

Alat Ukur Daya Untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal

Mohammad Alexin Putra, Yoga Ade Priatna
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124
Email: putra@itenas.ac.id

Abstrak

Penelitian turbin angin sumbu vertikal jenis Savonius telah dilakukan di Laboratorium Konversi Energi di Itenas. Walaupun kinerja dari turbin tipe sumbu vertikal relatif lebih rendah dibandingkan dengan jenis sumbu horisontal, tetapi turbin tipe sumbu vertikal cocok untuk kecepatan angin yang rendah seperti di Indonesia. Untuk meningkatkan kinerja dari turbin ini, perlu dilakukan pengembangan dan pengujian kinerja dengan parameter seperti kecepatan putar, torsi dan daya yang dihasilkan oleh rotor turbin angin. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan dan pengujian alat ukur daya untuk turbin angin tipe sumbu vertikal dengan kecepatan putar yang rendah. Sensor yang digunakan adalah sensor infrared dan sensor load cell dengan menggunakan Arduino sebagai pengendalinya. Pengujian dilakukan untuk prototip turbin angin dengan kecepatan putar sekitar 40 rpm dan daya sekitar 0,05 W. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa alat ukur daya yang dikembangkan ini akurat dan cocok untuk mengukur daya dari turbin angin sumbu vertikal.

Kata kunci: turbin angin sumbu vertikal, alat ukur daya

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Penelitian

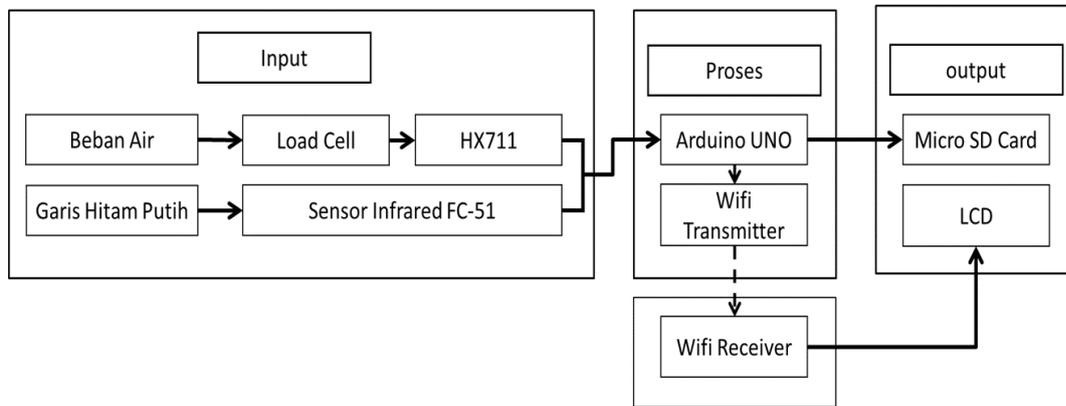
Energi angin untuk pembangkit listrik sudah mulai diterapkan di Indonesia, walaupun jika dibandingkan dengan negara lain penerapannya masih tertinggal. Ini disebabkan karena kecepatan angin di wilayah Indonesia tidak sebesar seperti di negara negara sub tropis. Perbedaan karakteristik kecepatan angin di Indonesia dan negara lain yang kecepatan anginnya relatif tinggi menyebabkan teknologi yang berkembang di negara itu tidak dapat diterapkan dengan baik untuk keadaan Indonesia. Oleh karena itu perlu dikembangkan teknologi turbin angin yang cocok untuk Indonesia, seperti turbin angin dengan sumbu vertikal.

Di laboratorium konversi energi, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung telah dilakukan usaha usaha untuk perbaikan performansi turbin angin sumbu vertikal sejak tahun 2010 baik dengan simulasi [1] maupun eksperimen [2], [3]. Karakteristik dari turbin angin sumbu vertikal yang dikembangkan mempunyai kecepatan putar yang rendah, sehingga perlu dikembangkan alat ukur yang mempunyai akurasi tinggi dan cocok bagi turbin ini. Alat ukur yang telah dikembangkan adalah torsi oleh Mukti [4] dan alat ukur putaran kecepatan oleh Priatna [5], keduanya berbasis Arduino. Berdasarkan alat ukur torsi dan alat ukur putaran yang dikembangkan ini, kemudian diintegrasikan menjadi alat ukur daya untuk turbin angin sumbu vertikal.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan melakukan pengujian alat ukur daya yang akurat bagi turbin angin sumbu vertikal. Hasil dari pengujian akan ditampilkan dalam bentuk grafik daya terhadap putaran turbin.

2. Metode Penelitian

Alat ukur yang digunakan mempunyai masukan berupa sensor *load cell* untuk mengukur gaya dan sensor infrared untuk mengukur kecepatan. Pada Gambar 1 memperlihatkan blok diagram dari sistem alat ukur daya.



Gambar 1. Diagram blok alat ukur daya.

Prinsip alat ukur daya ini adalah memperoleh torsi dari gaya *drag* dari benda yang bergerak dalam medium fluida yang diam. Sebagai fluidanya adalah air dan benda yang tercelup air bergerak bersama rotor turbin. *Load cell* merupakan komponen elektrik utama yang dapat merubah gaya *drag* menjadi sebuah sinyal listrik. Pada penerapan alat ukur ini di turbin angin, posisi *load cell* akan diletakkan pada lengan poros di bawah turbin dan ikut berputar bersama turbin angin yang dibawahnya telah diletakkan sebuah ember yang berisi air. Gaya yang diukur adalah gaya *drag* dari sudu yang dipasang pada *load cell* yang tercelup air. Modul HX711 akan mengkonversi sinyal listrik yang di hasilkan oleh *load cell* menjadi sebuah nilai beban berat yang selanjutnya dikirim ke *micro controller* Arduino untuk diolah. Nilai sensor *load cell* yang berupa beban berat akan digunakan untuk menghitung torsi berdasarkan rumus berikut berikut:

$$T = m \times g \times r \quad (1)$$

Sensor *Infrared FC-51* sebagai sensor putaran yang digunakan untuk mengukur putaran dengan cara menghitung garis hitam dan putih yang dikonversi menjadi *true* dan *false* yang di baca oleh sensor *infrared*. Sebagai garis hitam dipilih karton yang berwarna hitam agar sensor dapat mati atau *off*, dan dipilih reflektor berwarna putih agar sensor dapat menyala atau *on* yang disebabkan cahaya *infrared* yang dikirim oleh *transmitter* dipantulkan oleh reflektor dan kemudian dibaca oleh *receiver* di sensor. Seperti halnya dengan sensor *load cell* yang ikut berputar, sensor infrared diletakkan bersama sumbu yang berputar, sehingga dihasilkan nilai torsi dan nilai putaran yang sinkron. Jumlah garis hitam yang tertempel di drum berjumlah 36 dan jumlah garis putih yang berada pada drum berjumlah 36, sehingga terdapat 72 garis hitam dan putih. Sehingga apabila sensor menyala dan mati sebanyak 36 kali berarti telah terjadi 1 putaran. Dimana putaran ini sendiri diolah untuk menghitung kecepatan sudut dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60} \quad (2)$$

Untuk mendapatkan daya dari turbin angin, maka digunakan hasil torsi dan kecepatan sudut dengan memakai rumus sebagai berikut:

$$P = T \times \omega \quad (3)$$

Alat ukur ini diterapkan pada prototip turbin angin sumbu vertikal dengan dimensi tinggi 300 mm dan diameter rotor turbin 500 mm, yang dikembangkan oleh Ponto [6]. Sebelum dilakukan pengujian pada

turbin angin, sensor sensor telah diuji dan berfungsi dengan baik dan memberikan hasil dengan benar. Untuk mendapatkan variasi pembebanan pada *load cell* maka ketinggian muka air yang ada diember ditentukan berbeda beda ketinggiannya sehingga *load cell* yang tercelup di air berbeda beda pula ketinggiannya. Gambar 2 menunjukkan *setup* pengujian.



Gambar 2. *Setup* pengujian prototip turbin angin yang dipasang alat ukur daya

Prinsip kerja dari alat yang digunakan ini adalah angin yang dihasilkan oleh kipas angin akan mengalir dan menabrak sudu turbin yang akan memutar turbin. *Load cell* dipasang tegak lurus dengan poros turbin maka ketika turbin ini berputar secara bersamaan akan memutar *load cell* alat ukur torsi yang akan mendeteksi gaya hambatan dari air yang diletakkan didalam ember. Untuk alat ukur putarannya diletakkan pada poros turbin yang juga akan ikut berputar ketika turbin berputar. Ketika alat ukur ini berputar, sensor *infrared* pada alat ukur ini akan mendeteksi perubahan warna yang terletak pada ember yang berupa garis hitam putih yang dimana nantinya alat ini akan merubah garis hitam putih menjadi sebuah rpm.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Tabel 1 memperlihatkan hasil dari pengujian alat ukur daya pada turbin angin sumbu vertikal.

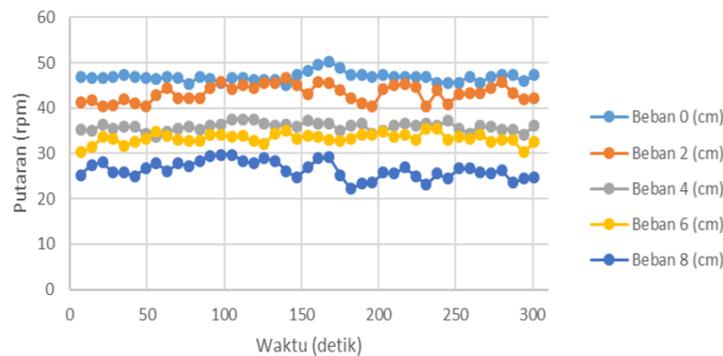
Tabel 1. Hasil pengujian

Beban	Putaran Alat Ukur	Torsi	Kecepatan Sudut	Daya
(cm)	(rpm)	(Nm)	(rad/s)	(watt)
0	46.82	0.0002	4.90	0.0010
2	43.29	0.0072	4.53	0.0325
4	35.88	0.0130	3.76	0.0486
6	33.35	0.0161	3.49	0.0562

8	26.38	0.0218	2.76	0.0602
---	-------	--------	------	--------

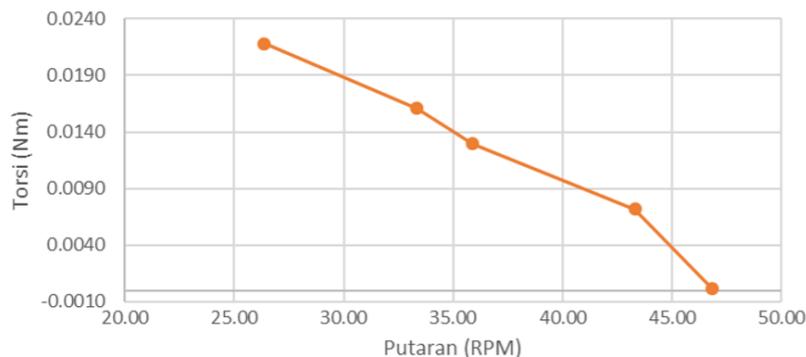
Dari hasil pengujian didapatkan data data diatas yang dapat menunjukkan karakteristik dari turbin angin yang diuji, dimana pengujian dilakukan sebanyak 5 macam pembebanan yaitu pada ember tidak terisi yang berarti pada beban kosong (0 cm) kemudian pada ember yang terisi dengan ketinggian air pada *load cell* setinggi 2 cm lalu pada ember yang terisi dengan ketinggian air pada *load cell* setinggi 4 cm, 6 cm dan 8 cm, dimana dapat terlihat perubahan putaran terhadap beban yang di berikan. Semakin besar beban maka putaran rotor turbin akan menjadi semakin kecil.

Dari grafik yang ditampilkan pada Gambar 3 dapat terlihat bahwa putaran rotor turbin angin tidak konstan melainkan berfluktuasi. Dengan demikian daya yang dihasilkan oleh turbin angin akan fluktuatif juga, karena daya didapatkan dari kecepatan putar turbin dan torsiya.



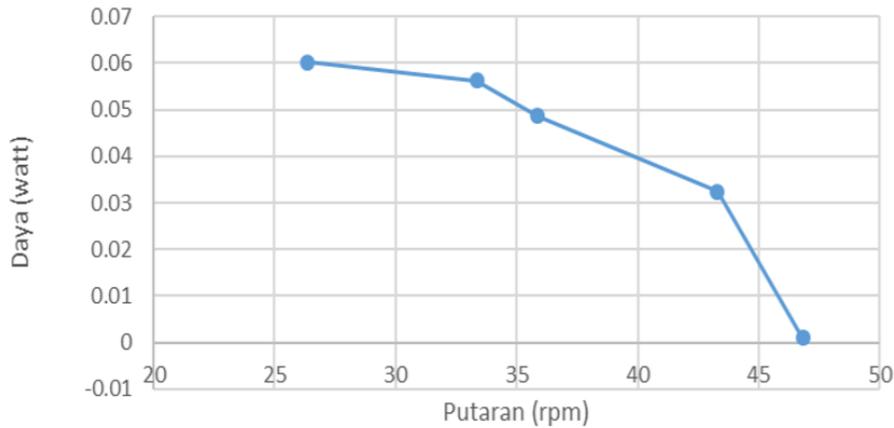
Gambar 3. Putaran rotor turbin angin terhadap waktu.

Dari pengujian dengan pembebanan yang bervariasi dapat diketahui bahwa putaran dan torsi akan berbanding terbalik, dimana putaran yang semakin tinggi maka torsi akan semakin rendah, dan ketika torsi tinggi maka putaran akan semakin rendah, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Torsi terhadap kecepatan putar rotor turbin angin.

Dari Gambar 4 dapat terlihat bahwa pada putaran sebesar 26,38 rpm menghasilkan torsi maksimum yaitu 0,0218 Nm dan ketika putaran sebesar 47,8 rpm menghasilkan torsi minimum yaitu 0,002 Nm. Alat ukur ini mampu untuk mengukur torsi yang sangat rendah sehingga cukup akurat untuk digunakan pada turbin angin yang mempunyai torsi rendah.



Gambar 5. Daya terhadap kecepatan putar rotor turbin angin.

Dari Gambar 5 dapat terlihat bahwa daya yang dihasilkan menurun dengan bertambahnya putaran dan ini sesuai dengan prinsip daya dan putaran. Seharusnya ketika mendekati putaran 0 maka daya akan kembali menurun sesuai dengan prinsip daya dan putaran, namun karena keterbatasan pada geometri alat ukur saat ini maka pembebanannya juga menjadi terbatas. Daya maksimum yang diperoleh adalah 0,06 W pada putaran 26 rpm.

Kinerja dari turbin angin sumbu vertikal ini dapat diukur dengan alat ukur yang dibuat. Meskipun daya yang dihasilkan kecil sekali, karena ukuran turbin yang kecil, tetapi alat ukur yang dibuat mampu menghasilkan nilai nilai yang akurat. Keakuratan data ini diperoleh karena proses pengambilan data dan perekaman data dilakukan secara elektronik.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian prototip turbin angin sumbu vertikal dengan alat ukur daya berbasis arduino. Hasil pengujian menunjukkan daya dari turbin angin dapat diperoleh dengan akurat dengan menggunakan alat ukur ini. Torsi yang didapat maksimum 0,02 Nm dan daya maksimum adalah 0,06 W.

Notasi

ω	kecepatan sudut	[rad/s]
g	percepatan gravitasi	[m/s ²]
m	massa	[kg]
n	kecepatan putar	[rpm]
P	daya	[W]
r	jarak <i>load cell</i> dengan sumbu rotor	[m]
T	torsi	[Nm]



Daftar Pustaka

- [1] Putra, Mohammad Alexin, 2010, *Kaji Performansi Rotor Savonius Dengan Sudu Puntir*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi dalam Penanganan Energi ke-VI, UNJANI Bandung.
- [2] Putra M.A., Mulyadi, Pribadi G., Mawardinata T., Shantika T., 2011, *Uji Experimental Rotor Hellical Savonius Dibandingkan Dengan Rotor Savonius*, Seminar Nasional Teknik Mesin 6, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- [3] Putra M.A., Ramadani R., Askar A., Simanullang G.A., 2012, *Uji Experimental Rotor Savonius Helix Dua Sudu dan Empat Sudu*, Seminar Nasional Teknik Mesin, Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri X, ITENAS Bandung.
- [4] Mukti, A.H., 2019, *Perancangan Alat Ukur Torsi Dengan Menggunakan Fluida Untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal*, Laporan Tugas Akhir Teknik Mesin, ITENAS Bandung.
- [5] Priatna, Y.A., 2020, *Pembuatan Dan Pengujian Alat Ukur Putaran Turbin Angin Sumbu Vertikal*, Laporan Tugas Akhir Teknik Mesin, ITENAS Bandung.
- [6] Ponto, A.G., 2020, *Visualisasi Aliran Udara pada Turbin Angin Sumbu*, Laporan Tugas Akhir Teknik Mesin, ITENAS Ban