Jurnal Flywheel

September 2026 - Vol. 17 No. 2, hal. 279-284
e-ISSN: 2745-7435 p-ISSN: 1979-5858

Analisis Pengaruh Posisi *Gurney Flap* terhadap Performa Turbin Angin Darrieus

Feta Kukuh Pambudi[1, *], Dwi Sahidin[1], Yuniarmelinda Ikha Meru Brahmanty[1], Nugroho Tri Atmoko[2]

[1]*Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika, Politeknik Negeri Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia*

[2]*Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian, Politeknik Negeri Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia*

Kata kunci

Darrieus
Gurney flap
inboard
outboard
koefisien daya

A B S T R A K

Turbin angin Darrieus merupakan turbin angin sumbu vertikal yang dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah dan sesuai untuk wilayah perkotaan. Namun, turbin ini masih memiliki performa yang relatif rendah. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan *Gurney flap* pada posisi *inboard* dan *outboard* terhadap performa turbin Darrieus serta membandingkannya dengan turbin konvensional. Eksperimen dilakukan menggunakan terowongan angin (*wind tunnel*) pada kecepatan angin 6, 7, 8, dan 9 m/s. *Gurney flap* dipasang pada sudut 120° dengan ketinggian 2% *chord*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi *outboard* memberikan peningkatan performa paling jelas, sedangkan peningkatan pada konfigurasi *inboard* lebih terbatas. Koefisien daya tertinggi, yaitu C_p = 0,301, dan koefisien torsi tertinggi, yaitu C_t = 0,223, diperoleh pada konfigurasi *outboard* dengan rasio kecepatan ujung bilah (*tip speed ratio* atau TSR) 1,349. Dengan demikian, posisi *outboard* memberikan performa terbaik pada kondisi pengujian.

* ***Corresponding author***:
Feta Kukuh Pambudi (email: fetakp@pnc.ac.id)

Diterima: 1 Juli 2026 Disetujui: 1 September 2026 Dipublikasikan: 30 September 2026

1 Pendahuluan

Turbin angin Darrieus merupakan salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal. Turbin ini memiliki sudu dengan profil *airfoil* yang dapat menerima angin dari segala arah [1]. Turbin angin Darrieus sesuai digunakan pada wilayah dengan kecepatan angin rendah, seperti kawasan perkotaan [2]. Kondisi aliran di kawasan tersebut cenderung turbulen dan tidak stabil, sedangkan arah anginnya tidak simetris [3]. Selain itu, turbin angin Darrieus memiliki keunggulan berupa biaya pembuatan yang rendah dan tingkat kebisingan yang rendah [4].

Permasalahan utama turbin angin Darrieus adalah performanya yang masih rendah, khususnya dalam menghasilkan daya dan torsi pada TSR tertentu [5]. Salah satu upaya untuk meningkatkan performa turbin ialah menambahkan *Gurney flap* [6], [7]. *Gurney flap* merupakan pelat kecil yang ditempatkan pada ujung belakang *airfoil* [3]. Perangkat ini berfungsi memisahkan aliran udara pada ujung belakang *airfoil* sehingga dapat meningkatkan gaya dorong [8]. *Gurney flap* dengan ketinggian 2% *c* dapat meningkatkan koefisien daya turbin [6]. Penambahan *Gurney flap* pada sudut 120° dan ketinggian 2% *c* juga dapat meningkatkan C_p [9].

Airfoil pada turbin memiliki beragam profil [10]. Profil NACA merupakan profil simetris dengan bentuk permukaan atas dan bawah yang sama sehingga dapat menerima aliran dari berbagai arah azimut [11]. Karakteristik ini memberikan keunggulan dibandingkan profil lainnya. Penggunaan profil NACA 0024 dan tiga sudu menghasilkan performa yang baik pada turbin Darrieus.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan dan posisi pemasangan *Gurney flap* terhadap performa turbin Darrieus.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan karakteristik turbin Darrieus sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Eksperimen membandingkan turbin Darrieus konvensional dengan turbin yang dilengkapi *Gurney flap* pada posisi *inboard* dan *outboard*. Posisi *Gurney flap* merupakan variabel bebas, sedangkan koefisien torsi (C_t) dan koefisien daya (C_p) merupakan variabel terikat.

Tabel 1. Karakteristik turbin Darrieus

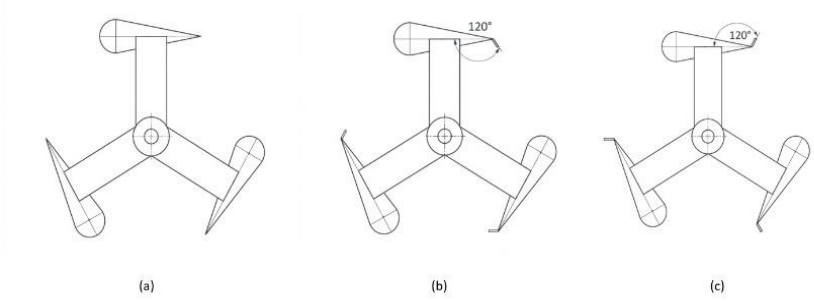
Diameter turbin	*20 cm*
Tinggi turbin	*20 cm*
Jumlah sudu	*3*
Jenis *airfoil*	*NACA 0024*
Sudut serang	120°
Panjang *chord airfoil*	*10 cm*
Tinggi *Gurney flap*	*2% chord*

Sudu turbin dibuat melalui pencetakan tiga dimensi menggunakan bahan asam polilaktat (*polylactic acid* atau PLA), sedangkan penutup atas dan bawah dibuat dari aluminium. Prototipe ditampilkan pada Gambar 1.



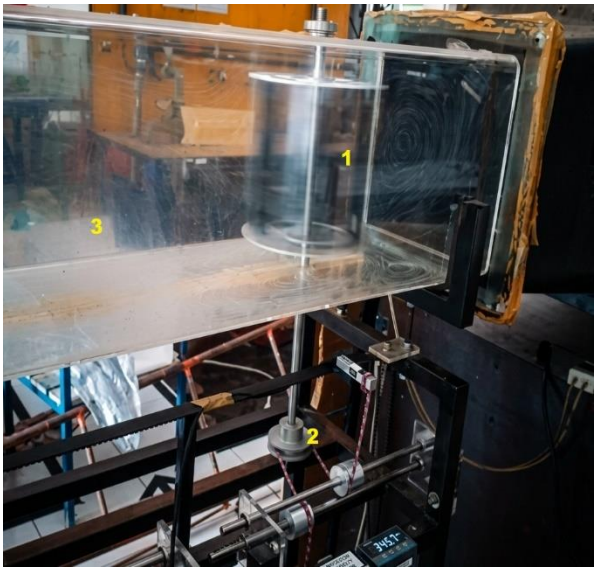
Gambar 1. Prototipe turbin Darrieus

Variasi turbin yang diuji meliputi turbin konvensional serta turbin dengan penambahan *Gurney flap* pada posisi luar (*outboard*) dan posisi dalam (*inboard*). Sudut kemiringan *Gurney flap* ditetapkan sebesar 120°, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model variasi turbin Darrieus: a) konvensional, b) *inboard*, dan c) *outboard*

Selanjutnya, turbin Darrieus diuji menggunakan terowongan angin, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses pengujian turbin

Perangkat bernomor 3 pada Gambar 3 merupakan terowongan angin yang digunakan untuk menguji prototipe turbin berdimensi 20 × 20 cm yang ditempatkan pada posisi nomor 1. Perangkat nomor 2 merupakan sistem rem Prony (*Prony brake*) untuk mengukur torsi dan daya berdasarkan pembacaan sel beban (*load cell*) yang dihubungkan dengan poros berputar. Parameter pengambilan data meliputi diameter puli 53,52 mm, diameter tali 3,82 mm, suhu udara 20 °C, dan massa jenis udara 1,204 kg/m³.

Pengumpulan data dilakukan pada kecepatan angin 6, 7, 8, dan 9 m/s yang diukur menggunakan anemometer. Data yang disajikan merupakan nilai tertinggi dari rata-rata lima pengulangan pada setiap kecepatan. Data yang diperoleh meliputi kecepatan putar turbin (rpm) yang diukur menggunakan takometer, pembacaan sel beban (g), dan beban pada rem Prony (g).

Data pengujian kemudian digunakan untuk menghitung koefisien daya (C_p) dan koefisien torsi (C_t) menggunakan Persamaan (1) dan (2) [12].

$$Cp = \frac{P}{(1/2\,\rho\, A\, V_\infty^3)} \tag{1}$$

$$Ct = \frac{M}{0.25\,\rho v^2 \mathrm{DS}} \tag{2}$$

Rasio kecepatan ujung bilah (*tip speed ratio* atau TSR) dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$\lambda = \frac{\omega R}{V_\infty} \tag{3}$$

dengan:

P = daya turbin (W);

ρ = massa jenis udara (kg/m³);

A = luas sapuan turbin (m²);

V = kecepatan angin (m/s); dan

S = luas sapuan rotor (m²).

3 Hasil dan Pembahasan

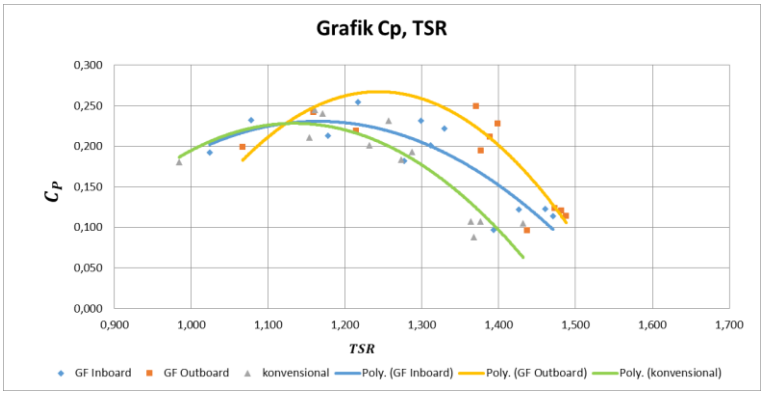
Hasil penelitian disajikan pada Tabel 2. Tabel tersebut memuat nilai maksimum C_p dan C_t beserta TSR pada setiap variasi kecepatan angin berdasarkan lima pengulangan.

Tabel 2. Nilai C_p dan C_t terhadap TSR

Turbin	V (m/s)	C_p	TSR	C_t	TSR
Inboard	6	0,232	1,299	0,188	1,179
	7	0,232	1,078	0,215	1,078
	8	0,254	1,217	0,209	1,217
	9	0,213	1,178	0,181	1,178
Outboard	6	0,249	1,371	0,187	1,371
	7	0,301	1,349	0,223	1,349
	8	0,242	1,159	0,208	1,159
	9	0,219	1,215	0,180	1,215
Konvensional	6	0,232	1,257	0,184	1,135
	7	0,245	1,161	0,211	1,161
	8	0,240	1,171	0,205	1,171
	9	0,211	1,154	0,183	1,154

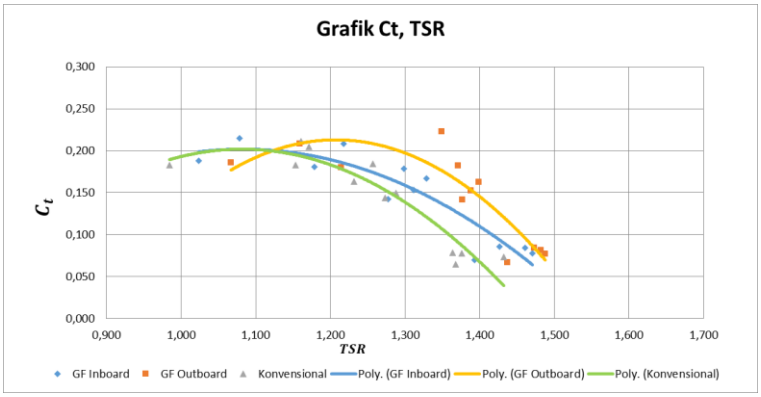
Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian diperoleh untuk setiap variasi turbin Darrieus, yaitu *inboard*, *outboard*, dan konvensional. Parameter pengambilan data meliputi diameter puli 53,52 mm, diameter tali 3,82 mm, suhu udara 20 °C, dan massa jenis udara 1,204 kg/m³. Parameter tersebut kemudian digunakan sebagai acuan untuk menentukan gaya efektif turbin (N), torsi efektif (N·m), dan daya turbin (W).

Berdasarkan data yang diperoleh, hubungan antara C_p dan TSR disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan C_p dengan TSR

Berdasarkan Gambar 4, peningkatan C_p paling jelas terjadi pada konfigurasi *outboard*, sedangkan konfigurasi *inboard* menunjukkan peningkatan yang terbatas dan tidak konsisten pada seluruh kecepatan angin. Kurva hubungan C_p dan TSR berbentuk parabolik: koefisien daya meningkat seiring dengan kenaikan TSR hingga titik tertentu, kemudian menurun akibat perubahan sudut serang efektif, *stall* dinamis, atau peningkatan gaya hambat pada TSR tinggi. Pada TSR rendah, energi angin belum dikonversi secara optimal; pada TSR optimum, interaksi aerodinamis paling efektif; sedangkan pada TSR yang lebih tinggi, kerugian aerodinamis meningkat sehingga koefisien daya menurun. Koefisien daya tertinggi sebesar 0,301 diperoleh pada konfigurasi *outboard* dengan TSR 1,349. Pada kecepatan angin 7 m/s, nilai C_p konfigurasi *outboard* sebesar 0,301, sedangkan nilai konfigurasi konvensional sebesar 0,245; dengan demikian, peningkatannya sekitar 22,86%. Peningkatan daya berkaitan dengan pemisahan aliran udara pada ujung belakang *airfoil*.



Gambar 5. Hubungan C_t dengan TSR

Berdasarkan Gambar 5, konfigurasi *outboard* menghasilkan C_t tertinggi pada kondisi optimum dengan kecepatan angin 7 m/s, tetapi peningkatannya tidak konsisten pada seluruh kecepatan angin. Kurva hubungan koefisien torsi dan TSR berbentuk parabolik: koefisien torsi meningkat seiring dengan kenaikan TSR hingga titik tertentu, kemudian menurun ketika TSR terus bertambah. Koefisien torsi tertinggi sebesar 0,223 diperoleh pada konfigurasi *outboard* dengan TSR 1,349. Berdasarkan kedua parameter performa, TSR 1,349 merupakan titik operasi optimum untuk konfigurasi *outboard* pada kecepatan angin 7 m/s.

4 Kesimpulan

Penambahan *Gurney flap* memengaruhi performa turbin Darrieus. Konfigurasi *outboard* menunjukkan peningkatan C_p dan C_t yang jelas, sedangkan konfigurasi *inboard* memberikan pengaruh yang lebih terbatas. Pada pengujian dengan tinggi *Gurney flap* 2% *c*, sudut 120°, dan kecepatan angin 6, 7, 8, dan 9 m/s, posisi *Gurney flap* memengaruhi koefisien daya dan koefisien torsi. Koefisien daya tertinggi, yaitu 0,301, diperoleh pada konfigurasi *outboard* dengan TSR 1,349. Koefisien torsi tertinggi, yaitu 0,223, juga diperoleh pada konfigurasi *outboard* dengan TSR 1,349. Pada kecepatan angin 7 m/s, nilai C_p konfigurasi *outboard* sebesar 0,301, sedangkan nilai konfigurasi konvensional sebesar 0,245. Peningkatan daya berkaitan dengan efek aerodinamis berupa pemisahan aliran udara pada ujung belakang *airfoil*.

5 Referensi

[1] M. H. Mohamed, A. M. Ali, and A. A. Hafiz, "CFD analysis for H-rotor Darrieus turbine as a low speed wind energy converter," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–13, 2015, doi: 10.1016/j.jestch.2014.08.002.

[2] A. Rezaeiha, H. Montazeri, and B. Blocken, "On the accuracy of turbulence models for CFD simulations of vertical axis wind turbines," *Energy*, vol. 180, pp. 838–857, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.05.053.

[3] K. H. Wong *et al.*, "Experimental and simulation investigation into the effects of a flat plate deflector on vertical axis wind turbine," *Energy Convers. Manag.*, vol. 160, no. January, pp. 109–125, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.01.029.

[4] Y. Amini, M. Liravi, and E. Izadpanah, "The effects of Gurney flap on the aerodynamic performance of NACA 0012 *airfoil* in the rarefied gas flow," *Comput. Fluids*, vol. 170, pp. 93–105, 2018, doi: 10.1016/j.compfluid.2018.05.003.

[5] A. Bianchini, F. Balduzzi, D. Di Rosa, and G. Ferrara, "On the use of *Gurney Flaps* for the aerodynamic performance augmentation of Darrieus wind turbines," *Energy Convers. Manag.*, vol. 184, no. September 2018, pp. 402–415, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2019.01.068.

[6] T. P. Syawitri, Y. Yao, J. Yao, and B. Chandra, "Geometry optimisation of vertical axis wind turbine with Gurney flap for performance enhancement at low, medium and high ranges of tip speed ratios," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 49, no. August 2021, p. 101779, 2022, doi: 10.1016/j.seta.2021.101779.

[7] T. P. Syawitri, Y. Yao, J. Yao, and B. Chandra, "Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics Drag reduction of lift-type Vertical axis wind turbine with slit modified Gurney flap," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 253, no. March, p. 105853, 2024, doi: 10.1016/j.jweia.2024.105853.

[8] S. Salcedo, F. Monge, F. Palacios, F. Gandía, A. Rodríguez, and M. Barcala, "*Gurney flaps* and trailing edge devices for wind turbines," *Eur. Wind Energy Conf. Exhib. 2006, EWEC 2006*, vol. 2, no. January 2006, pp. 1180–1186, 2006.

[9] F. K. Pambudi, D. Danardono, and D. Prija, "Experimental Study of Gurney Flap on Darrieus Wind Turbine Performance," vol. 1, no. 1, pp. 269–274, 2023.

[10] A. Bianchini, F. Balduzzi, G. Ferrara, and L. Ferrari, "Virtual incidence effect on rotating *airfoil*s in Darrieus wind turbines," *Energy Convers. Manag.*, vol. 111, pp. 329–338, 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2015.12.056.

[11] T. G. Abu-el-yazied, A. M. Ali, M. S. Al-ajmi, and I. M. Hassan, "Effect of Number of Blades and Blade Chord Length on the Performance of Darrieus Wind Turbine," *Am. J. Mech. Eng. Autom.*, vol. 2, no. 1, pp. 16–25, 2015.