

ANALISA DISTRIBUSI ALIRAN FLUIDA PADA NOSEL TURBIN PELTON MICROHYDRO DENGAN MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

Ahcmad Fauzan¹

¹Dosen Teknik Industri Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Abstract

Pelton turbine is one type of impulse turbine that it works influenced by the water jet comes out of the nozzle to rotate the wheel on the shaft. To know the distribution of flow velocity of the water and the distribution of pressure changes. At high water fall defined modeling (head) of 30 m and size of nozzle diameter 4 mm, and the size of the inside diameter of the pipe (penstock) 34 mm to make it look clearer distinction about how the distribution of speed and pressure that occurred in the installation of the turbine Pelton (valve and nozzle) then does a comparison of valve openings 45° and 90°. The water flow coming out from the nozzle will determine also the speed of rotation of the wheel or blades. Analysis distribution of water velocity and water pressure that occurs using the SolidWorks 2010 software.

Keywords : Flow distribution, water capacity, Nozzle

1. PENDAHULUAN

Turbin Pelton beroperasi pada tinggi jatuh air yang besar. Tinggi air jatuh (energi potensial) dimulai dari permukaan air sampai di tengah (sudut) pancaran air pada nosel (*nozzle*). Turbin Pelton adalah salah satu jenis dari turbin impuls yang prinsip kerjanya dengan merubah seluruh energi air (potensial, tekanan, dan kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir. Pada instalasi Turbin Pelton terdapat komponen yang berfungsi untuk menyalurkan air, seperti bendungan, pipa pesat (*penstock*), katup (*valve*), nosel (*nozzle*), maka pada instalasi saluran air Turbin Pelton terdapat distribusi kecepatan aliran air dan tekanan terutama terjadi pada bagian pipa pesat (*penstock*), katup (*valve*), dan nosel (*nozzle*), distribusi tekanan air yang cukup berpengaruh terjadi pada bagian katup (*valve*) dan juga nosel (*nozzle*), pada bagian ini pula terjadi distribusi kecepatan aliran baik menurun ataupun meningkat.

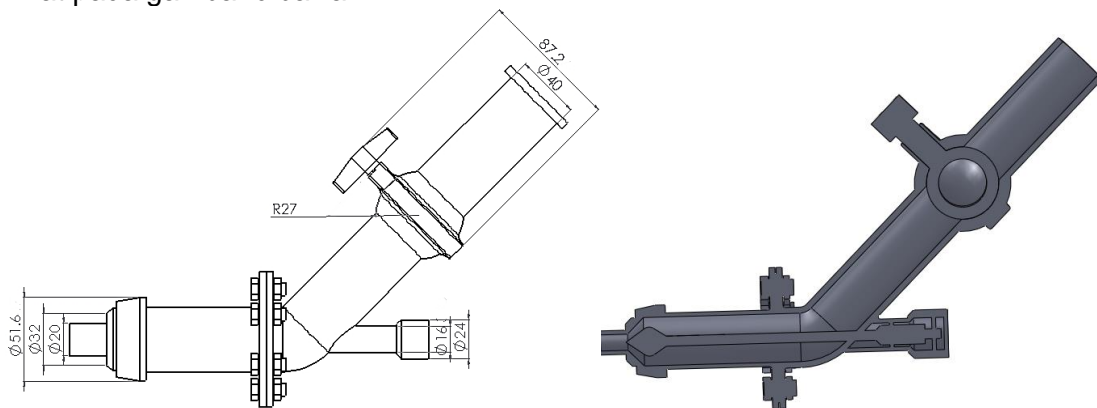
Aliran air yang terjadi pada instalasi Turbin Pelton sangat dipengaruhi oleh ketinggian jatuh air, kapasitas air, luas penampang pipa pesat dan nosel. Ukuran instalasi saluran air pada Turbin Pelton yang digunakan berbagai macam ukuran dan bentuk, tergantung tingkat atau daya kecepatan air yang diperlukan untuk menggerakkan sudu (*runner*), dengan ukuran dan bentuk berbeda sangat memungkinkan perbedaan kecepatan yang dihasilkan pada nosel (*nozzle*) juga akan berbeda. Distribusi aliran air yang diterima oleh sudu tergantung pada kecepatan air yang dihasilkan oleh nosel (*nozzle*) tersebut. Dalam rancangan turbin pelton akan di analisa distribusi tekanan dan distribusi kecepatan aliran fluida/air dari pipa pesat (*penstock*) menuju ke katup (*valve*) dan hingga menuju nosel (*nozzle*). Pemodelan gambar dan analisa instalasi saluran air pada Turbin Pelton (pipa, katup dan nosel) menggunakan *Software SolidWorks 2010*, dan untuk membandingkan distribusi aliran air dilakukan dengan perbedaan bukaan katup sebesar 45° dan 90° serta membandingkan antara jarak jarum dan nosel. Kapasitas air sebesar $Q = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ head sebesar $H = 30 \text{ m}$, dan kecepatan putar turbin sebesar $n = 750 \text{ rpm}$.

2. METODE PENELITIAN

Dalam proses perancangan gambar diperlukan keakuratan dimensi yang diperlukan. Proses pengerjaan gambar dan analisis menggunakan perangkat lunak (*software*) *SolidWorks* 2010 dan satuan ukuran geometri yang digunakan pada saat menggambar adalah mm (milimeter). Untuk melakukan analisa distribusi aliran pada instalasi turbin pelton (katup dan nosel) dibutuhkan gambar perancangan dengan dimensi yang sesuai dengan instalasi Turbin Pelton *microhydro*. Katup adalah sebuah alat untuk mengatur aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat sebagian dari jalannya aliran. Contoh yang mudah adalah keran air. Nosel merupakan mekanisme pancaran yang berbentuk melengkung yang mengarahkan air sesuai dengan arah aliran yang direncanakan dan mengatur aliran air. Fungsi utama nosel adalah untuk mengubah tekanan air menjadi suatu kecepatan aliran yang digunakan untuk memutar sudu (*runner*).

3. PERANCANGAN

Untuk mendesain sebuah instalasi katup dan nosel Turbin Pelton, katup dan nosel harus memiliki jenis dan dimensi, untuk mengetahui bentuk dan ukuran katup dan nosel dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Rancangan Nozel Turbin Pelton

Satuan ukuran yang ada pada gambar diatas menggunakan mm (milimeter), dan hanya menampilkan ukuran bagian luarnya saja, ukuran bagian dalam nosel adalah sebagai berikut : diameter pipa nosel 34 mm, diameter ujung nosel 16 mm, sudut kemiringan antara bagian nosel besar dan yang kecil (ujung) 45° serta diameter jarum (*needle*) adalah 6 mm.

4. PROSEDUR PENGAMBILAN DATA

Prosedur tahap analisa yang dilakukan dengan *Software Solidworks* 2010 setelah perancangan gambar instalasi Turbin Pelton sudah dilakukan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan kecepatan yang berasal dari bendungan dan menuju pipa pesat (*penstock*), aliran yang berasal dari pipa pesat dijadikan *input* kecepatan aliran untuk menganalisa distribusi aliran pada katup, nosel dan mangkuk (*bucket*) Turbin Pelton. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan penetapan kapasitas air $Q = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ dan tinggi jatuh air $H = 30 \text{ m}$.

5. PERHITUNGAN MENENTUKAN *INLET (INPUT)* KECEPATAN ALIRAN AIR

Perhitungan dilakukan bertujuan untuk menentukan *input (inlet velocity)* atau masukan kecepatan aliran air yang ada pada pipa pesat (*penstock*) menuju nosel (*nozzle*). Data yang digunakan didapat dari Jurnal Perancangan Turbin Pelton Anjar susatyo, Lukman Hakim Pusat Penelitian Informatika-LIP^[8].

Tinggi jatuh air (H) = 30 m
 Kapasitas air (Q) = 0.02 m³/s
 Gravitasi bumi (g) = 9.81 m/s²
 Kerapatan massa jenis air (ρ) = 1000 kg/m³
 Efisiensi Turbin Pelton = 0.84
 Kecepatan putaran turbin (n) = 750 rpm

1. Daya Turbin

Besar daya yang dihasilkan oleh turbin adalah sebagai berikut :

$$P = H \times Q \times \rho \times g \times \eta$$

$$P = 30 \text{ m} \times 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.84$$

$$P = 4944 \text{ Watt} \text{ atau } P = 4.944 \text{ kW} = 3.68 \text{ HP}$$

2. Kecepatan Spesifik

Di tentukan kecepatan turbin sebesar 750 rpm, maka kecepatan spesifik adalah sebagai berikut :

$$N_s = \frac{n \sqrt{P}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

$$N_s = \frac{750 \sqrt{3.68}}{30^{\frac{5}{4}}} = 20.49 \text{ rpm}$$

Jadi pemilihan jenis turbin berdasarkan kecepatan spesifik dapat dilihat pada Tabel, maka turbin dengan kecepatan spesifik $N_s = 20.49 \text{ rpm}$ termasuk jenis Turbin Pelton dengan menggunakan satu nosel (*nozzle*).

3. Kecepatan Aliran Air

Dari hasil data yang ada dengan kapasitas air sebesar $Q = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ maka dapat ditentukan kecepatan air, akan tetapi untuk mendapatkan kecepatan air dilakukan perhitungan untuk menentukan luas penampang pipa yang telah dirancang, dengan diameter 34 mm (0.034 m) sebagai berikut :

$$\text{Luas penampang (A)} = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = \frac{(3.14 \times (0.034 \text{ m})^2)}{4} = 9.0746 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Setelah mendapatkan nilai luas penampang, maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan kecepatan aliran air pada pipa dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = A \times v \text{ sehingga } v = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

Luas penampang (A) = $9.0746 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Kapasitas air (Q) = $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ atau sekitar 20 lt/s

Maka kecepatan aliran air adalah sebagai berikut :

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0.02 \text{ m}^3 / \text{s}}{9.0746 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 22.04 \text{ m/s}$$

Sedangkan laju aliran massa dapat dihitung sebagai berikut :

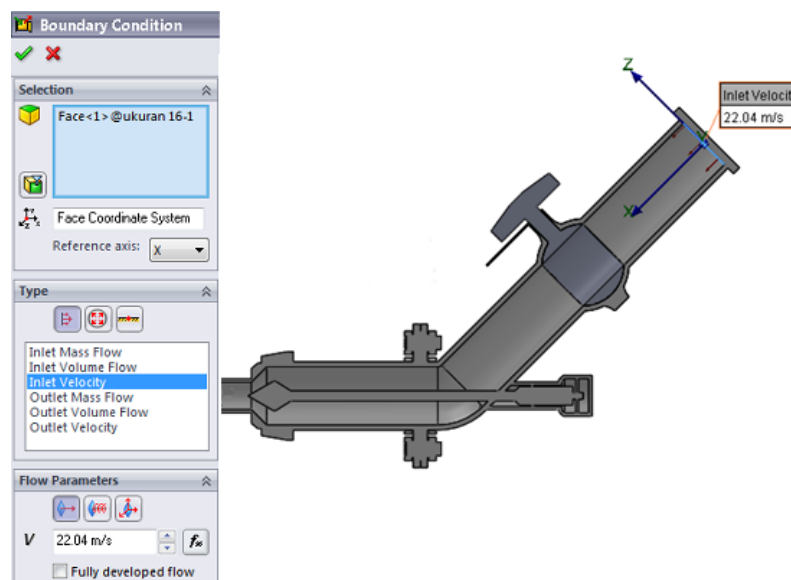
$$m = \rho \times A \times v$$

$$m = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.0746 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 22.04 \text{ m/s} = 20 \text{ kg/s}$$

Dari perhitungan yang dilakukan didapat kecepatan aliran air yang ada di pipa pesat (*penstock*) sebesar $v = 22.04 \text{ m/s}$. Kecepatan aliran air ini akan di jadikan *input (inlet velocity)* pada saat menganalisa distribusi aliran pada katup dan nosel. Sebenarnya dengan nilai laju aliran massa dapat dijadikan *input (inlet mass flow)* akan tetapi dikarenakan hasil dari penginputan kecepatan aliran air dan *input* laju aliran masa menghasilkan (*output*) nilai yang sama, maka *input* yang digunakan yaitu hanya kecepatan aliran air saja.

6. PROSES ANALISA

Setelah melakukan perhitungan dan mendapatkan nilai kecepatan aliran air yang ada sebesar $v = 22.04 \text{ m/s}$, hal yang dilakukan selanjutnya adalah memasukan data (*inlet velocity*) pada rancangan gambar di *SolidWorks 2010*, dengan penentuan bagian yang menjadi aliran air berasal dari arah pipa pesat (*penstock*) seperti Gambar dibawah ini :



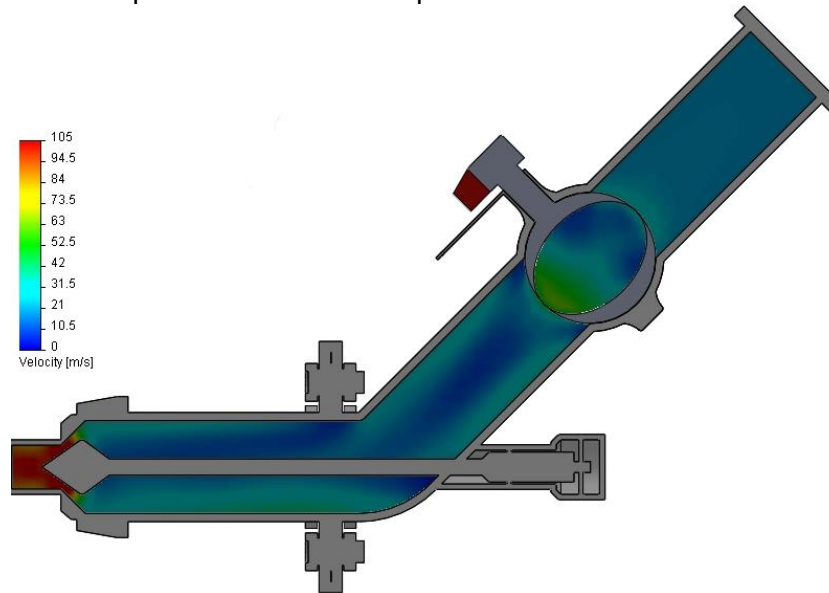
Gambar 2. Penentuan *Inlet Velocity*

Input parameter di lakukan pada *Boundary Conditions (BCs)*. Untuk melakukan analisa tentunya harus menentukan batas input (*inlet velocity*) dan output (*outlet*), untuk batas

inlet velocity telah ditentukan kecepatan aliran air sebesar $v = 22.04$ m/s, batas *outlet* yang digunakan yaitu dengan *environment pressure* sebesar 1 atm atau sama dengan 101345 Pa. Namun sebelumnya seluruh *inlet* dan *outlet* harus diberi penutup (hal ini dilakukan agar *fluid-region* bisa tergenerate oleh *SolidWork Flow-simulation*).

Distribusi Kecepatan Aliran Dengan Bukaannya Katup 45°

Setelah memasukan (menginput) nilai kecepatan aliran air yang berasal dari pipa pesat (*penstcok*) akan didapat distribusi aliran seperti Gambar dibawah ini :



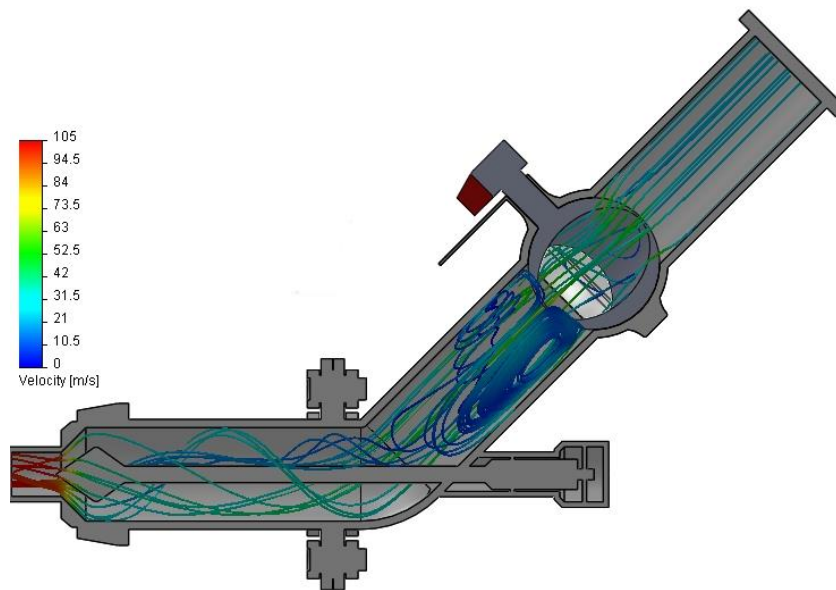
Gambar 3. Distribusi Kecepatan Aliran Bukaannya Katup 45°

Pada Tabel 1. dibawah ini menunjukkan perbandingan kecepatan yang terjadi pada analisa bukannya katup 45°, Nilai dari kecepatan minimum, kecepatan maksimum dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1. Karakteristik Kecepatan Aliran Pada Bukaannya Katup 45°

Kecepatan	Unit	Nilai	Nilai Rata-rata	Nilai Minimum	Nilai Maximum
Kecepatan Minimum	[m/s]	4	4	4	4
Kecepatan Rata-rata	[m/s]	25.84825	25.92359	25.84825	26.03829
Kecepatan Maximum	[m/s]	104.7501	105.2377	104.7501	105.8032

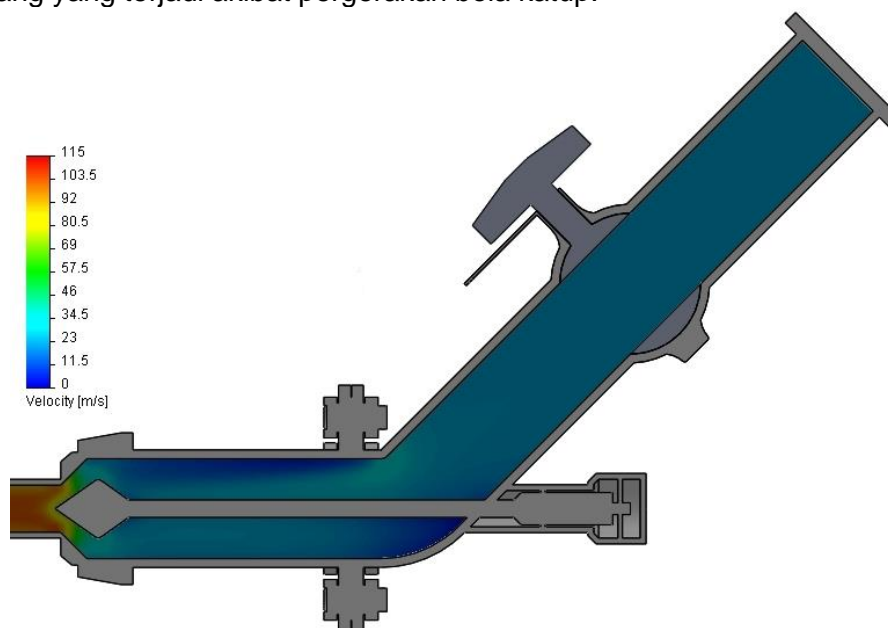
Aliran laminar hanya terjadi di pipa pesat, akan tetapi aliran laminar yang berasal dari pipa pesat akan berubah menjadi aliran turbulen setelah melalui katup seperti pada Gambar 3 dibawah ini :



Gambar 4. Aliran Turbulen pada Bukaan Katup 45°

Distribusi Kecepatan Aliran Dengan Bukaan Katup 90°

Saat katup dibuka 90° pada bagian katup kecepatan aliran air tidak terpengaruh, hal ini dikarenakan tidak adanya hambatan yang terjadi atau pun penyempitan luas penampang yang terjadi akibat pergerakan bola katup.



Gambar 5. Distribusi Aliran Bukaan Katup 90°

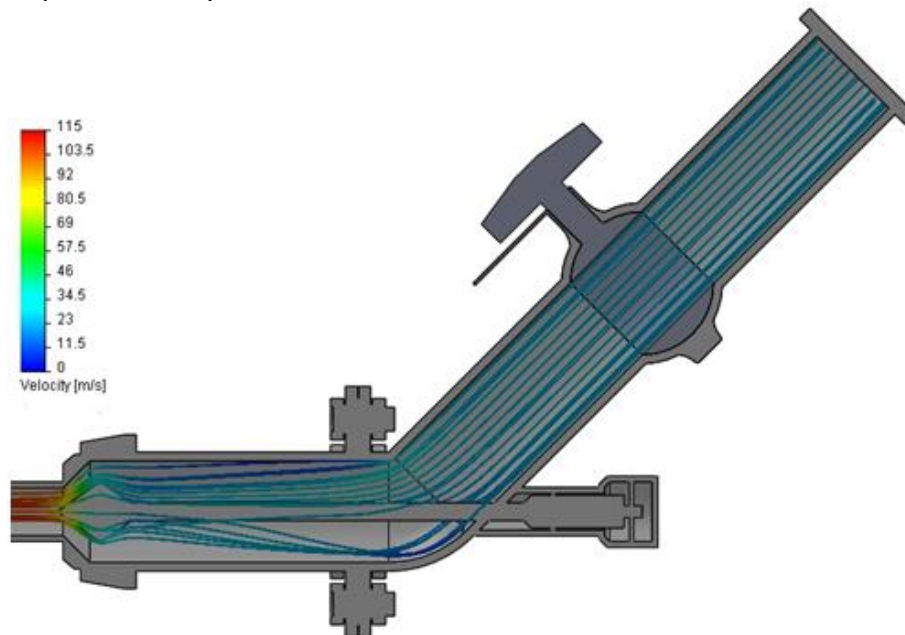
Pada analisa bukaan katup 90° dapat dilihat kecepatan aliran air tidak berubah sampai menuju bagian lengkungan/belokan pipa, kecepatan aliran sedikit menurun dari 22.04 m/s menurun sampai sekitar 10 m/s. Selanjutnya kecepatan aliran berubah pada bagian celah antara jarum pengarah dan nosel, yaitu kira-kira sebesar 45 m/s sampai 85 m/s. Sedangkan kecepatan aliran air pada ujung nosel meningkat yaitu sebesar 110 m/s sampai 115 m/s.

Pada Tabel 2. dibawah ini menunjukkan perbandingan nilai dari kecepatan minimum, kecepatan rata-rata dan kecepatan maksimum yang terjadi pada analisa bukaan katup 90°, dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 2. Karakteristik Kecepatan Aliran Pada Bukaan Katup 90°

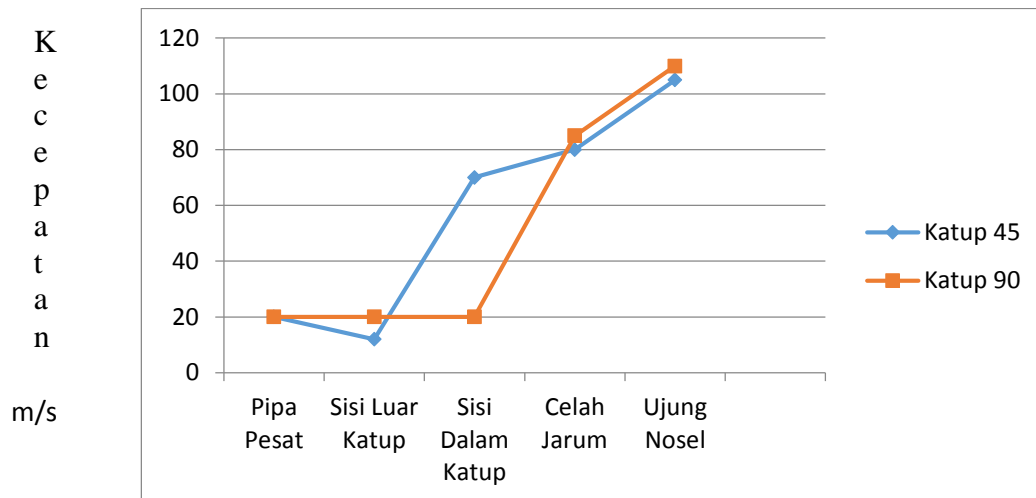
Kecepatan	Unit	Nilai	Nilai Rata-rata	Nilai Minimum	Nilai maksimum
Kecepatan Minimum	[m/s]	10	10	10	10
Kecepatan Rata-rata	[m/s]	23.84282	23.84286	23.84253	23.84317
Kecepatan Maksimum	[m/s]	114.6099	114.6197	114.6099	114.6391

Dikarenakan pada bagian katup tidak ada perubahan ukuran bentuk atau pun perubahan luas penampang maka aliran yang terjadi pada bukaan katup 90° hanya terjadi aliran laminar, dapat dilihat seperti Gambar dibawah ini :



Gambar 6. Aliran Laminar pada Bukaan Katup Bukaan 90°.

Aliran air yang berasal dari pipa pesat bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain, aliran laminar dengan satu lapisan meluncur secara lancar sampai menuju ujung nosel. Grafik dibawah ini adalah perbandingan kecepatan aliran air antara bukaan katup 45° dan bukaan katup 90°.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Kecepatan Aliran Air pada Bukaannya Katup 45° dan Bukaannya Katup 90°

7. HASIL ANALISA

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, perbedaan kecepatan aliran air yang dihasilkan pada bukannya katup 45° dan bukannya katup 90° tidak terlalu drastis, pada bukannya katup 45° kecepatan aliran air maksimal sebesar 105 m/s sedangkan pada bukannya katup 90° kecepatan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 115 m/s, hal ini disebabkan oleh tinggi air jatuh (*head*) yang cukup besar yaitu $H = 30$ m serta perancangan diameter ujung nosel terlalu besar yaitu 16 mm. Akan tetapi pada bukannya katup 45° terjadi turbulensi aliran yang akan menyebabkan kerugian-kerugian tertentu. Untuk membandingkan kecepatan aliran air, akan dilakukan analisa perbedaan jarak jarum (*needle*).

8. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisa instalasi saluran air turbin pelton (pipa pesat, katup dan nosel) menggunakan *SolidWorks* 2010 di dapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dengan jumlah kapasitas air sebesar $Q = 0.02$ m³/s dan tinggi jatuh air (*head*) $H = 30$ m saat bukannya katup 45° terjadi perubahan kecepatan aliran air pada bagian katup dan bagian ujung nosel. Sedangkan saat bukannya katup 90° hanya terjadi perubahan kecepatan aliran air pada bagian ujung nosel, dengan demikian dapat di ambil kesimpulan bahwa perubahan kecepatan aliran terjadi karena adanya perubahan bentuk dan luas penampang, semakin drastis perubahan luas penampang dari besar menjadi kecil, semakin bertambah besar pula kecepatan aliran air yang terjadi.
2. Aliran turbulen terjadi pada bukannya katup 45° yang dikarenakan adanya perubahan luas penampang yang mengakibatkan pula perubahan kecepatan aliran air. Pada bukannya katup 90° aliran yang terjadi adalah aliran laminar, dikarenakan tidak adanya perubahan bentuk dan luas penampang yang disebabkan oleh katup dan laju aliran air akan teratur, kemudian aliran air akan langsung menuju ke arah nosel.

DAFTAR PUSTAKA

1. Basryirun, Winarno dan Karnowo. **Mesin Konversi Energi**, PKUPT/Pusat Penjamin Mutu Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2008.
2. Bonhomme, Josée and Robert Clark. **Hydropower Micro-Systems**, Majesty the Queen in Right of Canada, Ottawa, 2004.
3. Daryanto. **Teknik Konversi Energi**, PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, Bandung, 2011.
4. Fraenkel, Peter. **Micro Hydro Power**, Intermediate Technology Publications Ltd., London, 1991.
5. Gerhart M., Philip. **Fundamentals of Fluid Mechanics**, Addison Wesley Publishing Company, Ohio, 1985.
6. Samsudin dan Karnowo. **Dasar Pompa**, Pusat Penjamin Mutu Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2008.
7. Silalahi, Suhendrik. **Guide Book Solidworks**, PT. Setiawan Utama, level 1 and level 2. Modul Pabrik, Jakarta, 2008.
8. Susatyo, Anjar dan Lukman Hakim. Jurnal **Perancangan Turbin Pelton**, Pusat penelitian informatika-LIPI, Bandung, 2003.
9. <http://www.cheng.cam.ac.uk/research/groups/electrochem/JAVA/electrochemistry/ELEC/l2html/l2mt.html>