

Pengujian Modifikasi Dan Perbaikan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton

Abdul Hamid¹, Wandi Saputra²

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam, Jl. Kampus Abulyatama no. 05, Batam Center, 29464, Indonesia

Abstrak

Turbin pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki *runner* turbin. Perubahan energi ini dilakukan didalam *nozzle* dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. Maka perbandingan antara kekuatan sudu dengan kekuatan air yaitu $900 \text{ joule/m}^2 > 324.9 \text{ joule/m}^2$. Jadi sudu turbin aman untuk digunakan karena kekuatan sudu lebih besar dari pada kekuatan air. Rantai tidak terlepas pada *sprocket* dengan putaran maksimum 1485 Rpm selama total waktu 30 menit. *Cover* tidak mengalami kebocoran selama total waktu 30 menit. Selang *pressure gauge* tidak mengalami kebocoran selama total waktu 30 menit. Semakin besar bukaan katup, semakin besar juga rata-rata putaran yang dihasilkan. Putaran turbin yang digunakan untuk memutar generator terbukti bisa menghasilkan listrik yang ditunjukkan dengan meningkatnya *voltase* aki/baterai.

kata kunci : Turbin Pelton, Uji impak.

1. Pendahuluan

Turbin (prasetya,2014) adalah penggerak mula yang merubah energi potensial menjadi energi mekanis pada poros turbin. Dari poros turbin dengan dibantu dengan alat perantara atau transmisi dipakai sebagai mesin penggerak sesuai dengan tipe atau jenis yang dikehendakinya. Turbin pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki *runner* turbin. Perubahan energi ini dilakukan didalam *nozzle* dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. Mahasiswa prodi teknik mesin Uniba perlu mempelajari tentang turbin secara teori dan praktek. Di Uniba saat ini ada Alat Simulasi Turbin Pelton yang akan dimodifikasi untuk menjadi alat uji prestasi turbin pelton. Setelah dilakukan modifikasi tersebut tentunya perlu dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa alat uji prestasi turbin pelton tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Ada dua macam metode uji impak, yakni metode *charpy* dan *izod*, perbedaan mendasar dari metode itu adalah pada peletakan spesimen, Pengujian dengan menggunakan *charpy* lebih akurat karena pada *izod* pemegang spesimen juga turut menyerap energi, sehingga energi yang terukur bukanlah energi yang mampu diserap material seutuhnya. Batang uji *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, Benda uji

Charpy memiliki luas penampang lintang bujur sangkar (10 x 10 mm) dan memiliki takik (*notch*) berbentuk V dengan sudut 45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impak dari ayunan bandul, Serangkaian uji *Charpy* pada satu material umumnya dilakukan pada berbagai *temperature* sebagai upaya untuk mengetahui temperatur transisi. Prinsip dasar pengujian *charpy* ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan. Mula-mula bandul *charpy* disetel di bagian atas, kemudian dilepas sehingga menabrak benda uji dan bandul terayun sampai ke kedudukan bawah jadi dengan demikian, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji ditunjukkan oleh selisih perbedaan tinggi bandul pada kedudukan atas dengan tinggi bandul pada kedudukan bawah (tinggi ayun). Segera setelah benda uji diletakkan, kemudian bandul dilepaskan sehingga batang uji akan melayang (jatuh akibat gaya gravitasi). Bandul ini akan memukul benda uji yang diletakkan semula dengan energi yang sama.

Menghitung kekuatan impak masing-masing spesimen menggunakan persamaan yang ada pada standar ISO 179-1-2001 sebagai berikut:

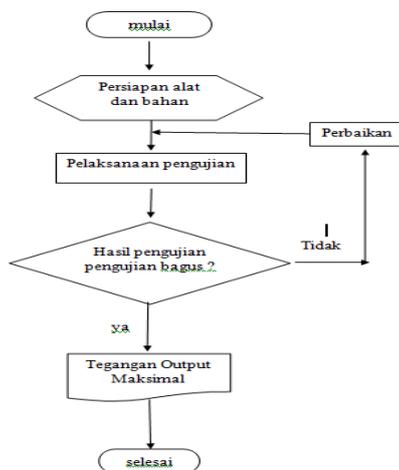
$$a_c N = \frac{Ec}{h \cdot b_N} \times 10^3 \quad (1)$$

Dimana:

- $a_c N$ = Kekuatan Impak (kJ/m²)
- Ec = Energi impak (J)
- h = Ketebalan spesimen uji (mm)
- b_N = Lebar spesimen (mm)

2. Metode Penelitian

Gambar 2. Flowchart



Persiapan alat dan bahan

Bahan

- a. Air
- b. Spesimen impak

Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian modifikasi Alat Uji Prestasi Turbin Pelton:



Gambar 3. Gambar alat uji prestasi turbin pelton

Keterangan:

1. Sproket
2. Cover
3. Selang *pressure gauge*
4. Sensor putaran
5. Sudu pelton

6. Aki / Baterai



Gambar 4. Aki/baterai

Alat ukur

- a. *Dial Indikator*
- b. *Stop watch*
- c. Alat pembaca RPM
- d. *Multimeter*
- e.



Gambar 5. Alat ukur

f. Uji impak



Gambar 6. Uji impak

2

Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan prosedur di bawah ini :

1. Siapkan *stop watch*, *dial indicator*, dan alat uji *impact*
2. Melakukan pengujian impak material sudu turbin pelton
3. Setelah melakukan pengujian pada material sudu turbin pelton catat energi impak hasil pengujian pada tabel
4. Melakukan pengujian pada *sproket* dengan menggunakan *dial indicator* dan lihat pada *dial indicator* berapa penyimpangan maksimal selama waktu yang ditentukan

5. Catat hasil pengujian *sproket* pada tabel sesuai dengan waktunya
6. Melakukan pengamatan *cover* dengan menyiram menggunakan air selama waktu yang ditentukan
7. Catat hasil pengamatan *cover* pada tabel sesuai dengan waktunya
8. Mengamati selang *pressure gauge* dengan memberi sabun pada selang dan perhatikan selama waktu yang ditentukan
9. Catat hasil pengamatan *pressure gauge* pada tabel sesuai dengan waktunya
10. Mengamati sensor putaran dengan membuka penuh katup air, tertutup 30⁰, tertutup 45⁰, dan tertutup 60⁰ perhatikan pada alat pembaca rpm sesuai dengan bukaan katup
11. Catat hasil putarandan rata-rata putaran generator sesuai dengan bukaan katup Mengukur daya aki/baterai dengan menggunakan *multimeter*, catat *voltase* awalnya
12. Lakukan pengukuran pada aki/baterai sesuai dengan waktu yang ditentukan
13. Catat hasil *voltase* akhir dan catat peningkatan *voltasenya* sesuai dengan waktunya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Sudu Pelton

Tabel 7. Hasil pengujian impact

Material	Sudut pemukul (°)	Luas penampang (mm ²)	Energi Impact (J)	Kekuatan impact (kJ/m ²)	Jenis patahan
1	137	780	0.043	1.075	Getas
2	138	780	0.022	0.55	Getas
3	137	780	0.043	1.075	Getas
Rata-rata			0.036	0.9	

Menghitung kekuatan impact masing-masing spesimen menggunakan persamaan yang ada pada standar ISO 179-1-2001 sebagai berikut:

$$a_c N = \frac{E_c}{h \cdot b_N} \times 10^3 \quad (2)$$

Dimana:

- $a_c N$ = Kekuatan Impact (kJ/m²)
- E_c = energi impact (J)
- H = Ketebalan spesimen uji (mm) → 4 mm

$$b_N = \text{Lebar spesimen (mm)} \rightarrow 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_c N &= \frac{E_c}{h \cdot b_N} \times 10^3 \\ &= \frac{0.043}{4.10} \times 10^3 \\ &= \frac{0.043}{40} \times 10^3 \\ &= (1.075 \times 10^{-3}) \times 10^3 \\ &= 1.075 \text{ (kJ/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_c N &= \frac{E_c}{h \cdot b_N} \times 10^3 \\ &= \frac{0.022}{4.10} \times 10^3 \\ &= \frac{0.022}{40} \times 10^3 \\ &= (5.5 \times 10^{-4}) \times 10^3 \\ &= 0.55 \text{ (kJ/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_c N &= \frac{E_c}{h \cdot b_N} \times 10^3 \\ &= \frac{0.043}{4.10} \times 10^3 \\ &= \frac{0.043}{40} \times 10^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (1.075 \times 10^{-3}) \times 10^3 \\ &= 1.075 \text{ (kJ/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Pada pengujian impact ini hasil pengujian spesimen tiga hasilnya sama dengan pengujian spesimen satu. Material yang diuji mempunyai sifat yang getas. Hasil rata-rata energi impact spesimen yaitu 0.036 joule dan hasil rata rata kekuatan impact spesimen yaitu 0.9 (kJ/m²).

Berdasarkan data dari perancang alat, debit aliran maksimum dari alat uji turbin pelton ini adalah:

$$\begin{aligned} Q &= 0.00072 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \rho_{\text{air}} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Maka laju aliran massa air (m) adalah:

$$\begin{aligned} m &= \rho_{\text{air}} \cdot Q \quad (3) \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.00072 \text{ m}^3/\text{detik} \\ m &= 0.72 \text{ kg/detik} \end{aligned}$$

Dari data pengujian putaran maksimum dari turbin adalah:

$$\begin{aligned} n &= 438/\text{min} \rightarrow 7.3/\text{detik} \\ \text{Jumlah sudu satu putaran} &= 18 \text{ sudu} \end{aligned}$$

Maka dalam 1 detik jumlah sudu yang terkena tembakan air = $18 \times 7.3 \text{ putaran} = 131.4 \approx 131$ sudu/detik

- Massa air untuk tiap sudu:

$$m = \frac{m}{131} = \frac{0.72 \text{ kg/detik}}{131 \text{ sudu/detik}} \quad (4)$$

$$m = 0.005496 \text{ kg/sudu}$$

$$\varnothing \text{ Runner turbin} = 300 \text{ mm} \rightarrow 0.3 \text{ m}$$

- Kecepatan linier turbin

$$V = \pi \cdot D \cdot n \quad (5)$$

$$= 3.14 \cdot 0.3(\text{m}) \cdot 7.3(\text{detik}) \rightarrow 6.877$$

m/detik

Kecepatan air saat bersentuhan dengan sudu turbin adalah sama dengan kecepatan roda jalan yaitu $v = 6.877$ m/detik.

- Energi kinetik air yang menumbuk sudu:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (6)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (0.005496) \cdot (6.877)^2$$

$$= 0.12996 \text{ joule}$$

Energi ini tersebar diseluruh permukaan depan sudu.

- Luas penampang geser sudu:

$$\text{Tebal sudu} = 0.5 \text{ cm} \rightarrow 0.005 \text{ m}$$

$$\text{Asumsi lebar sudu} = 8 \text{ cm} \rightarrow 0.08 \text{ m}$$

$$\text{Tebal sudu} \times \text{lebar sudu} = 0.005 \times 0.08 = 0.0004 \text{ m}^2$$

Maka kekuatan tumbukan air:

$$\frac{E_k}{A} = \frac{0.12996 \text{ joule}}{0.0004 \text{ m}^2} = 324.9 \text{ joule/m}^2 \quad (7)$$

Berdasarkan hasil pengujian impact, nilai rata-rata kekuatan impact sudu $0.9 \text{ kJ/m}^2 \rightarrow 900 \text{ joule/m}^2$.

$$\text{Kekuatan sudu : kekuatan air} \\ 900 \text{ joule/m}^2 > 324.9 \text{ joule/m}^2$$

Jadi, kekuatan impact sudu turbin pelton aman untuk digunakan.

Pengujian sprocket

Tabel 8. Hasil pengujian sprocket

No	Waktu	Putaran maksimum (Rpm)	Rantai lepas/tidak lepas
1	5 menit	608	Tidak lepas
2	10 menit	660	Tidak lepas
3	15 menit	705	Tidak lepas

Alat diuji selama waktu 5 menit menghasilkan putaran 608 rpm, selama waktu 10 menit menghasilkan putaran 660 rpm, dan selama waktu 15 menit menghasilkan putaran 705 rpm. Selama diujinya sproket dengan waktu dan putaran yang didapat, rantai sama sekali tidak terlepas dari sproket.

Pengamatan cover

Tabel 9. Hasil pengamatan cover

No	Waktu	Hasil Pengamatan (bocor/tidak bocor)
1	5 menit	Tidak bocor
2	10 menit	Tidak bocor
3	15 menit	Tidak bocor

Selama melakukan pengamatan dengan total waktu 30 menit cover tidak mengalami kebocoran.

Pengamatan selang pressure gauge

Tabel 10. Hasil pengamatan selang pressure gauge

No	Waktu	Hasil Pengamatan (bocor/tidak bocor)
1	5 Menit	Tidak bocor
2	10 menit	Tidak bocor
3	15 menit	Tidak bocor

Selama melakukan pengamatan pada selang pressure gauge dengan total waktu 30 menit, pressure gauge tidak mengalami kebocoran.

Pengujian pada sensor putaran

Tabel 11. Hasil pengujian sensor putaran

No	Bukaan katup	Putaran (Rpm)	Rata-rata putaran
1	Terbuka penuh	1. 420	438.3
		2. 465	
		3. 430	
2	Tertutup 30°	1. 420	435
		2. 465	
		3. 420	
3	Tertutup 45°	1. 404	375.3
		2. 360	
		3. 362	
4	Tertutup 60°	1. 0	0
		2. 0	
		3. 0	

Selama dilakukannya pengujian pada sensor putaran, bukaan katup terbuka penuh mendapatkan rata-rata putaran sebesar 438.3 rpm, bukaan katup tertutup 30°mendapatkan rata-rata putaran sebesar 435 rpm, bukaan katup tertutup 45°mendapatkan rata-rata putaran sebesar 375.3 rpm, sedangkan bukaan

katup tertutup 60^0 tidak menghasilkan nilai putaran. Jadi semakin besar bukaan katup, semakin besar juga rata-rata putaran yang dihasilkan.

Pengujian aki/baterai

Tabel 12. pengujian aki/baterai

No	Waktu	Voltase awal (Volt)	Voltase akhir (Volt)	Peningkatan voltase (Volt)
1	15 menit	9.39	9.64	0.25
2	30 menit	9.39	9.69	0.3
3	45 menit	9.39	9.74	0.35

Pada pengujian aki/baterai terdapat voltase awal aki 9.39 volt. Pada pengujian selama waktu 15 menit voltase akhir aki terdapat 9.64 volt dan peningkatan voltasenya sebanyak 0.25 volt. Pada pengujian selama waktu 30 menit voltase akhir aki terdapat 9.69 volt dan peningkatan voltasenya sebanyak 0.3 volt. Pada pengujian selama 45 menit voltase akhir aki terdapat 9.74 volt dan peningkatan voltasenya sebanyak 0.35 volt. Jadi, putaran turbin yang digunakan untuk memutar generator terbukti bisa menghasilkan listrik yang ditunjukkan dengan meningkatnya voltase aki/baterai.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian impak, nilai rata rata kekuatan impak $0.9 \text{ kJ/m}^2 \rightarrow 900 \text{ joule/m}^2$. Maka perbandingan antara kekuatan sudu dengan kekuatan air yaitu $900 \text{ joule/m}^2 > 324.9 \text{ joule/m}^2$. Jadi sudu turbin aman untuk digunakan karena kekuatan sudu lebih besar dari pada kekuatan air.
2. Pengujian pada *sprocket*, rantai tidak terlepas pada *sprocket* dengan putaran maksimum 705 Rpm selama total waktu 30 menit.
3. Pengamatan pada *cover* tidak mengalami kebocoran selama total waktu 30 menit.
4. Pengamatan pada selang *pressure gauge* tidak mengalami kebocoran selama total waktu 30 menit.
5. Bukaan katup terbuka penuh mendapatkan rata-rata putaran sebesar 438.3 rpm, bukaan katup tertutup 30^0 mendapatkan rata-rata putaran sebesar 435 rpm, bukaan katup tertutup 45^0 mendapatkan rata-rata putaran sebesar 375.3 rpm, sedangkan bukaan katup tertutup 60^0 tidak

menghasilkan nilai putaran. Jadi semakin besar bukaan katup, semakin besar juga rata-rata putaran yang dihasilkan.

6. Pengujian pada aki/baterai setiap 15 menit voltase aki bertambah 0.05 volt. Jadi putaran turbin yang digunakan untuk memutar generator terbukti bisa menghasilkan listrik yang ditunjukkan dengan meningkatnya voltase aki/baterai.

Saran

1. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian sensor putaran Turbin yang memang berfungsi dengan baik, namun begitu setiap kali alat uji ini akan digunakan, sebaiknya dipastikan kembali bahwa sensor berfungsi dengan baik.
2. Diharapkan bagi penerus penelitian selanjutnya agar dapat merubah cara pengujian dengan menggunakan alat ukur yang lebih presisi.

Daftar Pustaka

- Andika, M. N., Triharyanto, Y. T. & Prasetya, R. O., 2007, Kincir Angin Sumbu Horizontal Bersudu Banyak, *Tugas Akhir Teknik Mesin*, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Aris munandar, Wiranto, (1995), "Penggerak Mula Turbin", ITB, Bandung.
- Bono. Gatot Suwoto. Mulyono. 2006. *Rekayasa Bentuk Sudu Turbin Pelton Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro*. Jurnal Rekayasa Mesin vol. 3 No. 1, Hal: 131-136.
- International Organization for Standardization. (2001). Plastic – Determination Of Charpy Impact Properties. *ISO 179-1*,(1110).
- Kamil, 2014, *Pembuatan Alat Simulasi Turbin Pelton*, Skripsi Universitas Batam, Batam.
- Nofri, Kasra, 2005, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro*, Institut Teknologi Padang, Padang.
- Prasetya, 2014, *Pengujian Alat Simulasi Turbin Pelton*, Skripsi Universitas Batam, Batam.
- Sari, Sri Poernomo, 2013, *Model Sudu Dan Nozzle Pada Turbin Pelton Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro*, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Suwachid., 2006, Ilmu Turbin, Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) dan UPT Penerbitan dan Percetakan UNS (UNS

PRESS) Universitas Sebelas Maret, Jawa Tengah.
Sunyoto., 2006, Ilmu Turbin, Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) dan UPT Penerbitan dan Percetakan UNS (UNS PRESS) Universitas Sebelas Maret, Jawa Tengah.