

ANALISIS PENGUJIAN SIMULATOR TURBIN AIR SKALA MIKRO

Oleh

Bambang hermani

bang2hermani@gmail.com. TM-Untag-Crb

ABSTRAK

Pengkajian rancang bangun simulator turbin air skala mikro dimaksudkan untuk penanding turbin skala proyek pembangkit listrik tenaga air, dengan sumber energi *potencial head water* dibentuk dari model pengganti sebuah pompa setrifugal dengan debit tetap, diedarkan diantara katup spear sisi masuk turbin air dan sisi keluar bak penampung.

Skala pengukuran parameter unjuk kerja turbin air skala mikro ditetapkan lewat pendekatan alat – alat ukur skala industri, yang diantaranya seperti pengukuran beban setimbang pada *mechanical brake dynamometer, water flow meter, pressure gauge, timer, Amp dan Volt meter*, pengujian ini dilakukan untuk diperoleh data-data rekam parameter serta variabel unjuk kerja turbin air skala mikro dengan metode kalkulasi dalam persamaan dasar yang diberikan secara teori.

Hasil kalkulasi data pengujian akan diperoleh karakteristik unjuk kerja turbin air skala mikro dengan model simulasi perubahan *water head* diperoleh karakteristik pengujian pada head total 12 m dan pembukaan katup spear K 100% adalah $n_t = 1600$ rpm, $whp=413.5$ W $bhp=195.0$ W, $\eta_t = 48.7$ % : pada head total 14 m dan pembukaan katup spear 100 % adalah $n_t = 1600$ rm, $whp =552,2$ W, $bhp =247.8$ W, $\eta_t = 33.3$ %.

Kata kunci: simulator turbin air mikro, parameter unjuk kerja

1. Tujuan Pengujian

Pembuatan simulator turbin air skala mikro merupakan bentuk pengisi tambahan teori pengajaran dan alat peraga dari jenis dan sistim konversi energi dari potensi air pada sumber aliran sungai yang terletak di ketinggian tertentu dengan debit air tertentu.

Simulasi alat ini dimaksudkan untuk tandingan dari turbin air skala sebenarnya, dari pengujian yang akan dilakukan maka dapat direkam parameter data serta variabel unjuk kerja turbin air dapat dikalkulasi dalam persamaan dasar yang diberikan teori.

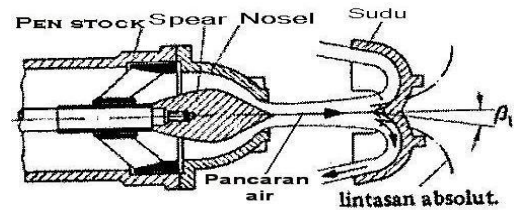
Hasil kalkulasi data rekam pengujian akan diperoleh gambaran dengan tingkatan kecenderungan tertentu dan karakteristik dari turbin tersebut.

Penunjukan karakteristik turbin air dari hasil pengujian dapat dipakai untuk acuan perancangan turbin air dalam skala pembangkit listrik tenaga air sebenarnya dengan keadaan sumber daya air yang tersedia serta dapat di upayakan efisiensi turbin air, tetap maksimum.

2. Turbin Pelton

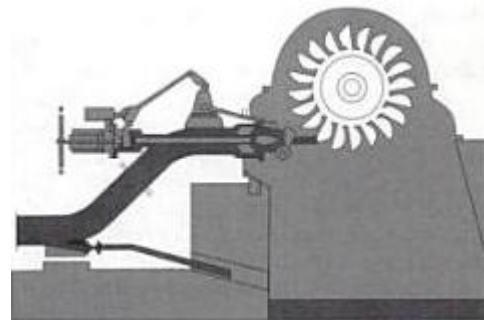
Turbin Pelton termasuk turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas karena tekanan air keluar dari nosel sama dengan tekanan udara luar.

Dalam instalasi turbin air ini, energi air diubah seluruhnya jadi kecepatan air keluar dari lubang nosel sebelum masuk roda turbin. Perubahan energi ini dilakukan di dalam nosel dapat dilihat pada gambar.2.1. dimana tinggi energi potensial yang dimiliki air, diubah jadi energi kinetik.



Gambar.2.1. Irisan Katup Spear&Sudu

Pancaran air yang keluar dari nosel akan dihempaskan ke sudu/mangkok turbin terpasasang pada sekeliling roda jalan. Tidak semua sudu terkena hempasan pancaran air, tetapi secara bergantian tergantung pada posisi tersebut. Jumlah nosel tergantung pada besarnya kapasitas air, dapat bervariasi dari satu sampai enam nosel. Turbin Pelton diperuntukan pada posisi tinggi jatuh air yang besar, dengan kecepatan spesifik dari satu sampai limabelas. Gambar2.2. adalah sketsa turbin pelton dan gambar.2.3. adalah inslasi pengujian turbin air skala mikro.

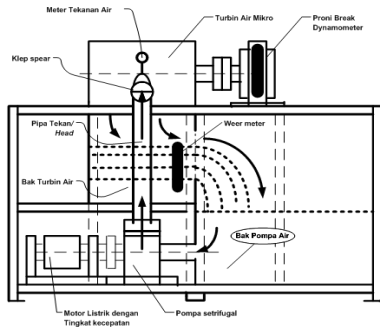


Gambar2.2. sketsa terpotong Turbin Pelton

Turbin jenis ini terdapat sisi keluar yang bebas dan distel cukup tinggi diatas muka air agar dalam perjalanan sudu turbin tidak terkena air balikan. Garis pusat dari pancaran air/*Jet* harus bersinggungan dengan garis lingkaran jarak bagi sudu atau mangkok turbin. Kecepatan keliling dari mangkok atau sudu terjadi akibat dari hempasan air/*impact*, tergantung, jumlah dan ukuran spuyer/*jet* serta kecepatan spuyer itu sendiri.

Kepatan spuyer tergantung pada ketinggian air/*Head* diatas nosel dan efisiensi untuk memperoleh efisiensi yang bagus harus terdapat hubungan antara kecepatan keliling

dan kecepatan spuyer dan dijelaskan selanjutnya.



Gambar.2.2. Intalasi Pengujian Turbin Air

3. Sistim Pengujian

Sistim simulasi pengujian jenis turbin *impuls*, terdiri atas unit turbin air lengkap dengan *brake dynamometer* dan pompa air sentrifugal sebagai simulasi energi potensial air setara dengan energi masukan yang akan diubah jadi daya poros turbin dapat diartikan sebagai *water horse power* yang dirumuskan sebagai :

$$whp = Ha \cdot Qa \cdot \rho \quad (W) \quad [1]$$

Daya motor pompa adalah :

$$N = 2\pi n \cdot F \cdot L / 60 \quad (W) \quad [2]$$

Actual head pompa adalah :

$$H' = N \cdot \eta_p / Qa \cdot \rho \quad (m) \quad [3]$$

Torsi turbin air adalah :

$$T = F_{ti} \cdot L_{ti} \quad [Nm] \quad [4]$$

Brakr horse power tubin air adalah :

$$bhp = 2\pi n \cdot T / 60 \quad [W] \quad [5]$$

Efesiensi turbin air adalah :

$$\eta_t = bhp / whp \times 100 \% \quad [6]$$

Debit air teoristis lewat nosel adalah :

$$Qt = \varphi / \sin\alpha \cdot A \cdot V$$

$$Qt = (\varphi / \sin\alpha) \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot 2 \cdot g \cdot Ha \quad [7]$$

Ketentuan :

$$\varphi = 0.8 \text{ samapai } 0.88$$

$$\alpha = 67.5^\circ$$

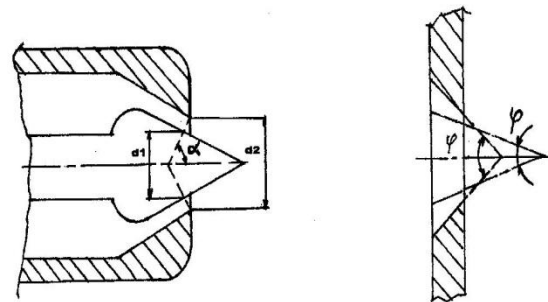
$$d_1 = 19.05 \text{ mm setara } 0.019 \quad [m]$$

$$d_2 = (1-k) \cdot d_1 \quad \text{dan}$$

k = presentase bukaan katup spear dari 25% . 50%, 75% sampai 100%)

$$g = \text{gravitasi bumi } 9.81 \quad [m/s]$$

Ha = tinggi energi nyata / actual head



Gambar.3.1. sudut nosel katup spear

Efisiensi nosel dinyatakan dengan :

$$\eta_{nz} = (Qa/Qt) \times 100 \% \quad [8]$$

dimana :

Qa = kapasitas aliran nyata sisi keluar turbin

Qt = kapsiatas aliran teoristis

Efisiensi sudu tunggal turbin air adalah :

$$\eta_s = 2(V-u)^2 \cdot (1+\cos\theta) \cdot u / V^3 \quad [9]$$

agar diperoleh harga kecepatan pancaran/*Jet* maksimum, maka efisiensi juga maksimum bila kita integrasikan berikut :

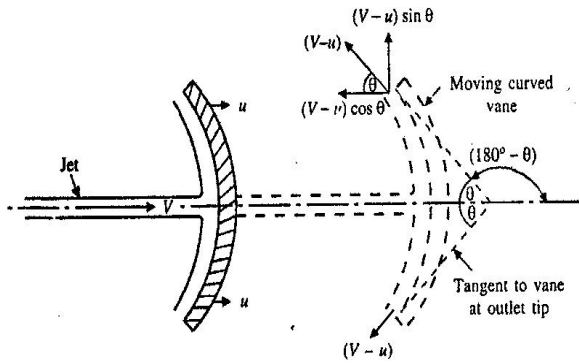
$$\frac{d\eta}{du} = 0$$

$$\frac{d}{du} [2(V-u)^2 \cdot (1+\cos\theta) \cdot u / V^3] = 0$$

$$(V-u)(V-3u) = 0$$

Diperoleh :

$$u = V \text{ atau } u = V/3 \quad [10]$$



Gambar.3.2. pancaran air ke sudu jalan

4. Data rekam parameter pengujian

Tabel.4.1. pada $H_t = 12$ m dan $K = 100\%$

n_t (rpm)	Q_a (m^3/s)	H_a (m)	F_{ii} (N)	F (N)	Volt	Amp
1600	0.00345	12	7.2	3.0	220	8.5
1700	0.00345	12	7.2	3.5	220	8.5
1800	0.00345	12	7.2	4.0	220	8.5
1900	0.00345	12	7.2	4.1	220	8.5

Tabel.4.2. pada $H_t = 12$ m dan $K = 70\%$

n_t (rpm)	Q_a (m^3/s)	H_a (m)	F_{ii} (N)	F (N)	Volt	Amp
1600	0.00340	13	7.0	2.5	220	8.0
1700	0.00340	13	7.0	3.5	220	8.0
1800	0.00340	13	7.0	4.0	220	8.0
1900	0.00340	13	7.0	4.5	220	8.0

Tabel.4.3. pada $H_t = 12$ m dan $K = 40\%$

n_t (rpm)	Q_a (m^3/s)	H_a (m)	F_{ii} (N)	F (N)	Volt	Amp
1600	0.00283	15	6.8	2.0	220	7.5
1700	0.00283	15	6.8	2.2	220	7.5
1800	0.00283	15	6.8	2.5	220	7.5
1900	0.00283	15	6.8	3.1	220	7.5

Tabel.4.7. pada $H_t = 14$ m dan $K = 100\%$

n_t (rpm)	Q_a (m^3/s)	H_a (m)	F_{ii} (N)	F (N)	Volt	Amp
1600	0.00377	14	9.0	3.1	220	9.0
1700	0.00377	14	9.0	4.7	220	9.0
1800	0.00377	14	9.0	5.0	220	9.0
1900	0.00377	14	9.0	6.2	220	9.0

Tabel.4.8. pada $H_t = 14$ m dan $K = 70\%$

n_t (rpm)	Q_a (m^3/s)	H_a (m)	F_{ii} (N)	F (N)	Volt	Amp
1600	0.00368	15	8.7	3.5	220	9.0
1700	0.00368	15	8.8	4.7	220	9.0
1800	0.00368	15	8.8	5.7	220	9.0
1900	0.00368	15	8.8	6.5	220	9.0

Tabel.4.9. pada $H_t = 14$ m dan $K = 40\%$

n_t (rpm)	Q_a (m^3/s)	H_a (m)	F_{ii} (N)	F (N)	Volt	Amp
1600	0.00297	18	8.4	4.9	220	8.5
1700	0.00297	18	8.4	5.2	220	8.5
1800	0.00297	18	8.4	5.8	220	8.5
1900	0.00297	18	8.4	6.0	220	8.5

5. Pengolahan data parameter pengujian

Tabel.5.1. olahan pada $H_t = 12$ m dan $K = 100\%$

n_t (rpm)	whp (W)	bhp (W)	N_p (W)	H' (m)	T Nm	η_t %
1600	413.5	195.0	80.5	1.8	1.2	48.7
1700	413.5	205.0	85.5	1.9	1.2	49.6
1800	413.5	217.5	90.5	2.1	1.2	52.5
1900	413.5	228.7	95.5	2.2	1.2	55.5

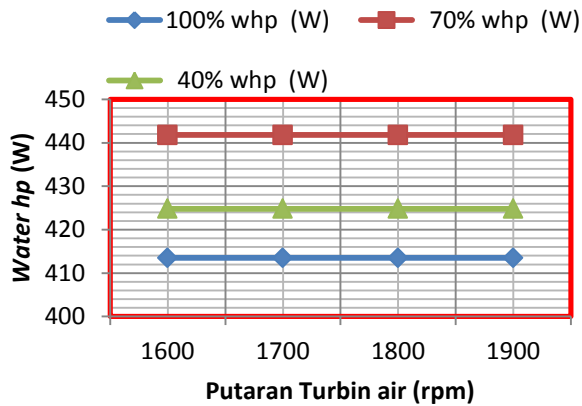
Tabel.5.2. olahan pada $H_t = 12$ m dan $K = 70\%$

n_t (rpm)	whp (W)	bhp (W)	N_p (W)	H' (m)	T Nm	η_t %
1600	441.8	184.9	79.6	1.9	1.1	32.2
1700	441.8	199.4	108.6	2.5	1.1	35.5
1800	441.8	211.1	113.9	2.7	1.1	38.7
1900	441.8	222.8	120.4	2.8	1.1	41.9

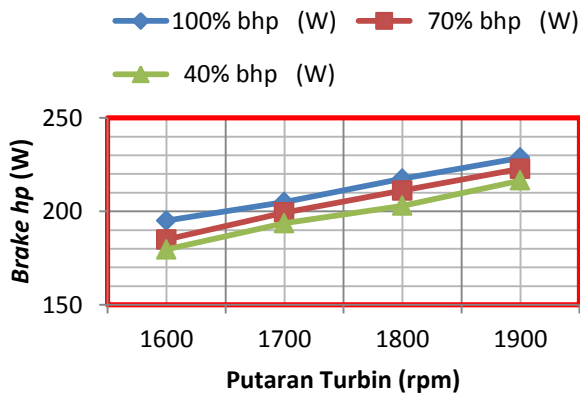
Tabel.5.3. olahan pada $H_t = 12$ m dan $K = 40\%$

n_t (rpm)	whp (W)	bhp (W)	N_p (W)	H' (m)	T Nm	η_t %
1600	424.8	179.6	63.7	1.8	1.0	26.5
700	424.8	193.7	66.4	1.8	1.0	29.3
1800	424.8	203.0	71.2	2.0	1.0	31.2
1900	424.8	216.5	83.1	2.4	1.0	34.6

5.1. Pengolahan grafik pada $H_t=12$ m



Grafik.5.1. Water hp pada $H_t=12$ m $K=$ tetap



Grafik.5.2. Brake hp pada $H_t=12$ m $K=$ tetap

Tabel.5.4. olahan pada $H_t=14$ m dan $K= 100\%$

n_t (rpm)	whp (W)	bhp (W)	N_p (W)	H' (m)	T Nm	η_t %
1600	552.2	247.8	111.4	2.4	1.2	33.3
1700	552.2	250.6	141.7	3.1	1.3	36.5
1800	552.2	265.4	122.4	3.5	1.4	39.9
1900	552.2	280.2	185.1	4.0	1.4	43.3

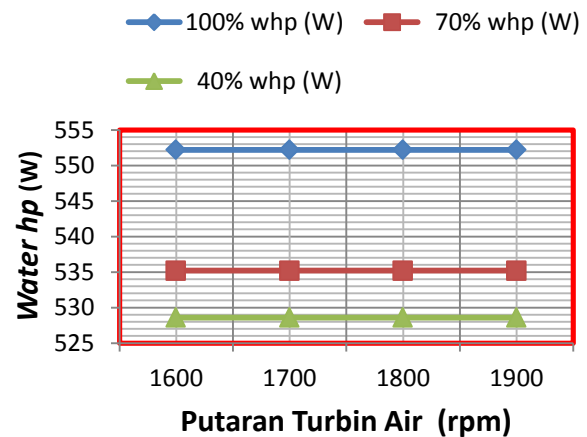
Tabel.5.5. olahan pada $H_t=14$ m dan $K= 70\%$

n_t (rpm)	whp (W)	bhp (W)	N_p (W)	H' (m)	T Nm	η_t %
1600	535.2	238.6	222.5	4.2	1.3	23.5
1700	535.2	253.5	239.2	4.2	1.3	25.9
1800	535.2	271.4	253.3	4.3	1.4	28.2
1900	535.2	286.5	267.4	4.4	1.4	30.6

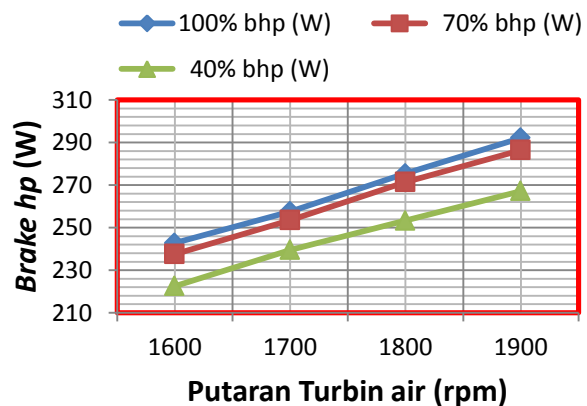
Tabel.5.6. olahan pada $H_t=14$ m dan $K= 40\%$

n_t (rpm)	whp (W)	bhp (W)	N_p (W)	H' (m)	T Nm	η_t %
1600	528.6	222.5	98.7	2.1	1.4	33.3
1700	528.6	239.5	141.7	3.0	1.4	36.5
1800	528.6	253.3	142.4	3.3	1.4	39.9
1900	528.6	267.2	166.2	3.5	1.4	43.3

5.3. pengolahan grafik pada $H_t=14$ m



Grafik.5.3. Water hp pada $H_t=14$ m $K=$ tetap



Grafik.5.4. Brake hp pada $H_t=14$ m $K=$ tetap

6. Kesimpulan

1. Untuk tujuan rancang bangun turbin air, simulator dapat dijadikan dasar acuan keputusan dalam proyek rancangan sebenarnya.

2. Dengan simulator turbin skala mikro, karakteristik unjuk kerja suatu turbin air dapat dipelajari sebelum proyek pembuatan turbin dilaksanakan.
3. Penyesuaian turbin air terhadap data sumber energi air di alam dapat disesuaikan dengan mudah dan akurat.

7. Daftar lambang dan satuan

Lambang	arti	satuan
A	luas bukaan nosel	(m)
bhp	<i>brake horse power</i>	(W)
d_1	diameter bukaan spear	(m)
d_2	diameter lubang nosel	(m)
F	gaya <i>dynamometer</i> pompa	(N)
F_{ti}	gaya <i>dynamometer</i> turbin air	(N)
g	gaya gravitasi bumi	(m/s ²)
H_a	tinggi energi nyata	(m)
H_t	tinggi energi turbin air	(m)
H'	tinggi energi maksimum	(m)
K	bukaan katup	(%)
L	panjang torsi pompa	(m)
L_{ti}	panjang torsi turbin air	(m)
n_t	putaran poros turbin	(rpm)
N_p	daya motor listrik pompa	(W)
Q_a	kapasitas aliran nyata turbin	(m/s ²)
Q_t	kapasitas aliran teoritis	(m/s ²)
T	torsi turbin	(Nm)
u	kecepatan keliling sudu	(m/s)
V	kecepatan pancaran air	(m/s)
whp	water horse power	(m/s)
α	sudut bukaan nosel	
π	bilangan konstanta 3.14	
η_p	efisiensi pompa air	
η_{nz}	efisiensi nosel	
η_s	efisiensi sudu	
η_t	efisiensi turbin air	
θ	sudut segitiga kecepatan	
ρ	berat jenis air 10^4	(N/m ³)
φ	sudut spear	

Daftar Pustaka

- 1) R.K.Rajput Textbook fluid Mechanic & Hydraulic Machine S Chand&Co
- 2) Mekanika Fluida. Bruce R. Munson. Donald F Young. Theodore H Okishi terjemahan Jakarta Erlangga 2005
- 3) Djiteng Marsudi. Pembangkit Listrik. Erlangga 2005
- 4) Nechleba, Miroslav hydraulic turbin Artia Prague
- 5) Dietzel Fritz, Turbin, Pompa dan Kompresor terjemahan Erlangga Jakarta
- 6) Khurmi Gupta Machine Design
- 7) Sumarsono Sumber Energi Terbaharukan BPPT.
- 8) Wibowo Prayatno. Turbin-Air www.grahailmu.co.id.