

OTOMATISASI PERENCANAAN TURBIN AIR JENIS PELTON

Darto¹

Abstrak

Turbin air merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi potensial air diubah menjadi energi mekanis. Pengkonversian energi yang dilakukan oleh turbin air tersebut dapat dilakukan secara implus yang diwakili turbin air jenis Pelton. Dimana proses impuls yang terjadi pada turbin air Pelton yaitu dengan mengubah seluruh potensi energi air (potensial, kecepatan dan tekanan) yang tersedia diubah menjadi energi kinetik yang memutar tubin untuk menghasilkan energi putar. Guna memaksimalkan dan mengotomatisasi perencanaan turbin air jenis Pelton maka dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak TURBNPRO 3. Perangkat lunak TURBNPRO 3 memfasilitasi perancang untuk melakukan berbagai macam pemodelan sehingga didapatkan kondisi maksimal sesuai dengan kondisi di lapangan. Di samping itu dengan menggunakan perangkat lunak ini maka perancang juga bisa langsung mendapatkan dimensi serta grafik jangkauan kerja dari turbin yang dirancang.

Kata kunci: desain, turbin air Pelton, perangkat lunak TURBNPRO 3

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi komputer saat ini sangat bisa dirasakan dengan berimbasnya pada pengembangan perangkat lunak di segala lini kehidupan. Tidak terkecuali dalam proses perancangan di bidang teknik mesin. Satu diantara banyak pengembangan tersebut adalah perangkat lunak dalam menunjang desain turbin air. Perangkat lunak tersebut adalah TURBNPRO yang mana dengan perangkat tersebut maka kita dapat merencanakan pembuatan turbin air sesuai dengan kondisi di lapangan. Di samping itu juga menggunakan perangkat lunak ini kita bisa memilih jenis turbin yang dikehendaki.

Berdasarkan telaah di lapangan maka jenis turbin yang dirancang dalam penelitian ini adalah turbin air jenis Pelton. Cara kerja turbin jenis ini adalah mengubah semua potensi yang dimiliki oleh air (potensial, kecepatan tekanan) yang tersedia yang kesemuanya diubah menjadi energi kinetik.

Secara umum yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah bagaimana bisa dirancang

turbine air jenis Pelton yang teliti, cepat dan efisien dengan berbantuan perangkat lunak TURBNPRO.

TINJAUAN PUSTAKA

Turbin air mengubah energi potensial menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan menggunakan generator listrik menjadi energi listrik. Turbin air dikembangkan untuk digunakan sebagai penyangga energi yang dibutuhkan oleh industri maupun non-industri. Turbin jenis ini merupakan pembangkit energi yang terbaharukan dengan ditopong oleh energi potensial air.

Karakteristik turbin air secara umum adalah sebagai berikut:

1. Rasio kecepatan (ϕ)

Perbandingan antara kecepatan keliling linier turbin pada ujung diameter nominalnya dibagi dengan kecepatan teoritis air melalui curah dengan ketinggian sama dengan tinggi air terjun (H_{netto}) yang bekerja pada turbin.

$$\phi = \frac{v_{\text{linier}}}{\sqrt{2gH}}$$

Dimana $v_{\text{linier}} = (\pi ND)/60$ sehingga

¹ Dosen Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

$$\phi = \frac{ND}{84.6\sqrt{H}}$$

Dengan N adalah putaran turbin (rpm); D adalah diameter karakteristik turbin yang biasanya digunakan diameter nominal dan H adalah tinggi terjun efektif (m)

2. Kecepatan satuan (Nu)

Kecepatan putar turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun (H) satu satuan panjang.

$$Nu = \frac{ND}{\sqrt{H}}$$

3. Debit satuan (Qu)

Debit yang melalui suatu saluran dengan tinggi terjun sama dengan tinggi terjun (H)

$$Qu = \frac{Q}{D^2\sqrt{H}}$$

4. Daya satuan (Pu)

Daya turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun (H_{netto}) satu satuan panjang efektif

$$Pu = \frac{P}{D^2H^{3/2}}$$

5. Kecepatan spesifik (Ns)

Kecepatan putar turbin yang S menghasilkan daya satu satuan daya pada tinggi terjun (H_{netto}) satu satuan panjang.

$$Ns = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

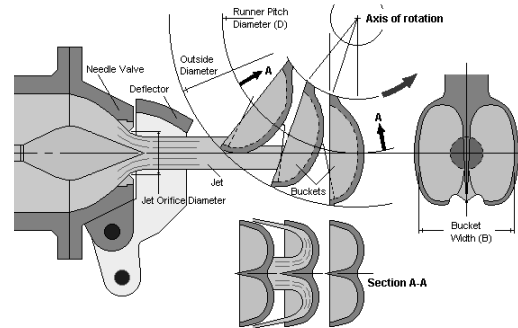
6. Diameter spesifik (Ds)

Diameter turbin yang menghasilkan S daya sebesar satu satuan daya pada tinggi terjun (H) satu satuan panjang netto.

$$Ds = \frac{DH^{3/4}}{\sqrt{P}}$$

Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin air yang prinsip kerjanya memanfaatkan energi potensial air sebagai energi listrik tenaga air. Prinsip kerja turbin pelton adalah memanfaatkan daya fluida dari air untuk menghasilkan daya poros.



Gambar 1. Konstruksi turbin Pelton

Pada turbin pelton energi potensial air berubah menjadi energi kinetik melalui nosel disemprotkan ke bucket untuk dirubah menjadi energi mekanik yang digunakan untuk memutar poros generator. Pada proposal tugas akhir ini dibuat suatu perancangan turbin Pelton mikrohidro dengan menggunakan tinggi jatuh air (head) sebesar 25 meter dan debit aliran air sebesar 100 liter per detik serta menggunakan putaran generator sebesar 375 rpm. Perancangan turbin Pelton ini meliputi komponen utama dan komponen pendukung antara lain penstock, nosel, sudu runner, dan rumah turbin. Sehingga didapatkan desain turbin Pelton yang bekerja secara optimal.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam desain turbin air jenis Pelton dengan berbantuan perangkat lunak TURBNPRO 3 parameter awal yang perlu dimasukkan adalah sebagai berikut:

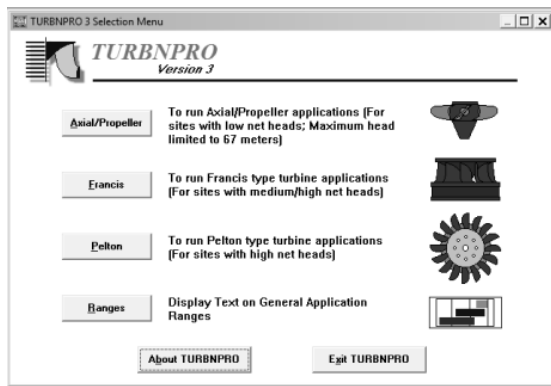
1. Rata-rata debit semburan (Q_{av}) = 0.5 m³/detik
2. Rata-rata ketinggian semburan (H_{av}) = 7.5 m
3. Posisi ketinggian kotor (H_{gross}) = 10 m
4. Efisiensi maksimum luaran (η_{out}) = 8

5. Frekuensi sistem (f) = 50 Hz
6. Minimum ketinggian bersih ($h_{\text{netto min}}$) = 5.5 m
7. Maksimum ketinggian bersih ($h_{\text{netto max}}$) = 10 m

Nilai parameter tersebut dihasilkan berdasarkan proses simulasi yang telah dilakukan terlebih dahulu sebelum melaksanakan otomatisasi perencanaan turbin.

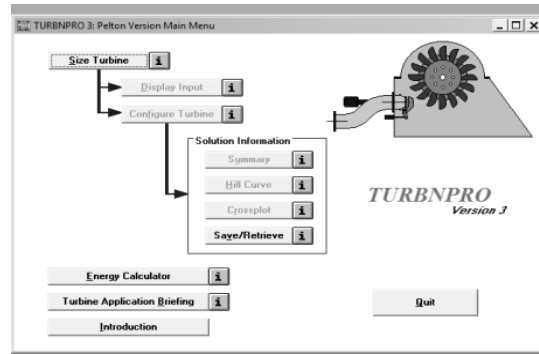
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perencanaan turbin dengan menggunakan perangkat lunak TURBNPRO 3 terdapat menu pilihan. Yang mana menu pilihan tersebut disesuaikan dengan jenis turbin yang akan dirancang. Dalam penelitian ini penulis merancang turbin air jenis Pelton, yang mana menu turbin jenis ini merupakan turbin yang membutuhkan ketinggian head yang cukup tinggi.



Gambar 2. Menu pilihan TURBNPRO v3

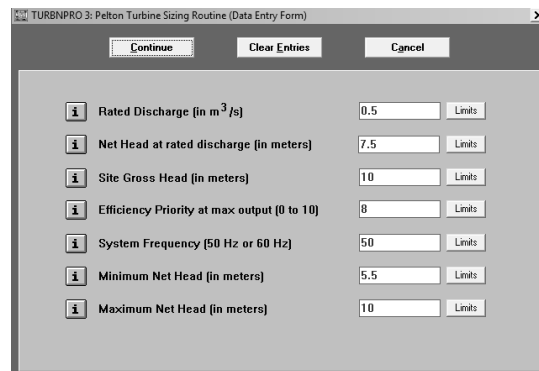
Selanjutnya setelah memilih jenis turbin air yang dirancang yaitu jenis Pelton maka langkah selanjutnya adalah menu utama dalam perancangan turbin jenis Pelton seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Menu utama perancangan turbin Pelton

Langkah 1. Menentukan ukuran turbin

Dalam langkah ini merupakan proses memasukkan data yang diperoleh dari lapangan. Adapun nilai dari parameter tersebut adalah seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Parameter kondisi awal perencanaan

Langkah 2. Solusi dimensi perencanaan turbin

Langkah ini memunculkan beberapa alternatif pilihan terhadap dimensi awal turbin Pelton yang dimungkinkan untuk menghasilkan daya sebesar 33 kW seperti pada gambar 4.

Solution	Runner Diameter	Runner Diameter	Unit Speed	Specific Speed/Jet	Number of Jets
Number	Millimeters	Inches	rpm	NS	Qty
1	2228	87.7	49.2	22.7	1
2	2267	89.3	48.4	22.4	1
3	1570	61.8	69.8	22.8	2
4	1610	63.4	68.2	22.3	2
5	1396	53.4	81.1	21.6	3
6	1395	54.9	78.9	21.1	3
7	1173	46.2	93.8	21.7	4
8	1212	47.7	90.9	21.0	4
9	1142	45.0	96.8	20.0	5
10	1181	46.5	93.8	19.4	5
11	1070	42.1	103.4	19.5	6
12	1109	43.7	100.0	18.9	6

Preliminary Output: 33 KW

Gambar 4. Dimensi alternatif perencanaan Turbin Pelton

Pada langkah ini kita harus menentukan pilihan alternatif dimensi turbin. Untuk kasus ini kita memilih solusi ke-1 dengan rincian data sebagai berikut:

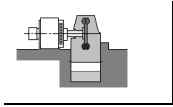
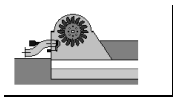
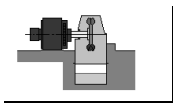
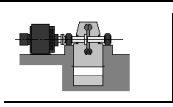
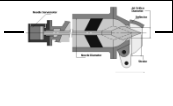
Diameter runner : 2228 mm

Kecepatan : 49.2 rpm

Kecepatan spesifik : 22.7 NS (net scale)

Jumlah nosel : 1 unit

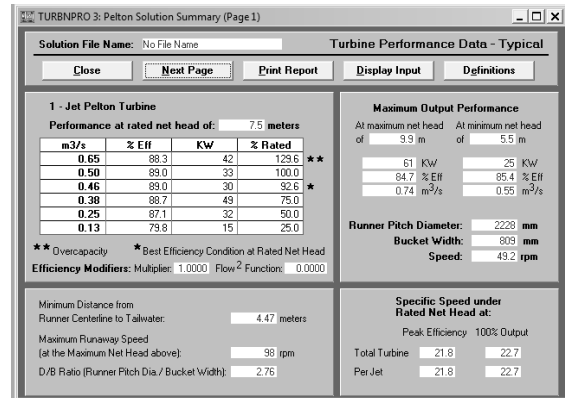
Berdasarkan solusi tersebut maka perangkat lunak langsung bisa menampilkan konfigurasi turbin Pelton sebagai berikut:

Orientasi poros turbin	horisontal	
Jumlah nosel	1 unit	
Posisi poros turbin pada generator	overhang	
Penumpu poros turbin	bearing	
Servomotor	eksternal	

Gambar 5. Konfigurasi perencanaan turbin Pelton

Berdasarkan konfigurasi perencanaan turbin Pelton seperti gambar 5 maka bisa dimunculkan informasi solusi dari jenis perencanaan yang telah kita tentukan. Adapun informasi solusi yang bisa dilihat adalah sebagai berikut:

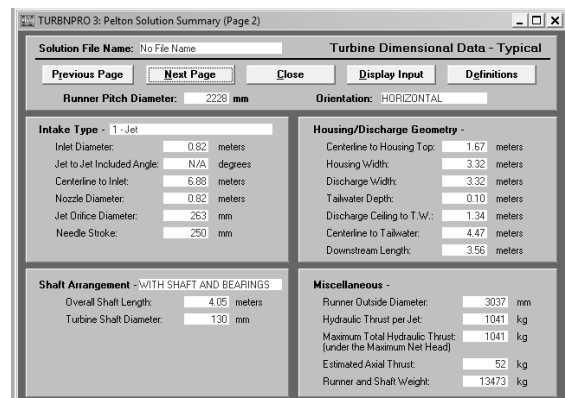
Solusi perencanaan turbin Pelton pertama



Gambar 6. Solusi pertama perencanaan

Berdasarkan solusi pertama perencanaan turbin air jenis Pelton rata-rata ketinggian bersih sebesar 7.5 m, debit sebesar 0.46 m³/detik, efisiensi turbin 89%, luaran daya sebesar 30 kW. Di samping itu kecepatan spesifik pada kondisi ketinggian bersih mempunyai efisiensi turbin sebesar 21.8% dan efisiensi turbin terhadap luaran maksimum sebesar 22.7%

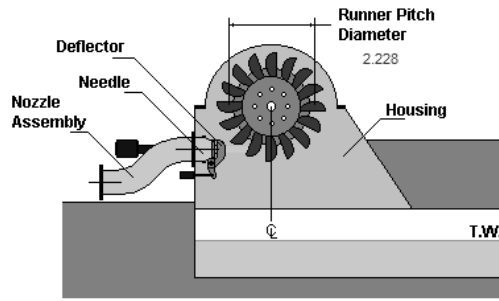
Solusi kedua perencanaan turbin Pelton



Gambar 7. Solusi kedua perencanaan

Berdasarkan solusi kedua perencanaan turbin air jenis Pelton maka dapat dilihat bahwa tipe nosel mono, pengaturan poros berjenis poros dan bantalan, orientasi poros horisotal, dengan diameter pitch runner 2228 mm.

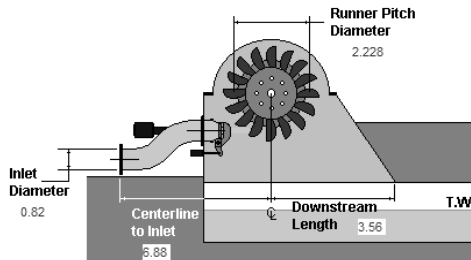
Layout perencanaan turbin Pelton



Gambar 8. Layout perencanaan

Layout perencanaan turbin air jenis Pelton tergambar secara jelas bahwa bagian pokok dari sistem pembangkit daya berbasis daya air adalah rangkaian nosel, needle, deflektor, runner dan housing turbin.

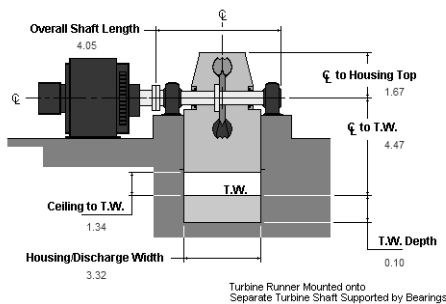
Data aliran fluida turbin Pelton



Gambar 9. Data aliran fluida

Berdasarkan gambar data aliran fluida didapat diameter pipa penampung fluida sebesar 0.82 m, diameter jarak bagi runner sebesar 2228 mm, jarak pusat sumbu poros dengan pipa masuk sebesar 6.88 m serta panjang aliran bawah sebesar 3.56 m.

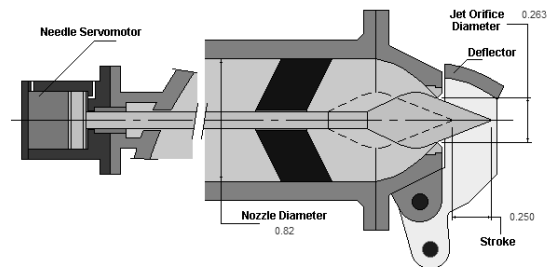
Pengaturan turbin Pelton



Gambar 10. Dimensi pengaturan turbin

Berdasarkan gambar dimensi pengaturan turbin air jenis Pelton di dapatkan panjang poros 4.05 m, lebar bidang semburan 3.32 m, selisih permukaan air dengan rumah turbin 1.34 m, kedalaman aliran air terhadap permukaan air 0.10 m, jarak sumbu poros terhadap permukaan air 4.47 m dan jarak antara sumbu poros dengan tinggi rumah turbin sebesar 1.67 m.

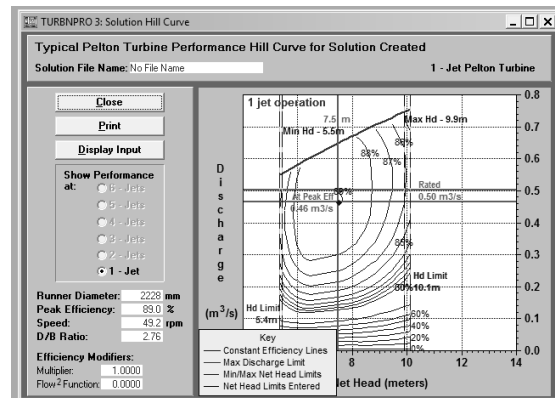
Data nosel turbin Pelton



Gambar 11. Sistem kerja nosel turbin

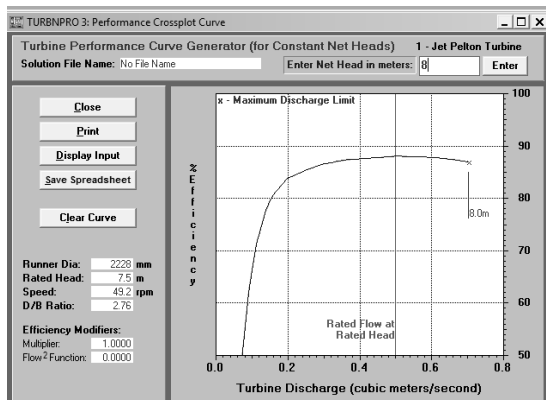
Nosel turbin Pelton yang direncanakan menggunakan sistem eksternal servomotor. Yang mana dimensi diameter nosel sebesar 0.82 m dengan jarak langkah piston pengatur sebesar 0.25 m serta diameter cekikan nosel sebesar 0.263 m.

Kurva unjuk kerja turbin Pelton hasil perencanaan



Gambar 12. Kurva unjuk kerja turbin hasil perencanaan

Berdasarkan kurva unjuk kerja turbin hasil perencanaan dengan satu nosel bisa dilihat bahwa efisiensi puncak turbin sebesar 89% pada kondisi kecepatan fluida $0.46 \text{ m}^3/\text{detik}$, tinggi bersih maksimum 9.9 m, tinggi bersih minimum 8.8 m serta pada kondisi kecepatan 49.2 rpm. Dari kurva itu pula dapat dilihat bahwa semakin besar debit yang terjadi maka puncak efisiensi turbin akan semakin menurun. Kurva unjuk kerja turbin Pelton berdasarkan ketinggian bersih



Gambar 13. Kurva unjuk kerja berdasarkan ketinggian bersih

Sama seperti hasil dari kurva unjuk kerja turbin berdasarkan perencanaan maka bisa ditentukan besarnya batas maksimum ketinggian semburan dari nosel. Jika nilai maksimum ketinggian semburan dari nosel di masukkan angka 8 maka didapat kondisi efisiensi turbin maksimum sebesar 89% pada kondisi debit $0.46 \text{ m}^3/\text{detik}$. Jika kita telusuri secara mendetail maka semua angka yang dimunculkan dalam solusi perencanaan turbin air jenis Pelton maka semua angka dimensinya adalah seragam baik dalam tabel hasil perhitungan maupun dalam kurva unjuk kerja baik berdasarkan perencanaan maupun berdasarkan ketinggian bersih.

SIMPULAN

1. Telah bisa diotomatisasikan proses perencanaan turbin air jenis Pelton dengan diameter runner 2228 mm, kecepatan runner 49.2 rpm, kecepatan spesifik 22.7 NS serta jumlah nosel 1 unit jenis eksternal.
2. Unjuk kerja turbin air jenis Pelton berdasarkan perencanaan secara otomatisasi maksimum sebesar 88% atau setara dengan $0.46 \text{ m}^3/\text{detik}$.
3. Unjuk kerja turbin jenis Pelton berdasarkan ketinggian bersih sebesar sebesar 89% pada ketinggian 7.5 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Jeremy Thake, **The Micro-Hydro Pelton Turbine Manual: Design, Manufacture and Installation for Small-Scale Hydro-Power**, Practical Action, ISBN: 1853394602, 2001
- Loice Gudukeya, Ignatio Madanhire, **Effeciency Improvement of Pelton Wheel and Cross Flow Turbine in Micro-Hydro Power Plant**, International Jurnal of Engineering And Computer Science ISSN:2319-7242 Volume 2 Issue 2 February Page No. 416-432
- Marcus Eisenring, **Micro Pelton Turbines**, ITDG, Rugby, England, 1994
- M. Galal Rabie, **Fluid Power Engineering**, McGrawHill, New York, 2009
- Robert B. McMillan, **Rotating Machinery**, The Fairmont Press Inc., Georgia, 2004
- Voith Hydro, **Pelton Turbines**, MSW Printed, Germany, 2009