafik kecepatan dan Posisi Pergerakan Free vortex

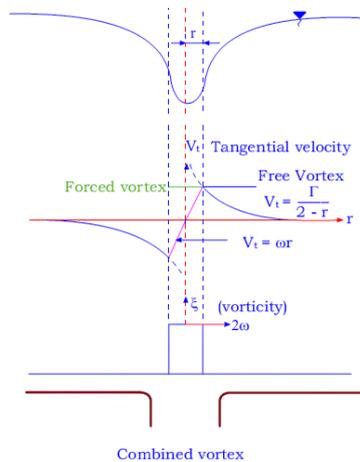
Rumus kecepatan tangential pada Irotational vortex :  $v_{\theta} = \frac{K}{r}$  [3] dan [4]

3) Compound/Gabungan Vortex

Compound/Gabungan Vortex, gabungan dari free dan forced vortex dikenal juga sebagai Rankine vortex. Pada kasus di lapangan, sulit ditemukan aliran free vortex secara tunggal, namun aliran free vortex akan diikuti oleh aliran forced vortex di inti tengah pada saat mendekati sumbuinya. [5]

$$v_{\theta} = \omega \cdot r \quad r \leq r_0 \text{ Dan}$$

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



Gambar 2.6 Grafik Distribusi Kecepatan Combined Vortex

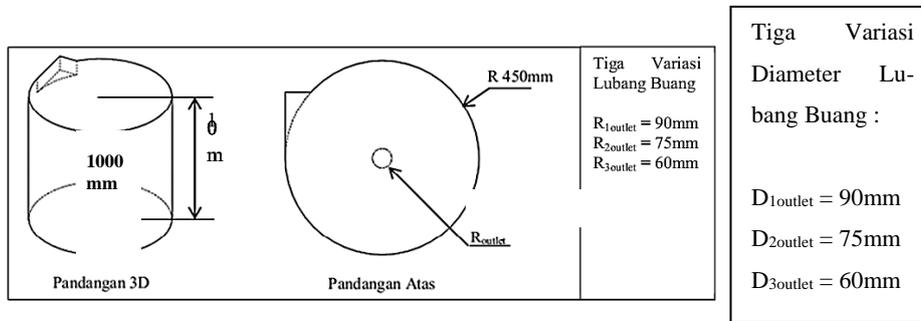
**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini berisikan metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang ada pada skripsi ini, yaitu dengan tata cara yang lebih terperinci mengenai tahap-tahap dalam melakukan analisis CFD pada rumah turbin vortex.

**3.1 PROSES PRE-PROCESSING**

Proses ini merupakan proses yang dilakukan sebelum pengujian (simulasi CFD). Proses Pre-Processing meliputi, pemodelan, dan pembuatan mesh (meshing). Pemodelannya adalah tangki silinder dengan sebuah lubang buang pada bagian pusat bawah. Aliran yang datang diarahkan melalui talang. Tangki silinder berdiameter 0,9 m dan tinggi 1 m, dan diameter lubang bawah bervariasi 9cm, dan 7,5cm. Permukaan atas dibuat terbuka terhadap udara ambien. Tidak ada slip pada dinding dan ada tekanan keluar pada lubang buang. Kecepatan masuk sebesar 1,44 m/s.

Pembuatan model Turbin Vortex dalam simulasi ini merupakan prototype dari ukuran Turbin Vortex yang sebenarnya. Pembuatan model CAD digambar pada Software SolidWorks 2010. Adapun bagian turbin yang digambar terdiri dari, basin/tangki berbentuk 3bulat, serta 3 jenis lubang buang.



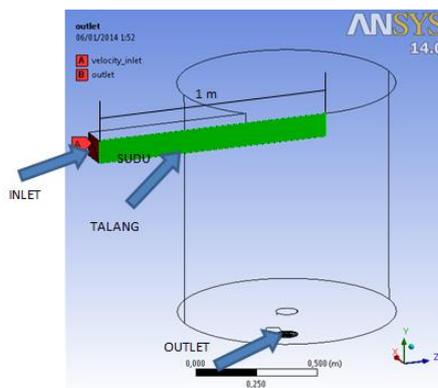
Gambar 3.1 Rumah Turbin Lingkaran dengan variasi lubang buang

Panjang Talang = 100 cm  
 Tinggi / lebar penampang = 10 cm / 12 cm  
 Diameter pipa air masuk = 6,7 cm  
 Luas penampang air masuk =  $\frac{1}{4} 3,14D^2 = 0,00361 \text{ m}^2$

Kecepatan air masuk =  $Q/A_1 = 0,0052 \text{ [m}^3/\text{s]} / 0,00361 \text{ [m}^2] = 1,44 \text{ m/s}$

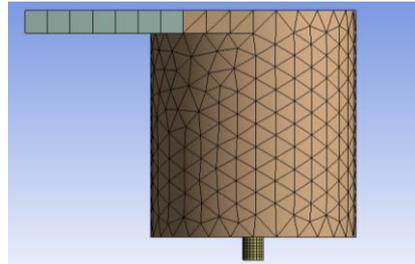
Secara eksperimental, pengujian turbin vortex menggunakan air yang mengalir membentuk aliran *vortex*. Air akan mengalir melalui talang dan mengisi tangki dan keluar melalui lubang buang sampai membentuk aliran *vortex*.

Pada pengujian, domain pada simulasi CFD turbin vortex dinyatakan dengan tinggi rumah turbin, Pada rumah turbin, tinggi aliran akan bervariasi berdasarkan lubang buang. Air yang masuk kemudian keluar dari outlet.



Gambar 3.2 Domain

Dalam pembuatan mesh sangat diperhatikan ukuran mesh dan jenis mesh yang digunakan, Semakin kecil ukuran mesh yang digunakan pada model, maka hasil yang didapati akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan mesh yang memiliki ukuran lebih besar. Oleh karena itu, besar ukuran mesh harus di atur sedemikian rupa, yaitu *smooth meshing* sehingga diperoleh hasil yang teliti dengan komputasi komputer tidak terlalu besar.



Gambar 3.3 Mesh Rumah Lingkaran

### 3.2 MENENTUKAN SOLUTION

#### SOLVER

Fluida yang digunakan dalam simulasi adalah air dengan sifat-sifat sebagai berikut :

1. Kerapatan (densitas) konstan,  $\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$
2. Viskositas,  $\mu = 0.001003 \text{ Pa.s}$

Aliran yang digunakan dalam penelitian ini adalah aliran turbulen, karena mengacu pada aliran air yang berputar dan tidak dapat diprediksi. Dari asumsi fluida yang digunakan adalah dengan temperatur dan densitas tetap sehingga jenis alirannya isothermal dan inkompresibel.

Kondisi batas diatur pada setiap sisi rumah turbin. Untuk memperjelas letak kondisi batas pada penelitian ini selengkapnya ditampilkan pada gambar 3 dan dijelaskan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Kondisi Batas

Kondisi Batas	Jenis	Nilai
a. Atas	Pressure Outlet	0 Pa (gauge)
b. Inlet	Velocity Inlet	(1.44 m/s)
c. Outlet	Pressure Outlet	0 Pa (gauge)
d. Dinding	Wall	-
e. Bawah	Wall	-

Pengaturan simulasi yang dimaksud adalah menentukan beberapa aspek yang diperlukan dalam simulasi seperti bentuk solver yang dipilih, material, jenis viskos, dll sesuai dengan asumsi yang dilakukan. Tabel 3.2 menunjukkan pengaturan simulasi yang dilakukan.

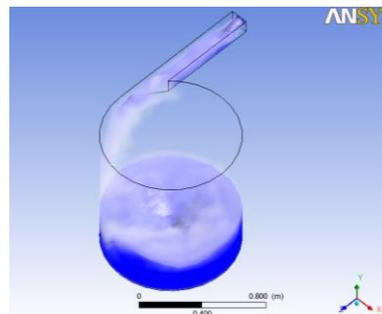
Tabel 3.2 Pengaturan Simulasi

Aspek	Pengaturan
<b>Solver (Solver)</b>	Pressure based, 3D, transient
<b>Model</b>	Volume of Fluid (VOF)
Multifase (Multiphase)	Turbulent k-ε Standard
Viskos (Viscous Model)	
<b>Material</b>	water-liquid; $\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$
<b>Kondisi Operasi (Operating Condition)</b>	air; $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ Patm 101325 Pa $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Inisiasi ( <i>Initialize</i> ) <i>Residual Monitor</i>	<i>Velocity Inlet,</i> $10^{-3}$
---	-------------------------------------

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perhitungan CFD di lakukan secara transient dengan kondisi, air sudah diisi setinggi 10cm kemudian lubang buang dibuka dan air diisi selama 100 detik dengan kecepatan 1,44 m/s. Hasil simulasi pada gambar 1 menunjukkan bahwa kecepatan aliran begitu rapi sehingga membentuk vortex.



Gambar 4.1 Rumah Turbin Berbentuk Lingkaran setelah diisi selama 100 detik

**4.1 ANALISA DEBIT TERHADAP KETINGGIAN AIR**

Ketinggian air akan bertambah jika kecepatan untuk mengeluarkan air berkurang, akibat lubang buang yang mengecil sehingga tekanan air akan bertambah dan mengakibatkan kecepatan air bertambah. Air akan berada di ketinggian tertentu jika air yang masuk sudah sama dengan air yang dikeluarkan. Proses sebaliknya juga terjadi terhadap pengurangan ketinggian air. Hal ini sesuai berdasarkan persamaan kontinuitas.

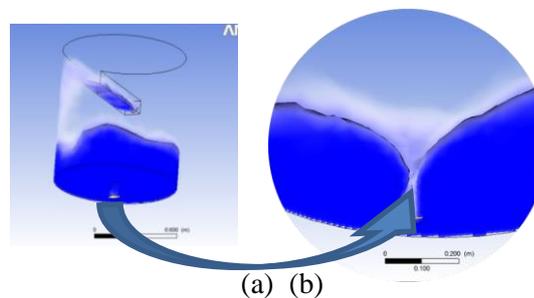
$A_1$  dan  $V_1$  bernilai tetap

$$D_{\text{pipa masuk}} = 6,7 \text{ cm}$$

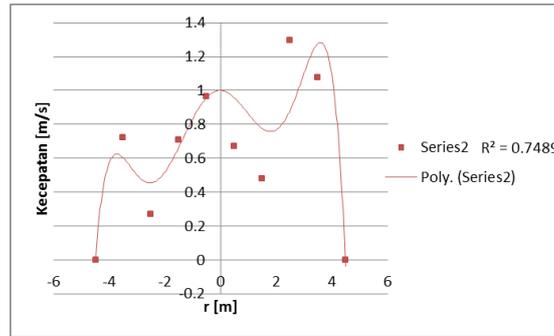
$$A_1 = \frac{1}{4} 3,14D^2 = 0,00361 \text{ m}^2$$

$$V_1 = Q/A_1 = 0,0052/0,00361 = 1,44 \text{ m/s}$$

$A_2$  dan  $V_2$  bernilai bervariasi seperti pada Tabel 1



Gambar 4.2 Posisi Garis Ukur 9cm;  
(a) Rumah Turbin 9cm (b) Potongan Rumah Turbin 9cm



Gambar 4.3 Grafik Kecepatan Yang Terjadi Pada Lubang Buang 9cm yang Melewati Garis Ukur

$$Q = \text{Debit} = 0,00525 \text{ m}^3/\text{s}$$

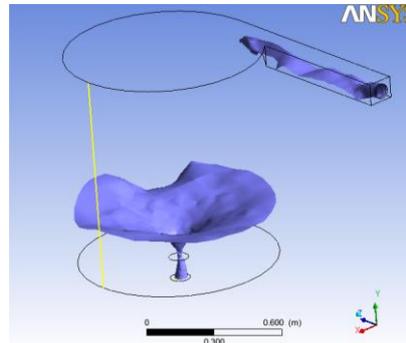
$$A_2 = \text{Luas Lubang buang dengan diameter 9cm} = \frac{1}{4} 3,14D^2 = 0.00635\text{m}^2$$

$$v_1 =$$

$$0,00525 \text{ m}^3/\text{s} / 0.006359 \text{ m}^2 =$$

$$0.8178 \text{ m/s}$$

Setelah permukaan air sudah tetap maka pengukuran ketinggian air dapat dilakukan seperti gambar berikut.



Gambar 4.4 Posisi Garis Ukur Terhadap Ketinggian Permukaan Air

Ketinggian permukaan air pada simulasi CFD dengan lubang buang 9cm adalah 0,43 m.

Dengan cara seperti perhitungan analisa rumah turbin variasi lubang buang 9 cm, demikian juga dilakukan perhitungan variasi lubang buang 7,5 cm dengan hasil dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Ketinggian Air Pada Simulasi CFD-FLUENT

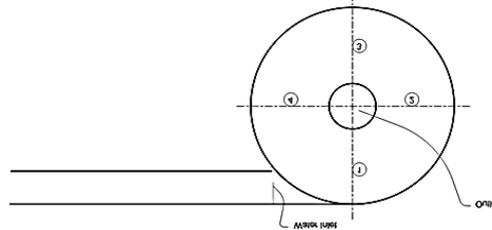
No	D <sub>2</sub> [cm]	A <sub>2</sub> [m <sup>2</sup> ]	V <sub>2</sub> [m/s]	H [m]
Rumah Turbin Berbentuk Lingkaran				
1	9	0,0063585	0.8178	0,43
2	7,5	0,004415625	1.17764	0,44

## 4.2 ANALISA DAYA AIR PADA RUMAH TURBIN

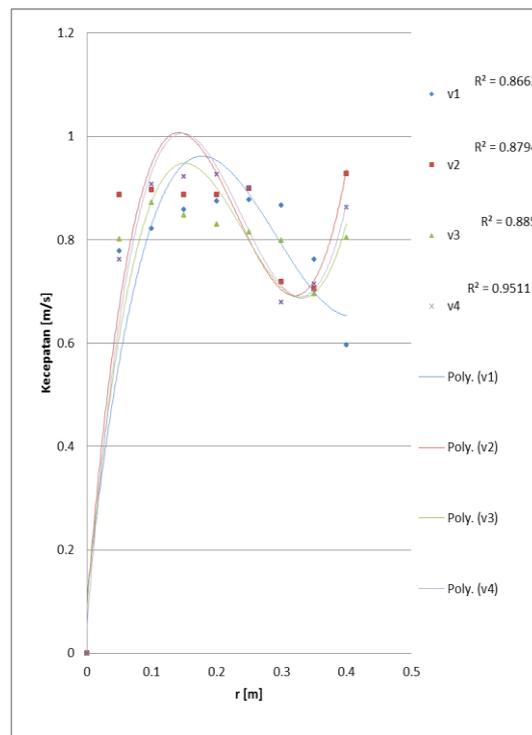
Perumusan daya adalah energi dibagi satuan waktu. Energi yang terjadi adalah energi kinetik yang disebabkan kecepatan air yang nantinya akan mendorong sudu. Besar kecil daya air yang terjadi pada rumah turbin sangat berhubungan dengan kecepatan air yang terjadi. Aliran massa air yang mengalir dengan kecepatan tertentu menentukan besar daya yang terjadi. Dengan menggunakan Persamaan (2.19) dapat dicari daya air dengan mengetahui Energi kinetik yang diperoleh dari besar kecepatan yang terjadi pada rumah turbin vortex.

Supaya menganalisis kecepatan arah aliran, sebuah garis ukur diatur pada posisi di setiap bagian permukaan air. Untuk menentukan diameter keluar yang yang cocok, kecepatan tangential

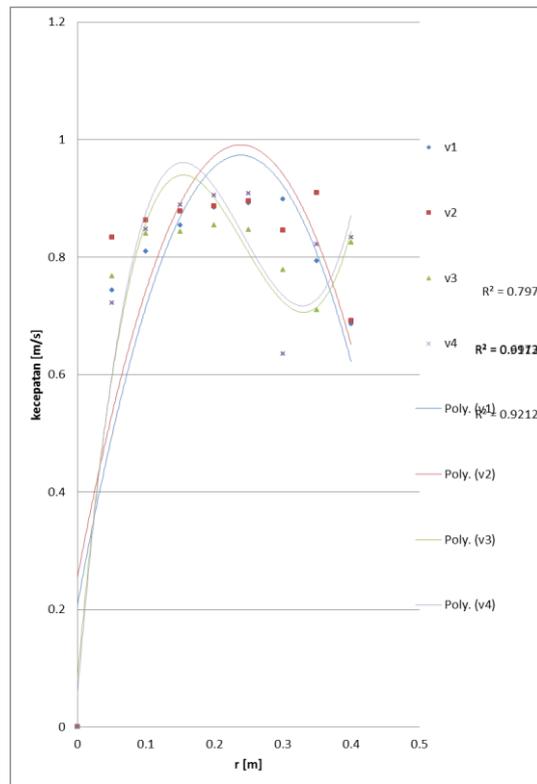
dan kecepatan radial dihitung. Distribusi vektor kecepatan pada garis ukur ditampilkan pada gambar 4.4 yang adalah pandangan atas dari rumah vortex. Distribusi Kecepatan ditunjukkan pada garis 1, garis 2, garis 3, dan garis 4. Simulasi dinamika fluida secara komputerisasi berjalan dengan kondisi tanpa slip pada dinding dan dengan tekanan keluar pada lubang buang. Kecepatan masuk sebesar 1,44 m/s. [6]



Gambar 4.5 Pandangan Atas dari Rumah Turbin dimana posisi garis ukur pada setiap bagian yang ditunjukkan pada titik 1, titik 2, titik 3, dan titik 4



Gambar 4.6 Grafik Distribusi kecepatan pada garis 1, garis 2, garis 3, dan garis 4 diukur pada ketinggian 5 cm dari dasar rumah turbin, dengan lubang buang 9cm

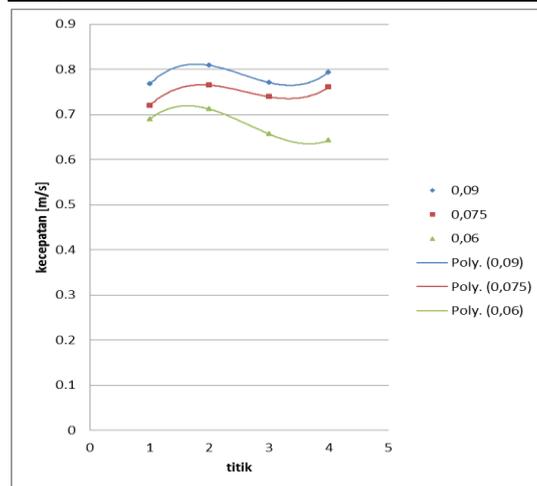


Gambar 4.7 Grafik Distribusi kecepatan pada garis 1, garis 2, garis 3, dan garis 4 diukur pada ketinggian 5 cm dari dasar rumah turbin, dengan lubang buang 7,5cm

Dari perbandingan ketiga grafik di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan fluida terbesar pada lubang outlet 7,5 cm, kemudian lubang buang 9cm. Perbandingan rata-rata antara kecepatan di setiap lubang buang, dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah.

Tabel 4.6  
Perbandingan rata-rata antara kecepatan di setiap lubang buang

No	D <sub>2</sub>	V <sub>1</sub> [m/s]	V <sub>2</sub> [m/s]	V <sub>3</sub> [m/s]	V <sub>4</sub> [m/s]
Rumah Turbin Berbentuk Lingkaran					
1	9 cm	0,7673 49	0,8086 19	0,7703 8	0,7936 99
2	7,5 cm	0.7896 58	0.8164 58	0.7788 32	0.7897 57



Gambar 4.9 Gambar Perbandingan rata-rata antara kecepatan di setiap lubang buang

Pada saat awal air masuk, besar daya air adalah yang tersebar diakibatkan kecepatan maksimum. Kemudian daya air pada permukaan vortex akan berkurang yang disebabkan kecepatan air yang berkurang.

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= 0,0052 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 5,2 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Kecepatan air masuk adalah **1,44 m/s**

$$P_{in} = \frac{1}{2} \cdot 5,2 \text{ kg/s} \cdot (1,44 \text{ m/s})^2$$

$$P_{in} = 5,39136 \text{ Watt}$$

Lubang buang 9 cm

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 5,2 \text{ kg/s} \cdot (v_n)^2$$

$v$ [m/s]	$P_1$ [watt]
$v_1 = 0,767349$	1,9951074
$v_2 = 0,808619$	2,1024094
$v_3 = 0,77038$	2,002988
$v_4 = 0,793699$	2,0636174

Lubang buang 7,5 cm

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot 5,2 \text{ kg/s} \cdot (v_n)^2$$

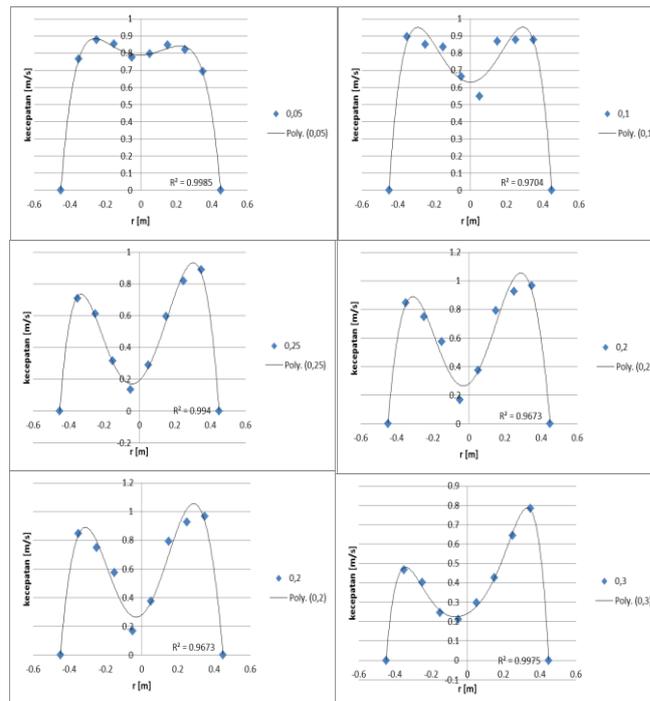
$v$ [m/s]	$P$ [watt]
$v_1 = 0,789658$	2,0531108
$v_2 = 0,816458$	2,1227908
$v_3 = 0,778832$	2,024963
$v_4 = 0,789757$	2,0533682

### 4.3 ANALISA PERENCANAAN

#### DIAMETER SUDU DARI KECEPATAN ALIRAN VORTEX YANG TERJADI DI RUMAH TURBIN

Dengan analisis kecepatan aliran air pada rumah turbin maka diameter sudu dapat ditentukan dengan suatu metode. Pada dasarnya dengan metode ini maka akan dengan mudah menentukan diameter sudu turbin, sehingga fokus selanjutnya hanya menentukan jenis/variasi bentuk turbin yang digunakan. Hal ini dapat dilihat pada jurnal-jurnal yang ditemukan mengenai turbin vortex . Namun pada jurnal-jurnal tersebut tidak diberitahukan metode ini secara rinci untuk menentukan diameter sudu tersebut. Penemuan baru, serta penelitian yang belum banyak dilakukan, kemungkinan adalah alasan metode ini masih dirahasiakan. Tetapi proses menentukan diameter sudu turbin masih bisa dilakukan dengan metode pendekatan berdasarkan kecepatan yang terjadi pada tiap-tiap ketinggian garis ukur.

Berikut karakteristik grafik kecepatan pada rumah turbin dengan diameter lubang buang 9cm yang ditunjukkan dengan menggunakan garis ukur, di ketinggian berikut :



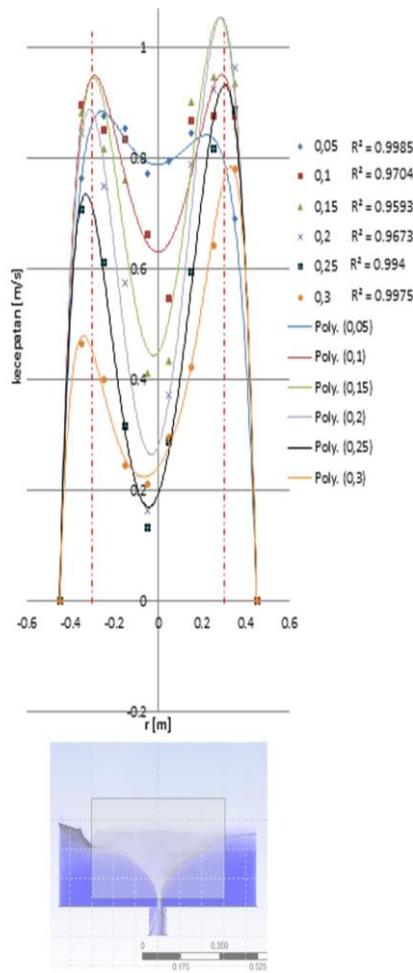
Gambar 4.10 Distribusi kecepatan di ketinggian garis ukur 0,05 – 0.3 m

Seluruh Grafik diatas merupakan hasil kecepatan versus jarak pada ketinggian garis pengukuran yang berbeda, dari dasar hingga ke permukaan vortex. Dengan menggabungkan seluruh grafik yang ada maka dapat dilihat karakteristik kecepatan yang terjadi di seluruh rumah turbin. Titik maksimum dan minimum pada kurva membantu dalam menarik garis yang nantinya digunakan sebagai diameter sudu. Metode untuk menentukan diameter sudu turbin vortex ini penulis simpulkan dari diskusi antara penulis dengan seorang mahasiswa S3 dari Salah satu Universitas di Thailand, Konkaen University yang sedang meneliti turbin vortex yang bernama Sujate Wanchat. Mereka berhasil membangun pembangkit listrik tenaga air yang berasal dari turbin vortex ini.

Dengan cara pengambilan data yang seperti lubang buang 9 cm, demikian juga dilakukan pengambilan data pada lubang buang 7,5 cm. Kemudian hasil pengambilan data yang terjadi pada variasi lubang buang digabungkan dalam satu grafik berdasarkan tiap variasi lubang buang.

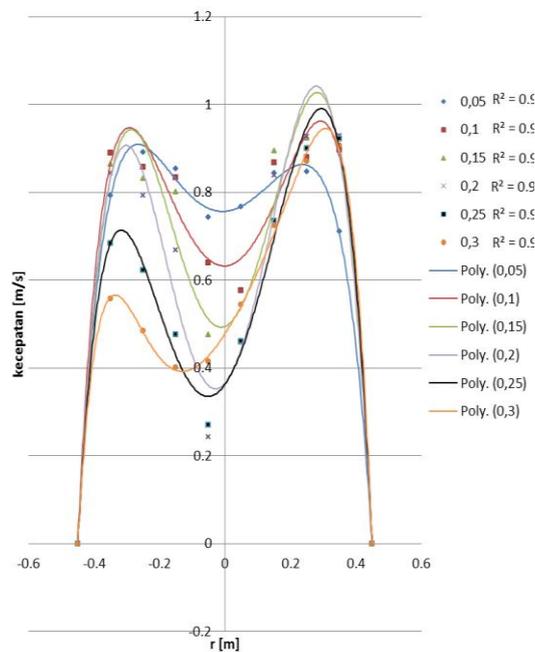
Dari tiga grafik dibawah menunjukkan peningkatan/penurunan kecepatan yang sama pada tiap-tiap ketinggian garis ukur. Pada Grafik Gabungan lubang buang 9cm menunjukkan vortex terkuat, sehingga perencanaan sudu diprediksi sesuai dengan gambar dibawah, yaitu 30cm

1. Lubang Buang 9cm



Gambar 4.11 Gabungan dari grafik distribusi kecepatan pada lubang buang 9 cm

2. Lubang Buang 7,5cm



Gambar 4.12 Gabungan dari grafik distribusi kecepatan pada lubang buang 7,5 cm

## 5. KESIMPULAN

Dari uji Simulasi CFD pada rumah turbin vortex berbentuk lingkaran dengan dimensi tinggi 100cm dan diameter tanki 90cm dan variasi diameter lubang buang 9 cm dan 7,5 cm di dapat beberapa kesimpulan:

1. Ketinggian yang terendah sampai tertinggi berada pada diameter lubang buang 9cm, dan 7,5cm masing-masing 43cm, dan 44cm,. Dengan kecepatan keluaran dari lubang buang masing-masing 0,773184375 m/s dan 1,302373 m/s.
2. Dari daya yang besar menunjukkan energi kinetik yang terbesar pada lubang buang 9cm dengan kecepatan maksimum pada titik 2 yaitu 0,808619 m/s dengan daya 2,1024094 watt.
3. Diameter sudu berdasarkan pendekatan terhadap grafik kecepatan yang terjadi pada Rumah turbin diameter lubang buang 9cm adalah, 30cm.

## SARAN

1. Untuk merancang turbin vortex selanjutnya agar menyesuaikan dimensi tangki dengan debit yang tersedia agar protipe turbin vortex lebih presisi dan efisiensi turbin meningkat.
2. Dengan memperbanyak jumlah *cells* hasil *meshing* dari model Rumah Turbin Vortex dan pengujian dengan waktu yang lebih lama (Lebih dari 100s) detik, dapat memperkecil penyimpangan tekanan dan kecepatan fluida antara hasil simulasi dan hasil pengujian serta dapat menganalisis pergerakan dan dinamika fluida lebih lama walaupun akan memakan waktu komputasi lebih lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.zotloeterer.com>
- [2] S. Mulligan & P. Hull " Design and Optimisation of a Water Vortex Hydropower Plant", Department of Civil Engineering and Construction, IT Sligo
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Rotational\\_and\\_Irrotational\\_Vortex](http://en.wikipedia.org/wiki/Rotational_and_Irrotational_Vortex).
- [4] Muson, Bruce, R., Young, Donald, F., Okiishi, Theodore, H., "Fundamentals Of Fluid Mechanics Fifth Edition". Jhon Wiley & Sons, Inc.,2006. (hal.301-305)
- [5] Prof. B.S. Thandaveswara, "Hydraulics: Rotational and Irrotational Flow", Indian Institute of Technology Madras.
- [6] Sujate Wanchat, Ratchaphon Sunti-varakorn, SujinWanchat, Kitipong Tonmit, and Pongpun Kayanyiem, "A Parametric Study of a Gravitation Vortex Power Plant", Khonkaen University, Khonkaen, Thailand,2013.