

KAJIAN EKSPERIMEN TURBIN TURGO DENGAN PERUBAHAN DIAMETER RUNNER UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO

Bono¹⁾, Gatot Suwoto²⁾, Margana³⁾

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Soedarto, S.H., Semarang, 50275

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Soedarto, S.H., Semarang, 50275

³Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Soedarto, S.H., Semarang, 50275

E-mail: onobono61@yahoo.co.id

Abstract

This study aims to create and test the performance of Turgo Turbines for Pico Hydro Power Generation Systems with variations in runner diameter, so that the size of the runner diameter provides the best performance. The Turgo turbine runner used in this study has the following dimensions: inlet blade angle $\alpha_1 = 400$, outlet blade angle $\alpha_2 = 100$, number of blade (Z) 20 pieces, runner diameter (D) made vary from 165mm, 175 mm and 185 mm. The parameters measured in the test are flow discharge, pressure on the nozzle, turbine shaft rotation and torque, as well as voltage and electric current output from the generator. The parameters that are determined and are the variables in this study are runner diameter (D). The load on the generator is varied and every load variation is recorded on the parameters above. The test was carried out at a constant head of 20 m with a discharge 80 l / min, runner diameter 165 mm, 175 mm, and 185 mm. The test results for each diameter produced the best conditions for 185 mm dish diameter, namely system efficiency (η_s) of 45,71%, 771,48 rpm rotation, Generator power (Pg) of 115,49 watts at 769,73 rpm rotation.

Keyword : Turgo turbine, runner diameter

PENDAHULUAN

Penyediaan energi dimasa depan merupakan permasalahan yang akan senantiasa menjadi perhatian semua bangsa-bangsa di dunia. Karena kesejahteraan dan juga pembangunan di kehidupan yang modern sangat tergantung dengan adanya energi. Apalagi untuk di Indonesia yang merupakan negara yang berkembang penyediaan energi merupakan faktor penting yang mendorong pembangunan. Seiring dengan pertumbuhan pembangunan terutama pembangunan di sektor industri, pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan kebutuhan energi akan terus meningkat karena banyaknya permintaan.

Sampai saat ini energi listrik yang disediakan oleh PT PLN (persero) masih belum dirasakan secara merata oleh masyarakat terutama masyarakat pedesaan yang jauh dari jangkauan jaringan listrik PT PLN (persero). Namun di beberapa desa yang belum terjangkau jaringan listrik, memiliki potensi mikrohidro yang belum dimanfaatkan.

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat. Pada air

tersimpan energi potensial (pada saat air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Energi yang terkandung didalam air dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi tersebut banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya air terjun (energi potensial air) atau aliran air yang ada di sungai. Besarnya tenaga air yang tersedia tergantung dengan head (beda ketinggian muka air pada reservoir dengan muka tinggi air keluar dari kincir air) dan debit air sungai yang mengalir.

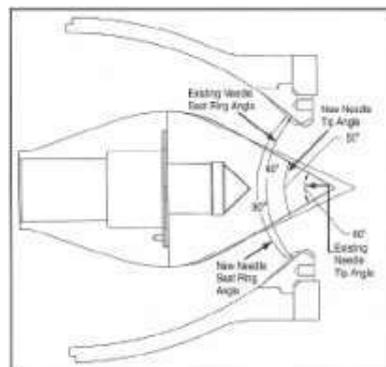
Ketinggian (*head*) dan kapasitas (debit air) aliran merupakan faktor utama dalam menentukan jenis turbin air yang akan digunakan. Selama ini pembangkit listrik tenaga air skala mikro menggunakan turbin air jenis *Pelton* dan *Crossflow*, sedangkan turbin *Turgo* sendiri masih jarang dijumpai di Indonesia. Turbin *Turgo* dapat beroperasi pada *head* 15 s/d 300 m (<http://europa.eu.int/en/comm/dg17/hydro/layman2>). Selain turbin *Pelton*, jenis turbin impuls lainnya adalah turbin *Turgo* yang awalnya dipatenkan oleh *European company* pada tahun 1919. Turbin *Turgo* adalah jenis turbin yang sesuai untuk menggantikan turbin *Pelton* nosel ganda (*multi nozzle*) dengan *head* rendah maupun turbin *Francis* dengan *head* tinggi. Turbin *Turgo* dapat bekerja pada *head* menengah antara 15 sampai dengan 300 m. (*Anagnostopoulos dan Papantonis, 2008*). Seperti turbin *Pelton*, turbin *Turgo* merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nosel membentur sudu pada sudut 20° . Kecepatan putar turbin *Turgo* lebih besar dari turbin *Pelton*. Selain itu turbin *Turgo* juga menampung air yang tidak terbatas berbeda dengan turbin *Pelton* yang daya tampung dari air yang akan melalui sudu terbatas karena arah air yang meninggalkan sudu berlawanan dengan arah air yang akan menuju kesudu sehingga kecepatan putar turbin *Turgo* lebih besar dibanding turbin *Pelton* dan dapat menggantikan turbin *Pelton multi jet*. Sehingga dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi sistem sekaligus menurunkan biaya perawatan.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang sudah mengkaji bahkan menerapkan turbin *Turgo* sebagai pembangkit mikrohidro sebagai perbandingan kinerja dengan turbin *Pelton* dan *Francis*. Dari penelitian itu bisa dijadikan referensi untuk menganalisa lebih lanjut tentang kinerja turbin *Turgo* dengan variasi diameter piringan.

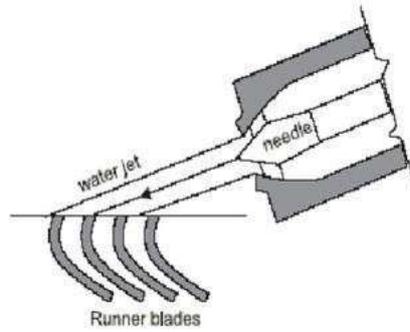
Kualitas aliran jet yang dihasilkan oleh nosel dapat mempengaruhi kinerja turbin.

Penelitian tentang hal ini dilakukan oleh Kvicinsky dkk (2002), dimana analisis aliran jet pada permukaan sudu turbin dilakukan secara numerik maupun eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas aliran jet berpengaruh pada distribusi tekanan dan medan kecepatan pada permukaan sudu sehingga daya dan efisiensi turbin akan berubah.

Matthew Gass (2002), telah memodifikasi nosel dengan dengan mengubah sudut ujung nosel dan cincin dudukan (*seat ring*), yang semula cincin dudukan 80° dengan sudut nosel sebesar 60° diubah menjadi cincin dudukan 90° dengan sudut nosel 50° (gambar 1). Perubahan sudut dudukan dan ujung jarum berdampak pada ukuran diameter jet pada berbagai kondisi langkah jarum. Besar kecilnya diameter jet air akan berpengaruh pada daya yang dibangkitkan turbin. Modifikasi nosel ini menghasilkan suatu peningkatan efisiensi di atas 0.5% pada kondisi 60% beban penuh dan peningkatan sebesar 0.9% pada kondisi 100% pembukaan jarum. Pada penelitian ini bentuk nosel yang digunakan mengacu pada modifikasi nosel yang dilakukan oleh Matthew Gass.



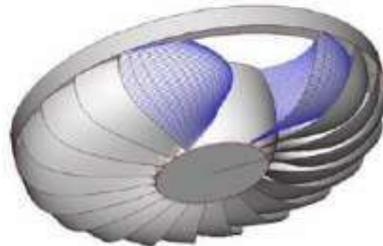
Gambar 1. Komponen nosel yang dimodifikasi (Matthew Gass, 2002)



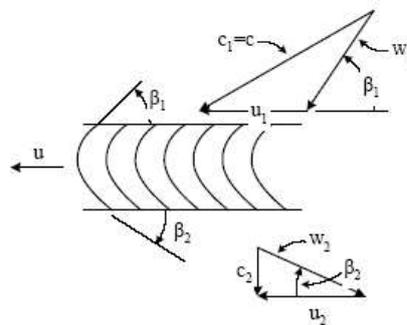
Gambar 2. Nosel Turbin Turgo



Gambar 3. Turbin Turgo



Gambar 4. Runner turbin Turgo, (Anagnostopoulos dan Papantonis, 2008)



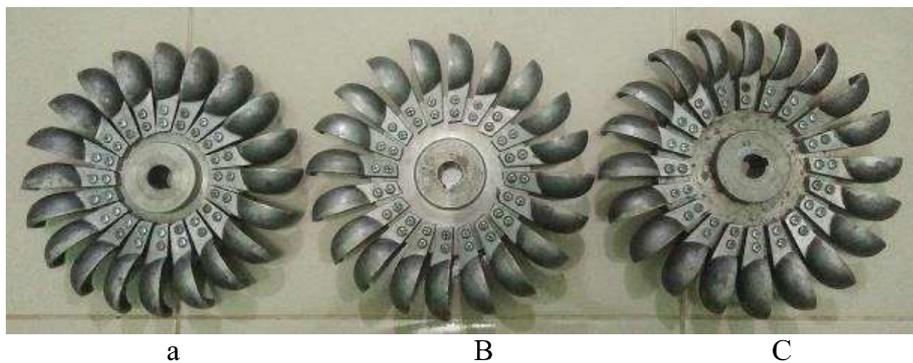
Gambar 5. Segitiga Kecepatan pada turbin Turgo (Anagnostopoulos dan Papantonis, 2008)

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan membuat turbin *Turgo* yang terdiri *runner* turbin dan rumah turbin. *Runner* turbin terdiri dari sudu dan piringan yang terbuat dari bahan aluminium. Piringan turbin dibuat dengan variasi diameter rata-rata sebesar 165 mm, 175 mm dan 185 mm, dengan masing-masing piringan memiliki 20 buah sudu. Untuk rumah turbin dilengkapi dengan nosel yang berfungsi untuk pengarah aliran dan pembangkit jet, dimana sudut kemiringan nosel diatur pada kemiringan 20° . Sedangkan rumah turbin sendiri dari dinding akrilik sehingga mempermudah untuk melihat proses kerjanya. Pengujian dilakukan meliputi uji karakteristik turbin, dimana tekanan pada nosel sebesar 2 bar, dengan sudut kemiringan nosel sebesar 20° , serta debit sebesar 75 liter/menit. Hasil uji berupa hasil grafik karakteristik turbin masing-masing diameter piringan. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah debit, tekanan, torsi, putaran, tegangan dan arus.



Gambar 6. Sudu turbin *Turgo*

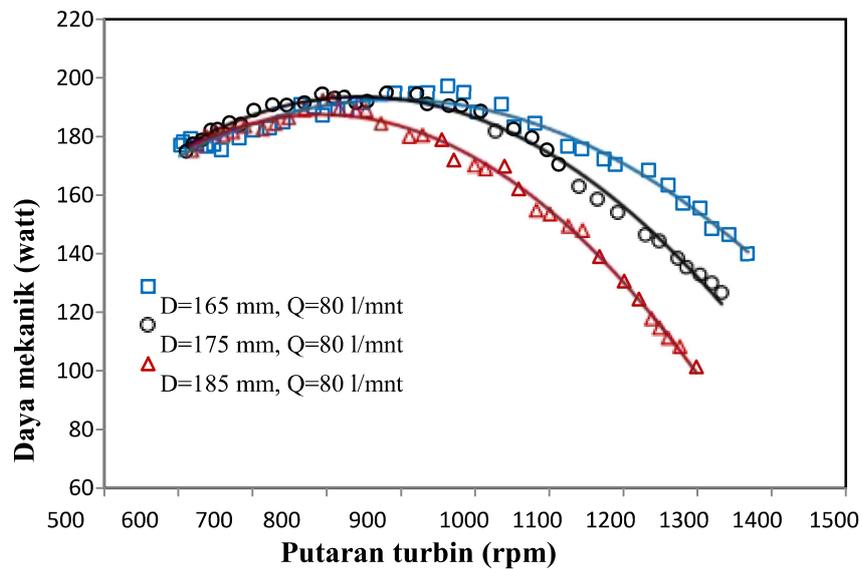


**Gambar 7. *Runner* turbin *Turgo* yang dibuat,
(a) Diameter 165 mm, (b) Diameter 175 mm, (c) Diameter 185 mm**

HASIL DAN PEMBAHASAN

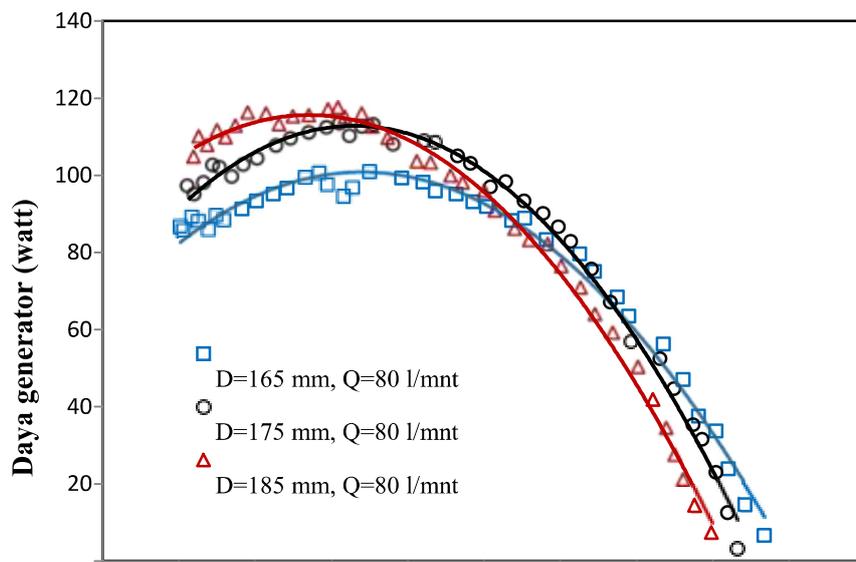
Piringan turbin yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai dimensi sebagai berikut:

Diameter rata-rata piringan 165 mm, 175 mm dan 185 mm. sudut masuk sudu $\beta_1=40^\circ$, sudut keluaran sudu $\beta_2=10^\circ$, jumlah sudu $Z= 20$ buah, sudut kemiringan nosel = 20° . Grafik hubungan antara daya mekanik, daya generator, efisiensi turbin, efisiensi sistem terhadap putaran turbin pada sudut kemiringan nosel 20° pada tekanan 2 bar serta debit 80 liter/menit dapat dilihat pada gambar 8, 9, dan 10.



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Putaran Terhadap Daya Mekanik (P_m)

Gambar 8 menunjukkan grafik hubungan antara putaran terhadap daya mekanik (P_m), pada diameter piringan 165 mm, 175 mm dan 185 mm, dengan tekanan pada nosel 2 bar dan debit 80 l/menit. Diperoleh tiga kurva yang memiliki kecenderungan sama, yaitu daya mekanik meningkat dengan bertambahnya putaran turbin hingga mencapai titik puncak, kemudian daya mekanik menurun meskipun putaran turbin terus meningkat. Daya mekanik tertinggi yang dihasilkan turbin untuk masing masing diameter piringan dijelaskan pada uraian berikut. Untuk diameter piringan 165 mm, daya mekanik tertinggi 192,67 watt, dicapai pada putaran 892,94 rpm. Untuk diameter piringan 175 mm, daya mekanik tertinggi 193,35 watt terjadi pada putaran 846,14 rpm. Selanjutnya, pada diameter piringan 185 mm, daya mekanik tertinggi 187,52 watt terjadi pada putaran 794,17 rpm. Berdasarkan kondisi diatas dapat diketahui bahwa daya mekanik terbesar yang mampu dibangkitkan turbin adalah 193,35 watt, pada putaran turbin 846,14 rpm, dengan diameter piringan 175 mm.



0
500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500
Putaran turbin (rpm)

Gambar 9. Grafik Hubungan Putaran Terhadap Daya Generator (P_g)

Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara putaran terhadap daya generator (P_g), pada diameter piringan 165 mm, 175 mm dan 185 mm, dengan tekanan pada nosel 2 bar dan debit 80 l/menit. Diperoleh tiga kurva yang memiliki kecenderungan sama, yaitu daya generator meningkat dengan bertambahnya putaran turbin hingga mencapai titik puncak, kemudian daya generator menurun meskipun putaran turbin terus meningkat. Daya generator tertinggi yang dihasilkan turbin untuk masing-masing diameter piringan dijelaskan pada uraian berikut. Untuk diameter piringan 165 mm, daya generator tertinggi 100,763 watt, dicapai pada putaran 840,44 rpm. Untuk diameter piringan 175 mm, daya generator tertinggi 112,608 watt terjadi pada putaran 828,95 rpm. Selanjutnya, pada diameter piringan 185 mm, daya generator tertinggi 115,496 watt terjadi pada putaran 796,73 rpm. Berdasarkan kondisi di atas dapat diketahui bahwa daya generator terbesar yang mampu dibangkitkan turbin adalah 115,496 watt, pada putaran turbin 769,73 rpm, dengan diameter piringan 185 mm.

SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Daya mekanik terbesar yang mampu dibangkitkan turbin adalah 193,35 watt, pada putaran turbin 846,14 rpm, dengan diameter piringan 175 mm.
2. Daya generator terbesar yang mampu dibangkitkan turbin adalah 115,496 watt, pada putaran turbin 769,73 rpm, dengan diameter piringan 185 mm.
3. Efisiensi sistem terbesar yang mampu dibangkitkan sistem adalah 45,71 %, pada putaran sistem 771,48 rpm, dengan diameter piringan 185 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anagnostopoulos, J.S., dan Papantonis, D.E., 2008, Flow Modeling and Runner Design Optimization in Turgo Water Turbines , International Journal of Applied Science, Engineering and Technology 4;3*
- Kvicinsky S, JL Kueny, F Avellan, E Parkinson. 2002. *Experimental and Numerical Analysis of Free surface flows in A Rotating Bucket*. Proceedings of the xxist IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems. Lausanne
- Matthew Gass, 2002, *Modification Of Nozzles For The Improvement Of Efficiency Of Pelton Type Turbines*, Hetch Hetchy Water and Power, Moccasin Ca USA.