

PENGARUH JENIS SUDU TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN AIR KINETIK POROS HORIZONTAL

Muhammad Agus Sahbana, Syahrul Khoiril Anam

Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang
Email : sahbana@widvagama.ac.id

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik serta menipisnya cadangan bahan bakar fosil, maka air merupakan potensi sumber energi yang besar karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Turbin kinetik merupakan salah satu turbin yang memanfaatkan potensi energi kinetik dari kecepatan aliran air arus bawah. Untuk membuat runner turbin dan proses pengujiannya diperlukan alat dan bahan meliputi alat bantu perbengkelan, pompa air, stopwatch, tachometer, timbangan tarik, akrilik, besi, bak penampung air, pipa, bearing, dan poros. Turbin yang di pergunakan dalam penelitian ini adalah turbin kinetik yang porosnya diletakan secara horizontal dengan sudu berdiameter 20cm dengan 3 jenis sudu yaitu sudu datar, sudu radius terbuka, dan sudu radius tertutup. Pada setiap sudu diuji pada putaran 60 rpm dengan debit 0,036 m³/s, 0,054 m³/s, dan 0,072 m³/s. Hasil dari penelitian didapatkan daya tertinggi terjadi pada jenis sudu radius tertutup dengan daya sebesar 25,12 watt pada variasi debit 0,072 m³/s. Sedangkan daya terendah terjadi pada jenis sudu datar dengan daya sebesar 9,1 watt pada variasi debit 0,036 m³/s. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada jenis sudu radius tertutup sebesar 25,8 % pada variasi debit 0,036 m³/s. Sedangkan efisiensi terendah terjadi pada jenis sudu datar dengan daya sebesar 5,4 % pada variasi debit 0,072 m³/s.

Kata kunci: Turbin Kinetik, Jenis Sudu, Daya Dan Efisiensi

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik serta menipisnya cadangan bahan bakar fosil, maka keadaan tersebut memaksa manusia untuk mencari energi alternatif (*renewable energy*) yang dapat diperbaharui yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Banyak energi alternatif yang dapat diperbaharui seperti pembangkit listrik tenaga air yang menjadi sumber energi yang berpotensi besar untuk dikembangkan saat ini.

Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Turbin kinetik merupakan salah satu turbin yang memanfaatkan potensi energi kinetik dari kecepatan aliran air arus bawah. Arus air akan langsung menumbuk sudu turbin yang akan memutar runner, selanjutnya runner akan memutar poros yang kemudian akan diteruskan ke beban melalui pully.

Jenis sudu akan menentukan unjuk kerja suatu turbin dimana jenis sudu tersebut akan mempengaruhi kecepatan tangensial yang memutar roda turbin. Jenis sudu seperti datar, radius, serta radius tertutup merupakan sebagian bentuk sudu yang memiliki nilai koefisien drag yang tinggi. Semakin besar nilai koefisien drag yang dimiliki oleh sebuah sudu maka semakin besar kemampuannya untuk memanfaatkan tenaga air yang menghantamnya.

Potensi dari Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir.

Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Selain memanfaatkan air jatuh *hydropower* dapat diperoleh dari aliran air datar atau sungai. Pada umumnya, kebanyakan sungai mempunyai aliran air yang sampai jauh air selalu mengalir relatif mendatar, itu karena pada sepanjang sungainya hanya ada sedikit kemiringan. lazimnya kincir ataupun turbin air, hanya sering dipasang pada aliran air yang miring ataupun vertikal padahal air yang selalu bergerak mengalir tersebut terdapat energi kinetik yang bisa diubah menjadi energi mekanik.

Turbin Air

Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar roda turbin. Air yang berada pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Ketika air mengalir ke tempat yang lebih rendah energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Oleh turbin air, energi kinetik dirubah menjadi energi mekanik.

Perkembangan waterwheel, pertama kali digunakan oleh orang-orang Yunani dan dipergunakan luas pada abad pertengahan di Eropa. Selanjutnya berangsur-angsur muncul berbagai jenis turbin air seperti turbin pelton yang ditemukan oleh *Lester A. Pelton* pada abad kesembilan belas dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh *Viktor Kaplan* pada abad keduapuluh (Dixon & Hall, 2010).

Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut.



Gambar 1Roda Turbin

Jenis-jenis Turbin

Pada umumnya turbin air dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis dilihat dan kerja turbin dalam hal mengubah *tinggi jatuh* yaitu :

Turbin Impuls

Pada turbin impuls air dengan tinggi jatuh tertentu dirubah menjadi energy kinetik melalui nosel. Keluar dari nosel, pancaran air menumbuk sudu dan memutar poros kemudian mengalir dengan tekanan konstan. Beberapa jenis turbin yang termasuk turbin impuls adalah turbin turgo, turbin pelton dan turbin crossflow.

Turbin Reaksi

Turbin reaksi bekerja dengan memanfaatkan perbedaan tekanan masuk dan keluar turbin. Pada sisi masuknya energi tekanan sebanding dengan energi kinetik. Pada saat fluida melewati sudu turbin, energi tekanan dan energi kinetiknya dirubah menjadi energi mekanis dan secara bertahap tekanan yang keluar dari turbin berkurang. Jenis-jenis turbin reaksi diantaranya adalah Turbin Francis dan Propeller.

Turbin Kinetik

Turbin kinetik adalah suatu turbin air yang dapat menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros dengan memanfaatkan kecepatan aliran air sungai berupa energi kinetik. Prinsip kerja dari turbin kinetik adalah aliran air sungai mengalir menumbuk sudu-sudu turbin dan terjadi perubahan momentum yang dapat memberikan gaya dorong

pada sudu sehingga runner berputar atau ketika aliran air sungai menumbuk sudu terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada poros turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator, sehingga menjadi energi listrik. Sampai saat ini dikenal dua jenis turbin kinetik, yaitu turbin kinetik dengan poros *horizontal* dan turbin kinetik berporos vertikal. Turbin yang di pergunakan dalam penelitian ini adalah turbin kinetik yang porosnya diletakkan secara horizontal.

Sudu Turbin

Sudu (blade) merupakan bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja (air, angin, uap, dll) yang dimana akan terjadi konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi mekanis yang menggerakannya atau mengubah energi potensial menjadi energi kinetic. Bentuk dari sudu turbin sesuai dengan fluida kerja yang menggerakannya dengan dimensi sesuai dengan kebutuhan untuk menggerakkan roda turbin

Proses Perhitungan

Dalam pengujian turbin air kinetik hasil yang diharapkan adalah mendapatkan daya dan efisiensi. Proses perhitungan dengan mempergunakan persamaan berikut:

1. Luas Penampang Saluran (A)
 $A = p \cdot l$
2. Kapasitas atau debit aliran (Q)
 $Q = v \cdot A$
3. Laju Massa Air Yang Mengalir
 $\dot{m} = \rho \cdot Q$
4. Daya Air yang Mengalir (Pa)
 $P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3$
5. Torsi Turbin (T)
 $T = F \cdot r$
6. Kecepatan Anguler (ω)
 $\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$
7. Daya Turbin (Pt)
 $P_t = T \cdot \omega$
8. Efisiensi Turbin (η_t)
 $\eta_{\eta t} = \frac{P_a}{P_t} \times 100\%$

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi yang digunakan untuk proses pengujian ini berlangsung di desa Seban kecamatan Pandaan. Waktu Pengujian diambil pada tanggal 29 Januari 2018 pukul 09.00 WIB sampai selesai.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

1. Variabel bebas meliputi: Variasi bentuk sudu pada putaran 60rpm dan kapasitas aliran air (m^3/s)
2. Variabel terikat meliputi: Daya dan efisiensi turbin air

Alat

Alat yang dipakai dalam eksperimental ini terdiri dari: pompa air, alat bantu perbengkelan, stopwatch, tachometer digital, rope brake, timbangan tarik.

Bahan

Bahan yang dipakai meliputi, besi, akrilik, poros, pully, v-belt, bearing, bak penampung air, pipa atau talang air.

Prosedur Penelitian

1. Membuat prototype aliran air arus bawah dengan rancangan sebagai berikut:



Gambar 2 Alat Uji

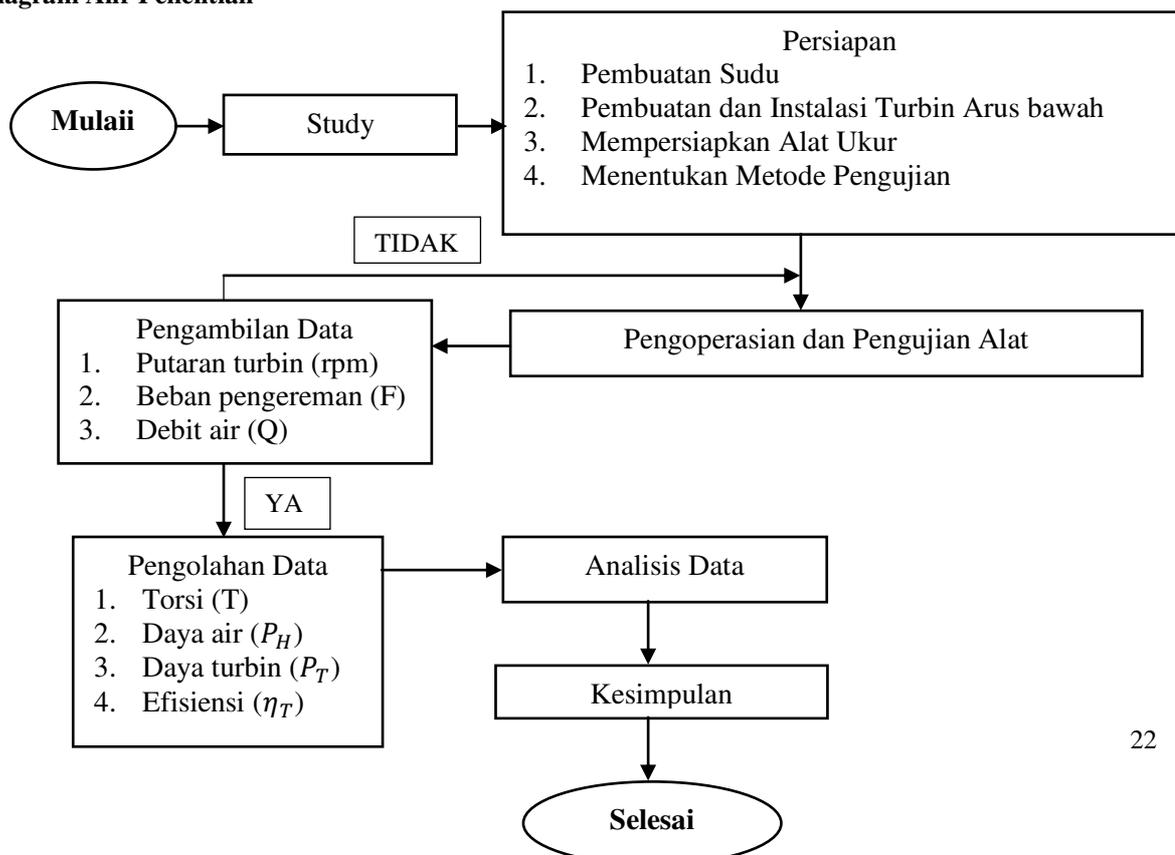
2. Membuat turbin dari bahan akrilik.



Gambar 3 Runner Turbin

3. Menyiapkan dan memasang semua instalasi penelitian.
4. Memasang alat ukur yang dibutuhkan.
5. Mengecek kondisi alat ukur beserta alat pendukung lainnya.
6. Menvariasikan bentuk sudu turbin sesuai dengan bentuk sudu yang telah ditetapkan yaitu sudu datar, sudu radius dan sudu radius tertutup.
7. Menghidupkan pompa untuk menyalurkan air.
8. Mengatur debit air dengan cara perhitungan atau pengukuran aliran air dengan menggunakan metode waktu pengisian.
9. Mengukur putaran poros turbin dengan alat tachometer memberi beban secara pelan-pelan dengan cara memutar tuas penyetel beban gaya sampai memenuhi putaran yg diinginkan. Kemudian mencatat setiap variasi pengukuran putaran turbin sampai turbin berhenti berputar.
10. Pengujian pada bentuk sudu dilakukan tiga kali pengulangan untuk mendapatkan data pengujian yang akurat.
11. Mengulang langkah nomor satu sampai dengan kedelapan pada variasi bentuk sudu yang lain.
12. Mengolah data penelitian yang didapatkan.
13. Mengolah dan menganalisa data penelitian yang didapatkan untuk mengetahui hubungan antara variabel yang telah ditentukan.
14. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan.

Diagram Alir Penelitian



ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN
Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1 Data Gaya Turbin

Jenis Sudu Turbin	Debit Air (Q)	Putaran Poros Turbin (rpm)	Gaya Pada Percobaan F_1+F_2 (N)		
			1	2	3
Sudu Datar	0,036	60	28	31	29
	0,054		37	39	40
	0,072		41	43	42
Sudu radius	0,036		49	48	49
	0,054		53	55	53
	0,072		57	56	58
Sudu Radius Tertutup	0,036		72	71	70
	0,054		76	78	75
	0,072		82	80	79

Perhitungan Data

Data di atas dihitung sesuai dengan cara memasukkan persamaan sehingga diperoleh hasil perhitungan dari daya turbin yang ditampilkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Daya Turbin

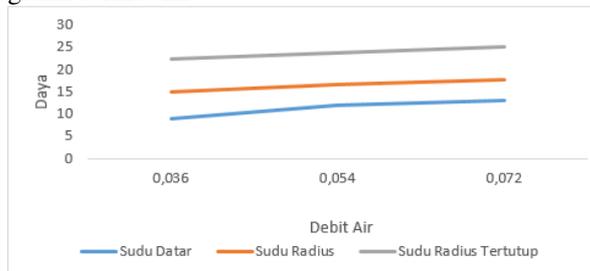
Jenis Sudu	Q	N	F	T	ω	P_t
Sudu Datar	0,036	60	29	1,45	6,28	9,1
	0,054		38	1,9	6,28	11,93
	0,072		42	2,1	6,28	13,18
Sudu Radius	0,036		48	2,4	6,28	15,07
	0,054		53	2,65	6,28	16,64
	0,072		57	2,85	6,28	17,89
Sudu Radius Tertutup	0,036		71	3,55	6,28	22,29
	0,054		76	3,8	6,28	23,86
	0,072		80	4	6,28	25,12

Dengan memasukkan persamaan $P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3$ dimana massa jenis air 1000 kg/m³ maka dapat diketahui daya air sehingga dapat diperoleh efisiensi dari turbin yang ditampilkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin

Jenis Sudu	Q	P_t	P_a	η_t
Sudu Datar	0,036	9,1	0,72	7,91
	0,054	11,93	0,72	6
	0,072	13,18	0,72	5,4
Sudu Radius	0,036	15,07	2,43	16
	0,054	16,64	2,43	14,6
	0,072	17,89	2,43	13,5
Sudu Radius Tertutup	0,036	22,29	5,76	25,8
	0,054	23,86	5,76	24,1
	0,072	25,12	5,76	22,9

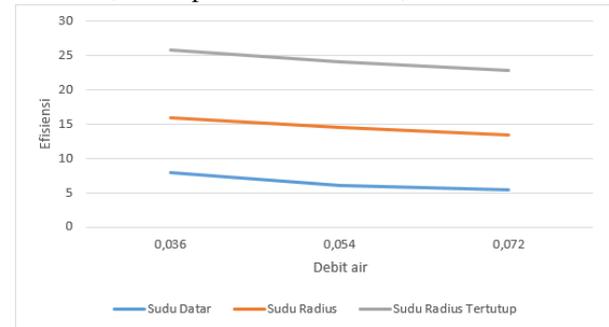
Hasil perhitungan daya dan efisiensi turbin di atas dapat ditampilkan dalam grafik-grafik berikut ini.



Gambar 5 Grafik beda sudu terhadap daya

Grafik di atas menunjukkan bahwa beda daya cenderung naik sesuai dengan penambahan debit air. Daya tertinggi terjadi pada jenis sudu radius tertutup dengan daya sebesar 25,12 watt

pada variasi debit 0,072 m³/s. Sedangkan daya terendah terjadi pada jenis sudu datar dengan daya sebesar 9,1 watt pada variasi debit 0,036 m³/s.



Gambar 6 Grafik beda sudu terhadap efisiensi

Grafik di atas menunjukkan bahwa efisiensi cenderung menurun sesuai dengan penambahan debit air. Efisiensi tertinggi terjadi pada jenis sudu radius tertutup sebesar 25,8 % pada variasi debit 0,036 m³/s. Sedangkan efisiensi terendah terjadi pada jenis sudu datar dengan daya sebesar 5,4 % pada variasi debit 0,072 m³/s.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis sudu berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin air arus bawah.
2. Semakin tinggi debit air yang menumbuk sudu turbin maka semakin besar daya yang dihasilkan.
3. Bentuk sudu radius tertutup memiliki daya tertinggi yaitu 25,12 watt pada variasi debit 0,072 m³/s.
4. Bentuk sudu datar memiliki efisiensi terendah yaitu sebesar 5,4 % pada variasi debit 0,072 m³/s.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, Wiranto. 1982. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: penerbit ITB

Bachtiar, Asep Neris. (1988). *Perencanaan Turbin Air Penggerak Generator Listrik Pedesaan*. Tugas Akhir

Dietzel, F. 1996. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Haimerl, L.A.(1960). *The Cross Flow Turbine*. Jerman Barat

Irawan, D. Soenoko, R dan Sutikno, D. (2012). "Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik". Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology, Brawijaya Malang.

Ohoirenan. W, Wahyudi. S, dan Sutikno, D, (2012). "Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal". Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology, Brawijaya Malang.

Rusman,. Soenoko, R. dan Wahyudi.S. (2012). "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran

Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Bersudu Mangkok". Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology, BrawijayaMalang.

Yani. A, Wahyudi. S. dan Denny. W (2012) *"Pengaruh variasi panjang sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik"* Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology, BrawijayaMalang.

Raharjo.,T. 2008. Pengaruh Variasi Profil Sudu Pada Runner Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan Oleh Turbin Air Pelton, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008-Semarang.