

PERANCANGAN *NOZZLE* DAN SISTEM PERPIPAAN PADA TURBIN PELTON SKALA LABORATORIUM

YAFID EFFENDI¹, ALI ROSYIDIN², IBNU MAULANA³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang
E-Mail : *yafid_effendi@yahoo.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. Perancangan ini bertujuan untuk mengetahui rangkaian nozzle yang dibutuhkan pada turbin pelton dan memahami fungsi rangkaian sistem perpipaan yang dibutuhkan dalam pembuatan turbin pelton. Metode yang digunakan dalam perancangan ini adalah studi literatur, proses perencanaan, proses pendesainan, proses perancangan, proses perakitan dan simulasi. Metode cara kerja pada Turbin Pelton sendiri ialah dimana air yang berada pada bak penampung di hisap oleh pompa untuk di alirkan melalui perpipaan yang diberi katup sehingga laju aliran air dapat diatur sesuai dengan keinginan, kemudian diteruskan ke nozzle. Kemudian air yang keluaran oleh nozzle digunakan untuk memutar sudu turbin yang selanjutnya jatuh kedalam bak penampung agar selanjutnya kembali ke tahap awal sehingga terjadi sirkulasi. Dimana untuk memperoleh putaran dan daya yang maksimal, dilakukan perencanaan nozzle dan sistem perpipaan. Berdasarkan potensi head yang berasal dari pompa 39 m didapatkan hasil perencanaan diameter jet dari nozzle sebesar 14,4 mm. Turbin Pelton memakai sistem 1 nozzle dari bahan paduan Aluminium Al 6061-T6 yang menghasilkan kecepatan relative terhadap mangkok. Peralatan pengujian turbin Pelton memakai sistem perpipaan dari bahan Polyvinil chloride (PVC) berdiameter 25,4 mm.

Kata Kunci : *Turbin Pelton; Head; Nozzle; Pipa.*

ABSTRACT

The Pelton turbine is a type of water turbine that is suitable for areas that have a high head. Based on the water discharge and the high head of the existing pump, it is planned to design a Pelton type water turbine on a laboratory scale for testing. This design aims to determine the nozzle circuit needed on the Pelton turbine and understand the function of the piping system circuit needed in the manufacture of the Pelton turbine. The methods used in this design are literature study, planning process, design process, design process, assembly process and simulation. The method of working on the Pelton Turbine itself is where the water in the reservoir is sucked in by the pump to flow through a pipe that is given a valve so that the water flow rate can be adjusted as desired, then forwarded to the nozzle. Then the water released by the nozzle is used to rotate the turbine blades which then fall into the reservoir so that it then returns to the initial stage so that circulation occurs. Obtaining maximum rotation and power, nozzle and piping systems are planned. Based on the potential head coming from the 39 m pump, the results of the design of the jet diameter of the nozzle are 14.4 mm. The Pelton turbine uses a 1 nozzle system of Aluminum Al 6061-T6 alloy which produces speed relative to the bowl. The Pelton turbine test equipment uses a piping system made of Polyvinyl chloride (PVC) with a diameter of 25.4 mm.

Keywords: *Turbin Pelton; Head; Nozzle; Pipa.*

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, dunia mengalami krisis energi, karena seiring berjalannya waktu energi minyak bumi jumlahnya semakin terbatas. Untuk menutupi sumber kekurangan minyak, dibutuhkan sumber energi baru dan terbarukan sebagai pengganti. Belakangan ini sumber energi terbarukan banyak dikembangkan diantaranya sumber energi yang bersumber dari

angin, biomassa, surya matahari, air, panas bumi, dan arus laut. (Lie Jasa, dkk., 2016).

Energi terbarukan ialah energi yang berasal dari "proses alam yang berkelanjutan". Konsep energi terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970-an, sebagai upaya untuk mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Definisi paling umum adalah sumber energi yang dapat dengan cepat

dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan.

Salah satu sumber energi alternatif yang masuk dalam perkembangan teknologi yang semakin maju ialah sumber energi air, dengan ditemukannya alat yang inovatif yaitu turbin dengan tipe turbin pelton yang dapat menghasilkan energi listrik menggunakan tenaga air. Prinsip kerja turbin air adalah mengkonversi aliran air menjadi daya. Air yang berada pada bak penampung di hisap oleh pompa untuk di alirkan melalui perpipaan yang diberi katup sehingga laju aliran air dapat diatur sesuai dengan keinginan, kemudian diteruskan ke *nozzle*. Kemudian air yang dikeluarkan oleh *nozzle* digunakan untuk memutar sudu turbin yang selanjutnya jatuh kedalam bak penampung agar selanjutnya kembali ke tahap awal sehingga terjadi sirkulasi.

Berdasarkan kondisi tersebut maka peneliti bermaksud meneliti **“Perancangan Nozzle dan Sistem Perpipaan pada Turbin Pelton Skala Laboratorium.**

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahap-tahap perencanaan yang dilakukan dalam proses pembuatan rancang bangun pembangkit listrik tenaga *micro hydro* tipe turbin pelton

Skala laboratorium, diantaranya :

1. Studi Lapangan

Mempelajari turbin pelton dan mekanismenya, untuk merancang alat turbin pelton skala laboratorium ini terlebih dahulu dilakukan pengamatan dan pembelajaran dari turbin pelton yang sudah ada untuk pencarian data.

2. Metode interview

Metode interview, yaitu suatu metode pengumpulan data dimana penulis mengadakan wawancara secara langsung dengan narasumber yang berkopeten dibidang ini.

3. Studi Literatur

Mempelajari literatur yang membantu dan mendukung proses manufaktur dan perakitan (*assembling*) turbin pelton, mempelajari dasar rancangan elemen mesin, langkah-langkah kinerja dari turbin air, dan literatur lain yang mendukung.

4. Perencanaan dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari literatur studi kepustakaan dan dilihat dari percobaan tentang turbin pelton yang sudah ada, maka dapat direncanakan elemen-elemen dari perancangan pembuatan turbin. Perencanaan dan perancang

adalah langkah awal dari pembuatan turbin pelton ini harus dilakukan dengan benar agar turbin pelton yang dibuat dapat bekerja secara maksimal.

5. Waktu Perencanaan dan Perancangan

Waktu perencanaan dan perancangan turbin pelton ini dilakukan selama 4 bulan yang meliputi, analisa perencanaan, perhitungan, pembuatan, perancangan dan pengambilan data.

Metode pelaksanaan yang dikerjakan pada saat pembuatan rancang bangun pembangkit listrik tenaga *micro hydro* tipe turbin pelton skala laboratorium, diantaranya :

1. Pencarian Data dan Perhitungan

Pada proses pencarian data dan perhitungan ini dilakukan agar pada saat perancangan dan pembuatan turbin pelton berjalan dengan baik dan menghasilkan alat yang bisa digunakan sesuai dengan tujuan untuk mempelajari tentang turbin pelton.

2. Perencanaan dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan perhitungan untuk pembuatan turbin pelton skala laboratorium ini maka ditentukan konsep dan perencanaan yang meliputi diantaranya:

- Perencanaan dan perancangan *nozzle*. Untuk sebuah perencanaan dan perancangan *Nozzle*, ada beberapa tahapan yang meliputi :
 - Mengetahui terlebih dahulu spesifikasi / perincian dari pompa yang digunakan.
 - Pendesainan sebuah gambar *nozzle* dalam bentuk 3D, ataupun drawing serta penyertaan ukuran.

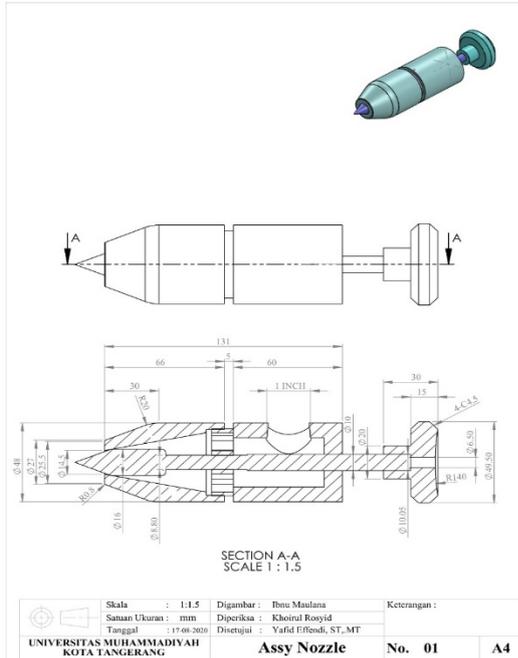


Gambar 1. Spesifikasi Pompa

Spesifikasi Pompa Air yang digunakan pada turbin pelton sebagai pendukung dalam perancangan sebuah *nozzle*, sebagai berikut:

- Merk Pompa = LEO

2. Kode Pompa = CHm4-60
3. Pembuatan = Indonesia
4. Alamat Email= www.leopumps.co.id
5. Debit air (Q) = 83l/min = 0,00138 m³/s
6. Head (H) = 39 m



Gambar 2. Proses Design Assy Nozzle

- b. Perencanaan *bucket* (sudu) pada *runner*
 - c. Perencanaan *disk*.
 - d. Perencanaan poros.
 - e. Perencanaan *pulley brake*.
 - f. Perencanaan *frame* (rangka).
3. Proses Pembuatan

Proses pembuatan dilakukan setelah semua proses perencanaan dan perancangan selesai, adapun proses pembuatan yang dilakukan diantaranya:

- a. Pembuatan *frame* (rangka).
- b. Pembuatan *disk*.
- c. Pembuatan poros dan bantalan.
- d. Pembuatan *pulley brake*.
- e. Pembuatan bak penampung air.

4. Proses Perakitan

Proses perakitan turbin pelton skala laboratorium dilakukan setelah proses pembuatan komponen sudah selesai, adapun tahap perakitan yang dilakukan diantaranya :

- a. Mengatur jarak *runner* dan bak penampung air.
- b. Memasang bantalan dan poros pada rangka.
- c. Memasang *runner* pada poros.

- d. Memasang *pulley brake* pada poros.
- e. Memasang *cover runner* dan *nozzle*.
- f. Memasang pompa dan pipa pada bak penampung air dan pada *nozzle*.
- g. Memasang dan mengatur instalasi kelistrikan tubin pelton.

5. Pengujian dan Penyempurnaan Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah turbin pelton skala laboratorium yang sudah dibuat bekerja dengan baik sesuai target atau tidak. Setelah dilakukan pengujian alat dilakukan penyempurnaan alat apabila turbin pelton mengalami masalah dan hambatan pada proses pengujian.

Tahap-tahap pengujian alat yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Melihat seluruh elemen turbin pelton apakah sudah bekerja dengan baik.
- b. Memastikan putaran turbin apakah sudah stabil.
- c. Melakukan pengecekan pada baut dan mur pengikat *runner* tidak ada yang lepas dan kendur.

6. Penulisan Laporan

Penulisan laporan ini dilakukan bertahap dari studi lapangan, perhitungan, proses perencanaan, perancangan, pembuatan dan juga pengujian serta penyempurnaan alat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan Perancangan Nozzle

Proses perencanaan perancangan *nozzle* dibutuhkan perhitungan. Proses perhitungan dari perencanaan perancangan *nozzle* meliputi, sebagai berikut :

Perhitungan Daya Hidrolik

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

Debit air (Q) = 83 l/min = 0,00138 m³/s
(debit air menggunakan debit pada spesifikasi pompa)

Head (H) = 39 m

Massa jenis air (ρ) = 1000 kg/m³

Gravitasi (g) = 9,8

Maka,

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$= 0,00138 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 39$$

$$= 527,436 \text{ kg.m}^2/\text{s}^3$$

$$= \mathbf{527,436 \text{ watt}}$$

Perhitungan Pancaran Air

1. Kecepatan Pancaran Air

Diketahui : Gravitasi (g) = 9,8
Head (H) = 39 m

Maka,

$$c1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 39}$$

$$= \sqrt{764,4}$$

$$= 27,65 \text{ m/s}$$

2. Kecepatan Tangensial Turbin

Diketahui : Kecepatan Air ($c1$) = 27,65 m/s

Maka,

$$\mu = \frac{c1}{2}$$

$$= \frac{27,65}{2}$$

$$= 13,825 \text{ m/s}$$

3. Luas permukaan pancaran air sebelum masuk *nozzle* (A)

Diketahui : Kecepatan Air ($c1$) = 27,65 m/s
Debit air (Q) = 83 l/min = 0,00138 m³/s

Maka,

$$A = \frac{Q}{c1}$$

$$= \frac{0,00138}{27,65}$$

$$= 0,00005 \text{ m}^2$$

4. Diameter Pancar Air (d)

Diketahui : Head (H) = 39 m
Debit air (Q) = 83 l/min = 0,00138 m³/s

Maka,

$$d = 0,54 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}}$$

$$d = 0,54 \sqrt{\frac{0,00138}{\sqrt{39}}}$$

$$d = 0,54 \sqrt{\frac{0,00138}{6,245}}$$

$$d = 0,54 \sqrt{0,00022}$$

$$d = 0,54 \cdot 0,015$$

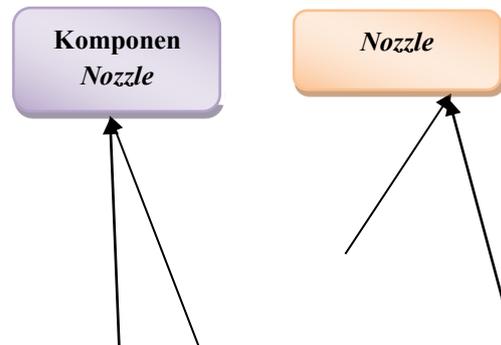
$$d = 0,0081 \text{ m}$$

$$d = 8,1 \text{ mm}$$

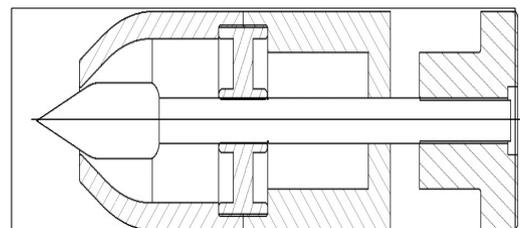
Dari perhitungan diatas diketahui bahwa diameter pancar air yang ideal adalah 8,1 mm. Namun berdasarkan pengujian dan pembuatan yang sudah dilakukan dan di temukannya sedikit kendala dari keluaran air yang berdasar pada kualitas pompa air yang tersedia besar, maka di simpulkan bahwa minimum diameter untuk perancangan diameter pancar air *nozzle* adalah yang tersedia di pasaran, dimana akan dipakai *nozzle* dengan pancaran air yang lebih besar, yaitu diameter (d) = 14,4 mm

Menentukan Material *Nozzle*

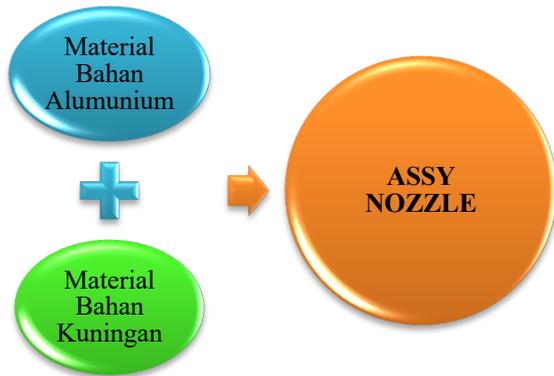
Bahan *nozzle* memakai Alumunium, yang merupakan logam paduan alumuium, magnesium, dan silikon (*Al-Mg-Si*). Bahan ini dipilih karena memiliki daya tahan yang baik, mudah untuk dibentuk, mampu mesin, serta memiliki ketahanan korosi. Sedangkan khusus pada komponen yang berada di dalam *nozzle* yakni *spear* (tombak/jarum) dan *needle spear* memakai bahan dari kuningan. Bahan kuningan jenis ini memiliki kekuatan yang sangat tinggi, sangat baik pada kondisi *hot work*, mudah dibentuk, tahan korosi.



Gambar 2. Material *Nozzle* 1



Gambar 2. Material *Nozzle* 2



Gambar 3. Material Nozzle 3



Gambar 4. Rancangan Perpipaan

3.2 Perancangan Sistem Perpipaan Pemilihan Material Perpipaan

Material perpipaan yang dipakai sebagai pipa saluran turbin dari bak penampung ke *nozzle* 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.

Pemilihan Diameter Perpipaan (d)

Diameter pipa dan kecepatan aliran merupakan dua parameter yang selalu ada dalam sistem pemompaan. Untuk menghitung dua parameter tersebut digunakan persamaan berikut.

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

Dimana $Q = 0,00138 \text{ m}^3/\text{s} = 4,97 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$Di = 3,9 \times (4,97^{0,45} \cdot 1000^{0,13})$$

$$Di = 3,9 \times (2,057 \cdot 2,455)$$

$$Di = 19,7 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diameter pipa yang diperlukan minimal sebesar 19,7 mm. Dalam perancangan ini saluran dari *discharge* pompa akan memakai pipa PVC ukuran 1” yang mempunyai diameter dalam (d) = 25,4 mm.

Rancangan Perpipaan

Adapun rancangan pipa yang sudah di *design* serta di rakit pada alat turbin pelton skala laboratorium ini, sudah di lakukan test uji coba aliran air dari mulai bak penampung hingga sampai pada *nozzle* yang mengeluarkan air aliran tersebut tepat pada sepanjang sudu (*bucket*) hingga menghasilkan tekanan dan memutar serta menghasilkan daya. Selama air mengalir di sepanjang sudu-sudu turbin tidak terjadi penurunan tekanan, sedangkan perubahan seluruhnya terjadi pada bagian pengarah pancaran atau *Nozzle*.



Gambar 5. Sirkulasi Air Mengalir

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan alat turbin pelton skala laboratorium yang sudah dikerjakan dan data-data yang sudah diambil dari hasil alat yang sudah selesai, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada perancangan pembuatan *nozzle* pada turbin pelton skala laboratorium, maka langkah awal yaitu melakukan analisa perhitungan seperti menghitung daya hidrolis, perhitungan pancaran air, perhitungan penentuan dimensi *nozzle*, pemilihan material *nozzle*, perhitungan penempatan *nozzle* pada turbin, serta yang terakhir

pendesainan menggunakan software solid work. Maka diameter *nozzle* yang dipakai pada turbin pelton adalah 14,4 mm dan bahan *nozzle* yang digunakan memakai logam paduan almunium.

2. Sedangkan sistem perpipaan pada turbin pelton skala laboratorium, langkah awal yang dilakukan yaitu pada pemilihan material perpipaan, pemilihan diameter perpipaan, serta penentuan rancangan perpipaan. Maka yang dipakai sebagai saluran air dalam simulasi turbin pelton adalah pipa berbahan *Polyvinil Chlorida* (PVC) berdiameter 25,4 mm (1 inch).

DAFTAR PUSTAKA

- Anjar Susatyo, Lukman Hakim. 2003. *Perancangan Turbin Pelton*. Bandung: Puslit Tenaga Listrik dan Mekatronik-LIPI.
- Himran Syukri. 2017. *Turbin Air-Teori dan Dasar Perencanaan*. Yogyakarta; Andi
- Irawan dwi. *Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung*. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro, Vol 3 No. 1. ISSN 2301-6663
- Jasa Lie. dkk. 2017. *Mikro Hidro*. Yogyakarta; Teknosain
- Kurniawan Yani, Ismail. *Pengaruh Jarak Dan Posisi Nozzle Terhadap Daya Turbin Pelton*. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Vol 5 No 3 2017. ISSN 2407-0475.
- Mafruddin Mafruddin, Rully Meygi Irawan, Nanang Setiawan, Nurlaila Rajabiah, Dwi Irawan. *Pengaruh jumlah sudu dan diameter nozel terhadap kinerja turbin pelton*. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro, Vol 8 No 2 2019. ISSN 2301-6663.
- Maridjo, Bambang Puguh, Siameto, Budi Suharto, Abdulrahman. *Rancang Bangun Turbin Pelton Mikrohidro*. Jurnal Teknik Energi, Vol 6 No 2 April 2016. ISSN 2089-2527.
- Mubarok Ahmad Samil, M Yusuf Djeli, Mugisidi. *Pengaruh Berat Bucket Terhadap Putaran dan Torsi Pada Turbin Pelton*. Program Studi Teknik Mesin, *Faculty of Engineering* Universitas Muhammadiyah Prof DR. HAMKA. Vol. 2, 2017. ISSN No. 2502-8782.
- Muhammad Saleh Simamora. *Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton*. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Pasir Pangaraian.
- Paryatmo Wibowo. 2007. *Turbin Air*. Yogyakarta; Graha Ilmu
- Prihastuty Endang, Heru Dwi Fahmadi. *Perancangan Nossel dan Sistem Perpipaan Pada Turbin Pelton*. Jurnal Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Vol 10 No 1 April Tahun 2015, 10-17.
- Septiadi Rully. *Optimasi Desain Turbin Pelton Menggunakan 3 Nozzle Dan Variasi Kemiringan Sudu Hingga 150 Menggunakan Metode Taguchi*. Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ Vol. 9 No. 1.
- Setiawan Parta – Pengertian Energi, Perubahan, Bentuk, Sifat, Fungsi – Kamis, 13 Agustus 2020 –
<https://www.gurupendidikan.co.id/peertian-energi/>