

Pengujian Turbin Angin Propeler dengan Variasi Jumlah Sudu untuk Pengisi Baterai di Pantai Nelayan Sumatera Barat

Uyung Gatot S. Dinata, A. Rahmat, Haznam, I. Nurhadi, Andriano

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Padang, 25163
uyunggssd@ft.unand.ac.id

Abstrak

Sebuah sistem konversi energi angin (SKEA) berukuran kecil buatan sendiri sebagai pengisi (pencas) baterai aki telah diuji untuk pengembangan sumber daya listrik sederhana dan murah untuk komunitas nelayan. Untuk keperluan biaya rendah, sudu-sudu airfoil propeler turbin dibuat dari pelat Aluminium dengan profil korda sudu yang sama dengan airfoil NACA 4412. Pengisi baterai turbin angin tersebut diuji di pantai nelayan Padang Sumatera Barat untuk mengetahui kinerja suplai listrik sepanjang hari dengan berbagai jumlah sudu (1 sampai dengan 4 buah). Hasil uji menunjukkan, sistem konversi energi angin dengan empat sudu menghasilkan karakteristik daya keluaran listrik dan koefisien daya terbaik. Koefisien daya tertinggi adalah 12,4% dan daya maksimum 850 Watt pada kecepatan angin 15,5 m/s serta daya rata-rata 200 Watt pada kecepatan angin 5 m/s.

Keywords: Sistem konversi energi angin, pengisi baterai, sudu propeler, koefisien daya, efek jumlah sudu

Pendahuluan

Pemerintah dalam rangka visi 25/25 telah mengeluarkan kebijakan terkait energi terbarukan dengan mencanangkan program percepatan bahwa pada tahun 2025 bauran energi Indonesia yang berasal dari energi baru dan terbarukan mencapai 25% (Sumiarso, 2011). Sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di berbagai daerah di Indonesia adalah energi angin. Pembangkit listrik tenaga angin sangat cocok untuk daerah-daerah tertentu di Indonesia Timur dan Barat, yang banyak menggunakan PLTD dengan biaya operasional yang mahal, belum berlistrik, memiliki rasio elektrifikasi (RE) di bawah 60%, terisolir, pulau-pulau terluar, perbatasan, daerah-daerah dengan *security* bahan bakar minyak yang tidak terjamin atau transportasi yang sulit dan mahal (PT PLN, 2011).

Sumatera Barat memiliki jarak pantai yang panjang dan 391 pulau kecil (sesuai data tahun 2004 Departemen Dalam Negeri RI) dan berpotensi untuk aplikasi energi angin yang dapat diubah menjadi energi listrik. Sistem konversi energi angin merupakan alternatif untuk menyediakan listrik untuk komunitas yang tinggal di pantai-pantai atau pulau-pulau kecil. Sistem turbin angin yang berbiaya rendah sebagai pengisi baterai aki dapat dipakai untuk listrik nelayan seperti di Sumatera Barat. Sistem tersebut dapat digunakan untuk penerangan, pembuatan es, pembeku ikan, usaha pengisi baterai aki, dan sebagainya untuk peningkatan kehidupan ekonomi masyarakat.

Daerah nelayan termasuk desa yang membutuhkan energi listrik yang umumnya digunakan untuk penerangan pada malam hari dan hanya membutuhkan sedikit energi listrik pada siang hari (Djojodihardjo & Molly, 1981). Dengan demikian, pada siang hari, energi angin dapat digunakan untuk kegiatan ekonomi masyarakat. Hal ini akan mengurangi biaya konsumsi listrik dari perusahaan penyedia listrik atau konsumsi bahan bakar mesin genset.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, sebuah sistem konversi energi angin sederhana dan berbiaya rendah dengan baling-baling atau propeler berdiameter empat meter dibuat dan diuji di sebuah pantai yang memiliki potensi angin. Turbin ini berbiaya rendah karena sudu-sudu propelernya dibuat dari pelat Aluminium yang dibentuk mengikuti profil korda airfoil. Turbin angin tersebut juga diuji untuk mengetahui efek jumlah sudu terhadap daya keluaran listrik. Instalasi pembangkit listrik tersebut diharapkan bermanfaat untuk pengisi baterai aki sebagai penghasil listrik bagi komunitas nelayan di daerah tersebut.

Seperti diketahui sistem konversi energi angin terdiri atas sudu-sudu turbin penggerak, generator, transmisi, menara dan sudu pengarah (Heier, 1998). Daya keluaran turbin angin adalah berbanding lurus dengan luas sapuan putaran propeler atau dengan kuadrat kecepatan angin. Secara teoritis, turbin angin merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik poros maksimum sebesar 59,3% dimana angka ini merupakan koefisien daya turbin angin dan terkait dengan bilangan ideal Betz (White, 2001). Untuk

menghasilkan daya keluaran yang tinggi, turbin angin sering menggunakan sudu-sudu propeler dengan penampang berbentuk airfoil karena menghasilkan gaya angkat (*lift*) yang besar namun dengan gaya seretan (*drag*) yang rendah.

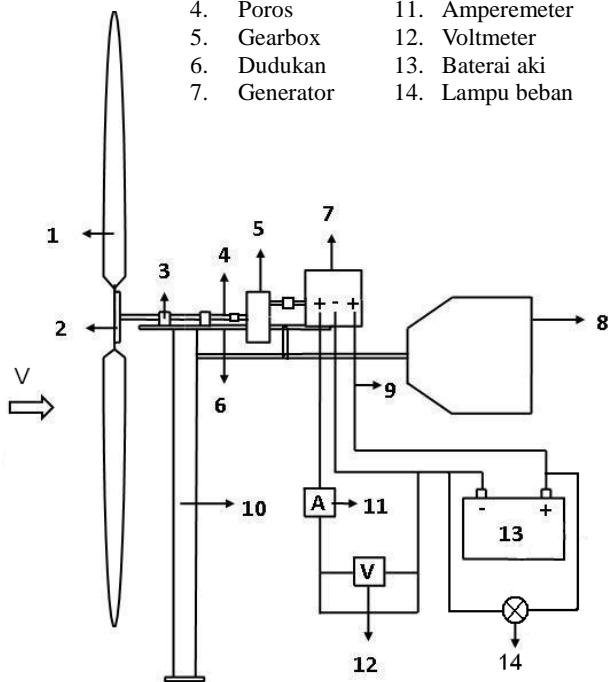
Penelitian-penelitian sebelumnya untuk efek jumlah sudu pada kinerja turbin angin dan aplikasi sebagai sumber energi listrik alternatif telah diketahui. Duquette (2001), Swanson et al. (2002) dan Ennis (2009) telah melakukan penelitian terhadap efek jumlah sudu pada kinerja turbin angin dengan propeler. Berbagai penelitian aplikasi turbin angin untuk alternatif sumber energi listrik telah diketahui dan yang terbaru di antaranya oleh Jasim et al. (2012).

Metoda Eksperimen dan Fasilitas yang Digunakan

Pengisi baterai aki dengan turbin angin tersebut diuji untuk mengetahui kinerja suplai pada baterai dan beban listrik sepanjang hari dan untuk mengetahui efek jumlah sudu pada karakteristik daya keluaran dan efisiensi atau koefisien daya. Lokasi pengujian instalasi turbin angin tersebut berada di tepi pantai di daerah Pasir Jambak, di utara kota Padang, Sumatera Barat. Instalasi sistem turbin angin yang diuji dapat dilihat pada Gambar 1.

Keterangan Gambar:

- | | |
|--------------|-------------------|
| 1. Sudu | 8. Sirip pengarah |
| 2. Hub | 9. Kabel listrik |
| 3. Bantalan | 10. Menara |
| 4. Poros | 11. Amperemeter |
| 5. Gearbox | 12. Voltmeter |
| 6. Dudukan | 13. Baterai aki |
| 7. Generator | 14. Lampu beban |

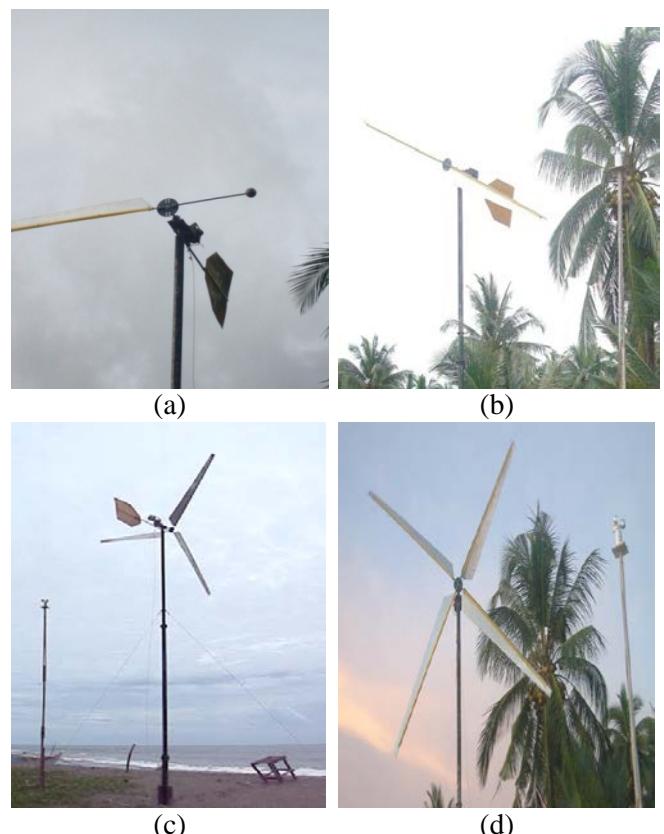


Gambar 1. Skema instalasi pengujian turbin angin untuk pengisi baterai aki



Gambar 2. Sudu-sudu propeler dua meter yang terbuat dari pelat Aluminium dengan profil korda airfoil NACA 4412

Instalasi turbin angin tersebut dirancang agar dapat dipasang dengan satu sampai empat sudu yang memiliki jari-jari dua meter. Sudu-sudu terbuat dari pelat Aluminium dengan tebal 2,8 mm untuk tujuan biaya rendah dalam pembuatannya (lihat Gambar 2). Kelengkungan sudu dibuat sama dengan profil korda airfoil NACA 4412. Transmisi roda gigi sistem konversi energi angin tersebut memiliki rasio 1:12 sehingga putaran turbin dapat ditingkatkan untuk generator listrik. Baterai aki yang digunakan adalah bertipe kering dan bebas pemeliharaan (*free maintenance*) dengan tegangan operasional 12 Volt. Instalasi turbin angin tersebut menggunakan menara setinggi 10 meter dengan tiga kabel penahan (*guy wires*).



Gambar 3. Turbin angin yang diuji di tepi pantai dengan variasi jumlah sudu: (a) satu sudu, (b) dua sudu, (c) tiga sudu, dan (d) empat sudu. Terlihat juga anemometer kecepatan angin.

Untuk pengukuran tegangan dan kuat arus listrik digunakan masing-masing voltmeter dan amperemeter pada sebuah multimeter digital. Kecepatan angin diukur dengan anemometer cawan dimana hubungan kecepatan dan tegangan keluaran listriknya telah dikalibrasi pada sebuah terowongan angin.

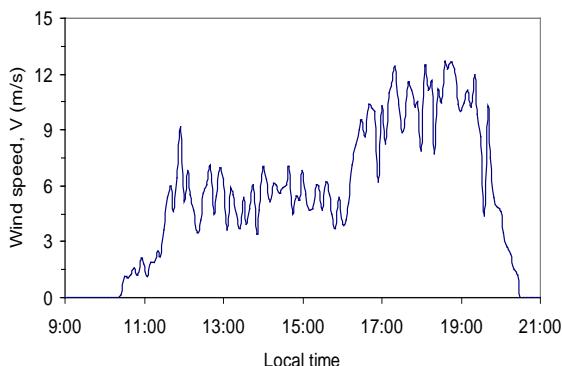
Temperatur udara selama pengujian di pantai berkisar 25-30 °C yang berarti perbedaan temperatur sangat kecil sehingga perubahan massa jenis udara dapat diabaikan. Pengambilan data dilakukan setiap lima menit. Jumlah sudu yang diuji masing-masing adalah satu, dua, tiga dan empat sudu (Gambar 3).

Berdasarkan data pengukuran kecepatan angin (V) dapat diperoleh daya angin (P_a) dan dengan data tegangan (E) dan kuat arus listrik (I) keluaran generator dapat diperoleh daya keluaran listrik (P_e) dalam satuan Watt. Koefisien daya (C_p) sistem konversi energi angin dihitung dari perbandingan kedua daya tersebut untuk setiap selang lima menit.

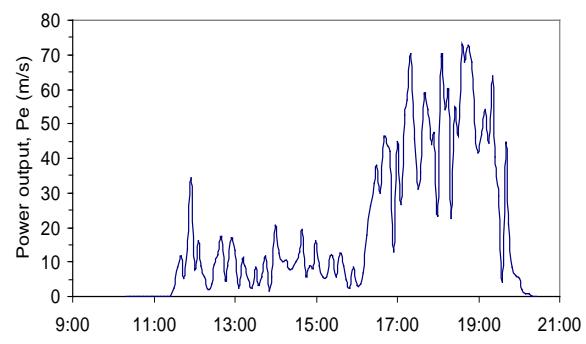
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran kecepatan angin selama 12 jam antara jam 9.00 pagi sampai dengan jam 21.00 Waktu Indonesia Barat (WIB) diperlihatkan pada Gambar 4. Pengukuran yang hanya 12 jam tersebut dikarenakan angin hanya muncul pada siang hari sebagai angin laut ke arah darat. Kecepatan angin dari darat ke arah laut pada malam hari sangat kecil karena lokasi uji terhalang oleh pepohonan di daerah nelayan tersebut.

Pada Gambar 4(a) terlihat distribusi kecepatan angin dan pada Gambar 4(b) terlihat daya keluaran listrik generator turbin angin yang diukur sepanjang siang hari dengan selang lima menit. Pada grafik-grafik tersebut diketahui, kecepatan angin tidak terdistribusi merata sepanjang hari. Kecepatan cukup tinggi dengan rata-rata sekitar 5 m/s pada jam 11.00-16.00 dan 10 m/s pada jam 16.00-20.00. Kecepatan angin maksimum pada hari tersebut sekitar 12,5 m/s. Daya keluaran listrik generator yang terjadi pada dua periode tersebut adalah sekitar 10 dan 50 Watt dan dengan daya listrik maksimum sekitar 70 Watt dengan menggunakan turbin satu sudu.



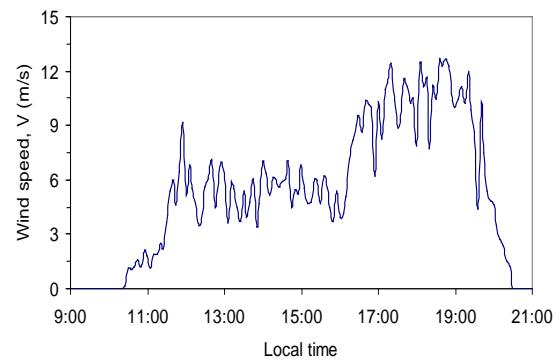
(a)



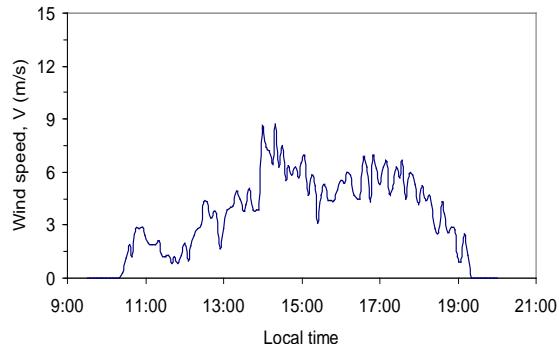
(b)

Gambar 4 (a). Distribusi kecepatan angin dan (b). daya keluaran listrik generator turbin angin yang diukur sepanjang siang hari setiap lima menit

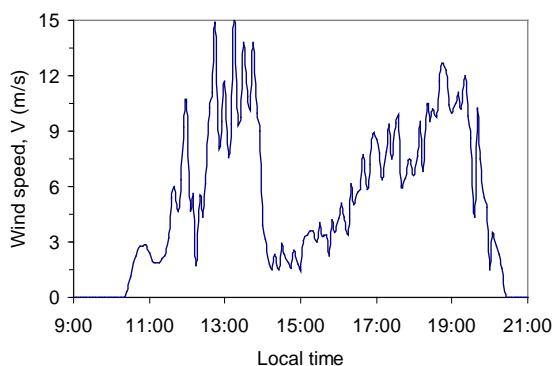
Gambar 5 (a), (b), (c) dan (d) menunjukkan distribusi kecepatan angin yang diukur selama pengujian di pantai pada hari-hari yang berbeda, masing-masing dengan satu sudu (pada hari ke-1), dua sudu (pada hari ke-2), tiga sudu (pada hari ke-3) dan empat sudu (pada hari ke-4). Kecepatan angin tertinggi yang terdeteksi adalah sekitar 15,5 m/s namun hanya terjadi dalam waktu yang singkat. Dari data tersebut, daya rata-rata adalah 200 Watt pada kecepatan angin sekitar 5 m/s.



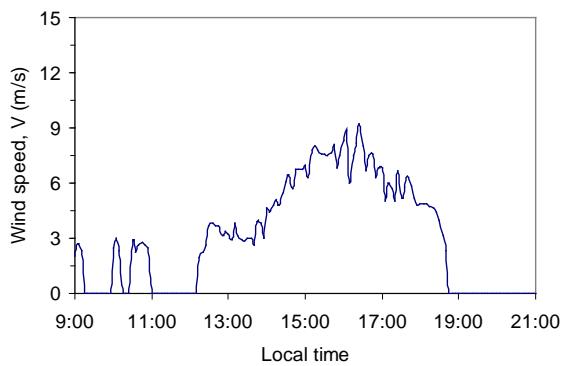
(a)



(b)



(c)



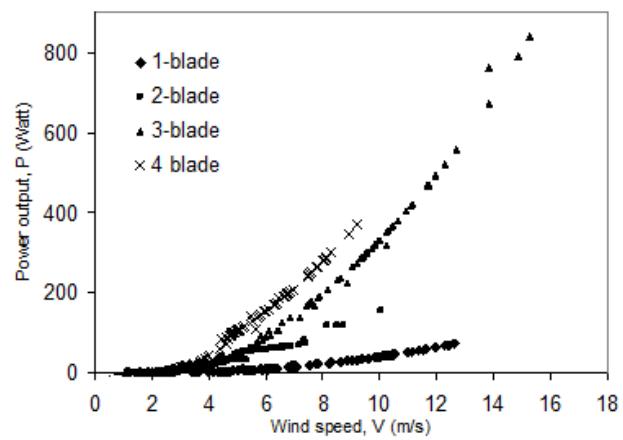
(d)

Gambar 5. Distribusi kecepatan angin hasil pengujian pada hari ke-1 (a), hari ke-2 (b), hari ke-3 (c) dan hari ke-4 (d)

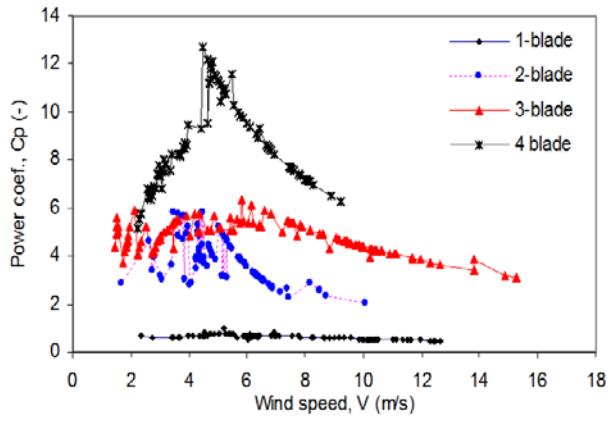
Hubungan keluaran daya listrik dan koefisien daya dengan kecepatan angin pada jumlah sudu satu sampai dengan empat diperlihatkan pada Gambar 6 (a) dan (b). Pada grafik pertama, terlihat daya listrik keluaran generator mengikuti kecenderungan kurva parabolik sebagai fungsi kuadrat kecepatan angin. Daya maksimum yang pernah dihasilkan adalah sekitar 850 Watt pada turbin dengan tiga sudu pada kecepatan angin 15,5 m/s. Terlihat pada kecepatan yang sama, semakin banyak jumlah sudu yang digunakan maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan.

Demikian juga halnya dengan koefisien daya yang terjadi pada pengujian turbin angin dengan variasi jumlah sudu yang diperlihatkan pada grafik kedua. Dengan jumlah sudu yang bertambah, maka koefisien daya keluaran listrik generator semakin tinggi. Koefisien daya atau efisiensi maksimum yang terjadi adalah 12,4%.

Penyebab karakteristik seperti tersebut di atas belum diketahui pasti dan ini memerlukan kajian yang lebih lanjut. Namun secara keseluruhan, sistem konversi energi angin tersebut telah efektif menghasilkan energi listrik yang diuji coba di sebuah pantai dekat komunitas nelayan di Sumatera Barat.



(a)



(b)

Gambar 6. Hubungan (a). keluaran daya listrik dan (b). koefisien daya dengan kecepatan angin dengan variasi jumlah sudu

Kesimpulan dan Saran

Sebuah sistem konversi energi angin dengan turbin propeler kecil berbiaya rendah sebagai pengisi baterai aki untuk keperluan listrik nelayan telah dibuat dan diuji di pesisir pantai Padang. Sebagai pengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik, instalasi turbin angin tersebut diuji untuk mengetahui karakteristik keluaran listrik dan bahkan efek jumlah sudu yang dipakai terhadap keluaran daya listrik dan efisiensi/koefisien daya listriknya.

Instalasi turbin angin tersebut dapat menghasilkan 850 Watt pada kecepatan angin 15,5 m/s. Sistem tersebut dapat menghasilkan daya listrik rata-rata 200 Watt. Turbin angin dengan empat sudu memperlihatkan karakteristik kecepatan angin-daya keluaran listrik terbaik dengan efisiensi maksimum 12,4%.

Pembangkit listrik dengan energi terbarukan sederhana tersebut dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan listrik dalam rangka peningkatan ekonomi nelayan.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Nomenklatur

V	Kecepatan angin (m/s)
P_a	Daya angin (Watt)
E	Tegangan keluaran listrik (Watt)
I	Kuat arus keluaran listrik (Watt)
P_e	Daya keluaran listrik (Watt)
C_P	Koefisien daya (-)

Referensi

Sumiarso, L. Kebijakan energi surya dan angin dalam mendukung pemenuhan kebutuhan energi nasional, Seminar Indo Solar-Wind 2011, Jakarta, 11-12 Mei (2011)

PT PLN. Program PT PLN (Persero) dalam pengembangan PLT surya dan PLT angin trinterkoneksi, Seminar Indo Solar-Wind 2011, Jakarta, 11-12 Mei (2011)

Djojodihardjo, H. & Molly, J.P. Wind Energy Systems, Penerbit Alumni, Bandung, 1983

Heier, S. Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems, John Wiley & Sons Ltd., Chichester (1998)

White, F.M. Fluid Mechanics, 4ed, McGraw-Hill Co. (2001)

Duquette, M.M. The effect of solidity and blade number on the aerodynamic performance of small horizontal axis wind turbines, Thesis, Clarkson University (2002)

Swanson, J. & Visser, K. Improving the efficiency of small wind turbines by optimizing blade number and solidity, <http://www.clarkson.edu/reu/archives/2002/abstracts/swanson.pdf>, Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, Clarkson University (2002)

Ennis, B.L. Experimental investigation into the effects of blade number on wind turbine rotor aeroacoustics and performance, Dissertation, Purdue University (2009)

Jasim, M. & Salam, M. Wind turbine building for saving home electricity, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSRJECE), ISSN : 2278-2834, Volume 1, Issue 6, pp. 41-48 (2012)