

## **PENGARUH JUMLAH *BLADE AIRFOIL* TIPE NACA 4415 TERHADAP HASIL DAYA LISTRIK TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL**

**Danur Lambang P., Danar Susilo Wijayanto, Nugroho Agung Pambudi**

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Kampus V UNS : Jl. Ahmad Yani 200 Pabelan, Kartasura. Telp./Fax (0271)718419/716266  
E-mail : danur.lambang@yahoo.co.id

### **ABSTRACT**

*The purposes of this study are to investigate effect of number of blades on a non-twisted blade wind turbines type airfoil NACA 4415 on the electrical power generated. Experimental study is used on this research. The sample was Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) with non-twisted blades airfoil NACA 4415. There were three variation of the number of blades those were the number of blades of two, the number of blades of three, and the number of blades of four. Wind speed variation used in this study was 2.5 m/s, 3.5 m/s, and 4.5 m/s. The data collected by conducting test of HAWT by using artificial wind, electric power generated was read and recorded by data logger. The data from the research was put into the table and shown in the form of graphic, then analyzed. Based on the result of the research, it can be concluded that there was an effect of variation of the number of blades toward electrical power of wind turbines. Three blades HAWT produced the biggest electrical power that was 0.7222 W with 4.5 m/s of wind speed.*

**Keywords:** *Wind Turbines, Number of Blades, Electrical Power, Data Logger*

### **A. PENDAHULUAN**

Konsumsi energi pembangkit listrik yang masih menjadi primadona di Indonesia maupun dunia masih seputar pada bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, dan gas) yang merupakan *non-renewable energy* (energi tak terbarukan). Dari data yang ada tahun 2013, kapasitas daya terpasang sebesar 43.523 MW. Konsumsi batubara mencapai 63% (27.419,49 MW) dari total energi primer pembangkit, disusul gas di angka 15% (6.528,45 MW) dan minyak bumi sebesar 8% (3.481,84 MW) (DESDM, 2014). Hal ini berarti, baru

sekitar 14% energi lain yang digunakan untuk pembangkit listrik.

Bahan bakar fosil merupakan pembangkit energi yang suatu saat pasti akan habis dan krisis energi dimasa yang akan mendatang tidak akan terelakkan lagi apabila sumber energi tersebut telah sepenuhnya habis. Di samping itu, penggunaan bahan bakar fosil juga merupakan penyumbang terbesar pelubangan ozon akibat efek rumah kaca.

Diperlukan konversi, konservasi, dan pengembangan energi-energi baru terbarukan (*renewable energy*) untuk mengatasi ketergantungan akan energi bahan bakar fosil. Dalam

aspek pengembangan, energi harus memperhatikan tiga “E” yaitu energi, ekonomi, dan ekologi. Menyetimbangkan ketiga “E” ini secara tepat adalah tantangan utama teknologi masa kini (Culp, 1991:3). *Renewable energy* merupakan sumber energi yang persediaannya tidak terbatas, dapat diperbarui dan atau dapat dibuat. *Renewable energy* mendapatkan energi dari aliran energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan seperti sinar matahari, angin, air yang mengalir, proses biologi, dan panas bumi.

Energi terbarukan yang dapat diterapkan saat ini adalah energi matahari, biomassa, angin, air, dan panas bumi. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin, karena angin merupakan sebuah energi yang selalu ada dan tidak pernah habis. Energi ini merupakan energi yang bersih dan proses produksinya tidak mencemari lingkungan. Angin sebagai sumber energi yang jumlahnya melimpah merupakan sumber energi yang terbarukan dan tidak menimbulkan polusi udara, karena tidak menghasilkan gas buang yang dapat menyebabkan efek rumah kaca.

Perkembangan pemanfaatan energi angin di Indonesia saat ini masih tergolong rendah. Salah satu penyebab yang mendasar adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s sampai dengan 6 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Kecepatan sebesar itu tidak memungkinkan untuk dapat

membangun turbin angin berdiameter besar, dikarenakan turbin angin skala besar memiliki *cut-in* (gerak mula rotor) yang berkisar pada kecepatan angin 5 m/s s/d 7 m/s (Burton, 2000). Meskipun demikian, potensi energi angin yang ada di Indonesia sangat besar, mengingat Indonesia memiliki garis pantai terpanjang keempat di dunia yaitu 99.093 km (BIG, 2014) dengan asumsi potensi daya sebesar 9,29 MW (DESDM, 2005). Hal ini bisa dimanfaatkan untuk *wind farm* (ladang angin), yaitu tempat untuk memanen energi angin.

Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang modifikasi *blade* dan desain turbin agar bisa memaksimalkan dan atau meningkatkan kecepatan angin yang ada, agar memperoleh daya yang besar dan efisiensi tempat dengan sumber daya yang ada.

## B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dimana data-datanya belum pernah ada, sehingga harus diciptakan terlebih dahulu. Terdapat dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen, dimana hasil dari kelompok kontrol sebagai pembanding dari kelompok eksperimen untuk mengetahui apakah hasil dari kelompok eksperimen lebih efektif daripada hasil kelompok kontrol (Gulo, 2003:20).

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, yang

beralamat di Jl. Ahmad Yani No. 200, Pabelan, Surakarta.

Sampel dalam penelitian ini adalah Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) dengan desain *blade airfoil* NACA 4415 (National Advisory Committee for Aeronautics) *non-twisted tip ratio 0,5* dengan panjang *blade* 200 mm dan panjang *chord* pangkal 30 mm sedangkan panjang *chord* ujung 15 mm. Pengkonversian energi listrik menggunakan alternator 5,5 W. Sudut *pitch* diseragamkan sebesar  $10^\circ$ . Terdapat 3 variasi jumlah *blade* yaitu jumlah *blade* 2, jumlah *blade* 3, dan jumlah *blade* 4. Variasi kecepatan angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2,5 m/dt,

3,5 m/dt, dan 4,5 m/dt. Setiap variabel, diuji selama satu menit ada tiap-tiap variasi kecepatan angin.

Data diperoleh dengan melakukan pengujian TASH menggunakan angin rekayasa, daya listrik yang dihasilkan dibaca dan direkam oleh *data logger*.

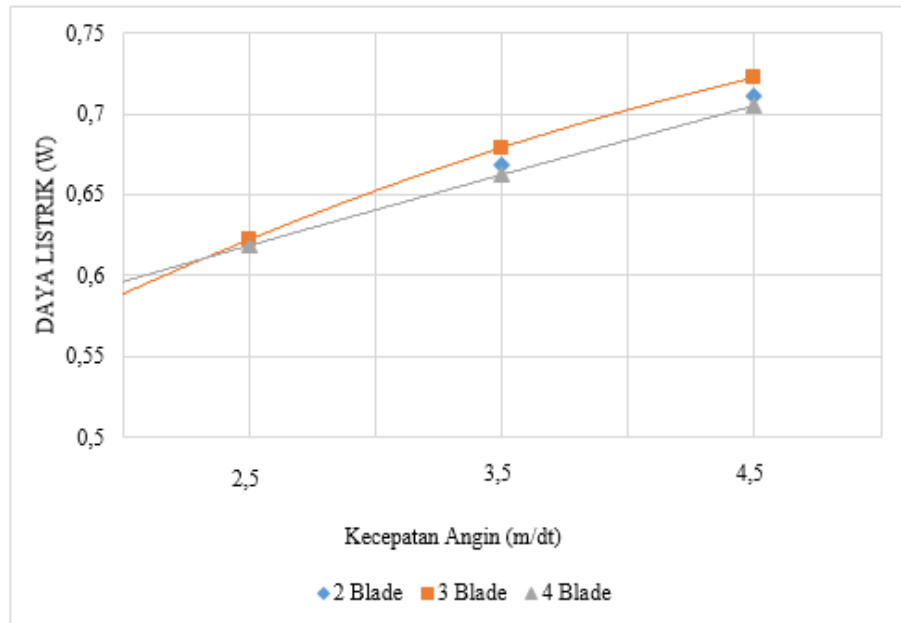
### C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa bahwa terdapat pengaruh variasi penambahan lensa *nozzle* dan variasi jumlah *blade* terhadap daya listrik yang dihasilkan.

Hasil pengukuran daya listrik TASH terhadap jumlah *blade* selama satu menit adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Jumlah *Blade*

Jumlah <i>Blade</i>	Kec. Angin (m/dt)	Daya Listrik (W)		
		2,5 m/dt	3,5 m/dt	4,5 m/dt
2		0	0,6678	0,7107
3		0,62222	0,67907	0,7222
4		0,61852	0,66227	0,705



Gambar 3.1. Grafik Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Jumlah *Blade*

Data hasil pengujian hasil daya listrik TASH dengan *blade* tipe airfoil NACA 4415 *non-twisted* terhadap jumlah *blade* menunjukkan hasil daya listrik tertinggi oleh TASH 3 *blade* sebesar 0,7222 W pada kecepatan angin 4,5 m/dt dan hasil daya listrik terendah oleh TASH 2 *blade* sebesar 0 W pada kecepatan angin 2,5 m/dt.

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa TASH 3 *blade* menghasilkan daya listrik tertinggi yaitu 0,7222 W pada kecepatan putaran rotor 1363 rpm. Gambar 3.1 juga menunjukkan bahwa semakin cepat kecepatan angin, maka terjadi peningkatan daya listrik pada tiap jumlah *blade*.

TASH 2 *blade* pada kecepatan angin 2,5 m/dt memiliki kecepatan putaran rotor 159 rpm dan generator belum mampu menghasilkan daya listrik. TASH 2 *blade* hanya mampu menghasilkan kecepatan putaran rotor sebesar 159 rpm dan tidak mampu mengkonversi secara maksimal energi dari angin. Jarak

yang jauh antar *blade* membuat TASH 2 *blade* mempunyai efisiensi daya yang rendah pada kecepatan angin rendah ditambah dengan torsi yang harus diangkat oleh generator. Daya listrik yang dihasilkan TASH 2 *blade* meningkat secara signifikan kecepatan angin 3,5 m/dt dan 4,5 m/dt yaitu masing-masing 0,6678 W dan 0,7107 W. Peningkatan tersebut menandakan bahwa TASH 2 *blade* bekerja dengan baik pada kecepatan angin yang relatif tinggi.

Gambar 3.1 menunjukkan TASH 3 *blade* Pada kecepatan angin 2,5 m/dt menghasilkan daya listrik 0,6222 W, pada kecepatan angin 3,5 m/dt menghasilkan daya listrik 0,67907 W, dan pada kecepatan 4,5 m/dt menghasilkan daya listrik 0,7222 W. TASH 3 *blade* bekerja dengan baik pada semua variasi kecepatan angin. Jarak yang tidak terlalu renggang dan tidak terlalu rapat antar *blade* membuat TASH 3 *blade* stabil berputar pada setiap kecepatan angin dan mampu menggerakkan torsi awal

generator. Turbulensi aliran udara juga diminimalisir oleh TASH 3 *blade* sehingga mengurangi resiko fenomena *stall*.

Gambar 3.1 menunjukkan TASH 4 *blade* Pada kecepatan angin 2,5 m/dt menghasilkan daya listrik 0,61852W, pada kecepatan angin 3,5 m/dt menghasilkan daya listrik 0,66227W, dan pada kecepatan 4,5 m/dt menghasilkan daya listrik 0,705W. TASH 4 *blade* bekerja dengan baik pada semua variasi kecepatan angin, namun daya yang dihasilkan masih dibawah dari TASH 3 *blade*. TASH 4 *blade* bekerja dengan baik pada kecepatan angin rendah, dibandingkan dengan TASH 2 *blade*. Namun pada kecepatan angin yang lebih tinggi, kecepatan putaran rotor dan daya listrik yang dihasilkan tidak meningkat secara signifikan.

Setiap pengujian yang dilakukan pada tiap-tiap jumlah *blade* TASH menunjukkan bahwa kecepatan putaran rotor dan kecepatan angin berbanding lurus dengan daya listrik yang dihasilkan. TASH 3 *blade* mampu menghasilkan daya listrik dan kecepatan putaran rotor paling tinggi dibandingkan TASH 2 *blade* dan TASH 4 *blade* pada setiap variasi kecepatan angin.

Penelitian ini menguatkan penelitian Sudarsono (2013) bahwa TASH 3 *blade* dengan *airfoil* NACA 4415 cocok digunakan untuk pembangkitan energi listrik. TASH 2 *blade* dengan tipe *airfoil* sejenis kurang cocok digunakan untuk pembangkitan listrik di daerah dengan kecepatan angin rendah karena kurang bekerja maksimal pada kecepatan angin rendah. TASH 4 *blade* dengan tipe *airfoil* juga

kurang cocok untuk pembangkitan energi listrik karena memiliki kecepatan putaran yang lebih rendah dari kedua variasi jumlah *blade* dan daya listrik yang dihasilkan juga rendah lebih rendah dari kedua variasi jumlah *blade*.

#### **D. SIMPULAN**

Penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

Adanya pengaruh variasi jumlah *blade* terhadap daya listrik turbin angin. TASH 3 *blade* menghasilkan daya listrik yang paling besar yaitu 0,7222 W pada kecepatan angin 4,5 m/dt.

#### **E. SARAN**

Untuk meningkatkan hasil daya listrik turbin angin *blade airfoil* tipe NACA 4415, dapat menggunakan *blade* 3 tipe *tip ratio* 0,5.

Untuk penelitian lanjutan yang ingin mengembangkan penelitian, hendaknya menggunakan rekayasa angin yang valid dan tahan lama.

Untuk penelitian lanjutan mengenai turbin, hendaknya menggunakan terowongan angin agar angin lebih stabil.

#### **F. DAFTAR PUSTAKA**

- Ajao, K.R. dan Mahamood, M.R., 2009. *Wind Energy Conversion System: The Past, The Present, and The Prospect*. Journal of American Science. Volume 5.
- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., & Bossanyi, E., 2001. *Wind Energy Handbook 2nd Edition*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Chen, T.Y., Hung, C.W., Liao, Y.T., 2013. *Experimental Study on Aerodynamics of Micro-Wind*

- Turbines with Large-Tip non-Twisted Blades.* Journal of Mechanics volume 29.
- Culp, Archie W., 1991. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*, Jakarta: Erlangga.
- Daryanto, Y., 2007. *Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG-UPT-LAGG.
- Dewan Energi dan Sumber Daya Mineral RI. 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014*.
- Dewi, Marizka Lusita, 2010. *Analisis Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal dengan Modifikasi Rotor Savionus L untuk Optimasi Kinerja Turbin*. Skripsi. Surakarta: UNS.
- Faqihuddin, M. F., 2013. *Karakteristik Model Turbin Angin Untwisted Blade dengan Menggunakan Tipe Airfoil NREL S833 pada Kecepatan Angin Rendah*. Skripsi. Surakarta: UNS.
- Firmansyah, Dudi, 2012. *Turbin Angin Mini Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik untuk Lampu Navigasi Pada Kapal*. Skripsi. Bogor: IPB.
- Gulo. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Silalahi, Yosef J., & Kurniawan, Iwan. 2014. *Analisis Efisiensi Jumlah Blade pada Prototype Turbin Angin Venturi*. Jom FTEKNIK vol 1.
- Hansen, Martin O.L. 2008. *Aerodynamics of Wind Turbines-2nd Edition*. London: Earthscan.
- Mathew, Sathyajith. 2006. *Wind Energy: Fundamentals, Resources Analysis, and Economics*. Berlin: Springer.
- Nugroho, Difi Nuary, 2009. *Analisis Pengisian Baterai pada Rancang Bangun Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savionus untuk Pencatuan Beban Listrik*. Skripsi. Depok: UI.
- Sudarsono, 2013. *Optimasi Rancangan Kincir Angin Modifikasi Standar NACA 4415 Menggunakan Serat Rami (Boehmeria Nivea) dengan Core Kayu Sengon Laut (Albizia Falcata) yang Berkelanjutan*. Disertasi. Semarang: Undip.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Winarno, Surakhmad. 1998. *Pengantar Penelitian Ilmiah Dasar*. Bandung: Tarsito.
- WWEA Published World Wind Resource Assessment Report, <http://www.wwindea.org/wwea-publishes-world-wind-resource-assessment-report/>, diakses pada tanggal 2 Februari 2015.