

# PENGARUH MODEL OVERLAP DAN HELIX TERHADAP KARAKTERISTIK PUTARAN AWAL TURBIN SAVONIUS

Kris Witono<sup>\*1</sup>, Moh. Nasir<sup>2</sup>, Elka Faizal<sup>3</sup>, Hangga W.<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup>[kris.witono@polinema.ac.id](mailto:kris.witono@polinema.ac.id)

<sup>2</sup>[moh.nasir@polinema.ac.id](mailto:moh.nasir@polinema.ac.id)

<sup>3</sup>[elka.faizal@polinema.ac.id](mailto:elka.faizal@polinema.ac.id)

<sup>4</sup>[wicaksonohangga@polinema.ac.id](mailto:wicaksonohangga@polinema.ac.id)

**Abstrak**— Penelitian ini mengusulkan model baru bentuk sudu overlap dan helix. Bentuk overlap pada sudu memberikan ruangan pada aliran udara sesaat setelah menumbuk sudu. Arah aliran udara diupayakan agar dapat mendorong sudu berikutnya sehingga proses perputaran sudu turbin menjadi lebih efektif. Sedangkan model helix diharapkan menghasilkan putaran turbin yang lebih efisien dikarenakan bentuknya yang bertingkat. Kecepatan angin yang diujikan adalah 2 m/s, 4 m/s, dan 6 m/s. Pengambilan data kecepatan putaran turbin dilaksanakan pada setiap penambahan waktu. Analisis aerodinamika dilaksanakan dengan menggunakan bentuk model overlap dan helix. Sudu overlap memiliki nilai kecepatan sudut lebih besar yakni 9.4 rad/s pada kecepatan angin 2 m/s, 21.9 rad/s pada kecepatan angin 4 m/s, dan 29.8 rad/s pada kecepatan angin 6 m/s. Turbin dengan jenis sudu helix bertingkat memiliki tingkat kestabilan lebih tinggi dibandingkan dengan sudu overlap. Hal ini dikarenakan terdapatnya dua tingkat sudu turbin yang memiliki perbedaan sudut sebesar 60<sup>o</sup> dapat menerima tumbukan angin lebih stabil. Namun dikarenakan oleh luasan penampang yang lebih kecil pada turbin sudu helix (yakni 50% dari sudu overlap) luasan tumbukan efektif pada sudu ini juga semakin kecil. Sehingga energi yang dapat dikonversi juga relatif lebih kecil dibandingkan sudu overlap.

**Kata Kunci**— Turbin Savonius; Model Overlap; Model Helix

**Abstract**— This research proposes a new model of overlap and helix blade shape. The overlap shape of the blades gives room to the air flow shortly after pounding the blades. Air flow direction is strived to be able to push the next blade so that the process of the turbine blade rotation becomes more effective. While the helix model is expected to produce a more efficient turbine rotation due to its multilevel shape. The wind speeds tested were 2 m/s, 4 m/s, and 6 m/s. Turbine speed rotation data retrieval is carried out at each additional time. The overlap blade has a greater angular velocity value of 9.4 rad/s at 2 m/s wind speed, 21.9 rad/s at 4 m/s wind speed, and 29.8 rad/s at 6 m/s wind speed. Turbines with multilevel helix blades have a higher level of stability compared to overlap blades. This is because there are two levels of turbine blades which have an angle difference of 60<sup>o</sup> which can receive more stable wind collisions. However, due to the smaller cross-sectional area of the helix blade turbine (ie 50% of the overlap blade) the effective impact area on the blade is also getting smaller. So that the energy that can be converted is also relatively smaller than the overlapping blade

**Keywords**— Savonius Wind Turbine; Overlap Model; Helix Model

## PENDAHULUAN

Peralihan ke cara yang lebih berkelanjutan untuk memenuhi permintaan energi yang terus meningkat. Sumber energi terbarukan bukan hanya alternatif bagi cadangan bahan bakar fosil yang terbatas, tetapi juga merupakan cara untuk membantu membatalkan kerusakan yang disebabkan. Energi matahari dan energi angin merupakan dua sumber energi terbarukan yang mulai banyak diteliti.

Energi angin yang memiliki sifat tidak menentu dan sangat bergantung pada iklim dan cuaca, menyebabkan kebutuhannya inovasi alat dengan kemampuan untuk mengubah energi ini menjadi listrik dengan lebih efektif.

Dalam beberapa tahun terakhir, telah terjadi pertumbuhan eksponensial dalam penggunaan skala kecil teknologi energi ramah lingkungan. Indonesia sebagai negara beriklim tropis dan memiliki Kelas Angin 1 yang mana kecepatan angin pada ketinggian 50 meter berkisar antara 0 – 6 m/s dengan densitas daya angin sebesar 0-200 W/m<sup>2</sup> dan pada ketinggian 150 meter kecepatan angin berkisar antara 0 - 7 m/s dengan densitas daya angin sebesar 0-320 W/m<sup>2</sup>. [1] Berdasar data tersebut, memperlihatkan bahwa Indonesia berpotensi dalam menerapkan pembangkit listrik tenaga bayu. Tentunya hal tersebut akan dapat memperkuat kemandirian Indonesia khususnya pada sektor energi.

Perangkat pengkonversi energi dari aliran angin menjadi energi listrik menggunakan turbin memiliki beberapa klasifikasi. Pada lingkungan dengan angin berkecepatan tinggi lebih banyak digunakan turbin dengan sumbu horisontal. Sedangkan pada lingkungan dengan intensitas angin yang rendah dan arah angin yang berubah-ubah, performa yang lebih baik didapatkan pada turbin dengan sumbu vertikal [2].

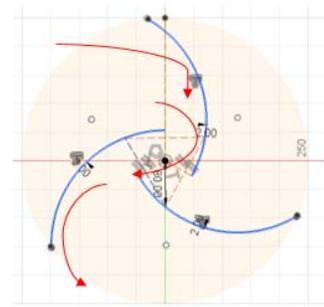
Model Savonius merupakan model yang sederhana namun efektif untuk pengaplikasian pada lingkungan dengan intensitas kecepatan angin relatif rendah dan arah yang berubah-ubah. Performa dari model Savonius menurun ketika berada pada kecepatan angin relatif tinggi [3]. Hal ini disebabkan oleh terdapatnya turbulensi pada aliran udara sesaat setelah melewati sudu pada turbin model Savonius. Rata-rata efisiensi tertinggi pada turbin jenis Savonius adalah 16% [4]. Sudut busur sudu juga dapat mempengaruhi efisiensi. Pada turbin Savonius konvensional, sudut busur sudu  $124^{\circ}$  memiliki koefisien daya yang tertinggi. [5]. Sedangkan penelitian mengenai sudut besar sudu lain mendapatkan sudut  $135^{\circ}$  sebagai sudut yang paling efisien [6]. Hal ini disebabkan oleh terdapatnya perbedaan konfigurasi instalasi lainnya selain sudut besar sudu yang juga berdampak kepada nilai efisiensi. *Savonius Split* memiliki koefisien kekuatan 0,35 dibandingkan dengan desain dua setengah cangkir sederhana dengan koefisien daya 0,15 [7]. Nilai ini termasuk sangat kecil sehingga dibutuhkan inovasi tertentu untuk meningkatkan efisiensi turbin.

Penelitian ini mengusulkan model baru bentuk sudu overlap dan helix. Bentuk overlap pada sudu memberikan ruangan pada aliran udara sesaat setelah menumbuk sudu. Arah aliran udara diupayakan agar dapat mendorong sudu berikutnya sehingga proses perputaran sudu turbin menjadi lebih efektif. Sedangkan penambahan model helix diharapkan menghasilkan putaran turbin yang lebih efisien dikarenakan bentuknya yang bertingkat.

### METODE

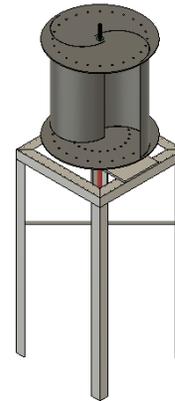
Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dilengkapi dengan studi analisis simulasi pergerakan aliran udara.

Skema model turbin savonius dengan *overlap* didesain sedemikian rupa sebagai upaya untuk mengoptimalkan pola aliran udara. Jika pada turbin Savonius konvensional tidak terdapat celah pada sisi poros, dengan model *overlap* terdapatnya celah dapat menjadi pengarah aliran yang keluar setelah menumbuk turbin. Aliran udara diarahkan untuk mendorong sudu berikutnya sehingga diharapkan pergerakan udara menjadi lebih efisien



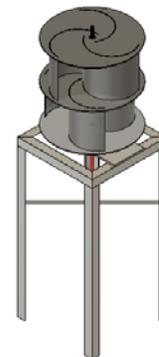
Gambar 1. Pola aliran pada sudu overlap

Aliran udara yang digambarkan dengan garis panah berwarna merah menunjukkan bahwa setelah mengalami tumbukan dengan sudu, aliran akan diarahkan untuk dapat mendorong sudu berikutnya. Hal ini menyebabkan proses putaran dari turbin menjadi semakin efisien



Gambar 2. Instalasi sudu overlap

Pada variasi *helix* digunakan pola yang sama dengan menggunakan model *overlap* bertingkat. Namun pada setiap tingkat terdapat perbedaan lokasi sumbu putar sebesar  $60^{\circ}$ . Sehingga dengan adanya pola layaknya sebuah *helix* tersebut diharapkan kontinuitas putaran dari turbin menjadi lebih stabil.



Gambar 3. Instalasi sudu helix

Untuk melakukan validasi pada sifat aerodinamis dari turbin, maka proses simulasi dilakukan dengan menggunakan software CFD. Hasil dari model 3D diekspor menjadi ekstensi .step

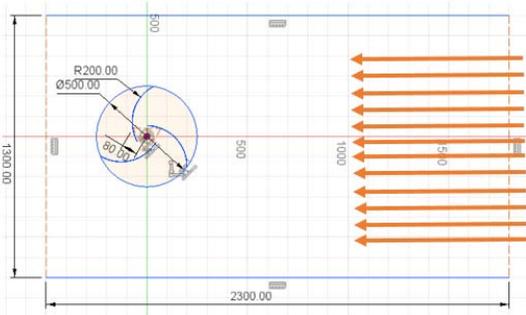
sehingga dapat digunakan dalam proses simulasi. Pada proses ini akan dihasilkan analisis berupa data pola aliran fluida sehingga dapat dijadikan sebagai data validasi.

Simulasi diatur dengan model seperti pada Gambar 4. Udara dialirkan dengan kecepatan sebesar 2 m/s, 4 m/s, dan 6 m/s.dari sisi kanan. Lapisan batas diatur dengan dimensi sedemikian rupa untuk mempermudah analisis. Proses pengambilan data analisis dilakukan dengan menggunakan kondisi batas :

- a. Meshing pada komponen sudu pada masing-masing desain dengan skala 1:1
- b. Fluida yang digunakan : Udara
  - viskositas kinematis : 0.00001349 m<sup>2</sup>/s
  - densitas : 1.208 kg/m<sup>3</sup>
  - viskositas dinamik : 17.22 μPa s
- c. Suhu dan tekanan ruangan (27<sup>0</sup>C dan 1 atm)
- d. Kecepatan masuk udara : 4 m/s
- e. Tekanan pada outlet : latm

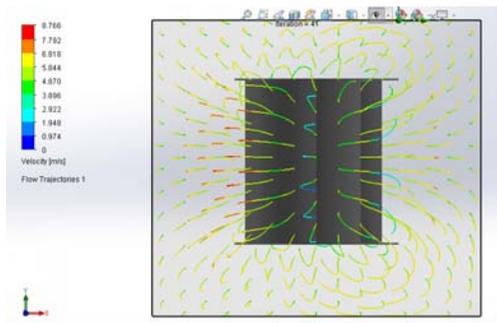
Dengan kondisi batas tersebut dilaksanakan analisis menggunakan plot data *Flow Trajectories* dengan parameter yang diamati adalah kecepatan [m/s]. Data diambil pada kondisi steady yakni ketika semua keadaan pada sistem telah mencapai keseimbangan.

Pengambilan data dilakukan pada kedua variasi jenis sudu yakni sudu overlap dan sudu helix. Pada kedua variasi tersebut diberikan kondisi batas yang sama untuk dapat dibandingkan.



Gambar 4. Skema pengambilan data

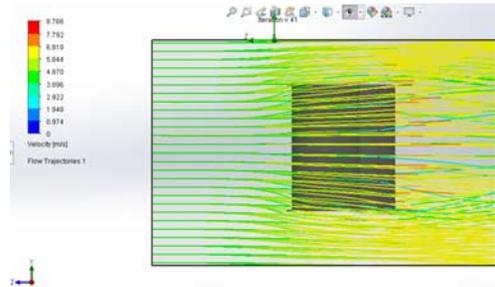
**HASIL DAN DISKUSI**



Gambar 5 Tampak depan aliran pada sudu overlap

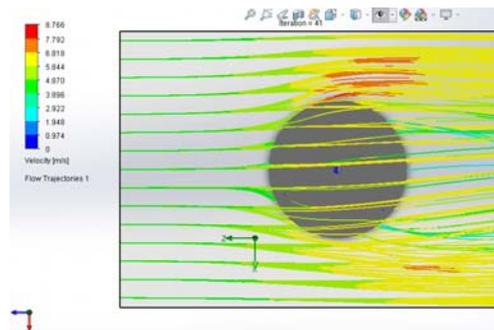
Dari Gambar 5 dapat diamati bahwa arah aliran ditinjau dari tampak depan mengarah atau berbelok masuk diantara celah sudu overlap. Hal ini sesuai dengan hipotesa bahwa penggunaan sudu overlap dapat mengarahkan aliran udara yang masuk pada sudu untuk dapat dimanfaatkan sebagai gaya dorong tambahan pada sudu yang lain.

Udara mengalami penurunan kecepatan yang dapat diidentifikasi dari perubahan warna menjadi semakin kebiruan. Penurunan kecepatan pada lokasi tumbukan udara dengan turbin.



Gambar 6 Tampak samping aliran pada sudu overlap

Dari visualisasi aliran pada gambar 6 terlihat bahwa aliran di zona bagian atas dan bawah turbin mengalami tumbukan dengan base dari sudu. Hal ini dikarenakan pada desain sudu model savonius membutuhkan base untuk memperkuat struktur turbin. Pada bagian tengah yakni zona udara yang bertumbukan dengan sudu terlihat terdapat perbedaan nilai kecepatan yang cukup besar sebelum menumbuk dan setelah menumbuk sudu. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian energi kinetik dari udara diserap oleh sudu untuk memutar sudu.

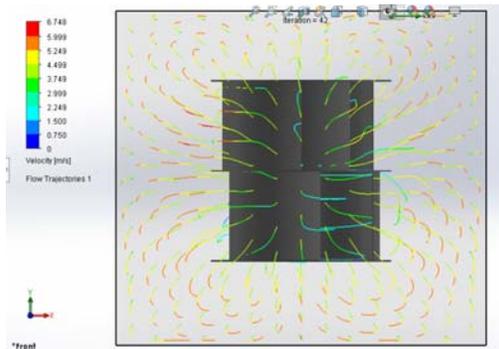


Gambar 7 Tampak atas aliran pada sudu overlap

Pola aliran yang terjadi jika ditinjau dari sisi melintang atau tampak atas dari turbin didapatkan bahwa streamline dari aliran tidak putus pada zona setelah melewati turbin. Hal ini mengindikasikan bahwa aliran udara yang menumbuk sudu tidak seluruhnya terpental keluar sisi samping sudu, akan tetapi dapat melewati celah antar sudu turbin overlap. Dari ketiga visualisasi aliran tersebut dapat diamati bahwa aliran udara yang menumbuk sudu dapat keluar melewati celah dari sudu

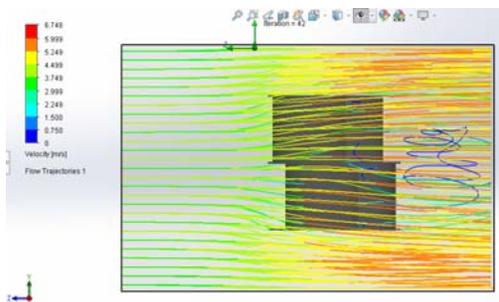
overlap. Sehingga model half barrel dengan 3 sudu pada penelitian ini cukup efektif dalam menerima dan mengubah energi kinetik dari aliran udara.

**Analisis Karakteristik Aerodinamika Sudu Helix**



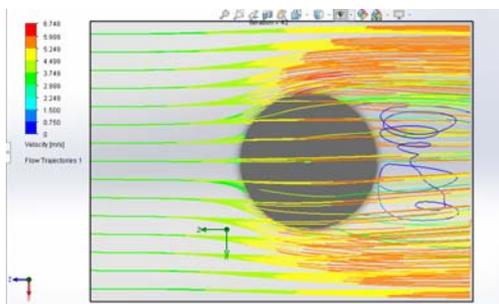
Gambar 8 Tampak depan aliran pada sudu helix

Pola aliran udara pada turbin jenis helix memiliki dua zona tumbukan yang berbeda. Yaitu zona sudu bagian atas dan zona bagian bawah yang memiliki perbedaan sudut terima sebesar 60°. Hal ini menyebabkan terjadinya dua pergolakan arah aliran pada sisi sudu atas dan sudu bawah.



Gambar 9 Tampak samping aliran pada sudu helix

Dari sudut pandang samping terlihat bahwa pola aliran udara setelah melewati turbin mengalami vortex pada daerah perbatasan sudu atas dan sudu bawah. Hal ini dikarenakan oleh perbedaan sudut dari sudu yang menyebabkan pergolakan aliran setelah melewati sudu turbin.



Gambar 10 Tampak atas aliran pada sudu helix

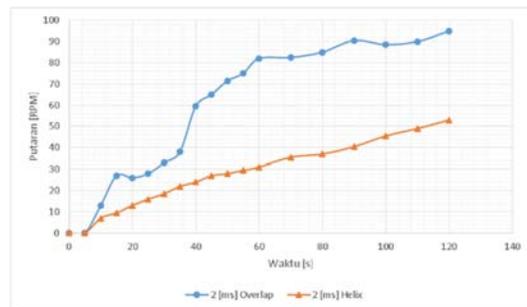
Terdapatnya vortex tidak hanya terjadi pada koordinat YZ akan tetapi juga terjadi pada koordinat XZ. Meskipun demikian, terjadinya vortex tidak menimbulkan kerugian terhadap turbin karena terjadinya vortex berada pada saat aliran telah keluar melewati turbin. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapatnya celah pada setiap sudu turbin berperan dengan semestinya

**Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Putaran Turbin**

Data putaran turbin diambil secara eksperimental di Gedung Bengkel Mesin menggunakan *wind tunnel*.

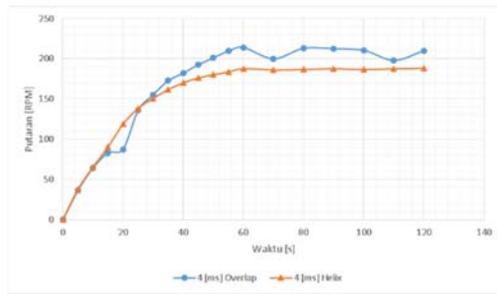


Gambar 11 Pengambilan data eksperimental



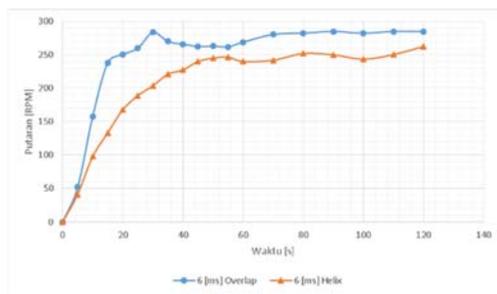
Gambar 12 Data putaran [RPM] terhadap waktu [s] pada kecepatan angin 2 m/s

Dari grafik dapat dilihat bahwa pada kecepatan angin 2 m/s nilai RPM dari turbin sudu overlap memiliki nilai lebih tinggi dari sudu helix. Nilai putaran dari sudu overlap mulai stabil pada 80s yakni berkisar antara 70-90 RPM. Sedangkan pada sudu helix nilai putaran mulai stabil pada 40-53 RPM. Hal ini berkaitan dengan dimensi yang sama, turbin model helix memiliki massa yang lebih berat dibandingkan model overlap. Sehingga nilai momen inersia untuk dapat memutar turbin helix lebih tinggi dibandingkan model overlap.



Gambar 13 Data putaran [RPM] terhadap waktu [s] pada kecepatan angin 4 m/s

Dari grafik dapat dilihat bahwa pada kecepatan angin 4 m/s nilai RPM dari turbin sudu overlap memiliki nilai lebih tinggi dari sudu helix. Nilai putaran dari sudu overlap mulai stabil pada 50s yakni berkisar antara 190-210 RPM. Sedangkan pada sudu helix nilai putaran mulai stabil pada 180-188 RPM.



Gambar 14 Data putaran [RPM] terhadap waktu [s] pada kecepatan angin 6 m/s

Dari gambar 14 dapat diamati bahwa pada kecepatan angin 6 m/s nilai putaran dari turbin sudu overlap juga memiliki nilai lebih tinggi dari sudu helix. Nilai putaran dari sudu overlap mulai stabil pada 50s yakni berkisar antara 263-285 RPM. Sedangkan pada sudu helix nilai putaran mulai stabil pada 245-262 RPM.

## KESIMPULAN

Secara keseluruhan dari semua data dapat disimpulkan bahwa: a. Turbin dengan model sudu overlap memiliki nilai putaran yang lebih tinggi pada kecepatan angin yang sama dibandingkan dengan turbin sudu helix bertingkat, b. Turbin dengan jenis sudu helix bertingkat memiliki tingkat kestabilan lebih tinggi dibandingkan dengan sudu overlap. Hal ini dikarenakan terdapatnya dua tingkat sudu turbin yang memiliki perbedaan sudut sebesar  $60^{\circ}$  dapat menerima tumbukan angin lebih stabil. Namun dikarenakan oleh luasan penampang yang lebih kecil pada turbin sudu helix (yakni 50% dari sudu overlap) luasan tumbukan efektif pada sudu ini juga semakin kecil. Sehingga energi yang dapat dikonversi juga relatif lebih kecil dibandingkan sudu overlap.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh dana DIPA Polinema Tahun 2019.

## REFERENSI

- [1] World: Electricity and Heat for 2014," IEA - Report. [Online]. Available: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=WORLD&product=electricityandheat&year=2014>. [Accessed: 29-Jan-2019].
- [2] N. Halsey, "Geometry of the Twisted Savonius Wind Turbine," Geometrically Modeling the Twisted Savonius Wind Turbine. [Online]. Available: <http://celloexpressions.com/ts/dynamic-documentation/intro/>.
- [3] G. J. Herbert, S. Iniyar, E. Sreevalsan, and S. Rajapandian, "A review of wind energy technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.11, no. 6, pp. 1117–1145, 2007
- [4] K. Pope, I. Dincer, and G. Naterer, "Energy and exergy efficiency comparison of horizontal and vertical axis wind turbines," *Renewable Energy*, vol. 35, no. 9, pp. 2102–2113, 2010.
- [5] F. Thönnißen, M. Marnett, B. Roidl, and W. Schröder, "A numerical analysis to evaluate Betz's Law for vertical axis wind turbines," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 753, p. 022056, 2016.
- [6] F. Mahamarakkalage, "On the Performance and Wake Aerodynamics of the Savonius Wind Turbine," University of Peradenya, Sri Lanka, 1980.
- [7] M. Hadi Ali. Experimental Comparison Study for Savonius Wind Turbine of Two & Three Blades At Low Wind Speed. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*. Vol. 3, Issue. 5, Sep - Oct. 2013 pp-2978-2986