

Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal

Richard Pietersz, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan. Mayjend Haryono 167, Malang 65145. Indonesia
Phone: +62-341-587710, Fax: +62-341-551430
E-mail: richard.pietersz@yahoo.com

Abstract

Indonesia has a great potential to develop hydropower, because Indonesia's mountainous topography and hilly and is drained by numerous rivers (large and small), and in certain areas there are lakes or reservoirs and the potential of water as an energy source. Hydroelectric Power Plant (PLTA) is a technology that has been proven to not harm the environment, support the diversification of energy as renewable energy, support the use of fuel reduction program, and most of the construction using local materials. Kinetic Turbine is one of the options in utilizing the potential of the kinetic energy in the form of velocity, kinetic studies using vertical shaft turbine, blade-shaped bowl that can withstand the flow in order to increase the tangential force generated. Amount of kinetic turbine blades is one of the variables that affect the rotation and tangential style of a turbine, so the effect on the value of the power and efficiency of a kinetic turbine. The results showed the influence of the number of blades on the power and efficiency of blade number 5, 7, 9 and 11, where the number of blades 11 have a greater influence than the number of blade 5, 7 and 9.

Keywords: Water turbine, number of blades, performance

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu program pemerintah Indonesia melalui BUMN PT. PLN, dicanangkan bahwa pada tahun 2015 semua wilayah Indonesia diharapkan dapat teraliri arus listrik, karena kebutuhan energi listrik dewasa ini kian meningkat seiring dengan meningkatnya pembangunan terutama pembangunan disektor industri, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Indonesia juga memiliki banyak potensi sumber energi terbarukan yaitu energi non fosil yang berasal dari alam dan dapat diperbaharui juga bila dikelola dengan baik energi ini tidak akan habis, antara lain energi surya *fotovoltaik*, energi surya termal, energi biomasa / biogas, energi *bioetanol*, energi *biodiesel*, energi panas bumi, energi samudra (energi panas laut, energi pasang surut, dan

energi gelombang), energi angin, energi nuklir, dan energi air [1].

Kondisi topografi Indonesia yang bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai (besar dan kecil) dan di beberapa daerah tertentu terdapat danau dan atau waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air [2]. Energi air dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Hal ini menyebabkan Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), adalah salah satu teknologi yang sudah terbukti tidak merusak lingkungan, menunjang diverifikasi energi sebagai pemanfaatan energi terbarukan, menunjang program pengurangan penggunaan BBM,

dan sebagian besar konstruksinya menggunakan material lokal.

Dalam suatu PLTA diperlukan turbin kinetik dengan efisiensi yang baik. Pemberian sekat pada bagian masuk turbin agar punggung turbin yang berputar melawan arus dapat terhindar dari tekanan air adalah salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi turbin kinetik [3].

Karakteristik daya dan efisiensi antara sudu mangkok dan setengah silinder hampir sama, namun daya dan efisiensi sudu mangkok lebih baik dari setengah silinder [4].

Untuk mengoptimalkan kinerja turbin kinetik roda tunggal, dalam penelitian ini digunakan turbin kinetik (poros vertikal), sudu berbentuk mangkok agar dapat menahan aliran guna memperbesar gaya tangensial yang dihasilkan adalah turbin kinetik yang penggunaannya yaitu dengan memanfaatkan aliran sungai yang kecil belum meluas karena selain masalah biaya juga bagaimana meningkatkan kinerja dari turbin baik dari segi aliran fluida maupun dari konstruksi turbin itu sendiri.

Adapun permasalahan yang diteliti dari konstruksi turbin yakni; variasi jumlah sudu terhadap kinerja turbin yaitu: daya, torsi dan putaran. Untuk mempercepat aliran dengan mengatur dimensi saluran masuk turbin maupun bentuk sudu, telah dilakukan berbagai penelitian Kinerja dari suatu turbin kinetik sangat bergantung pada kecepatan aliran, sudut sudu, pengarah aliran, ukuran aliran dan jumlah sudu. Jumlah sudu turbin kinetik adalah salah satu variabel yang sangat mempengaruhi putaran dan gaya tangensial yang menentukan daya dan efisiensi sebuah turbin kinetik.

Penambahan jumlah sudu berarti meningkatkan putaran dan gaya tangensial yang terjadi dan dengan sendirinya meningkatkan daya dan efisiensi turbin kinetik, untuk itu maka penelitian ini diarahkan untuk menentukan kinerja turbin berdasarkan pengaruh jumlah sudu yang divariasikan dalam menghasilkan daya turbin yang optimal.

LANDASAN TEORI

Pengertian Turbin Kinetik

Pengertian turbin adalah turbin yang cara kerjanya memanfaatkan kecepatan aliran, sehingga turbin jenis ini tidak membutuhkan tinggi jatuh (*head*) air.

Turbin ini sangat tepat untuk dipakai pada daerah yang datar dan memiliki aliran sungai, terutama daerah pedesaan. Sampai saat ini jenis turbin kinetik yang dikenal adalah yang disebut dengan *water wheel* atau kincir air. Kincir air ini adalah turbin kinetik yang sangat sederhana, kincir air ini masih banyak ditemukan di Indonesia, seperti misalnya kincir air di Pronojiwa Lumajang dipakai sebagai penggerak generator kecil untuk alat charging baterai (*accumulator*) kendaraan bermotor.

Prinsip Kerja Turbin Kinetik

Prinsip kerja Turbin kinetik bekerja, dimana arus aliran air langsung menumbuk sudu turbin tanpa melalui nozel. Energi diberikan kepada sudu berupa energi kinetik atau energi kecepatan. Pada turbin kinetik vertikal (tegak) air langsung menumbuk sudu pada setengah bagian roda turbin sedangkan setengah bagian yang lain juga mendapat tumbukan tetapi tidak sebesar setengah bagian yang pertama sehingga turbin masih bisa berputar. Tentunya keberhasilan turbin ini berputar tergantung pada bentuk dan jumlah sudunya, apabila bentuk dan jumlah sudunya kurang memadai maka putaran turbin akan semakin lambat, bahkan berhenti berputar. Oleh sebab itu berdasarkan prinsip kerja ini dan berdasarkan teori segitiga kecepatan maka akan didapatkan bentuk dan jumlah sudu yang tepat.

Kinerja Turbin Kinetik

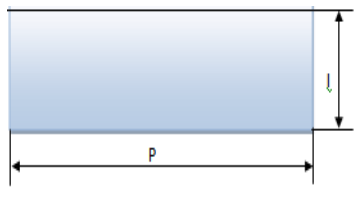
Turbin air yang diteliti adalah peralatan mekanis berbentuk roda dengan sudu mangkok pada poros vertikal. Turbin air ini memanfaatkan selisih ketinggian alamiah dari permukaan sungai kecil atau kecepatan aliran. Air yang masuk ke dalam dan keluar turbin tidak mempunyai tekanan lebih (*over pressure*). Dalam penelitian dibuat suatu

turbin air yang ditempatkan secara aksial dan memanfaatkan kecepatan sungai secara alami. Kinerja dari turbin air ini tergantung dari: Kondisi aliran (kecepatan air dan debit air), soliditas dan sudut kemiringan sudu [5]. Dalam pengujian turbin ini diharapkan agar mendapatkan hubungan antara debit dan kinerja turbin (daya dan efisiensi) pada proses perhitungan menggunakan perumusan sebagai berikut:

Parameter dalam penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa parameter yang harus dihitung, untuk menghitung luas saluran dapat menggunakan persamaan 1 berikut:

$$A = (P \cdot l) \quad (1)$$



Gambar 1. Luas Penampang Saluran

Sedangkan kecepatan aliran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Dalam menghitung massa aliran digunakan persamaan 3:

$$m = \rho \cdot Q \quad (3)$$

Daya air dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan 4:

$$P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (4)$$

Besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan 5:

$$T = F \cdot l \quad (5)$$

Untuk kecepatan keliling turbin diperoleh dengan menghitung menggunakan persamaan 6:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (6)$$

Sedangkan daya turbin dapat dihitung dengan persamaan 7:

$$P_t = T \cdot \omega \quad (7)$$

Efisiensi dapat dihitung dengan persamaan 8:

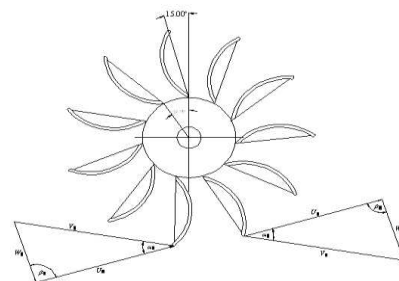
$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \quad (8)$$

Untuk resiko kecepatan tangensial dapat dihitung dengan persamaan 9:

$$\frac{U}{v} = \frac{\omega \cdot R}{v} \quad (9)$$

Segitiga Kecepatan

Kondisi air masuk sudu dan air keluar sudu tergambar dalam segitiga kecepatan berikut :



Gambar 2. Segitiga Kecepatan

$v_1 = 2,5\text{m/s}$ (hasil pengukuran titik)
 $v_2 = 1,93\text{m/s}$ (hasil pengukuran titik)

Untuk menghitung kecepatan tangensial dapat menggunakan persamaan 10:

$$u_1 = u_2 = \pi \cdot D \cdot n \quad (10)$$

Sedangkan kecepatan absolut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 11:

$$w_1 = \sqrt{(v_1^2 + u^2) + 2(v_1 \cdot u \cdot \cos \alpha)} \quad (11)$$

Momentum yang terjadi pada aliran turbulen dapat dihitung dengan persamaan 12:

$$m = f \cdot \rho \cdot Q \cdot v \quad (12)$$

Dimana :
f = 1,03

Untuk gaya tangensial dapat dihitung dengan persamaan 13:

$$F_t = \rho \cdot Q \cdot f \cdot (w_2 - w_1) \quad (13)$$

Dimana :
f = 1,03

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan aplikasi dan penerapan ilmu dan teknologi tepat guna, sekaligus merupakan salah satu pemecahan terhadap masalah krisis energi, yakni menghasilkan energi listrik dengan pemanfaatan sumber daya alam (air) yang melimpah sebagai suatu sumber energi yang tak terbatas.

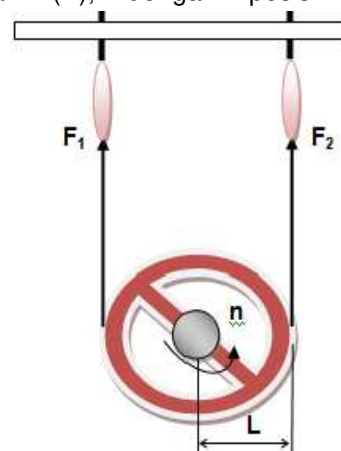
Turbin kinetik adalah suatu bentuk turbin air yang hanya memanfaatkan kecepatan aliran dan tidak memerlukan nozel, selain itu turbin air ini tidak membutuhkan pelindung atau rumah. Sudu turbin kinetik yang digunakan adalah sudu mangkok yang divariasikan jumlahnya yaitu ; 5, 7, 9 dan 11. Dalam penelitian ini juga, debit air divariasikan sebesar 45 [m³/s], 50 [m³/s], 55 [m³/s], 60 [m³/s].

Daya turbin dan efisiensi turbin yang optimal merupakan hasil dari penelitian yang terikat dengan variasi debit air dan jumlah sudu mangkok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

Proses penelitian dengan melakukan pengujian terhadap turbin air. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data putaran (n), gaya (F) dan kecepatan aliran pada saluran (V), dengan posisi komponen



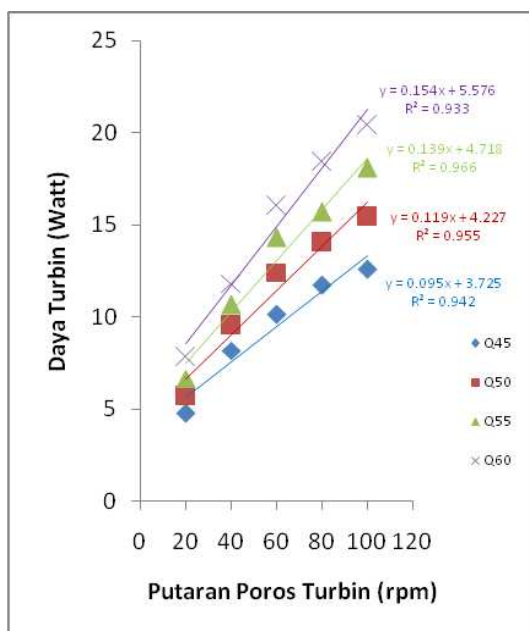
tersebut sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1 :

Gambar 1. Posisi gaya

Dari hasil pengujian terhadap turbin dengan variasi jumlah sudu maka diperoleh parameter-parameter dasar yakni; kecepatan dan gaya kemudian dilakukan perhitungan dan diperoleh hasil sebagaimana poin 4.2

HASIL DAN PEMBAHASAN

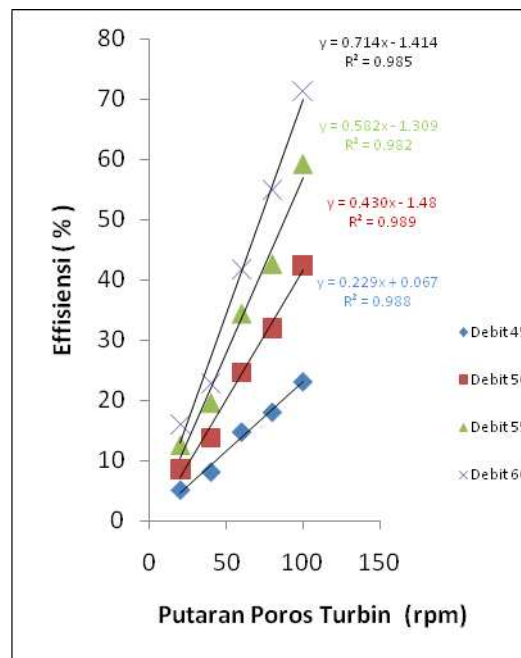
Daya sangat tergantung pada besarnya torsi dan putaran. Besaran torsi berbanding terbalik dengan putaran turbin. Debit air sangat berpengaruh terhadap torsi dan putaran, semakin besar debit yang diberikan akan menaikkan daya suatu turbin. Dari hasil penelitian dan pengolahan data, maka terdapat suatu perhitungan dimana hasil perhitungan daya semakin kecil bila debit aliran air bertambah .



Gambar 2. Pengaruh variasi debit air terhadap daya dari unjuk kerja turbin kinetik kedalaman sudu 17mm pada sudu 11

Pada gambar 2 yang diperlihatkan tersebut diatas adalah grafik pengaruh variasi debit air terhadap Daya dari unjuk kerja turbin kinetik dengan sudu 11 pada putaran 100 rpm, 80 rpm, 60 rpm, 40 rpm dan 20 rpm. Gambar 2 menunjukkan bahwa daya turbin cenderung naik seiring dengan naiknya debit air. Semakin bertambahnya debit air serta putaran turbin, maka daya yang dihasilkan makin besar. Pada putaran 20 rpm dengan debit air $0,013 \text{ m}^3/\text{s}$, daya yang dihasilkan adalah 4,76 Watt, pada putaran 100 rpm dengan debit air $0,013 \text{ m}^3/\text{s}$, daya yang dihasilkan adalah 12,56 Watt. Pada putaran 20 rpm dengan debit air $0,017 \text{ m}^3/\text{s}$, daya yang dihasilkan adalah 7,78 Watt, pada Pada putaran 100 rpm dengan debit air $0,017 \text{ m}^3/\text{s}$, daya yang dihasilkan adalah 20,41 Watt.

Suatu sistim instalasi turbin kinerjanya tergantung dari daya dan efesiensi. Hasil perhitungan efesiensi ditunjukkan oleh gambar 3 berikut :

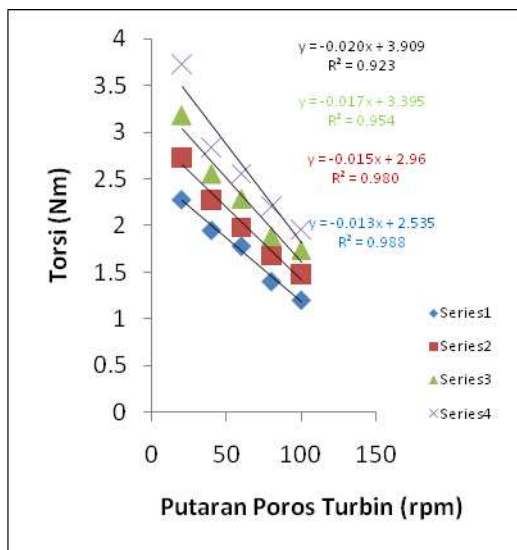


Gambar 3. Pengaruh debit air terhadap Efisiensi dari unjuk kerja turbin kinetik kedalaman sudu 17mm pada sudu 11.

Gambar 3 merupakan gambar grafik pengaruh debit air terhadap efisiensi turbin. Terlihat bahwa efisiensi turbin bertambah seiring dengan bertambahnya debit air, putaran dan jumlah sudu. Efisiensi terjadi pada debit air $0,013 \text{ m}^3/\text{menit}$ pada sudu 11 dengan putaran 20 rpm, yaitu 5,14 %. pada putaran 100 rpm dengan debit air $0,013 \text{ m}^3/\text{s}$, efisiensi yang dihasilkan adalah 23,15% . Efisiensi terjadi pada debit air $0,017 \text{ m}^3/\text{menit}$ pada sudu 11 dengan putaran 20 rpm, yaitu 16,04 %. pada putaran 100 rpm dengan debit air $0,017 \text{ m}^3/\text{s}$, efisiensi yang dihasilkan adalah 71,42% dan merupakan efisiensi maksimum.

Debit (kapasitas) air yang diberikan oleh pompa dipergunakan untuk memutar turbin, dimana pada posisi terbuka saluran dibuat semakin ke ujung semakin menyempit untuk menambah kecepatan aliran. Setelah aliran air menumbuk sudu turbin dan memutar turbin maka dilakukan pengukuran

terhadap gaya yang terjadi dengan memberikan beban pada turbin hingga putaran yang diinginkan dengan tujuan untuk mendapatkan torsi yang ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Pengaruh variasi debit air terhadap Torsi dari unjuk kerja turbin kinetik kedalamam sudu 17mm pada sudu 11.

Debit air terhadap torsi seperti diperlihatkan pada Gambar 4 adanya kecenderungan penurunan torsi turbin untuk turbin kinetik sudu 11, debit air 0,013 m³/menit, pada putaran 20 rpm sebesar 2,28 Nm, debit air 0,013 m³/menit pada putaran 100 rpm sebesar 1,2 Nm. debit air 0.017 m³/menit, pada putaran 20 rpm sebesar 3,73 Nm, debit air 0.017 m³/menit, pada putaran 100 rpm sebesar 1,95.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, hasil perhitungan dan hasil pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jumlah sudu mempengaruhi kinerja dari turbin kinetik dimana debit air 0.013 putaran 100 rpm jumlah sudu 5 memiliki daya sebesar 5,50, sudu 7 memiliki daya sebesar memiliki kinerja lebih tinggi dari jumlah

sudu 5, 7, dan 9 terutama pada putaran 100 rpm daya yang dihasilkan sebesar 20,41 Watt.

2. Pada debit air 0.016 m³/s jumlah sudu 11 kinerja (daya dan efisiensi) tertinggi berada pada putaran 100 rpm yakni sebesar 20,41 Watt dan efisiensinya 71,42%, pengaruh debit air terhadap torsi maksimum terjadi pada sudu 11 dengan debit air 0,016 m³/s putaran 20 rpm sebesar 3,73 Nm sedangkan torsi minimum terjadi pada sudu 5 dengan debit air 0.013 m³/s pada putaran 100rpm yakni sebesar 0,53 Nm.

SARAN

Dari hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh maka ada beberapa hal yang dapat direkomendasikan sebagai saran antara lain :

1. Turbin ini perlu dikembangkan lebih lanjut mengingat manfaat yang diperoleh, namun dalam penelitian dan engembanganya perlu memperhatikan fenomena aliran pada sekitar sudu turbin.
2. Perlu ada penelitian lanjutan dari konsep turbin ini yaitu :
 - a. Dimensi saluran dalam mengurangi tumbukan balik aliran terhadap sudu turbin.
 - b. Penelitian lanjutan mengenai fenomena aliran di sekitar sudu turbin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blueprint, 2005, Pengelolaan energi Nasional 2005-2015. Jakarta.
- [2] Napitupulu, F. Hasiholan., 2008 Potensi Air Terjun sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) di Sumatera Utara, Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU.
- [3] Brian, Kirke., 2007, *Vertical Kinetic Turbine Optimization*, The University of Southern Australia.

- [4] Bono dan Indarto., 2008, "*Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro Dengan Variasi Bentuk Sudu*".
- [5] Mitsuhiro Shiono, Kdsuyuki Suzuki, Sezji Kiho., 2002, "Output Characteristics of Darrieus Water Turbine with Helical Blades for Tidal Current Generations, *Proceedings of The Twelfth International Offshore and Polar Engineering Conference*, Kitakyushu, Japan, May 26–31. [8] Dietzel Fritz., 1993, *Turbin Pompa Dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta.