

Unjuk Kerja Turbin Aliran Silang Dengan Sudu Terbuat Dari Bilah Pipa

Yosef Agung Cahyanta

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
Email : yosefac@staff.usd.ac.id

Danang Prihartarto, Amanda Rahma Jaya, Herman B Simarmata
(Alumni Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

Abstrak

Turbin aliran silang banyak digunakan untuk pembangkit listrik skala mikro. Pembuatan sudu dari plat dilengkung sulit dilakukan oleh masyarakat. Penelitian ini bertujuan mempelajari unjuk kerja turbin aliran silang dengan sudu dari bilah pipa. Penelitian ini menggunakan 3 buah turbin aliran silang. Sudu turbin dibuat dari pipa ϕ 3 inch yang dibelah 90°. Jumlah sudu masing-masing turbin adalah 16, 18 dan 20. Setiap turbin mempunyai diameter dan lebar runner 0,23 m dan 0,2 m. Penelitian dilakukan dengan menjalankan turbin pada debit $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$, head 1,5 m dan arah nosel yang sama. Pengukuran daya dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan alternator dengan variasi pembebanan 10 watt, 20 watt, 30 watt, 35 watt, 45 watt, 55 watt, dan 65 watt. Pada setiap pembebanan putaran turbin diukur dengan tachometer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah sudu maka daya dan efisiensi yang dihasilkan semakin besar. Perubahan jumlah sudu dari 16 menjadi 18 meningkatkan daya dan efisiensi sebesar 10,8% dan 10,9%. Perubahan jumlah sudu dari 18 menjadi 20 meningkatkan daya dan efisiensi sebesar 2,3% dan 2,2%. Daya maksimum dihasilkan oleh turbin dengan jumlah sudu 20 buah, yaitu sebesar 15,54 watt dengan efisiensi 7,8%.

Kata kunci: turbin aliran silang, bilah pipa, jumlah sudu.

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui di dunia semakin berkurang. Hal tersebut menimbulkan adanya krisis energi sehingga berdampak pada melonjaknya harga minyak bumi. Krisis energi di Indonesia berdampak pada terjadinya krisis listrik, sehingga sering terjadi pemadaman listrik bergilir. Tentu saja pemadaman listrik bergilir ini sangat merugikan masyarakat karena listrik merupakan sumber energi utama dan merupakan motor penggerak ekonomi.

Dalam rangka mengatasi krisis energi tersebut banyak dikembangkan energi baru maupun yang terbarukan. Air memiliki potensi yang sangat besar dan dapat digunakan sebagai sumber energi yang dapat menggantikan penggunaan energi fosil. Air merupakan sumber energi yang bersih karena tidak menghasilkan polutan. Berbeda dengan sumber energi fosil air tidak mempunyai potensi merusak ozon maupun potensi pemanasan global.

Data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, menunjukkan bahwa pemanfaatan energi air di Indonesia masih sangat kecil, baru sekitar 4200 MW dari potensi yang bisa mencapai 75000 MW. Data-data diatas merupakan sumber pembangkit tenaga air dengan kapasitas besar. Potensi pembangkit tenaga air dengan kapasitas kecil (mikrohidro) di Indonesia mencapai 712 MW dengan kapasitas terpasang baru 210 MW. Untuk memanfaatkan potensi tersebut diperlukan suatu teknologi terapan agar masyarakat kecil dapat menyediakan energi listrik secara swadaya.

Pembangkit listrik tenaga air menggunakan turbin sebagai alat untuk mengkonversi potensi energi air menjadi energi mekanik untuk memutar generator listrik. Untuk daya yang kecil (mikrohidro/pikohidro) turbin aliran silang (crossflow) banyak digunakan. Sudu turbin crossflow biasanya dibuat dari pelat yang dilengkung. Pembuatan sudu tersebut tentu saja tidak mudah, apalagi bagi masyarakat kebanyakan. Geometri sudu turbin crossflow sebenarnya sama dengan geometri pipa yang dibelah dengan busur tertentu. Oleh karena itu sudu turbin dapat dibuat dari pipa yang dibelah, sehingga pembuatannya lebih mudah. Pembuatan runner yang mudah akan

membuat biaya yang dikeluarkan menjadi murah. Masyarakat akan dapat membuat sendiri sehingga masyarakat dapat berswadaya energi listrik. Sampai sekarang ini pemanfaatan pipa dibelah sebagai sudu turbin crossflow tidak banyak dilakukan sehingga informasi mengenai unjuk kerjanya kurang diketahui.

Unjuk kerja turbin crossflow dipengaruhi oleh banyak parameter antara lain adalah jumlah sudu, sudut pancaran air masuk, sudut keluar, posisi pancaran air masuk, lintasan aliran air di dalam turbin, rasio lebar dan diameter runner, rasio diameter dalam dan diameter luar serta manufaktur runner maupun nozzle. Penelitian tentang turbin crossflow banyak dilakukan untuk sudu yang dibuat dari plat yang dilengkung. Turbin crossflow yang dilengkapi dengan saluran pengarah di dalam runnernya pernah dibuat dan diuji (Olgun, 2000). Saluran pengarah dibuat dengan tujuan untuk mengumpulkan dan mengarahkan air yang keluar dari sudu atas agar dapat menuju sudu bawah dengan lebih baik. Tiga bentuk saluran telah dibuat dan diuji dengan berbagai variasi posisi saluran pengarah serta variasi bukaan nozzle. Penambahan saluran didalam runner ternyata tidak menaikkan efisiensi tetapi justru menurunkan efisiensi turbin crossflow sebesar 5 %.

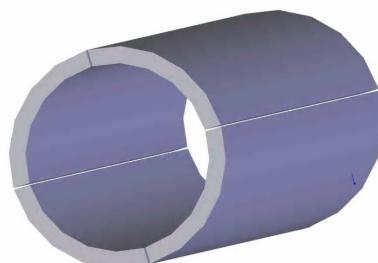
Penelitian terhadap pengaruh perbandingan diameter dalam dan diameter luar runner juga telah dilakukan (Olgun, 1998). Dalam penelitian ini digunakan 4 buah runner. Runner yang diuji mempunyai jumlah sudu 28 buah, diameter luar 170 mm, dan lebar 114 mm. Perbandingan diameter dalam dan diameter luar untuk tiap runner dibuat berbeda. Perbandingan diameter dalam dan diameter luar yang digunakan adalah 0,75; 0,67; 0,58; dan 0,54. Sudut masuk pancaran air dipilih sebesar 16°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi dicapai pada perbandingan 0,75 dan terendah pada perbandingan 0,54 dengan perbedaan sebesar 3%. Efisiensi tertinggi yang bisa dicapai adalah sebesar 72%.

Penelitian terhadap pengaruh sudut nozzle menunjukkan bahwa efisiensi akan semakin besar jika sudut nozzle semakin besar (Khosrowpanah, 1988). Penelitian ini menggunakan 3 buah runner dengan jumlah sudu 20, 15 dan 10 serta 1 buah runner dengan diameter setengah dari diameter runner yang lain, sedangkan jumlah sudunya 20. Dari penelitian ini juga didapatkan bahwa efisiensi tertinggi dari tiap runner dicapai pada kecepatan spesifik yang sama. Semakin banyak jumlah sudu akan memberikan efisiensi yang semakin tinggi, namun jumlah sudu tersebut ada batasnya. Untuk sudut nozzle tertentu efisiensi maksimum dicapai pada jumlah sudu tertentu (Joshi, 1995).

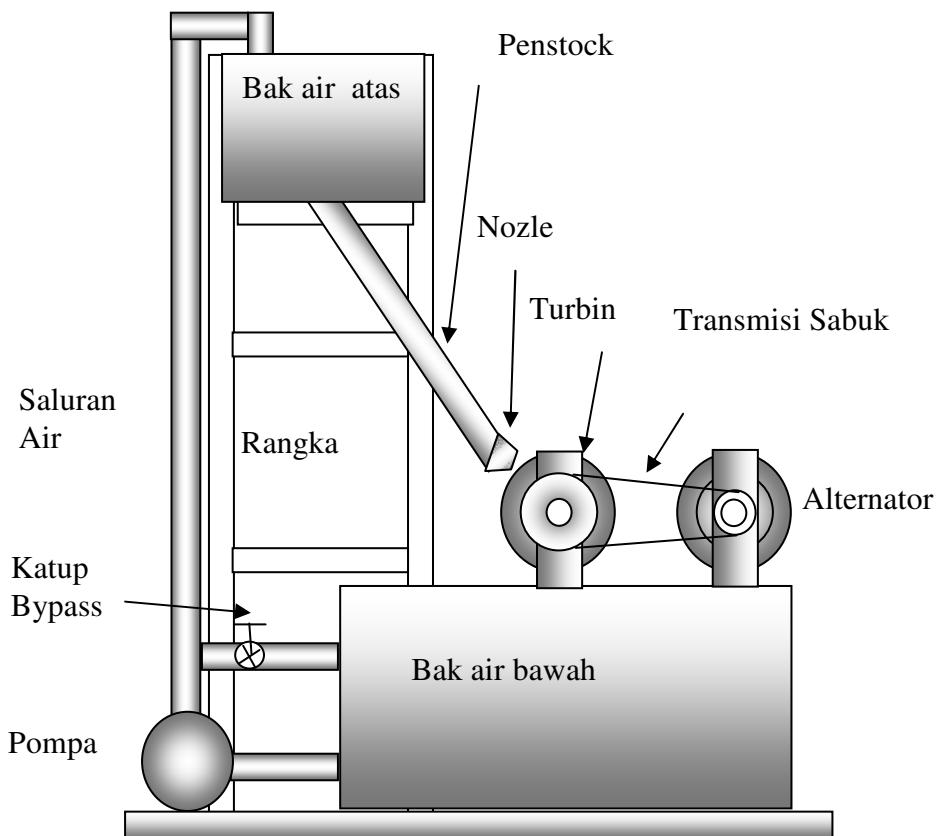
Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh jumlah sudu terhadap daya dan effisiensi yang dihasilkan turbin crossflow. Hasil penelitian diharapkan dapat memberi tambahan pustaka tentang turbin aliran silang khususnya tentang penggunaan bilah pipa sebagai sudu turbin. Sebagai tindak lanjutnya turbin aliran silang dengan sudu dari bilah pipa dapat diterapkan untuk pembangkit listrik skala mikro.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan 3 buah turbin crossflow dengan sudu dari bilah pipa yang masing-masing mempunyai jumlah sudu 16, 18 dan 20 buah. Sudu turbin dibuat dari pipa berdiameter 3“ yang dibelah menjadi 4 bagian (90°), seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Diameter runner adalah 0,23 m dengan lebar 0,2 m. Skema dari peralatan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Pipa dibelah empat dengan busur 90°



Gambar 2. Skema Alat Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menjalankan turbin pada debit $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$, head $1,5 \text{ m}$ dan sudut pancaran air masuk sebesar 16° . Debit diatur dengan katup *bypass* agar muka air di bak atas stabil. Dari kapasitas air dan tinggi air jatuh dapat diperoleh potensi daya air yang tersedia yaitu (Dietzel, 1996) :

$$P_{in} = \rho g Q H \quad (1)$$

Untuk menghasilkan listrik poros turbin dihubungkan dengan poros alternator. Hubungan ini melalui sistem transmisi sabuk-puley dengan angka transmisi 3. Daya listrik (P) yang dihasilkan alternator dapat diketahui setelah arus dan tegangan yang dihasilkan diukur. Besarnya daya listrik adalah :

$$P_{out} = V I \quad (2)$$

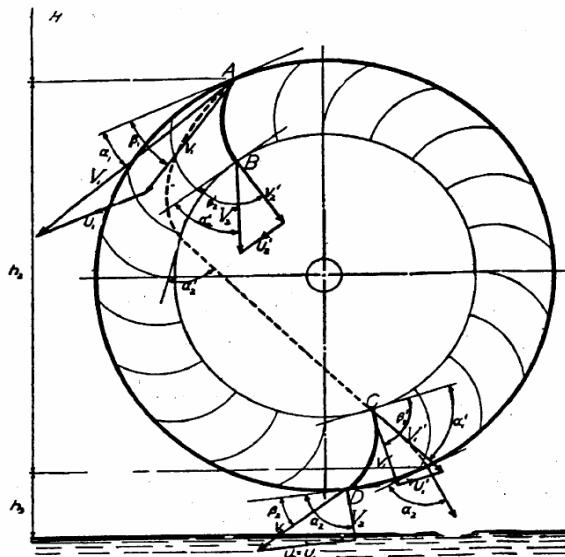
Pengukuran daya yang dihasilkan turbin dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan alternator pada kondisi alternator diberi variasi pembebanan sebesar 10 watt, 20 watt, 30 watt, 35 watt, 45 watt, 55 watt, 65 watt. Efisiensi total (efisiensi turbin, transmisi dan alternator) dihitung dengan persamaan

$$\eta_{total} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

Pada setiap pembebanan putaran turbin diukur dengan tachometer. Variasi jumlah suku turbin dilakukan dengan pengujian terhadap 3 turbin yang masing-masing mempunyai jumlah suku 16, 18 dan 20 buah.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3, pancaran air dari nosel masuk kedalam *runner* pada titik A dengan membentuk sudut α terhadap kecepatan kelilingnya. Kecepatan air memasuki runner (V_1) dihitung dengan (Mockmore, 1949) :

$$V_1 = C (2gH)^{1/2} \quad (4)$$

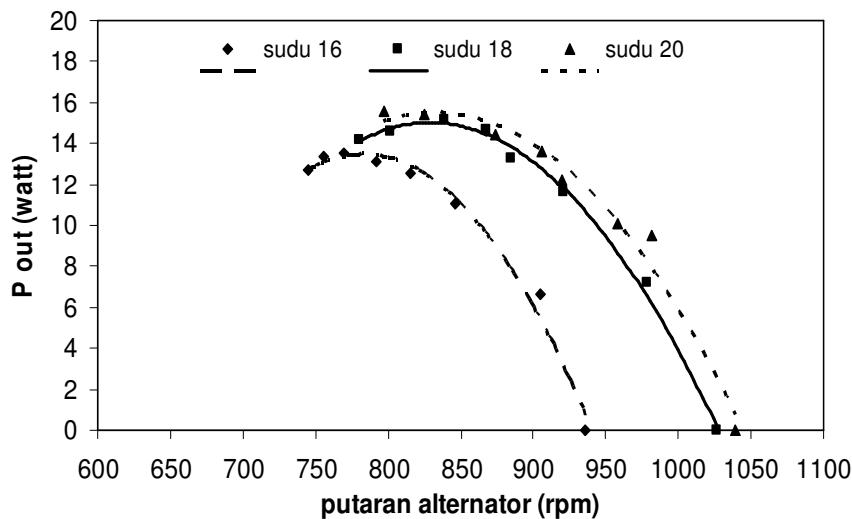


Gambar 3. Aliran air pada turbin Crossflow (Mockmore, 1949)

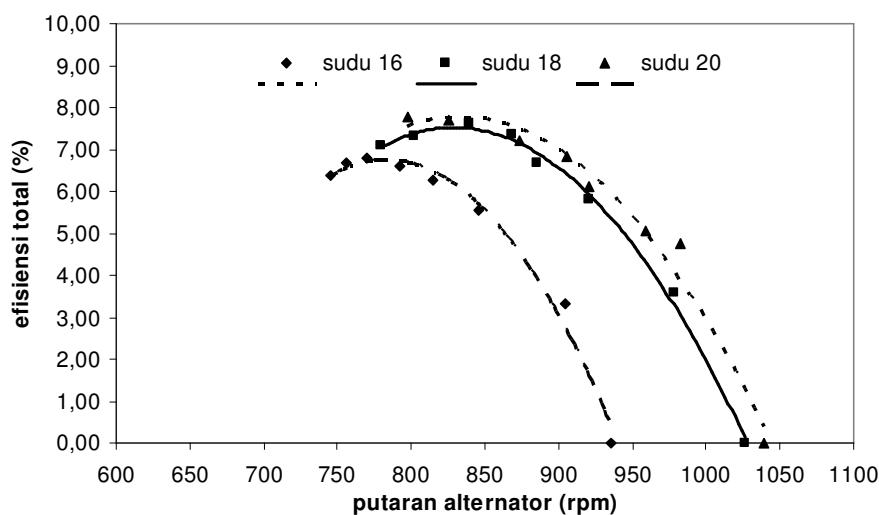
Dalam penelitian ini sudut α dipilih sebesar 16° .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya output dipengaruhi oleh jumlah sudu. Semakin banyak jumlah sudu maka daya yang dihasilkan juga semakin besar seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Daya maksimum yang dihasilkan oleh masing-masing turbin dengan jumlah sudu 16, 18, dan 20 secara berturut-turut adalah 13,54 watt, 15,19 watt, dan 15,54 watt dan dicapai pada kecepatan spesifik 23 rpm, 25 rpm dan 21 rpm. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa daya maksimum diperoleh sebesar 15,54 watt pada jumlah sudu 20, sedangkan daya minimum sebesar 13,54 diperoleh pada jumlah sudu 16. Penambahan jumlah sudu dari 16 menjadi 18 menaikkan daya turbin sebesar 10,8 %, sedangkan penambahan jumlah sudu dari 18 menjadi 20 menaikkan daya turbin sebesar 2,3%. Jumlah sudu berdasarkan perancangan adalah 18. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan terhadap jumlah sudu menurut rancangan akan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Pengurangan jumlah sudu mengurangi daya secara signifikan sedangkan penambahan jumlah sudu tidak memperbesar daya secara signifikan.



Gambar 4. Grafik hubungan daya sebagai fungsi putaran



Gambar 5. Grafik hubungan efisiensi sebagai fungsi putaran

Efisiensi turbin dipengaruhi oleh jumlah sudu. Semakin banyak jumlah sudu maka efisiensi yang dihasilkan juga semakin besar, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Efisiensi maksimum yang dihasilkan oleh masing-masing turbin dengan jumlah sudu 16, 18, dan 20 secara berturut-turut adalah 6,78%, 7,61%, dan 7,78%. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa efisiensi maksimum diperoleh sebesar 7,78 % pada jumlah sudu 20, sedangkan efisiensi minimum sebesar 6,78% diperoleh pada jumlah sudu 16. Penambahan jumlah sudu dari 16 menjadi 18 menaikkan efisiensi turbin sebesar 10,9 %, sedangkan penambahan jumlah sudu dari 18 menjadi 20 menaikkan efisiensi turbin sebesar 2,2%. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan terhadap jumlah sudu menurut rancangan akan mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan. Pengurangan jumlah sudu mengurangi efisiensi secara signifikan sedangkan penambahan jumlah sudu tidak memperbesar efisiensi secara signifikan.

4. KESIMPULAN

- 1 Semakin banyak jumlah sudu maka daya dan efisiensi yang dihasilkan semakin besar. Daya maksimum dihasilkan oleh turbin dengan jumlah sudu 20 buah, yaitu sebesar 15,54 watt dengan efisiensi 7,8%.

- 2 Penambahan jumlah sudu akan meningkatkan daya dan efisiensi turbin. Penambahan jumlah sudu dari 16 menjadi 18 buah meningkatkan daya dan efisiensi sebesar 10,8% dan 10,9%. Penambahan jumlah sudu dari 18 menjadi 20 buah menaikkan daya dan efisiensi sebesar 2,3% dan 2,2%.

DAFTAR NOTASI

P_{in}	= potensi daya air (watt)
ρ	= massa jenis air (kg/m^3)
g	= percepatan gravitasi (m/detik^2)
Q	= debit air (m^3/detik)
H	= tinggi air jatuh (m)
V_1	= kecepatan pancaran air keluar nosel (m/s)
C	= koefisien kecepatan pada nosel
P_{out}	= daya yang dihasilkan alternator (watt)
V	= tegangan listrik yang dihasilkan (volt)
I	= kuat arus listrik yang dihasilkan (ampere)

DAFTAR PUSTAKA

- Dietzel, Fritz , 1996, *Turbin Pompa dan Kompresor*, cetakan ke-5, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Joshi, C. B., Seshadri, V., Singh, S. N., *Parametric Study on Performance of Cross-Flow* , Journal of Energy Engineering, Vol. 121, No. 1, April 1995, pp. 28-45
- Khosrowpanah, S, Fiuzat, A. A., Albertson, M., L., *Experimental Study of Cross-Flow Turbine*, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 114, No. 3, March 1988, pp. 299-314
- Mockmore, CA., 1949, *The Banki Water Turbine*, Oregon State College.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2003, *Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hijau)*, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta
- Olgun , H, 2000, *Effect of interior guide tubes in cross-flow turbine runner on turbine performance*, International Journal of Energy Research, Volume 24 Issue 11 , September 2000, Pages 935 – 964
- Olgun, H , 1998, *Investigation of the performance of a cross-flow turbine*, International Journal of Energy Research, Volume 22 Issue 11 , Pages 935 – 964