

## PENINGKATAN KEANDALAN TURBIN ANGIN VAWT DARRIEUS DENGAN VARIASI BENTUK DEFLEKTOR

Muhammad Iqbal Iszuddin Ulil Absor \*, Edy Susanto\*\*

\*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi, Institut Teknologi PLN,  
Jl. Lingkar Luar Barat, Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia

\*\* Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi, Institut Teknologi PLN,  
Jl. Lingkar Luar Barat, Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia

\*Email: [muhammad.iqbal224571@gmail.com](mailto:muhammad.iqbal224571@gmail.com)

\*\*Email: [edy.susanto@itpln.ac.id](mailto:edy.susanto@itpln.ac.id) (Penulis Korespondensi)

### ABSTRAK

Energi angin dihasilkan dari radiasi matahari yang tidak merata mengenai permukaan bumi yang menghasilkan temperatur berbeda-beda. Sehingga, mengakibatkan udara mengalir dari tempat yang memiliki temperatur tinggi ke temperatur rendah. Energi angin merupakan energi yang ketersediaannya melimpah dan mudah untuk dimanfaatkan. Salah satu pemanfaatannya yang paling berpengaruh pada kehidupan adalah dalam bidang industri produksi listrik. Untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik adalah menggunakan turbin angin. Turbin angin berdasarkan porosnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbines*) dengan posisi poros horizontal dan VAWT (*Vertical Axis Wind Turbines*) dengan posisi poros vertikal. Turbin angin jenis VAWT memiliki keunggulan tidak menimbulkan getaran dan mengekstraksi angin dengan baik tanpa dipengaruhi arah angin. Pada penelitian ini menggunakan turbin jenis VAWT dengan tipe *Darrieus rotor* dan sudu tipe NACA 0015. Nilai efisiensi yang dapat dicapai oleh turbin *Darrieus rotor* hingga 40%. Poros yang vertikal sangat cocok untuk digunakan pada tempat yang memiliki arah angin yang sering berubah. Penelitian ini berbentuk simulasi udara dengan kecepatan 10 m/s yang dialirkan ke turbin angin menggunakan *software solidwork*. Pada penelitian ini, dilakukan perlakuan hambatan pada aliran udara sebelum mengenai turbin angin. Hambatan yang diberikan berupa deflektor yang berjumlah 3 jenis bentuk deflektor. Hasil nilai kecepatan aliran udara yang prosentase kenaikan yang paling besar adalah bentuk deflektor segitiga sebesar 16,8%. Sedangkan, untuk prosentase kenaikan kecepatan aliran udara yang paling kecil adalah lingkaran sebesar 8,783%. Nilai intensitas turbulensi rata-rata yang memiliki prosentase paling besar adalah bentuk deflektor segitiga sebesar 2,96212%. Sedangkan, untuk prosentase yang paling kecil adalah lingkaran sebesar 2,34376%. Dari perlakuan variasi bentuk deflektor yang berbeda dapat diambil kesimpulan bahwa bentuk deflektor mempengaruhi fenomena aliran udara yang terjadi pada turbin angin.

Kata kunci : *Wind Power, Darrieus Rotor, Deflektor*

### 1. PENDAHULUAN

Angin merupakan aliran udara yang terbentuk dari panas matahari yang tidak merata mengenai permukaan bumi. Angin bergerak dari tempat yang bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu rendah. Angin dimanfaatkan oleh manusia dalam berbagai bidang seperti transportasi, industri, dan budaya. Dengan ketersediaan angin yang melimpah dan termasuk sebagai energi baru terbarukan menjadikan angin sebagai salah satu sumber energi yang banyak dimanfaatkan. Angin dapat digunakan untuk memproduksi energi listrik.

Produksi listrik dengan sumber energi angin memiliki mekanisme konversi energi angin menjadi energi listrik. Konversi tersebut memanfaatkan kincir angin atau turbin angin. Cara kerjanya energi angin mengenai turbin angin dan mengakibatkan turbin angin berputar. Putaran turbin angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya GGL (gaya gerak listrik).

Turbin angin terbagi dua jenis berdasarkan kedudukan porosnya, yaitu VAWT dan HAWT. HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbines*) merupakan turbin dengan posisi porosnya horizontal. Sedangkan, VAWT (*Vertical Axis Wind Turbines*) merupakan turbin dengan posisi poros vertikal. Turbin jenis HAWT memiliki keunggulan tingkat efisiensi untuk menghasilkan daya listrik dan torsi rendah. Namun, dalam segi getaran yang dihasilkan dan proses ekstraksi angin menjadi energi mekanik turbin angin, jenis VAWT lebih unggul. Dikarenakan angin bergerak mendatar yang mengakibatkan turbin angin jenis VAWT dapat mengekstraksi angin dengan baik tanpa dipengaruhi arah angin.

Salah satu turbin angin VAWT yang sering digunakan adalah *Darrieus rotor*. Menurut (Mohammad A. Al-Rawajfeh dan Mohamed R. Gomaa, 2022) nilai efisiensi yang dapat dicapai oleh turbin *Darrieus rotor* hingga 40%. Turbin ini masih banyak digunakan pada abad ke 20 untuk menghasilkan energi listrik. Porosnya yang vertikal sangat cocok untuk digunakan pada tempat yang memiliki arah angin yang sering berubah.

Pada penelitian ini turbin diberikan perlakuan hambatan yang berupa deflektor dengan disimulasikan menggunakan aliran udara pada *software solidwork*. Tujuan untuk perlakuan tersebut adalah mengetahui pengaruh dari hambatan terhadap keandalan dari turbin angin *darrieus*. Sehingga, dapat menjadi evaluasi untuk perancangan dari turbin angin kedepannya.

Energi angin merupakan sumber energi yang berasal dari energi matahari melalui radiasi panasnya dipermukaan bumi yang berbeda-beda. Sehingga, mengakibatkan perbedaan temperatur dan rapat massa udara di permukaan bumi. Fenomena tersebut menjadi penyebab terjadinya aliran udara. Tiupan angin di udara terbuka pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 (dua) aliran, yaitu Aliran Laminar merupakan pergerakan udara (angin) dengan tanpa adanya hambatan dan aliran Turbulen terbentuknya sebagai akibat terganggunya aliran laminar akibat tumbukan antara udara yang bergerak dengan hambatan.

Turbin angin atau *wind turbine* merupakan alat yang digunakan untuk memutar generator dan menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja dari turbin angin ini menggunakan konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang terbarukan yaitu angin.

Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dirancang dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Berikut ini adalah jenis turbin angin berdasarkan porosnya:

- a. HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) merupakan jenis turbin angin yang memiliki poros horizontal.
- b. VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) merupakan jenis turbin angin yang memiliki poros/sumbu rotor utama yang tegak lurus.

Komponen utama turbin angin

- a. Sudu / *blade* merupakan bagian rotor dari turbin angin. Rotor ini menerima energi kinetik dari angin dan dikonversi menjadi energi mekanik.
- b. Tower atau tiang penyangga merupakan bagian struktur dari turbin angin yang memiliki fungsi sebagai struktur utama penopang dari komponen sistem terangkai sudu, poros, dan generator.
- c. Generator merupakan komponen penting dalam sistem pembangkit listrik tenaga angin. Generator dapat mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik.
- d. Baterai merupakan komponen untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin.
- e. *Controller* merupakan komponen yang berfungsi sebagai alat konversi energi listrik dari AC menjadi DC dan pengatur sistem tegangan masukan yang fluktuatif dari generator untuk distabilkan sebelum disimpan ke baterai.

Tip speed ratio (TSR),  $\lambda$  merupakan rasio ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Pada kecepatan angin tertentu, tip speed ratio akan berpengaruh pada kecepatan rotor. Turbin angin tipe lift akan memiliki tip speed ratio yang lebih besar dibandingkan dengan turbin tipe drag.

Besarnya tip speed ratio dapat dihitung dengan persamaan;

$$\lambda = \frac{\omega r}{v} \quad \dots\dots\dots \text{pers.1}$$

Performa suatu turbin angin dapat dinyatakan dengan istilah koefisien daya (Cp) yang merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh turbin terhadap daya angin yang diperoleh. Koefisien Daya turbin angin dapat dihitung dengan rumus :

$$Cp = \frac{Pm}{Pa} \quad \dots\dots\dots \text{pers.2}$$

**2. METODE PENELITIAN**

**2.1. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dari tanggal 5 Maret sampai 20 Juni 2023, di Institut Teknologi PLN Jakarta.

**2.2. Metode yang digunakan**

Pada penelitian ini memanfaatkan *software solidworks* dari mulai perancangan turbin hingga simulasi aliran udara. Untuk turbin yang digunakan adalah turbin *Darrieus Rotor* (Gambar 1).

Spesifikasi turbin yang digunakan:

- 1) Jenis turbin : *Darrieus Rotor*
- 2) Diameter : 540 mm
- 3) Tinggi : 650 mm
- 4) Lebar Bilah : 100 mm
- 5) Kode : NACA 0015

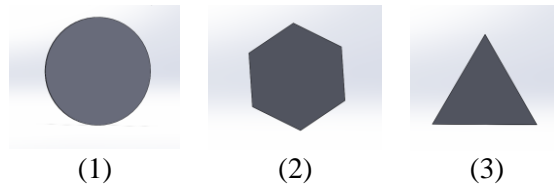


**Gambar 1.** Turbin Angin Darrieus

**Tabel 1**

Spesifikasi deflektor

Dimensi	1	2	3
Jari-Jari (mm)	200	-	-
Panjang tiap sisi (mm)	-	230,94	692,82
Lebar (mm)	-	400	-
Tinggi (mm)	-	461	600
Tebal (mm)	10	10	10



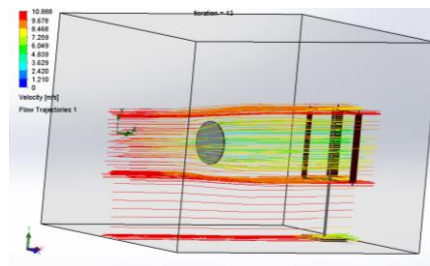
Gambar 2. Deflektor Lingkaran (1), Segi Enam (2), dan Segitiga (3)

Penempatan deflektor berada didepan turbin angin sejauh 1850 mm terhadap poros turbin. Sehingga, udara yang mengalir akan mengenai deflektor terlebih dahulu sebelum turbin angin. Udara yang dialirkan saat simulasi memiliki kecepatan 10 m/s.

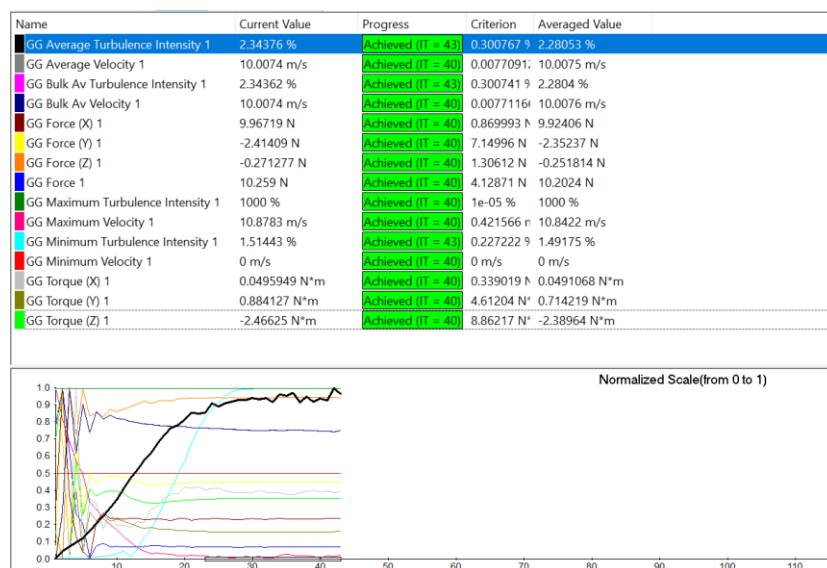
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *Software Solidworks*, dapat mengumpulkan beberapa data untuk dianalisis, data yang dikumpulkan adalah kecepatan angin, torsi, dan gaya yang dihasilkan oleh turbin. Data yang telah terkumpul disajikan dalam bentuk tabel Simulasi yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan variasi deflektor yang berbeda-beda setiap simulasi. Berikut hasil simulasi yang telah dilakukan :

#### 3.1. Simulasi Menggunakan Deflektor Lingkaran



Gambar 3. Hasil Simulasi Deflektor Lingkaran Menggunakan Solidwork



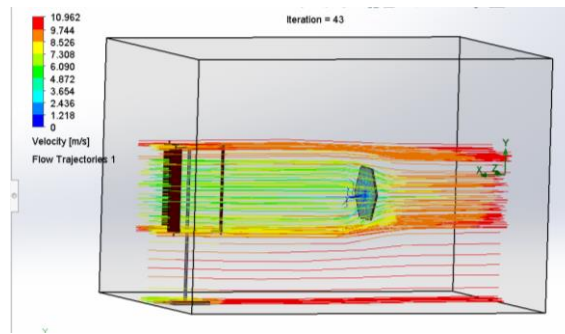
Gambar 4. Grafik Hasil Simulasi Deflektor Lingkaran Menggunakan Solidwork

**Tabel 2**  
 Hasil Simulasi Deflektor Lingkaran Menggunakan Solidwork

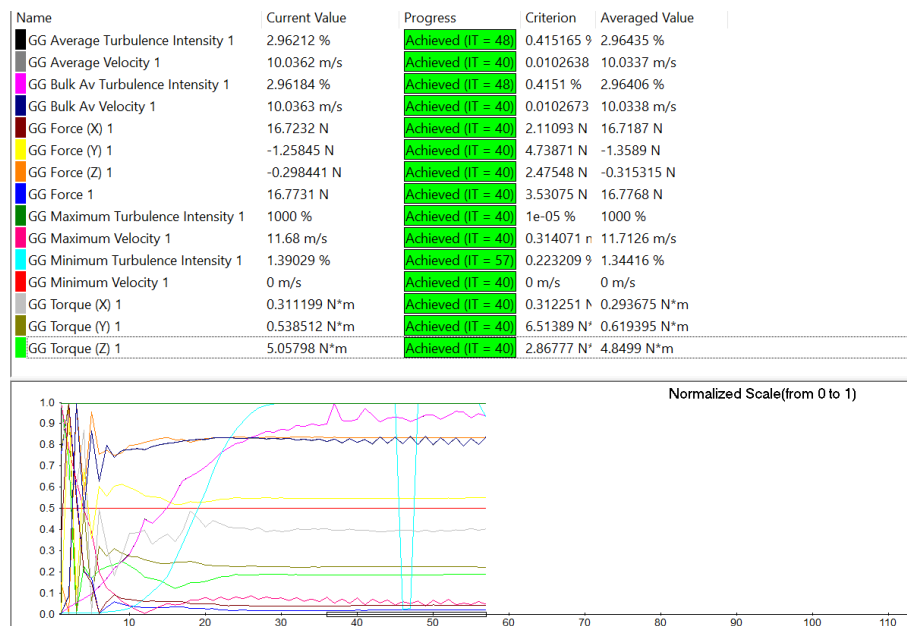
Parameter	Satuan	Nilai
Kecepatan Rata-Rata	[m/s]	10,0074
Kecepatan Maksimum	[m/s]	10,8783
Torsi (X)	[Nm]	0,0495949
Torsi (Y)	[Nm]	0,884127
Torsi (Z)	[Nm]	-2,46625
Gaya	[N]	10,259
Intensitas Turbulen Rata-Rata	[%]	2,34376

Dalam simulasi yang dilakukan menggunakan kecepatan aliran udara 10 m/s terjadi peningkatan kecepatan aliran udara maksimum sebesar 8,783%. Intensitas turbulensi rata-rata yang terjadi pada aliran udara ini 2,34376% akibat mengenai deflektor yang berbentuk lingkaran.

**3.2. Simulasi Menggunakan Deflektor Segi Enam**



**Gambar 5.** Hasil Simulasi Deflektor Segi Enam Menggunakan Solidwork



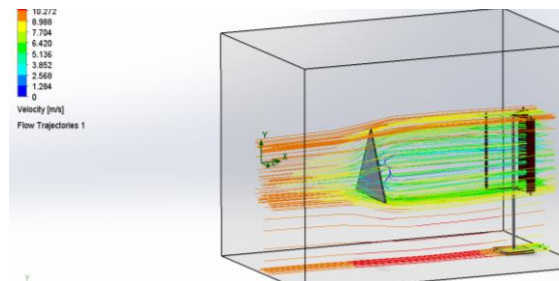
**Gambar 6.** Grafik Hasil Simulasi Deflektor Segi Enam Menggunakan Solidwork

**Tabel 3**  
 Hasil Simulasi Deflektor Segi Enam Menggunakan Solidwork

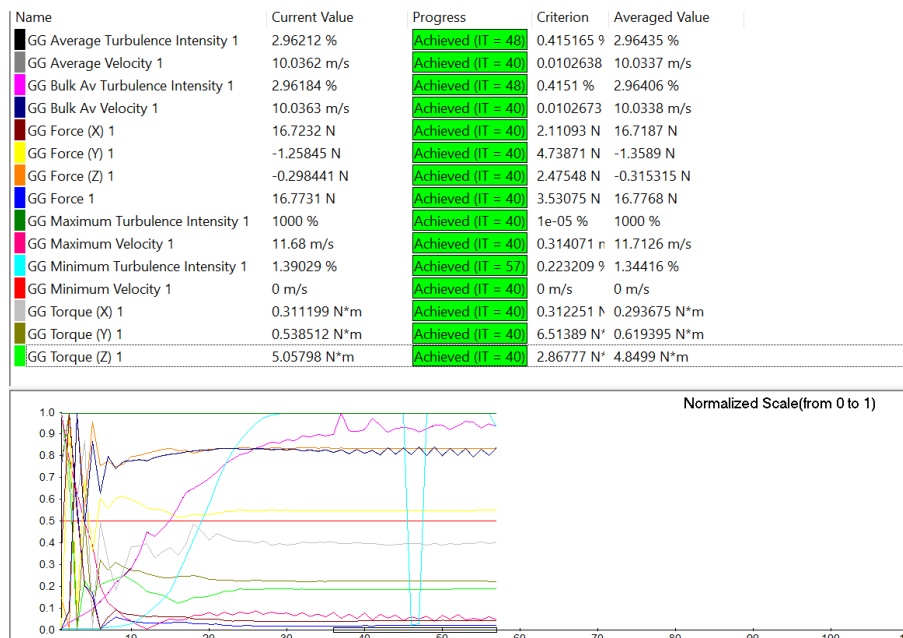
Parameter	Satuan	Nilai
Kecepatan Rata-Rata	[m/s]	10,0184
Kecepatan Maksimum	[m/s]	11,2947
Torsi (X)	[Nm]	0,307276
Torsi (Y)	[Nm]	1,00392
Torsi (Z)	[Nm]	-0,489293
Gaya	[N]	12,7776
Intensitas Turbulen Rata-Rata	[%]	2,26695

Dalam simulasi yang dilakukan menggunakan kecepatan aliran udara 10 m/s terjadi peningkatan kecepatan aliran udara maksimum sebesar 12,2947%. Intensitas turbulensi rata-rata yang terjadi pada aliran udara ini 2,26695% akibat mengenai deflektor yang berbentuk segi enam.

**3.3. Simulasi Menggunakan Deflektor Segitiga**



**Gambar 7.** Hasil Simulasi Deflektor Segitiga Menggunakan Solidwork



**Gambar 8.** Grafik Hasil Simulasi Deflektor Segitiga Menggunakan Solidwork

**Tabel 4**

Hasil Simulasi Deflektor Segitiga Menggunakan Solidwork

Parameter	Satuan	Nilai
Kecepatan Rata-Rata	[m/s]	10,0362
Kecepatan Maksimum	[m/s]	11,68
Torsi (X)	[Nm]	0,311199
Torsi (Y)	[Nm]	0,538512
Torsi (Z)	[Nm]	5,05798
Gaya	[N]	16,7731
Intensitas Turbulen Rata-Rata	[%]	2,96212

Dalam simulasi yang dilakukan menggunakan kecepatan aliran udara 10 m/s terjadi peningkatan kecepatan aliran udara maksimum sebesar 16,8%. Intensitas turbulensi rata-rata yang terjadi pada aliran udara ini 2,96212% akibat mengenai deflektor yang berbentuk segitiga.

#### **4. KESIMPULAN**

Dari hasil pengujian yang berupa simulasi dengan variasi 3 bentuk deflektor didapatkan bahwa:

- Nilai kecepatan aliran udara yang prosentase kenaikan yang paling besar adalah bentuk deflektor segitiga sebesar 16,8%. Sedangkan, untuk prosentase kenaikan kecepatan aliran udara yang paling kecil adalah lingkaran sebesar 8,783%.
- Nilai intensitas turbulensi rata-rata yang memiliki prosentase paling besar adalah bentuk deflektor segitiga sebesar 2,96212%. Sedangkan, untuk prosentase yang paling kecil adalah lingkaran sebesar 2,34376%.
- Dari perlakuan variasi bentuk deflektor yang berbeda dapat diambil kesimpulan bahwa bentuk deflektor mempengaruhi fenomena aliran udara yang terjadi pada turbin angin.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Akhmedovich, M.A. & Fazliddin, A. 2020. *Current Statet Of Wind Power Industry*. Uzbekistan. <https://inlibrary.uz/index.php/tajet/article/view/10602> . hlm 1
- Al-Rawajfeh, M.A. & Gomma, M.R. 2022. Comparison Between Horizontal And Vertical Axis Wind Turbine. Jordan. <https://ijape.iaescore.com/index.php/IJAPE/article/view/20519> . hlm 15 -
- Maulana, R.A. 2019. Rancang Bangun Rangka Terhadap Kinerja Motor Pada Mobil Listrik. Bandung. [http://repository.upi.edu/39896/4/TA\\_TE\\_1602086\\_Chapter3.pdf](http://repository.upi.edu/39896/4/TA_TE_1602086_Chapter3.pdf) . hlm
- Nurdiyanto, A. & Haryudo, S.I. 2020. Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius. Surabaya. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/29892>. Hlm 172
- Siregar, A.M. & Lubis, F. 2019. Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-U Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/3646> . hlm 38
- Sumiati, R. & Zamri, A. 2013. Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran. Padang. <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm/article/view/613>. hlm 1