

PENGARUH SUDUT PUNTIR SUDU PADA SAVONIUS HORIZONTAL AXIS WATER TURBINE SEMICIRCULAR BLADE APLIKASI ALIRAN DALAM PIPA

Syamsul Hadi^{1*}, Muhammad Sidik Teja Purnama¹, Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana¹

¹Departemen Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

*Email: syamsulhadi@ft.uns.ac.id

Abstrak

Turbin Savonius merupakan salah satu jenis turbin yang unggul dalam hal karakteristik awal (*starting characteristic*), mampu beroperasi pada kecepatan aliran yang relatif rendah, serta desain yang sederhana dan murah. Faktor inilah yang membuat turbin Savonius sesuai diaplikasikan untuk sistem pembangkit Piko Hidro, dimana daya keluaran yang dihasilkan sangat kecil yakni kurang dari 5 KW. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui turbin Savonius dengan sudut puntir (α) yang paling optimal dan membandingkannya dengan sudu konvensional atau tanpa puntiran ($\alpha = 0^\circ$). Penelitian dilakukan menggunakan metode *computational fluid domain (CFD)* dengan program SolidWorks 2011 untuk mengetahui sudut puntir yang paling optimal. Variasi sudut puntir yang disimulasikan adalah $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ dan 180° . Hasil simulasi menunjukkan sudut puntir $\alpha = 45^\circ$ mempunyai nilai torsi paling tinggi. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa sudu dengan puntiran (*twisted blades*) mempunyai nilai torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudu konvensional atau tanpa puntiran ($\alpha = 0^\circ$).

Kata Kunci: Horizontal Axis Water Turbine, Pico Hydro, Sudut Puntir.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan sumber energi fosil untuk pembangkit listrik dari tahun ke tahun terus meningkat. Di Indonesia menurut PT PLN (Persero) kebutuhan batubara untuk mengoperasikan seluruh pembangkit listrik yang ada di Indonesia diperkirakan mencapai 82 juta ton. Kepala Divisi Batubara PLN mengatakan kebutuhan tersebut meningkat 17,1 persen dibanding realisasi penggunaan batubara tahun 2014 yang mencapai 70 juta ton (CNN Indonesia, 2015).

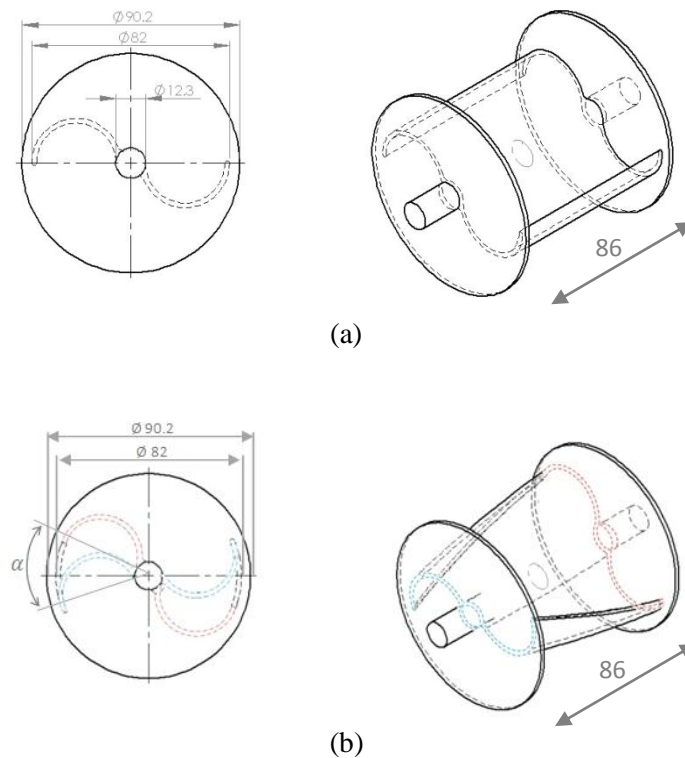
Pikohidro adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak dengan memanfaatkan ketinggian *head* dan jumlah debit air, keluaran daya yang dihasilkan adalah kurang dari 5 KW (Williamson dkk, 2013). Salah satu metode untuk mengekstrak energi dari air oleh turbin savonius adalah *Rain Water Harvesting (RWH)*. Dimana air hujan ditampung dalam sebuah tangki sebelum kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin dengan memanfaatkan tinggi *head*. Air hujan yang telah ditampung di dalam tangki kemudian dialirkan oleh pipa langsung menuju rangkaian turbin dan generator yang ada di bawah tangki penampung air tersebut. Daya listrik yang dihasilkan cukup untuk menyalakan lampu LED 0.3 watt (Rosmin dkk, 2015).

Banyak penelitian telah dilakukan berkaitan dengan turbin Savonius guna meningkatkan efisiensi unjuk kerjanya. *Twisted blades savonius rotor* adalah salah satu hasil dari pengembangan turbin Savonius. *Twisted blades savonius rotor* memberikan puntiran pada sudu-sudunya dengan sudut puntir (*twist angle*) tertentu. Hasil pengujian yang dilakukan pada *twisted blades savonius rotor* dengan sudut puntir $\alpha = 0^\circ$ sampai 25° , menunjukkan unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan rotor Savonius konvensional atau tanpa puntiran ($\alpha = 0^\circ$) dengan parameter efisiensi yang lebih tinggi, *starting characteristics* yang lebih baik, serta putaran yang lebih halus (Saha dan Rajkumar, 2006). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut puntir (*twist angle*) terhadap daya yang dihasilkan, sehingga diketahui sudut puntir paling optimal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pemodelan dan simulasi terlebih dahulu dilakukan sebagai acuan untuk melakukan pengujian secara eksperimental. Desain turbin Savonius HAWT yang digunakan terdiri dari 2 sudu dengan poros dan memakai *end plate* di kedua sisi sudu (Ali, 2013). Spesifikasi turbin adalah

sebagai berikut; panjang (H) = 82 mm; Diameter sudu (d) = 82 mm; Diameter *end plate* (D) = 90,2 mm; dengan ketebalan sudu maupun *end plate* 2 mm.



Gambar 1. Desain turbin Savonius: (a) sudu *semicircular* tanpa puntiran; (b) Sudu *semicircular* dengan sudut puntir (α).

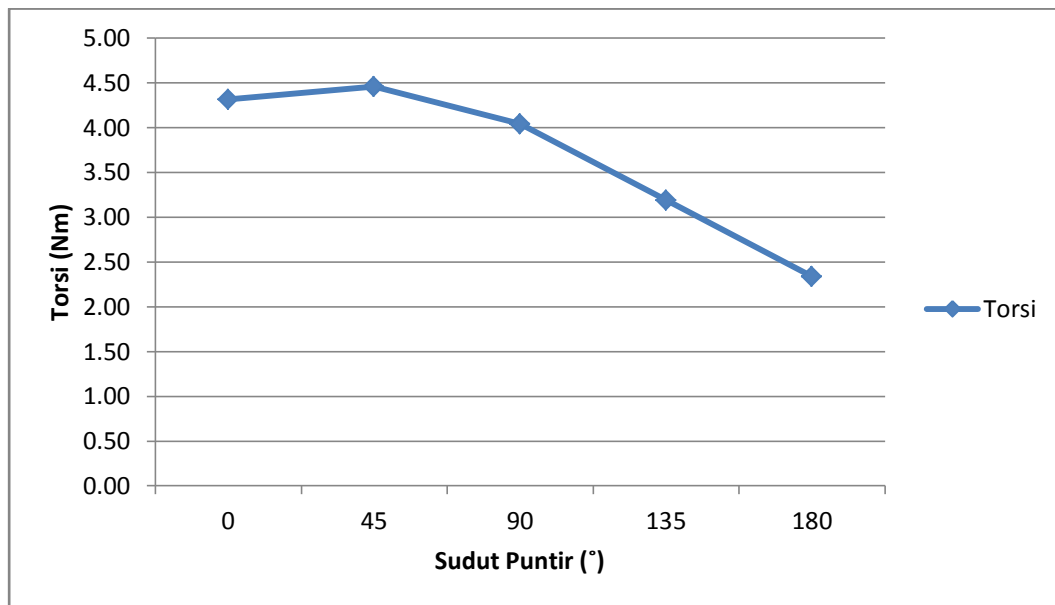
Gambar 1 menunjukkan dimensi dari desain turbin Savonius yang digunakan, yakni sudu *semicircular* tanpa puntiran ($\alpha = 0^\circ$) dan sudu *semicircular* dengan sudut puntir (α). Variasi sudut puntir yang disimulasi adalah $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$. Simulasi dilakukan menggunakan program *SOLIDWORKS* 2011 dengan fasilitas *flow simulation*. Simulasi dilakukan dengan kondisi batas sebagai berikut:

- Analisa simulasi dilakukan pada aliran dalam pipa, dengan percepatan gravitasi berada di sumbu Y arah negatif dengan nilai $g = -9.81 \text{ m/s}^2$.
- Fluida yang digunakan adalah air, dengan tipe aliran laminar dan turbulen.
- Kondisi dinding *adiabatic* sehingga tidak ada perpindahan panas.
- Kondisi awal temperatur 293.2 Kelvin, Tekanan $P = 101325 \text{ Pa}$.
- Saluran *inlet*: Debit $Q = 0.019 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Saluran *outlet*: *static pressure* $P = 101325 \text{ Pa}$.
- Temperatur air yang digunakan adalah 293 Kelvin.
- *Result resolution* menggunakan skala 3 untuk semua variasi sudut puntir.

Simulasi dilakukan dengan kondisi turbin diam pada aliran dalam pipa. Dimana sebelum aliran air masuk turbin, terlebih dahulu air akan mengenai *deflector* dengan *blocking system* 50% diameter dalam pipa. Kondisi kekasaran permukaan dalam pipa diabaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi diperoleh nilai torsi untuk masing-masing variasi sudut puntir dari $\alpha = 0^\circ$ sampai 45° . Kemudian diperoleh juga *flow trajectories* dan *surface plot* dengan parameter yang dianalisa adalah tekanan, sehingga dapat diketahui distribusi tekanan pada aliran dan permukaan rotor. Gambar 3 dibawah ini menunjukkan nilai torsi yang dicapai masing-masing sudut puntir.



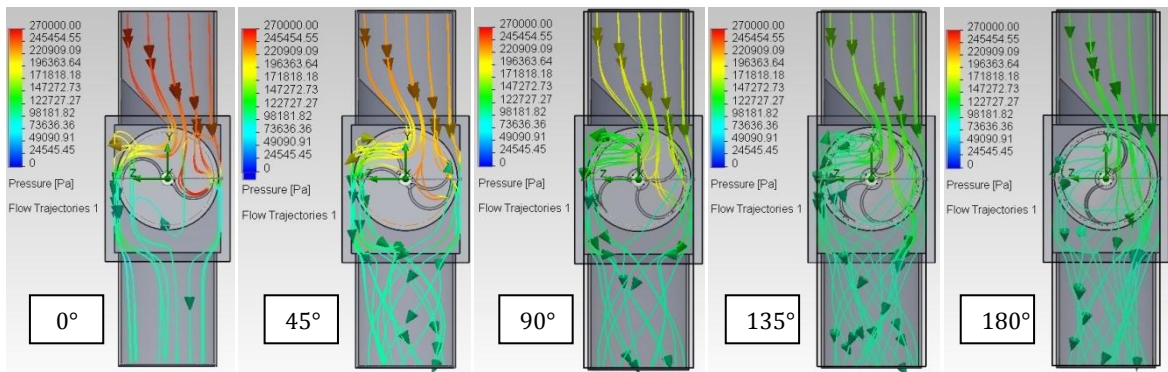
Gambar 2. Grafik perbandingan sudut puntir (α) dengan torsi yang diperoleh

Data hasil simulasi juga disajikan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel 1 dibawah ini yang menunjukkan besarnya nilai torsi masing-masing sudut puntir.

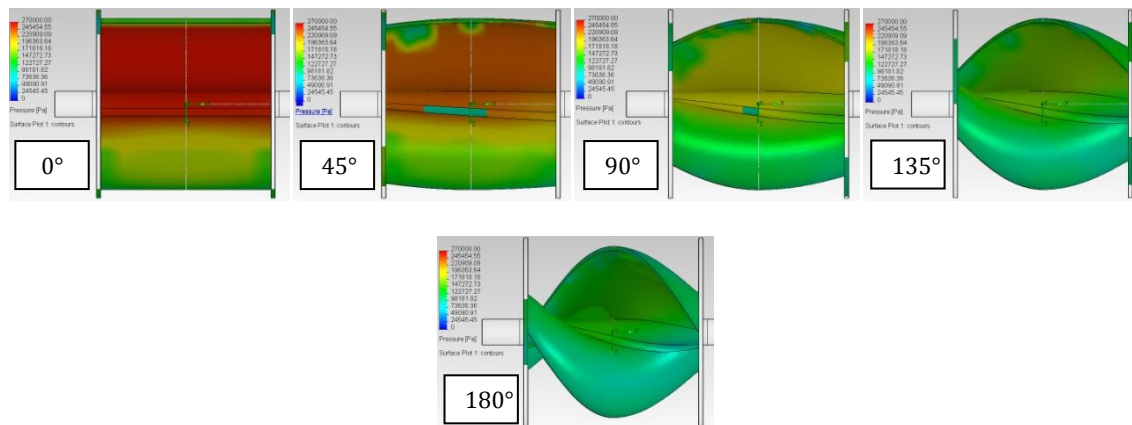
Tabel 1. Nilai torsi hasil simulasi pada masing-masing variasi sudut puntir

Sudut Puntir (°)	Torsi (Nm)
0	4,31
45	4,46
90	4,04
135	3,19
180	2,34

Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa nilai torsi meningkat dari sudu dengan sudut puntir $\alpha = 0^\circ$ dan 45° . Kemudian nilainya mengalami penurunan mulai dari sudut puntir $\alpha = 90^\circ$ sampai pada 180° , yang mana nilainya lebih rendah dibandingkan dengan sudu tanpa puntiran ($\alpha = 0^\circ$). Dari tabel 1 diketahui bahwa nilai torsi tertinggi dicapai oleh sudu dengan sudut puntir $\alpha = 45^\circ$ dengan nilai 4,46 Nm atau lebih tinggi dibandingkan dengan sudu tanpa puntiran ($\alpha = 0^\circ$) yaitu 4,31 Nm. Sedangkan nilai torsi paling rendah terjadi pada sudu dengan sudut puntir $\alpha = 180^\circ$. Distribusi tekanan pada aliran maupun pada permukaan sudu turbin dapat diketahui dari *flow trajectories* dan *surface plot* pada masing-masing variasi sudut puntir. Gambar 3 dan 4 dibawah ini adalah *flow trajectories* dan *surface plot* sudut puntir $\alpha = 0^\circ$ sampai 180° yang diplot dari hasil simulasi.



Gambar 3. *Flow trajectories* pada masing-masing variasi sudut puntir



Gambar 4. *Surface plot* distribusi tekanan pada permukaan masing-masing variasi sudut puntir

Gambar 3 adalah plot *flow trajectories* yang terjadi pada masing-masing variasi sudut puntir (α) dilihat dari pandangan kanan. Dari gambar plot *flow trajectories* tersebut dapat diketahui fenomena aliran yang melewati turbin. Aliran masuk yang mengenai *deflector* dan kemudian mengenai sudu bagian mempunyai tekanan yang tinggi. Hal ini terjadi pada semua variasi sudut puntir. Pada sudut puntir 0° , aliran yang mengenai sudu bagian kanan (torsi positif) mempunyai tekanan paling besar dibandingkan dengan variasi sudut puntir yang lain. Hal ini diindikasikan dengan warna merah pada aliran tersebut. Sedangkan pada sudut puntir 45° terlihat bahwa tekanan aliran yang mengenai sudu bagian kanan lebih rendah dibandingkan sudu 0° . Hal ini dikarenakan pada sudu 45° , bentuk penampang sudu yang miring membuat aliran mengenai sudu kanan secara halus sehingga menghasilkan torsi paling tinggi.

Dapat dilihat pula pada gambar 4 yang menunjukkan distribusi tekanan pada permukaan sudu (*surface plot*), bahwa sudu 0° mempunyai tekanan permukaan paling tinggi pada sudu torsi positif. Sesuai dengan plot *flow trajectories* gambar 3 yang menunjukkan hal serupa dimana warna permukaan sudu 0° didominasi warna merah. Hal ini dikarenakan pada sudu 0° aliran langsung mengenai sudu turbin secara tegak lurus. Pada gambar *surface plot* sudut puntir 180° gradasi warna antara sudu torsi positif dengan negatif tidak terlalu berbeda jauh yang menyebabkan torsinya paling rendah.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan *flow simulation* SolidWorks 2011, diperoleh beberapa poin kesimpulan yaitu:

1. Secara garis besar sudu dengan puntiran (*twisted blades*) lebih baik dibandingkan dengan sudu konvensional atau tanpa puntiran ($\alpha = 0^\circ$);

2. Sudut puntir paling optimal adalah sudu dengan sudut puntir $\alpha = 45^\circ$;
3. Sudu dengan sudut puntir diatas 45° lebih rendah dalam menghasilkan torsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Dana Hibah Penelitian PUPT (Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi) Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

DAFTAR NOTASI

α	= Sudut puntir	[$^\circ$]
D	= Diameter sudu	[mm]
d	= Diameter <i>end plate</i>	[mm]
g	= Percepatan gravitasi	[m/s ²]
Q	= Debit	[m ³ /s]
T	= Torsi	[Nm]

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Mohammed Hadi, 2013, “*Experimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two & Three Blades At Low Wind Speed.*” International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), Vol. 3.5 pp. 2978–2986.
- Diemas Kresna Duta. (2015, 11 Mei). 2015, PLN Butuh 82 Juta Ton Batubara untuk Pembangkit Listrik. www.cnnindonesia.com/ekonomi/20150311071443-85-38215/2015-pln-butuh-82-juta-ton-batubara-untuk-pembangkit-listrik/. Diakses: 31 Agustus 2015, jam 13.45.
- Rosmin, Nurzanah. “Experimental study for the single-stage and double-stage two-bladed Savonius micro-sized turbine for rain water harvesting (RWH) system.” *Energy Procedia* 68 (2015) 274-281.
- Saha, U.K., M. Jaya Rajkumar. “On the performance analysis of Savonius rotor with twisted blades.” *Renewable Energy* 31 (2006) 1776–1788.
- Williamson, S.J., B.H. Stark, J.D. Booker. “Performance of a low-head pico-hydro Turgo turbine.” *Applied Energy* 102 (2013) 1114-1126.