

PERANCANGAN NOSSEL DAN SISTEM PERPIPAAN PADA TURBIN PELTON

Endang Prihastuty, Heru Dwi Fahmadi
Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon
prihastutyvendang@gmail.com

ABSTRAK

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin air yang cocok untuk daerah yang mempunyai tinggi jatuh (head) yang tinggi. Berdasarkan debit air dan head yang tinggi dari pompa yang ada, maka direncanakan sebuah rancang bangun turbin air jenis Pelton dalam skala laboratorium untuk pengujian. Dimana untuk memperoleh putaran dan daya yang maksimal, dilakukan perencanaan nossel dan system perpipaan.

Berdasarkan potensi head yang berasal dari pompa didapatkan hasil perencanaan diameter jet dari nossel sebesar 12 mm. Turbin Pelton memakai system 2 nossel dari bahan paduan Aluminium Al 6061-T6 dan Brass 360 yang menghasilkan kecepatan relative terhadap mangkok sebesar 12,56 m/s. Peralatan pengujian turbin Pelton memakai system perpipaan dari bahan Polyvinil chloride (PVC) berdiameter 25,4 mm dengan head loss total sebesar 7,4 m.

Kata Kunci : *Turbin Pelton, Head, Nosel, Pipa*

PENDAHULUAN

Turbin Pelton merupakan jenis turbin air yang memanfaatkan potensi ketinggian air sebagai sumber tenaga. Kebutuhan potensi air dengan head yang tinggi dan debit kecil menjadikan turbin Pelton merupakan pilihan yang bagus untuk banyak daerah pegunungan di Indonesia. Sehingga pengetahuan baik teori maupun pembuatan secara teknis sangat diperlukan oleh banyak pengguna turbin Pelton.

Dalam instalasi turbin Pelton, energi air diubah seluruhnya menjadi kecepatan air di lubang nossel sebelum masuk roda turbin. Perubahan energi ini dilakukan di dalam nossel dimana tinggi energi potensial yang dimiliki air, diubah jadi energi kinetik. Berkaitan dengan ini perancangan nossel termasuk bagian yang terpenting dalam suatu perancangan turbin Pelton. Dimensi-dimensi utama turbin baru bisa ditentukan oleh diameter jet. Besarnya mangkuk minimum tergantung ukuran diameter jet, menentukan runner, dan keseluruhan turbin. Begitu juga dengan sistem perpipaan perlu dirancang

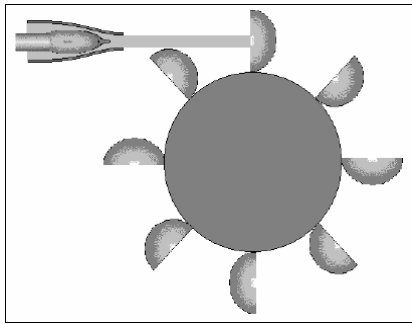
sedemikian rupa agar tenaga potensial air bisa dimanfaatkan secara maksimal.

Berdasarkan ini akan diupayakan suatu rancang bangun nossel dan sistem perpipaan turbin Pelton untuk fasilitas pengujian laboratorium. Dengan harapan hasil perancangan bisa diterapkan untuk pembuatan turbin Pelton baik dalam skala pengujian laboratorium maupun pemakaian praktis yang berlaku dalam masyarakat.

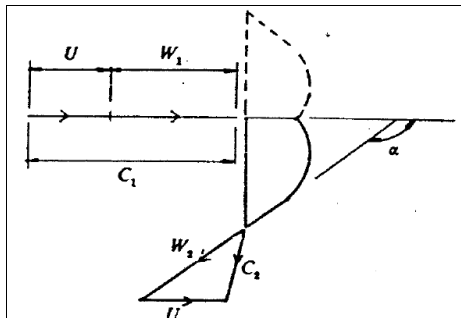
TEORI DASAR

Nosel dan Segitiga Kecepatan

Pancaran air yang keluar dari nossel akan mengenai mangkuk, di tengah-tengahnya air pancar tersebut akan belok ke kedua arah supaya ada kemungkinan membaliknya air bisa diarahkan tegak lurus. Dalam hal ini berlaku segitiga kecepatan.



Gambar 1. Turbin Pelton



Gambar 2. Segitiga Kecepatan Turbin Pelton Masuk dan Keluar Sudu

Persamaan Euler untuk turbin selengkapnya:

$$H_T = \frac{1}{g} \cdot (u_1 \cdot c_{x1} - u_2 \cdot c_{x2}) \text{ dimana}$$

$$u_2 = u_1 = u$$

$$H_T = \frac{u}{g} (c_{x1} - c_{x2})$$

$$= \frac{u}{g} \{ (c - u)(1 - k \cos \alpha) \}$$

$$k = \frac{w_1}{w_2}$$

$$\text{Jika } k = 1 \quad H_T = \frac{u}{g} \{ (c - u)(1 - \cos \alpha) \}$$

$$c = c_v \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Apabila sudut $\alpha = 180^\circ$ akan didapatkan efisiensi hidrolis sebesar 100%. Namun dalam praktiknya sudut defleksi berkisar antara $160^\circ - 165^\circ$. Hal ini dilakukan untuk menghindari tertabraknya aliran jet yang masuk. Untuk α dengan nilai $160^\circ - 165^\circ$ akan didapatkan nilai-nilai sebagai berikut.

$$c_2 = u - w \cos \alpha$$

$$c_1 = u + w$$

$$u = w \cdot R$$

$$w = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot R}{60} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

Dimana:

c = kecepatan absolut (m/s)

u = kecepatan tangensial (m/s)

w = kecepatan relatif air terhadap putaran runner (m/s)

H_T = head turbin (m)

R = jari-jari runner (m)

D = diameter runner (m)

c_v = koefisien kecepatan nossel (0,98)

Untuk mencari diameter pancaran nozzle atau jet (d) menggunakan persamaan kontinuitas

$$Q = c \cdot A, \text{ dimana } A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Q = c \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi c}} \text{ dimana } c = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$d = 0,54 \cdot \sqrt{0,5Q/H^{1/2}}$$

Sistem Perpipaan Turbin Pelton

Segi-segi terpenting mengenai susunan dan desain pipa pesat adalah pemilihan yang tepat atas diameter, tekanan ijin, dan bahan pipa. Untuk instalasi turbin Pelton, perpipaan merupakan bagian pembiayaan yang cukup besar terhadap keseluruhan biaya pusat tenaga. Ini disebabkan oleh keterkaitan tingginya tekanan di dalam dan panjang pipa pesat. Tebal dinding dan biaya pipa pesat berbanding lurus dengan tekanan ijinnya.

Jenis dan bahan pipa pesat yang dipakai dipilih sesuai dengan tekanan, keadaan lapangan, dan lingkungan setempat. Sebagian besar turbin Pelton menggunakan pipa polietilen kerapatan tinggi (HDPE). Pipa harus terlindung dari hewan ternak yang merumput, tanah atau salju longsor, perusakan, dan radiasi matahari. Kadang menutupi pipa lebih disarankan untuk kepentingan segi ekologi.

Kekasaran permukaan dalam pipa pesat dan kecepatan aliran berkaitan dengan kerugian tekanan. Mempertimbangkan

diameter pipa, tekanan nominal, dan biaya pipa, bila diperoleh kerugian tinggi terjun pada pipa pesat sebesar 1% sampai dengan 5% adalah cukup baik, sedangkan kerugian tekanan total disarankan di bawah 10%.

Di pasaran tersedia pipa dengan berbagai tekanan nominal. Apabila diperlukan memasang pipa pesat yang panjang dengan dengan tinggi air yang besar, maka untuk menekan biaya pipa pesat sebaiknya dipakai pipa tekanan nominal rendah pada awalnya, karena tekanan statik alirannya masih rendah. Kemudian dipakai pipa dengan diameter lebih kecil di bagian akhir pipa pesat. Diameter pipa yang semakin kecil berarti kecepatan aliran dan kerugian tekanan kian besar.

Diameter pipa dan kecepatan aliran merupakan dua parameter yang selalu adadalam system pemompaan. Untuk menghitung dua parameter tersebut digunakan persamaan :

$$D_i = 3,9 \cdot Q^{0,45} \cdot \rho^{0,13}$$

Dimana :

D_i = diameter dalam pipa (mm atau inch)

Q = kapasitas /debit aliran (m³/jam atau Liter/menit)

ρ = berat jenis fluida dalam (kg/m³)

METODOLOGI PENULISAN

Dalam melakukan rancang bangun fasilitas pengujian turbin Pelton secara lengkap dilakukan metode-metode sebagai berikut.

1. Identifikasi Masalah
Memahami sistem turbin pelton, komponen utama, cara kerja, dan karakteristik performansi turbin Pelton.
2. Studi literatur
Mengumpulkan informasi dari literatur-literatur berupa buku, jurnal, dan informasi lisan yang berkaitan dengan rancang bangun fasilitas pengujian turbin Pelton.
3. Perancangan runner dan mangkuk
Merancang dimensi runner yang meliputi ukuran, jumlah, dan material

bucket yang digunakan sebagai runner fasilitas pengujian turbin Pelton.

4. Perancangan nossel dan sistem perpipaan
Merancang dimensi nossel dan material yang digunakan. Serta merancang instalasi perpipaan dan memilih pompa yang digunakan dalam fasilitas pengujian turbin Pelton.
5. Perancangan poros dan bantalan
Menentukan dimensi poros dan jenis bantalan yang digunakan dalam fasilitas pengujian turbin Pelton.
6. Pembuatan runner dan mangkuk
Berdasarkan hasil perancangan runner dan mangkuk, pada langkah ini dilaksanakan pembuatan runner dan mangkuk dengan sistem permesinan yang diperlukan.
7. Pembuatan nossel
Berdasarkan hasil perancangan nossel, dilakukan pembuatan nossel dengan sistem permesinan yang diperlukan.
8. Pembuatan instalasi perpipaan
Berdasarkan hasil perancangan sistem perpipaan, dilakukan pembuatan instalasi perpipaan fasilitas pengujian turbin Pelton.
9. Pengujian performance fasilitas pengujian turbin Pelton
Pengujian performance difokuskan dengan melakukan pengamatan besar torsi yang dihasilkan oleh putaran runner dan mangkuk turbin dengan memperhatikan bukaan valve pada kedua nosselnya.
10. Analisis fasilitas pengujian turbin Pelton
Analisis difokuskan pada evaluasi unjuk kerja turbin antara teori dengan hasil pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang proses perancangan nossel, pompa, dan perpipaan turbin Pelton untuk fasilitas pengujian laboratorium. Dimana proses dari

awal sampai turbin dapat berputar dimulai dari bekerjanya pompa yang menghasilkan daya putar yang kemudian menghisap air dari bak penampungan yang dialirkan melalui pipa-pipa sehingga air tersebut menyempotkan kearah turbin sehingga turbin dapat berputar.

Perancangan Nossel

1 Perhitungan Kecepatan Spesifik (n_s)

Sumber daya air yang tersedia berasal dari pompa air didapatkan data :

$$\text{Debit air } (Q) = 85 \text{ l/min} = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Head } (H) = 50 \text{ m}$$

$$\text{Putaran turbin } (n) = 1800 \text{ rpm}$$

Perhitungan kecepatan spesifik ini dilakukan untuk mengetahui apakah design dari putaran turbin pelton memenuhi karakteristik kecepatan spesifik dari turbin pelton itu sendiri.

$$(n_s) = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{5/4}} = \frac{1800 \sqrt{0,00142}}{50^{5/4}}$$

$$(n_s) = \frac{186,0649136}{18,80801547}$$

$$(n_s) = 3,6$$

Hasil dari perhitungan dengan design putaran turbin 1800 rpm maka kecepatan spesifiknya adalah 3,6 . Nilai ini masuk dalam range karakteristik kecepatan spesifik turbin pelton yaitu 2 ~ 10. Dengan demikian design putaran ini dapat kita gunakan dalam perhitungan-perhitungan selanjutnya.

2 Menentukan Diameter Jet (d)

Diameter jet (d) pada nossel didapat dari persamaan kontinuitas aliran fluida.

$$Q = c \cdot A, \text{ dimana } A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$Q = c \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi c}} \text{ dimana } c = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$d = 0,54 \times \frac{\sqrt{0,5Q/H^{1/2}}}{\sqrt{0,00142/50^{1/2}}} = 0,54$$

$$d = 0,00765 \text{ m} = 7,7 \text{ mm}$$

Dalam perancangan fasilitas pengujian turbin Pelton akan dipakai 2 nossel untuk meningkatkan kecepatan putaran turbin. Maka perhitungan diameter nossel menjadi :

$$d = 0,54 \times \frac{\sqrt{0,5Q/H^{1/2}}}{\sqrt{0,5 \times 0,00142/50^{1/2}}} = 0,54$$

$$d = 0,0054 \text{ m} = 5,4 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa diameter jet yang ideal adalah 5,4 mm. Namun berdasarkan ketersediaan nossel yang tersedia di pasaran, akan dipakai nossel dengan pancaran jet yang lebih besar dengan diameter (d) = 12 mm

Selanjutnya dari diameter jet ini akan dicek apakah mampu menghasilkan kecepatan putaran runner yang diharapkan sebesar $n = 1800$ rpm.

$$\text{Diketahui : } d = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$$

$$Q = 85 \text{ lpm} = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Jari-jari turbin yang tersedia } (R) = 80, 75 \text{ mm} = 0,081 \text{ m}$$

sehingga

$$Q_{\text{pompa}} = Q_{\text{nossel}} = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,00142 = w \times A$$

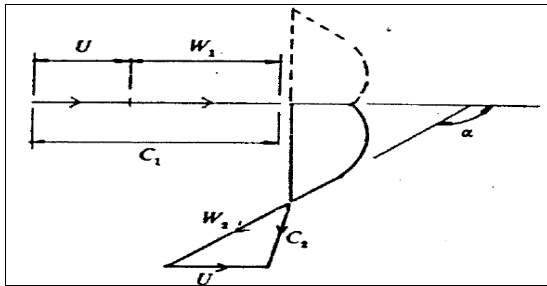
$$0,00142 = w \times \frac{\pi d^2}{4}$$

$$w = \frac{0,00142 \times 4}{\pi \times d^2}$$

$$w = \frac{0,00142 \times 4}{3,14 \times 0,012^2}$$

$$w = 12,56 \text{ m/s}$$

Berdasarkan segitiga kecepatan pada aliran jet pada sudu turbin



Gambar 3. Segitiga Kecepatan Turbin Pelton Masuk dan Keluar Sudu

$$c = cv \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = 0,98 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 50}$$

$$c = 30,69 \text{ m/s}$$

Demikian pula $c_1 = c = u + w$
maka nilai u dapat dicari dengan:

$$u = c - w$$

$$u = 30,69 \text{ m/s} - 12,56 \text{ m/s} = 18,13 \text{ m/s}$$

Dari rumus hubungan u dengan jari-jari turbin didapatkan

$$u = w \cdot R$$

$$w = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{60}$$

$$n = \frac{u \cdot 60}{2 \pi R} = \frac{18,13 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 0,061}$$

$$n = 2138,5 \text{ rpm}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan memakai nosel berdiameter jet (d) = 12 mm mampu menghasilkan putaran turbin (n) = 2138,5 rpm yang lebih besar dari putaran turbin.

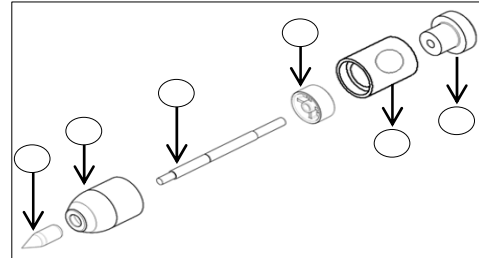
desain (n) = 1800 rpm

$$n_{\text{desain}} < n_{\text{kemampuan nosel}}$$

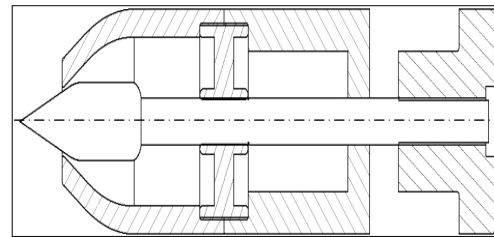
1800 rpm < 2138,5 rpm (**memenuhi syarat**)

3 Menentukan Dimensi dan Material Nosel

Nosel dirancang sedemikian rupa dengan beberapa komponen pembentuk nosel. Dengan desain yang benar, nosel dilengkapi dengan jarum yang *adjustable* yang disebut katup *spear* guna mengarahkan dan mengendalikan putaran turbin. Dibawah ini merupakan gambar *assembly* dari nosel yang dipakai untuk fasilitas pengujian turbin Pelton.



Gambar 4. Susunan/assembly nosel dengan katup *spear*-nya



Gambar 5. Gambar potongan nosel

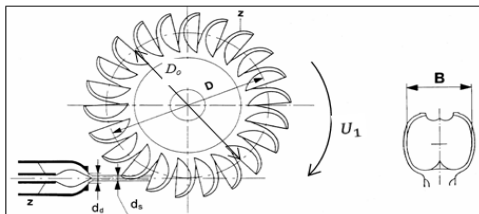
Komponen-komponen nosel terdiri dari :

Tabel 1. Tabel Komponen Nosel

No	Nama Komponen	Dimensi (mm)	Material	Fungsi
1	<i>Spear</i>	Ø 25 x 50	Brass 360	Pengarah jet/pancaran air
2	<i>Noze</i> depan	Ø 48 x 67	Al 6061-T6 Paduan Al-Mg-Si	Tempat keluarnya jet/pancaran air
3	<i>Needle Spear</i>	Ø 10 x 160	Brass 360	Sumbu nosel sekaligus penghubung <i>spear</i> dengan <i>handle</i> pengatur
4	<i>Needle Guide</i>	Ø 42 x 20	Al 6061-T6 Paduan Al-Mg-Si	Lubang berulir sebagai pengarah <i>needle</i> dengan <i>spear</i> -nya agar bisa bergerak maju atau mundur
5	<i>Noze</i> Belakang	Ø 48 x 60	Al 6061-T6 Paduan Al-Mg-Si	Tempat masuknya aliran dari pipa air
6	<i>Handle</i> pemutar	Ø 48 x 40	Al 6061-T6 Paduan Al-Mg-Si	Pengatur maju mundurnya <i>needle</i> dan <i>spear</i> -nya

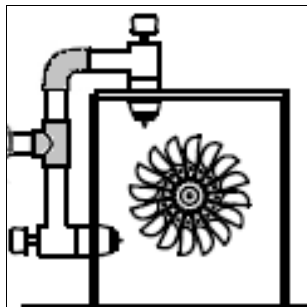
Bahan nosel memakai Al 6061-T6 yang merupakan logam paduan Aluminium, Magnesium, dan Silicon (*Al-Mg-Si*). Bahan ini dipilih karena memiliki daya tahan yang baik (*Yield Strength* = 40000 psi), mudah untuk bentuk, mampu mesin, ulet, serta memiliki ketahanan korosi. Sedangkan khusus pada komponen yang berada di dalam nosel yakni *spear* dan *needle spear* memakai bahan dari kuningan *Brass 360*. Bahan kuningan jenis ini memiliki kekuatan yang sangat tinggi (*Yield Strength* = 45000 psi), sangat baik pada kondisi *Hot Work*, mudah dibentuk, tahan korosi, serta banyak dimanfaatkan untuk stud bolt, sekrup, dll.

Mentukan Penempatan Nosel



Gambar 6. Daerah Lingkaran Tusuk pada Mangkuk

Nosel ditempatkan pada dengan jarak 0,5 kali diameter runner (*R*) yaitu pada daerah tusuk mangkuk. Diameter runner yang tersedia adalah 161,5 mm. Maka jarak nosel dengan pusat turbin = $R = 0,5 \times 161,5 = 80,75 \text{ mm}$



Gambar 7. Penempatan Nosel pada Runner

Perancangan Sistem Perpipaan

Adapun yang dipilih dalam perancangan simulasi turbin Pelton untuk skala pengujian lab ini adalah pompa

sentrifugal merek HISPANO Multistage Model JETDP505A dengan spesifikasi :

Tabel 4.2. Tabel Spesifikasi Pompa HISPANO

No	Spesifikasi	Nilai
1	Daya Hisap	50 m
2	Daya Dorong	50 m
3	Head Total	100 m
4	Kapasitas	85 l/min
5	Power input	500 Watt
5	V/Hz/Phi	220/50/1
6	RPM	2850
7	Ukuran Pipa	1" X 1 1/4



Gambar 8. Pompa Sentrifugal Multistage Merk. HISPANO

Pemilihan Material Perpipaan

Material perpipaan yang dipakai sebagai pipa saluran turbin dari tanki penampung ke nosel turbin Pelton adalah pipa PVC (*polyvinil chlorida*). Pipa jenis ini terbuat dari fiber yang lebih ringan dan lentur sehingga mudah dalam pemasangan dan perbaikan. Material PVC tidak berkarat dan cukup kuat menahan tekanan air sampai dengan 10 kg/cm^2 .

Pemilihan Diameter Perpipaan (*d*)

Diameter pipa dan kecepatan aliran merupakan dua parameter yang selalu adadalam system pemompaan. Untuk menghitung dua parameter tersebut digunakan persamaan berikut.

$$Di = 3,9 \cdot Q^{0,45} \cdot \rho^{0,13}, \text{ dimana } Q = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s} \text{ atau } 5,112 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Di = 3,9 \times 5,112^{0,45} \cdot 1000^{0,13}$$

$$Di = 19,4 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diameter pipa yang diperlukan minimal sebesar 19,4 mm. Dalam perancangan ini saluran dari *discharge* pompa akan

memakai pipa PVC ukuran 1" yang mempunyai diameter dalam (d) = 25,4 mm. Sedangkan pada suction pompa memakai pipa PVC berdiameter 1 1/4" sesuai dengan kebutuhan spesifikasi pompa.

3 Perhitungan Head Losses Sistem Perpipaan

Dalam perancangan sistem perpipaan yang harus diperhatikan adalah sistem perpipaan harus mendukung kemampuan pompa sehingga mampu menghasilkan head turbin desain. Head pompa harus mampu mengatasi head loss akibat perancangan pipa yang di dalamnya terdapat belokan-belokan, sambungan, maupun alat-alat seperti valve dan flow meter.

Fasilitas pengujian turbin Pelton ini memiliki rancangan seperti gambar di bawah ini. Gambar 4.7. Sistem Perpipaan Simulasi Turbin Pelton

Perhitungan head loss pipa yaitu perhitungan pada diameter pipa 25,4 mm dengan panjang pipa (L) = 2050 mm dari discharge pompa sampai dengan nossel terjauh (L). Sistem perpipaan dilengkapi dengan 2 elbow (belokan), 2 tee, 1 buah globe valve, dan 1 buah flowmeter.

Rugi Head pada Belokan (H_{lf})

Untuk 2 buah elbow di dapatkan head loss :

$$H_{lf1} = 2 \times k_1 \frac{v^2}{2g}$$

Diketahui :

$$d = 25,4 \text{ mm} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$k = \text{Elbow} - 90^\circ - \text{reguler flange} - 1'' = 0,5$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran } (v) &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{4 \times Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 0,00142}{\pi \times (2,54 \cdot 10^{-2})^2} \\ &= 2,81 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$H_{lf1} = 2 \times 0,5 \times \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} = 0,4 \text{ m}$$

Rugi Head pada Tee (H_{lf})

Untuk 1 buah tee di dapatkan head loss :

$$H_{lf2} = k_1 \frac{v^2}{2g}$$

Diketahui :

$$d = 25,4 \text{ mm} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$k = \text{Tee} - \text{Branch flow} - \text{reguler flange} - 1'' = 1$$

$$H_{lf2} = \frac{1 \cdot 9,81^2}{2 \times 9,81} = 0,4 \text{ m}$$

Rugi Head pada ball valve (H_{lf})

Untuk 1 buah tee di dapatkan head loss :

$$H_{lf3} = k_1 \frac{v^2}{2g}$$

Diketahui :

$$d = 25,4 \text{ mm} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$k = \text{Ball valve} - \text{screwed} - 1'' = 8,2$$

$$H_{lf3} = 8,2 \times \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} = 3,28 \text{ m}$$

Rugi Head pada flowmetre (H_{lf})

Untuk 1 buah tee di dapatkan head loss :

$$H_{lf4} = k_1 \frac{v^2}{2g}$$

Diketahui :

$$d = 25,4 \text{ mm} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 0,00142 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$k = \text{flowmetre} - \text{screwed} - 1'' = 8,2$$

$$H_{lf4} = 8,2 \times \frac{2,81^2}{2 \times 9,81} = 3,28 \text{ m}$$

Σ

$$\begin{aligned} H_{lf} &= H_{lf1} + H_{lf2} + H_{lf3} + H_{lf4} \\ &= 0,4 \text{ m} + 0,4 \text{ m} + 3,28 \text{ m} + 3,28 \text{ m} \\ &= 7,36 \text{ m} \end{aligned}$$

Rugi head pada pipa lurus (H_{lp})

Pipa yang digunakan adalah pipa jenis PVC dengan nilai C (*Hazen William constanta*) untuk pipa PVC dengan diameter 25,4 mm adalah 130.

$$H_{lp} = HL \times L_{\text{pipa}} = \left(\frac{Q}{0,278 C \cdot D^{0,62}} \right)^{1,852} \times 1,920 \text{ m}$$

$$H_{lp} = \left(\frac{0,00142}{0,278 \times 130 \times 25,4^{0,62}} \right)^{1,852} \times 2,050 = (7,92 \times 10^{-7})^{1,852} \times 1,92$$

$$H_{lp} = 8,87 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Nilai *head loss* akibat gesekan pada pipa lurus terlalu kecil, sehingga dalam hal ini *head loss* akibat gesekan karena panjang pipa diabaikan.

Total Rugi Head (H_L)

$$H_L = \sum H_{lp} + \sum H_{lf} + \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0 + 7,36 + 0,4$$

$$= 7,4 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan *head losses* pada sistem perpipaan, maka bisa disimpulkan bahwa *head* pompa sebesar 50 m mampu mengatasi kerugian head total.

Head Pompa > *Head Losses*

50 m > 7,4 m (Memenuhi Syarat)

KESIMPULAN

Berdasarkan data-data dan hasil perancangan yang dilakukan, bisa disimpulkan sebagai berikut.

1. Diameter jet air yang dipakai sebagai nosel simulasi turbin Pelton sebesar 12 mm, memakai 2 nosel dengan kecepatan relatif air keluar nosel terhadap mangkuk turbin sebesar 12,56 m/s.
2. Bahan nosel memakai logam paduan Aluminium yaitu Al 6061-T6 dan Kuningan *Brass* 360
3. Sistem perpipaan yang dipakai sebagai saluran air dalam simulasi turbin Pelton adalah pipa berbahan *Polyvinil Chlorida* (PVC) berdiameter 25,4 mm dan panjang perpipaan 2050 mm dengan total *head losses* 7,4 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Einsoring, Markus. *Turbin Pelton Mikro*. Terjemah dan sunting M. Edy Sunarto. Yogyakarta: MHPG, 1994
- H.Church, Austin. *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Terjemah Ir. Zulkifli Harahap. Jakarta: Erlangga, 1986
- Sayers, A. T. *Hydraulic and Compressible Flow Turbomachines*. Singapura: McGraw-Hill Book Company, 1990.
- W. Moree, *Turbin Uap*. Terjemah S. Harsono. Jakarta: Bina Samudra, 1972.