

ANALISA STRUKTUR ALIRAN PADA TURBIN AIR UNDERSHOT TIPE SUDU DATAR UNTUK ALIRAN PADA SUNGAI KECIL

Febrizal^[1], Asral^[2]

Laboratorium CAD, CAM dan CNC, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

^[1]ffebrizal@gmail.com, ^[2]asral_2008@yahoo.com

Abstract

This research was taken cause lack of potential energy use on water turbine with low head. In this research is done flow structure analysis on undershot water turbine flat blade type with variations of water level refers to the results that have been done. This research has purpose to obtain flow structure such as pressure distribution and water velocity vector around the water turbine blades. In the modeling of geometry design Autodesk Inventor 2016 was used and simulated by ANSYS 15.0. The design on this research was variaties with 4 designs that will compared and analysed demanding on immersed blade depth in water fluid flow. From the result of simulation the difference of water level shown flow structure different, which are the maximum pressure distribution and water velocity vector is at first condition ($H = 880$ mm) and the maximum blade force hit by water cause of potential energy is at ($H = 880$ mm) respectively 48.1 Pa (Static Pressure), 57.0 Pa (Total Pressure), 0.3479 m/s (Velocity Magnitude), 1.28 N (Blade 1), 11.47 N (Blade 2) and 18.42 N (Blade 3).

Keywords: Low-Head, Immersed Blade Depth, Pressure Distribution, Velocity Vector, ANSYS Simulation.

1. Pendahuluan

Sumber tenaga dengan memanfaatkan potensi energi yang dimiliki oleh air yang mengalir telah sejak lama digunakan. Salah satunya adalah pemanfaatannya untuk membangkitkan energi listrik. Karenanya tenaga air adalah salah satu dari sumber energi terbarukan yang menyumbangkan produksi energi listrik terbesar di dunia dengan total kapasitas 1067 GW pada tahun 2011 [1]. Salah satu potensi aliran air yang belum banyak terpakai saat ini adalah potensi dengan *head* yang tergolong rendah. Potensi ini sangat besar dan banyak, hanya saja belum tereksplotasi dengan baik karena keterbatasan turbin konvensional yang ada saat ini. [2]. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin pesat. Dengan perkembangan teknologi tersebut sekaligus mampu mendorong perkembangan ilmu pengetahuan lainnya. Salah satu contoh adalah dalam hal mekanika fluida. Pembelajaran mengenai fluida jadi lebih mudah dan mampu divisualisasikan dengan ditemukannya aplikasi Komputasi Dinamika Fluida atau CFD (*Computational Fluid Dynamic*). CFD dimanfaatkan sebagai analisa 3D dari turbin air tipe *undershot* dengan kondisi *steady-state*, *incompressible* dan *non-isothermal* untuk mengetahui parameter-parameter, fenomena fisik maupun kinerja turbin air dimana untuk mengamati struktur aliran dan melihat perbedaan pada *blade* dengan variasi ketinggian air. Dan juga dilakukan simulasi 3D *balde* pada domain aliran air saja. [3].

Analisa struktur aliran pada turbin air *undershot* tipe sudu datar untuk aliran pada sungai kecil bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman sudu yang terendam (*immersed depth blade*) terhadap

struktur aliran pada turbin air tipe *undershot* menggunakan simulasi CFD. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh variasi ketinggian air terhadap gaya yang diterima oleh sudu turbin yang terbenam pada fluida kerja air [4].

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode komputasional. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui analisa struktur dan pengaruh variasi ketinggian air terhadap gaya yang diterima oleh sudu turbin yang terbenam pada fluida kerja air. Simulasi CFD yang dilakukan menggunakan turbin air tipe sudu datar.

Tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahapan Studi Literatur

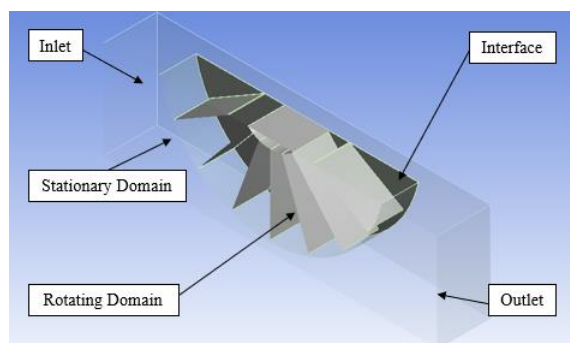
Tahapan ini merupakan proses pembelajaran bahan-bahan dan pendalaman pemahaman terhadap konsep yang berkaitan dengan materi bahasan yang berasal dari buku-buku, jurnal penelitian, dan situs-situs internet.

2. Desain Geometri Domain pada Turbin Air

Tahapan ini dilakukan pembuatan geometri 3D turbin air beserta domain menggunakan *software* Autodesk Inventor 2016. Desain yang dibuat dalam penelitian ini divariasikan berdasarkan data ketinggian air pada saat dilakukan pengujian dan variasi yang diambil sebanyak 4 variasi ketinggian air.

3. Boundary Conditions

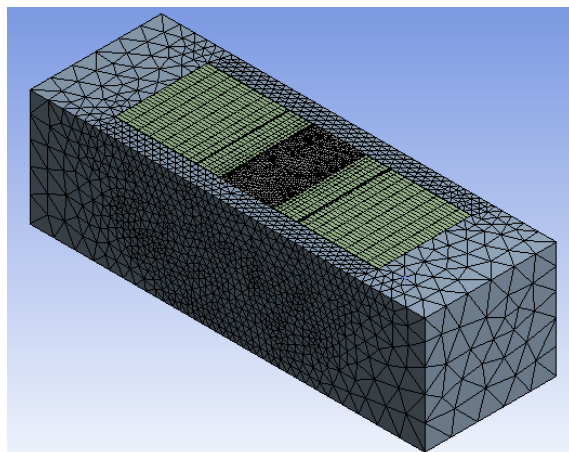
Boundary conditions pada turbin air tipe *undershot* dapat dipilih pada 2 volume yang telah dimodelkan 3D. Pada *stationary domain* akan dipilih *inlet, outlet, wall stationary* dan *interface stationary*. Pada *rotating domain* akan dipilih *interface rotating, wall-face* sudu terendam fluida kerja air, *ambient pressure-outlet* dan *wall rotating domain*. Domain dipisahkan oleh *interface stationary domain* dan *interface rotating* dan pada sudu yang terendam (*blade immersed depth*) diberi nama masing-masing sudu untuk dilihat struktur aliran terhadap turbin air. Pemodelan *boundary conditions* dilakukan berdasarkan spesifikasi data turbin air tipe *undershot* dengan fluida kerja air pada ANSYS 15.0 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Boundary Conditions

4. Meshing

Geometri 3D dilakukan *meshing* sebelum lanjut untuk dilakukan simulasi. *Meshing* yang dilakukan menggunakan ukuran *proximity and curvature* dengan relevan *coarse mesh*. Gambar 2 menunjukkan hasil *meshing* yang dilakukan dan pada Tabel 1 menunjukkan ukuran *mesh* geometri 3D pada turbin air.



Gambar 2 Meshing Stationary dan Rotating Domain

Tabel 1 Ukuran Mesh Geometri 3D Turbin Air

Domain	Jumlah (cells)			
	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4
Rotating Domain	102.439	84.558	68.417	59.821
Stationary Domain	55.727	55.534	49.941	45.122

5. Tahap Simulasi dan Pengambilan Data

Pada tahapan ini data ketinggian air dari pengujian digunakan sebagai data input untuk simulasi penelitian ini dan diambil 4 variasi ketinggian air. Data yang diambil dari hasil simulasi berupa struktur aliran berupa distribusi tekanan dan arah kecepatan aliran air pada sekitar sudu turbin air.

6. Analisis Data dan Kesimpulan

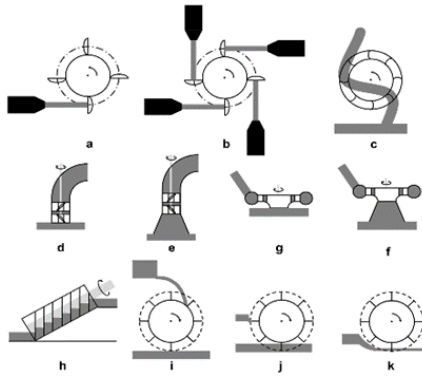
Analisis data dilakukan berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan melihat struktur aliran berupa distribusi tekanan dan arah kecepatan aliran air. Selanjutnya data dan hasil simulasi yang diperoleh ditabelkan dan diplot ke dalam grafik. Dari tabel dan grafik dilakukan analisa yang menggambarkan hasil simulasi. Kemudian dari hasil analisa tersebut ditarik kesimpulan. Tabel 2 menunjukkan *analysis settings* penting yang digunakan dalam simulasi.

Tabel 2 Analysis Settings

Solver type	Pressure based, double precision, steady state, 3D
Viscous model	$K - \epsilon$ realizable with standard wall function
Fluid	Water with density of 1000 kg/m^3
Rotation	Multiple reference frame model
Pressure-velocity coupling	Coupled
Gradient discretization	Least square cell based
Pressure discretization	Standard
Momentum discretization	Second-order upwind
Turbulent kinetic energy discretization	Second-order upwind
Turbulent dissipation energy discretization	Second-order upwind
Boundary condition	Velocity inlet, interfaces and ambient pressure outlet

2.1 Turbin Air

Turbin air berfungsi untuk merubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) menjadi energi mekanis pada poros. Di dalam turbin energi kinetik air dirubah menjadi energi mekanik, dimana air memutar roda turbin, energi putaran yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan cara merubah energi air menjadi energi mekanis [5]. Gambar 3 menunjukkan beberapa jenis turbin air.



Gambar 3 Jenis Turbin Air

2.2 Sungai

Sungai mempunyai fungsi mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah tertentu dan mengalirkannya ke laut. Sungai itu dapat digunakan untuk berbagai jenis aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan dan lain-lain. Siklus yang tetap berlangsung selama masih ada tenaga matahari, maka sepanjang itu akan ada tenaga air, lain halnya dengan tenaga uap, tenaga nuklir, yang menggunakan bahan bakar, yang suatu ketika akan habis juga [6].

2.3 CFD (Computational Fluid Dynamic)

CFD (Computational Fluid Dynamic) adalah analisis sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas dan fenomena seperti reaksi kimia dengan komputer berdasarkan simulasi. Teknik ini sangat berguna dalam dunia industri dan non industri [7].

2.4 Persamaan CFD

Persamaan CFD berasal dari persamaan dasar Navier-Stoke, 3 dimensional *incompressible* dengan kecepatan relatif W_x, W_y, W_z dalam kartesian x, y, z pada sistem koordinasi. Rotasi adalah sekeliling axis Z . konversi dari momentum telah ditulis hanya untuk arah X [8].

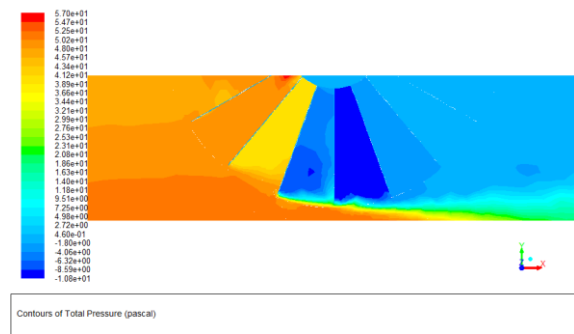
$$\frac{\partial W_x}{\partial t} + \frac{\partial W_x}{\partial x} + W_y \frac{\partial W_x}{\partial y} + W_z \frac{\partial W_x}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - w^2 x + 2\omega w_y =$$

$$v \left(\frac{\partial^2 W_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W_x}{\partial z^2} \right) + \left(\frac{\partial \sigma' x}{\partial x} + \frac{\partial \tau' xy}{\partial y} + \frac{\partial \tau' xz}{\partial z} \right) \frac{1}{\rho}$$

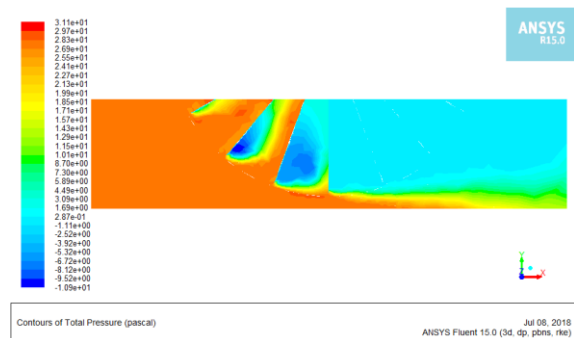
3. Hasil dan Pembahasan

a. Pressure Distribution

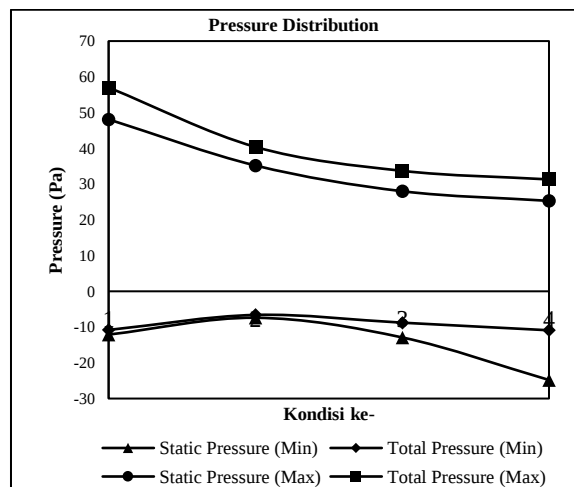
Pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 6 terlihat bahwa nilai minimum dan maksimum dari distribusi tekanan mengalami kenaikan pada nilai minimum (tekanan statik dan total) dan mengalami penurunan pada nilai maksimum (tekanan statik dan total) dari ke-4 kondisi tersebut yang memiliki nilai maksimum terbesar untuk distribusi tekanan yaitu pada kondisi 1 (57.0 Pa) dan nilai minimum terkecil pada kondisi 4 (31.3 Pa) untuk *total pressure*.



Gambar 4 Total Pressure Kondisi 1 (H= 0.88 m)



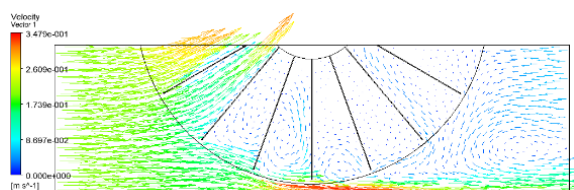
Gambar 5 Total Pressure Kondisi 4 (H= 0.69 m)



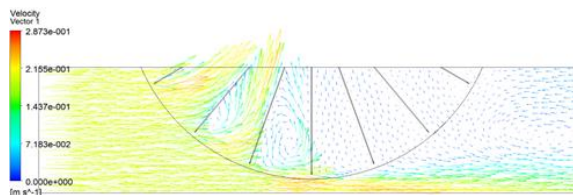
Gambar 6 Pressure Distribution Fluida Kerja Air

b. Velocity Vector

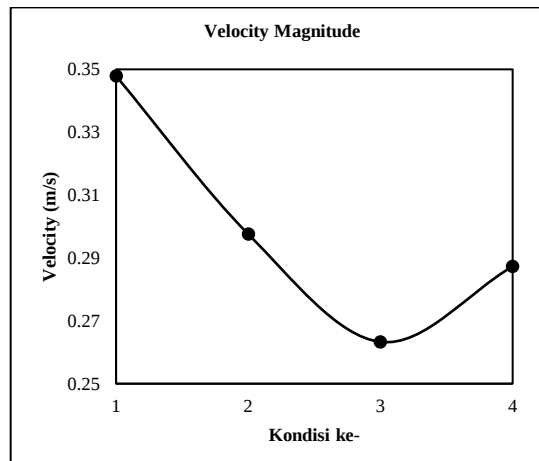
Pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 9 terlihat bahwa nilai minimum dan maksimum dari ke-4 kondisi tersebut yang memiliki nilai maksimum terbesar untuk kecepatan air di sekitar sudu pada fluida kerja air yaitu pada kondisi 1 (0.3479 m/s) dan nilai minimum terkecil pada kondisi 4 (0.2873 m/s).



Gambar 7 Velocity Vector Kondisi 1 (H= 0.88 m)



Gambar 8 Velocity Vector Kondisi 4 (H= 0.69 m)



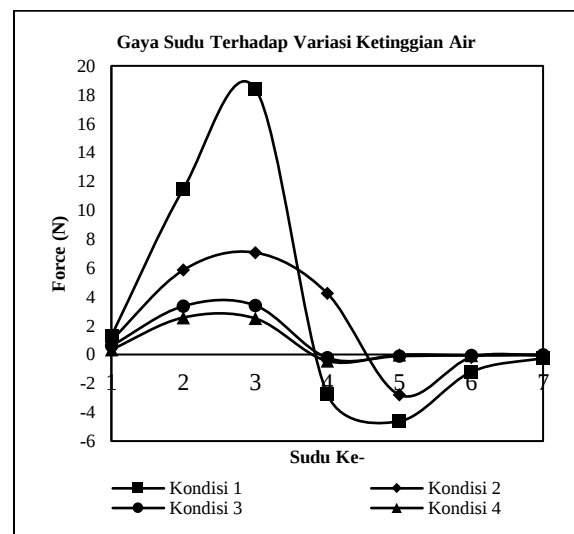
Gambar 9 Velocity Magnitude

C. Gaya sudu-sudu turbin air

Pada Gambar 10 menunjukkan pengaruh variasi ketinggian air terhadap struktur aliran pada turbin air *undershot* tipe sudu datar ditinjau dari gaya yang diterima sudu-sudu pada turbin air oleh energi potensial air yang menghantam sudu didapat dari hasil simulasi didapat nilai dan arah gaya sudu-sudu turbin air maksimal berada pada sudu yang terkena hantaman terlebih dahulu dari sisi kiri (*inlet* pada kondisi batas fluida kerja air). Hal ini juga menunjukkan bahwa sudu-sudu dari sisi kiri ini yang paling menyebabkan besarnya torsi dan daya untuk dapat dikonversi menjadi energi mekanik kemudian menjadi energi listrik pada instalasi turbin air *undershot* tipe sudu datar sebagai pembangkit listrik tenaga *pico hydro*. Tabel 3 menunjukkan data hasil simulasi pengaruh variasi ketinggian air terhadap gaya yang diterima sudu-sudu pada turbin air. Analisa struktur aliran pada turbin air dengan kondisi *steady-state*, *incompressible* dan *non-isothermal* pada penelitian bisa saja berbeda pada kondisi pengujian karena simulasi ini dilakukan dengan mengasumsikan bahwa kondisi yang terjadi adalah sesaat ketika air akan mulai menghantam sudu-sudu pada turbin air jadi simulasi pada penelitian ini bisa saja memiliki tingkat persentase *error* yang tinggi karena berbagai faktor yang menunjang dalam melakukan simulasi. Terlebih jika simulasi dilakukan dengan menggunakan geometri 3D dan jika memungkinkan memberikan ukuran *mesh* yang besar (>500ribu mesh) namun akan membutuhkan waktu yang sangat panjang (CPU-time).

Tabel 3 Data Hasil Simulasi Gaya Sudu Turbin Air

Sudu ke-	Gaya Sudu Pada Variasi Ketinggian Air			
	880 mm (N)	820 mm (N)	750 mm (N)	690 mm (N)
Sudu 1	1.28	0.99	0.60	0.34
Sudu 2	11.47	5.85	3.35	2.56
Sudu 3	18.42	7.06	3.40	2.50
Sudu 4	-2.73	4.24	-0.23	-0.45
Sudu 5	-4.63	-2.79	-0.11	-0.02
Sudu 6	-1.21	-0.20	-0.06	-0.06
Sudu 7	-0.24	-0.05	-0.03	-0.01



Gambar 10 Gaya Sudu Terhadap Variasi Ketinggian Air

4. Simpulan

Struktur aliran turbin air *undershot* tipe sudu datar untuk aliran pada sungai kecil telah diperoleh pada penelitian ini. Dimana pada ketinggian air berbeda menunjukkan struktur aliran yang berbeda pula. Terlihat pada distribusi tekanan dan kecepatan air di sekitar sudu turbin air fluida kerja air mengalami penurunan tekanan dan kecepatan dari ke-4 kondisi dimana tekanan dan kecepatan tertinggi terdapat pada kondisi 1 (ketinggian air 880mm) masing-masing sebesar 48.1 Pa (Static Pressure), 57.0 Pa (Total Pressure) dan 0.3479 m/s (velocity magnitude). Dari hasil simulasi didapatkan bahwa gaya yang diterima sudu-sudu pada turbin air oleh energi potensial air yang menghantam sudu didapat nilai dan arah gaya sudu-sudu turbin air maksimal berada pada sudu yang terkena hantaman terlebih dahulu dari sisi kiri (*inlet* pada kondisi batas fluida kerja air) masing-masing 1.28N (sudu 1), 11.47N (sudu2) dan 18.42N (sudu 3) pada kondisi 1 (ketinggian air 880 mm).

Daftar Pustaka

- [1] Gülich, J. F. 2008. *Centrifugal Pumps*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. International Energy Agency, “World energy outlook 2012”, 2012, www.iea.org.
- [2] Abdul Muis, Priyono S., Ariyadi S. and Firman H., “Design and simulation of very low head axial hydraulic turbine with variation of swirl velocity criterion,” The 12th Asian.
- [3] Oladapo, S. Akinyemi dan Yucheng Liu. 2015. CFD Modeling and Simulation of a Hydropower System in Generating Clean Electricity From Water Flow. *International Journal of Energy Environment Engineering* 6 ; 357-366.
- [4] Nor Fadilah Yah, Idris Mat Sahat and Ahmed Nurye Oumer. 2015. Numerical Investigation on Effect of Immersed Blade Depth on the Performance of Undershot Water Turbines. *MATEC Web of Conferences* 74, 00035.
- [5] Soto, Gary. 1994. Jenis Kincir Air Berdasarkan Sistem Aliran Airnya. http://en.wikipedia.org/wiki/water_wheel. (diakses 26 januari 2016).
- [6] Prayatmo, Wibowo. 2007. Turbin Air. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7] Versteeg, H. K. and W. Malalasekara. 2007. An Introduction to Computational Fluid Dynamics. England: Pearson Education Limited.
- [8] Gülich, J. F. 2008. *Centrifugal Pumps*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. International Energy Agency, “World energy outlook 2012”, 2012, www.iea.org.