RANCANG MAJU *SCALE DOWN* PELTON UNTUK SIMULASI KONDISI LINGKUNGAN

FORWARD ENGINEERING PELTON TURBINE SCALE DOWN FOR ENVIRONMENTAL CONDITION SIMULATION

Purnawan Nugroho, Agus Juniawan Khairi, Agus Budiman.

Balai Besar Logam dan Mesin, Kementerian Perindustrian.

Jl. Sangkuriang No. 12, Bandung 40135

purnawan.nugroho@yahoo.com agus_khairi@yahoo.com agstazik@yahoo.com

Abstrak

Karena setiap turbin pelton itu unik, maka desainer harus melakukan desain *runner* baru setiap kali akan membuat turbin baru atau turbin pengganti dalam pengembangannya. Selama ini belum ada mesin *scale down* untuk mensimulasikan kondisi lingkungan turbin bekerja. Mesin *scale down* ini dibuat untuk mempelajari karakteristik turbin pelton pada lingkungan operasi sesungguhnya. Kegiatan rancang maju merupakan kegiatan perancangan yang dimulai dari nol, yaitu dari mulai pengumpulan parameter-parameter perancangan, hingga menjadi prototip, meliputi penetapan parameter kondisi lapangan, kalkulasi terhadap potensi dan parameter yang tersedia, pemodelan 3D, pembuatan gambar teknik, pembuatan prototip, dan pengujian terhadap prototip. Pembuatan prototip meliputi proses *cutting*, *welding*, *machining*, dan *painting*. Dalam perancangan *scale down* Turbin Pelton, potensi lingkungan yang dijadikan parameter perhitungan adalah Head (H), debit aliran (Q), putaran generator yang akan dicapai (N). Dari potensi-potensi lingkungan yang ada tersebut, dapat dilakukan perhitungan terhadap dimensi sudu Turbin Pelton, yaitu diameter *runner* (D), jumlah bucket (n), diameter jet optimal (d), lebar bukaan bucket (a), lebar bucket (b), kedalaman bucket (t), tinggi bucket (h). Dari data hasil perhitungan tersebut, dilakukan perancangan model 3D untuk rancangan bucket, *runner*, dan konstruksi *scale down* yang dijadikan dasar untuk proses manufaktur.

Kata Kunci : Rancang maju, *Scale down*, Turbin Pelton, Lingkungan

Abstract

Since each turbine pelton is unique, the designer will create a new runner design a new turbine or turbines substitute in its development. So far there are no scale down machine to simulate environmental conditions where turbine work. Scale down machine is made to study the characteristics of pelton turbines on the actual operating environment. Forward engineering activities is a design activity that starts from zero, ie from the start gathering design parameters, to be prototypes, including the determination of parameters of the field conditions, the calculation of the potential and the parameters available, 3D modeling, image-making techniques, the manufacture of prototypes, and testing against prototypes. Making prototypes include the cutting, welding, machining, and scale down the design painting. Dalam Pelton turbines, environmental potential is used as a parameter calculation Head (H), the flow rate (Q), which will be achieved generator rotation (N). Of the potential of the existing environment, it can be calculated on the Pelton turbine blade dimension, namely the runner diameter (D), the number of buckets (n), the optimal jet diameter (d), the width of the opening bucket (a), the width of the bucket (b), bucket depth (t), high bucket (h). From the data the results of these calculations, to design a 3D model for the design of the bucket, runner, and construction scale down as the basis for the manufacturing process.

Keyword : Forward engineering, Scale down, Pelton Turbine, Environment

PENDAHULUAN

Latar belakang dilakukan penelitian ini adalah karena masih kurangnya pasokan listrik dari PLN sehingga sering terjadi pemadaman listrik di seluruh wilayah Indonesia. Salah satu sumber tenaga listrik di Indonesia menggunakan air, yang dikonversi dengan menggunakan turbin air. Salah satu jenis turbin yang digunakan adalah Turbin Pelton.

Selama ini belum ada mesin *scale down* untuk mensimulasikan kondisi lingkungan turbin bekerja. Mesin *scale down* ini dibuat untuk mempelajari karakteristik turbin pelton pada lingkungan operasi sesungguhnya.

Turbin Pelton adalah suatu alat yang bekerja untuk merubah energi kinetik air yang diakibatkan karena adanya energi potensial yang dimiliki oleh air menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros turbin tersebut. Dan perputaran poros dari poros tersebut bisa digunakan untuk memutar generator listrik yang kemudian bisa menghasilkan energi listrik. Pada roda turbin terdapat sudu dan fluida kerja mengalir melalui ruang di antara sudu tersebut. Apabila kemudian ternyata bahwa roda turbin dapat berputar, maka tentu ada gaya yang bekerja pada sudu. Gaya tersebut timbul karena terjadinya perubahan momentum dari fluida kerja yang mengalir di antara sudunya. Jadi, sudu haruslah dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja tersebut. Pemanfaatan turbin pelton biasa digunakan di bendungan atau di dam dan air terjun. Energi kinetik yang timbul dari gerakan air melalui sudu-sudu turbin dimanfaatkan sebagai salah satu sumber tenaga. Semakin besar energi kinetik dari air yang melalui sudu-sudu turbin, maka semakin besar pula tenaga yang dihasilkan sebagai sebuah pembangkit.

Dalam perancangan *scale down* Turbin Pelton, potensi lingkungan yang dijadikan parameter perhitungan adalah *Head* (H), debit aliran (Q), putaran generator yang akan dicapai (N).

Dari potensi-potensi lingkungan yang ada tersebut, dapat dilakukan perhitungan terhadap dimensi sudu Turbin Pelton, yaitu diameter *runner* (D), jumlah *bucket* (z), diameter jet optimal (d), lebar bukaan *bucket* (a), lebar *bucket* (b), kedalaman *bucket* (t), tinggi *bucket* (h).

Gambar 1. Geometri *bucket* Turbin Pelton¹

Prinsip kerja *scale down* turbin pelton ini adalah *runner* Turbin Pelton digerakkan oleh air yang ditembakkan melalui sebuah *nozzle*. *Nozzle* tersebut dihubungkan ke pompa. Pompa tersebut mengambil air dari dalam bak yang dibuat di bawah konstruksi tutup bak yang merupakan tempat duduk *runner*, *nozzle*, pompa, generator, dan alat ukur. Pada pipa penghubung antara *nozzle* dengan pompa dibuat sebuah katup pembuangan air yang berfungsi untuk mengatur tekanan dan debit air yang mengalir dari pompa ke *nozzle*. Posisi sudut tembak *nozzle* dibuat bisa diatur supaya mudah untuk mencari posisi optimal tembakan air dari *nozzle* ke *runner*. Air yang ditembakkan *nozzle* ke *runner* akan jatuh kembali ke dalam bak. *Runner* inilah yang menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik.

METODE PENELITIAN

Kegiatan ini menggunakan metode rancang maju, yaitu proses perancangan yang dimulai dari nol, hanya mempunyai informasi mengenai fungsi dan parameter-parameter kerjanya dan kemudian merancang produk berdasarkan hal tersebut. Parameter-parameter kerja yang digunakan berdasarkan kondisi lingkungan kerja Turbin Pelton 200 kW.

Kegiatan ini meliputi penetapan parameter kondisi lapangan, kalkulasi terhadap potensi dan parameter, pemodelan 3D, pembuatan gambar teknik, pembuatan prototip, dan pengujian terhadap prototip. Pembuatan

prototip meliputi proses *cutting*, *welding*, *machining*, dan *painting*.

Pengujian prototip dilakukan dengan cara memberikan beban terhadap keluaran generator. Beban yang digunakan adalah lampu pijar daya 100 W, tegangan 220 V. Dari pembebanan tersebut, dapat diketahui torsi dari turbin tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan turbin pelton kapasitas 200 kW, diperoleh kesimpulan kebutuhan untuk komponen-komponen *scale down* yaitu :

- a. Pompa
 - Head (H_{maks}) : 15 m
 - Debit aliran (Q_{maks}) : 7,5 l/s
 - Tekanan (P) : 1 kg/cm²
- b. Nozzle
- c. Diameter nozzle (d) : 14 mm
- d. Generator/runner
 - Putaran ($N = N_s$) : 1500 rpm

Dari hasil perhitungan, diperoleh bentangan geometri *bucket* dan *runner* turbin yang dipakai untuk *scale down*. Dari parameter yang ada, didapat hasil perhitungan geometri *scale down* turbin pelton sebagai berikut, diameter *runner* (D) = 105 mm, jumlah *bucket* (z) = 16, diameter jet optimal (d) = 14 mm, lebar bukaan *bucket* (a) = 16.8 mm, lebar *bucket* (b) = 39 mm, kedalaman *bucket* (t) = 12.6 mm, tinggi *bucket* (h) = 36 mm.

Geometri yang akan dipakai disesuaikan dengan model Turbin Pelton yang ada di pasaran.

Setelah geometri *bucket* diketahui, langkah selanjutnya adalah membuat pemodelan 3D untuk *bucket* dan *runner*.

Gambar 2. Model 3D *runner* dan *bucket scale down*

Setelah diperoleh model 3D dari *bucket* dan *runner*, desain 3D dari konstruksi *scale down* Turbin Pelton dapat dibuat.

Gambar 3. Model 3D konstruksi *scale down* Turbin Pelton

Pengaturan pada komponen tersebut khususnya adalah pengaturan kelurusan antara poros turbin dengan poros generator yang dihubungkan dengan *flexible coupling*. Berikutnya adalah perakitan komponen-komponen lain, yaitu pompa, sistem perpipaan, alat ukur (*flow meter* dan *pressure gauge*), dan *nozzle*. Pada perakitan komponen-komponen ini, yang harus diperhatikan adalah pengaturan posisi *nozzle* yang paling optimal terhadap *runner* turbin.

Ketika proses perakitan berjalan, proses lain yang dapat berjalan secara paralel adalah proses pengujian kebocoran bak. Proses pengujian kebocoran ini dilakukan dengan cara mengisi penuh bak dengan air, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap dinding bak dan lingkungan sekitar apakah ada rembesan atau tetesan air yang keluar dari bak tersebut. Pengujian ini dilakukan selama satu hari. Apabila setelah didiamkan selama satu hari lingkungan bak tidak basah atau ada rembesan air dari bak, maka bak tersebut dinyatakan tidak ada kebocoran dan siap untuk dilakukan pengecatan.

Pengujian terhadap *scale down* turbin pelton dilakukan dengan membandingkan antara beban, daya, dan torsi. Beban yang digunakan adalah lampu Phillip 220-240 V, 100 W.

Tabel 1 menunjukkan hasil simulasi perhitungan teoritis perbandingan daya, torsi, dan diameter *runner* pada potensi alam yang sama. Potensi yang digunakan dalam perhitungan ini adalah tekanan air sebesar 1 kg/cm².

Tabel 1. Hasil simulasi perhitungan

No.	Daya (Watt)	Torsi (N.mm)	Diameter Runner (mm)
1.	100	0,8085	106
2.	200	1,7547	228
3.	300	2,8020	364
4.	400	4,049	526
5.	500	5,4421	707
6.	600	6,9337	900
7.	700	8,5336	1108
8.	800	10,2639	1333
9.	900	11,9985	1558
10.	1000	13,7940	1791

Tabel 2. Hasil pengujian

No.	Beban Daya (W)	Torsi (N.mm)	
		Pengujian 1	Pengujian 2
1	100	0,817	0,802
2	200	1,755	1,723
3	300	2,802	2,764
4	400	4,049	3,998
5	500	5,442	5,375
6	600	6,934	6,843
7	700	8,534	8,447
8	800	10,264	10,141
9	900	11,998	11,932
10	1000	13,794	13,794

Hasil pengujian pembebanan terhadap mesin *scale down* yang ditunjukkan pada tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian dengan menggunakan beban lampu 100 W, diperoleh torsi sebesar 0,817 N.m dan 0,802 N.m. Hal ini sesuai dengan nilai torsi yang diperoleh dari hasil perhitungan pada tabel 1, torsi pada daya 100 W sebesar 0,8085 N.m. Dari nilai torsi yang ada, dapat dicari dimensi dari *runner*.

Tabel 3. Tabel ANOVA

Sampel	Torsi (N.mm)		
	Hasil Perhitungan	Pengujian 1	Pengujian 2
100	0,8085	0,817	0,802
200	1,7547	1,755	1,723
300	2,8020	2,802	2,764
400	4,049	4,049	3,998
500	5,4421	5,442	5,375
600	6,9337	6,934	6,843
700	8,5336	8,534	8,447

800	10,2639	10,264	10,141
900	11,9985	11,998	11,932
1000	13,7940	13,794	13,794

Dari tabel analisis varian di atas, dengan menggunakan dua metode pengujian yaitu pertama berdasarkan urutan nilai pembebanan terkecil ke terbesar, dan kedua berdasarkan urutan nilai pembebanan terbesar ke terkecil, serta dari hasil perhitungan teoritis, diperoleh bahwa nilai torsi pada *runner* berbanding linier dengan besarnya data yang dihasilkan pada generator. Dengan demikian hasil uji dan perhitungan teoritis terbukti sesuai dengan analisis.

KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat disimpulkan bahwa dengan potensi lingkungan yang sama, dapat dihasilkan daya listrik yang lebih besar dengan cara merubah diameter *runner*. Mesin *scale down* ini dapat digunakan untuk melakukan simulasi penggunaan variasi diameter *runner* untuk uji coba pengaruh perbedaan ukuran tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini dapat terselenggara atas bantuan berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kepala Balai Besar Logam dan Mesin atas saran dan arahnya dalam kegiatan penelitian ini.
2. Kepala Bidang Penelitian dan Pengembangan atas sumbang saran dan ide dalam proses pelaksanaan kegiatan ini.
3. Kepala Seksi Perancangan Keteknikan atas bantuan pengorganisasian semua pihak terkait sehingga terlaksananya kegiatan ini dengan baik.
4. Rekan-rekan Peneliti dan Perekayasa, dan seluruh staf fungsional umum Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM/MIDC) atas bantuannya dalam melakukan eksplorasi terhadap elemen-elemen penting dalam kegiatan.

Pihak-pihak terkait yang telah membantu kelancaran kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Eisenring M., 1991, *Micro Pelton Turbines*, SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology, StGallen, Switzerland
- ²Panthee, A., Neopane, H. P., Bhola Thapa, 2014, *CFD Analysis of Pelton Runner*, International Journal of Scientific and Research Publications.
- ³Inversin, A. R., 1980, *A Pelton Micro-Hydro Prototype Design*, Appropriate Technology Development Institute UNITECH
- ⁴Hadimi, Supandi dan Rohermanto A., 2006, *Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini Sebagai Media Simulasi/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi Dan Mekanika Fluida*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika.
- ⁵Furnes K., 2013, *Thesis : Flow In Pelton Turbines*, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology.
- ⁶Nechleba M., 1957, *Hydraulic Tubines : Their design and Equipment*, Constable & Co. Ltd.
- ⁷Dhakan P. K. and Chalil A. B. P., 2013, *Design And Construction Of Main Casing For Four Jet Vertical Pelton Turbine*, Hydel Research and Development Centre, Jyoti Limited, Vadodara, India.
- ⁸Rochim T., 1990, *Tujuh Tahapan Dalam Rekayasa Peniruan*, MPE (Mechanical Production Engineering), FTMD-ITB.
- ⁹Husain Z., Abdullah Z., dan Alimuddin Z., 2008 *Basic Fluid Mechanics and Hydraulic Machines*, BS Publications.