

## UNJUK KERJA MODEL TURBIN ANGIN BERSUDU *LOOPWING* DENGAN VARIASI SUDUT TEKUK

Hermawan

Jurusan Teknik Mesin Dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2 Kampus UGM Yogyakarta 55281 Telpon (0274) 521673  
e-mail : hermawan\_ugm@yahoo.com

### Abstrak

Krisis energi merupakan masalah terbesar yang saat ini sedang melanda berbagai negara yang ada di dunia. Penelitian-penelitian mengenai energi terbarukan, termasuk di dalamnya pemanfaatan energi angin, gas bumi, panas matahari, dan air, mulai diupayakan guna mengatasi kritis energi. Energi angin, pada khususnya, dipandang merupakan salah satu solusi yang diupayakan guna mencegah kondisi krisis energi.

Turbin angin bersudu tipe *loopwing* belum banyak diteliti, hal ini didasari sedikitnya publikasi ilmiah tentang hal tersebut. Sehingga penelitian tentang pemanfaatan turbin angin bersudu tipe *loopwing* merupakan penelitian rintisan. Penelitian ini didasari oleh tujuan awal untuk memperoleh efisiensi maksimum yang dapat diperoleh dengan menggunakan turbin angin bersudu *loopwing*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 3 model turbin angin bersudu *loopwing* dengan masing-masing menggunakan sudut sudu yang berbeda, yaitu  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$ . Proses pengujian dilakukan dengan bantuan *stand fan* guna menghasilkan angin dengan kecepatan yang berbeda-beda.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar sudut sudu akan berpengaruh pada peningkatan ketahanan torsi yang dialami turbin angin. Namun peningkatan tersebut tidak sebanding dengan peningkatan kecepatan putaran rotor dari turbin angin bersudu *loopwing*. Tingkat ketahanan torsi yang dimiliki oleh model turbin angin kemudian di konversi menjadi daya rotor ( $P_{rotor}$ ) yang kemudian digunakan untuk menentukan  $C_p$  dari turbin angin. Kecepatan putaran rotor maksimum dicapai pada kondisi pengujian dengan kecepatan angin 5 m/s terhadap model turbin angin dengan sudut tekuk  $45^\circ$  yaitu mencapai 680 rpm. Sedangkan nilai  $C_p$  dari model turbin angin paling tinggi pada waktu pengujian adalah sebesar 0,355 yaitu pada model turbin angin dengan sudut tekuk  $45^\circ$  pada kecepatan angin 3,3 m/s.

**Kata Kunci:** turbin angin, *loopwing*, unjuk kerja

### Pendahuluan

Penggunaan energi yang terus meningkat setiap tahunnya mulai menimbulkan masalah yang cukup besar di berbagai negara. Sumber daya alam yang saat ini berperan penting sebagai penyuplai energi terbesar yaitu minyak bumi yang merupakan bahan bakar fosil semakin hari semakin berkurang. Energi listrik yang sudah merupakan kebutuhan vital di berbagai kota dan industri-industri sebagian besar masih dihasilkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil. Selain itu, pengkonversian bahan bakar fosil menjadi energi listrik sendiri menimbulkan masalah lain yaitu asap yang dihasilkan pada saat proses pembakaran merupakan penyebab utama pemanasan global.

Untuk mencegah krisis energi, beberapa negara mulai melirik adanya sumber-sumber energi

alternatif lain yang dinilai ramah lingkungan atau sering disebut *Green energy*. Indonesia sebagai negara kepulauan yang mempunyai garis pantai terpanjang di dunia yaitu  $\pm 80.791$  km merupakan salah satu negara yang potensial sebagai pengguna dan pengembang pembangkit listrik tenaga angin. Meskipun begitu, total kapasitas terpasang dalam sistem konversi energi angin di Indonesia saat ini kurang dari 800 kilowatt. Pada tahun 2007, tujuh unit pembangkit listrik tenaga angin dibangun di empat lokasi, yaitu di Pulau Selayar tiga unit, Sulawesi Utara dua unit, dan Nusa Penida, Bali, serta Bangka Belitung, masing-masing satu unit. Pada tahun 2010 beberapa titik di pantai selatan pulau Jawa juga mulai dibangun pembangkit listrik tenaga angin dengan bantuan tenaga ahli dari LAPAN. Beberapa penelitian guna memaksimalkan potensi dari pembangkit listrik tenaga angin telah dilakukan.

Jika ditinjau dari kecepatan angin rata-rata di Indonesia yaitu 3 m/s, pembangunan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil sudah dapat direalisasikan. Untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik diperlukan berberapa tahapan. Pertama, energi angin diubah menjadi energy putaran yang menggunakan turbin angin. Energi putaran yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Listrik yang dihasilkan oleh generator kemudian disimpan dalam *battery* atau *accu*. Setelah itu baru energi listrik dapat digunakan. Kesatuan sistem konversi tersebut juga dikenal dengan nama Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Varian dari turbin angin yang digunakan di berbagai turbin angin ada banyak jenisnya. Tiap varian memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing dan digunakan sesuai dengan kondisi angin daerah setempat.

Salah satu varian turbin angin adalah turbin angin bersudu *loopwing*. Turbin angin bersudu *loopwing* merupakan jenis terbaru dari turbin angin yang dikembangkan oleh perusahaan Loopwing yang berada di Jepang. Turbin angin yang dikenalkan pada tahun 2006 pada acara *Japanese Eco-Products Exhibition* ini dapat bergerak pada kecepatan angin yang relatif lambat yaitu 1.6 m/s dan mencapai efisiensi maksimum diatas 40% pada kecepatan angin 8 m/s pada saat pengujian di lorong angin. Penelitian lebih lanjut mengenai turbin angin bersudu *loopwing* belum banyak ditemui dan merupakan penelitian rintisan di kawasan ASEAN. Sudut tekuk pada turbin angin bersudu *loopwing* sedikit banyak tentunya memiliki pengaruh terhadap efisiensi turbin angin bersudu *loopwing*. Untuk mempelajari lebih dalam mengenai pengaruh sudut tekuk dari turbin angin bersudu *loopwing* ini penulis mencoba melakukan penelitian dengan menggunakan model turbin angin bersudu *loopwing*.

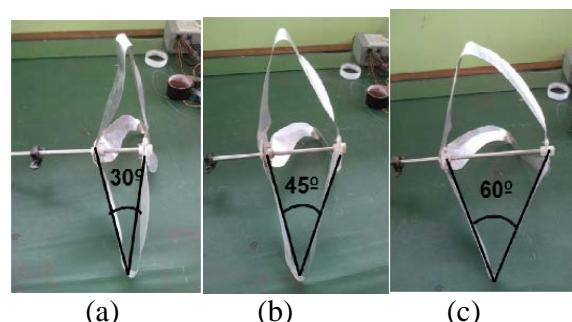
## Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

### Obyek Penelitian :

Obyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah model turbin angin bersudu *loopwing* arah aliran melintang dengan sudu terbuat dari plat aluminium dengan ketebalan 0,8 mm. Jumlah sudu berjumlah 3 buah yang terpasang pada sebuah poros dari bahan *stainless steel* berdiameter 1 cm. Poros ini terpasang pada rangka besi profil segiempat dengan dua buah bearing dan sebuah puli dari bahan aluminium. Dibuat tiga buah model turbin angin bersudu *loopwing* dengan sudut tekuk  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$ . Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM, sehingga sebagai sumber energi angin dipergunakan sebuah *stand fan*.



Gambar 1. Model turbin angin bersudu *loopwing* terpasang pada rangka besi



Gambar 2. Model turbin angin bersudu *loopwing*, (a) sudut tekuk  $30^\circ$   
(b)sudut tekuk  $45^\circ$   
(c) sudut tekuk  $60^\circ$ .

### Alat-Alat Yang Dipergunakan :

1. Sebuah *stand fan* dengan tiga tingkat kecepatan sebagai sumber energi angin.
2. Anemometer digital
3. Tachometer digital
4. Neraca digital
5. Termometer
6. Beban

### Pelaksanaan Penelitian

*Stand fan* diletakkan 1,5 m didepan model turbin angin. Setelah *stand fan* dioperasikan dicatat putaran turbin

angin tanpa beban, kemudian diberi beban secara bertahap sampai model turbin angin berhenti berputar. Diperoleh data kecepatan angin, beban, dan putaran model turbin angin. Ulangi untuk variasi kecepatan angin yang berbeda dan model turbin angin yang berbeda

### Rumus Yang Dipergunakan Untuk Perhitungan

Koefisien daya ( $C_p$ )

$$C_p = \frac{\text{daya turbin angin aktual}}{\text{daya pada udara yang mengalir}}$$

$$\text{Daya rotor turbin angin : } P_{\text{rotor}} = \frac{2\pi n}{60} \tau \quad (\text{W})$$

$$\tau = r (F_1 - F_2)$$

$$\text{Daya angin teoritis : } P_0 = \frac{1}{2} \rho v^2 A \quad (\text{W})$$

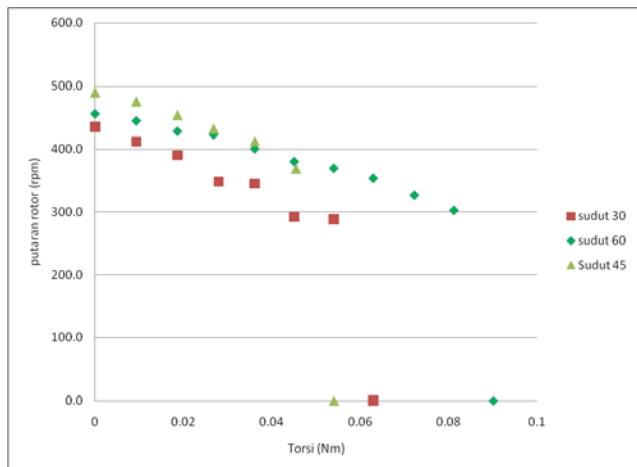
$$\text{Tip speed ratio : } \lambda = \frac{v_T}{v_0}$$

$$v_T = \frac{2\pi n}{60} \quad (\text{m/s})$$

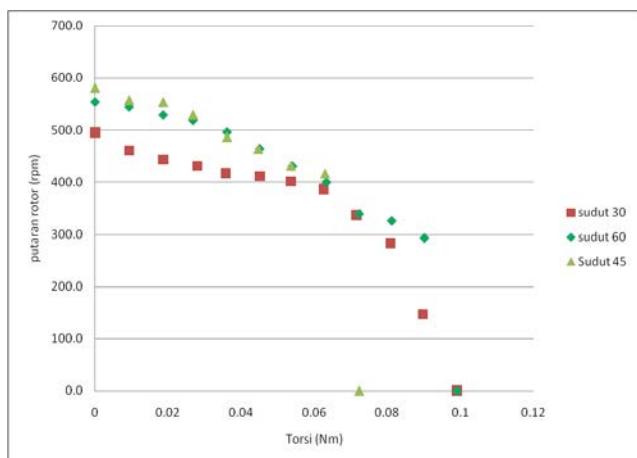
$$v_0 = \text{kecepatan angin di depan sudut turbin angin (m/s)}$$

### Hasil dan Pembahasan

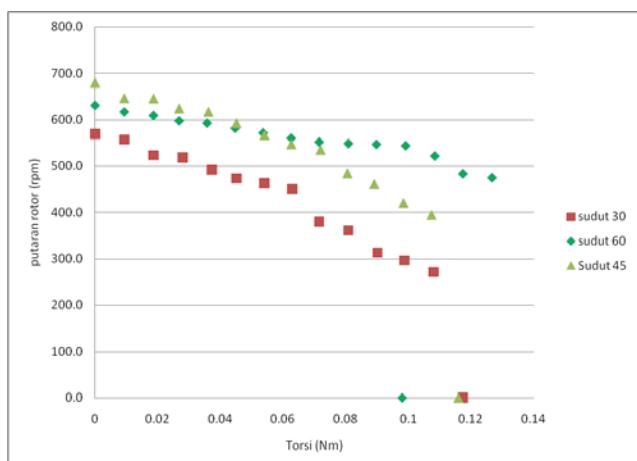
Dari hasil pengambilan data kemudian dilakukan perhitungan daya rotor, koefisien daya, dan *tip speed ratio*. Dari hasil perhitungan kemudian ditampilkan dalam grafik hubungan antara putaran rotor dengan torsi, putaran rotor dengan daya rotor dan grafik hubungan antara koefisien daya dengan *tip speed ratio* untuk 3 macam kecepatan angin, disajikan pada gambar 3 sampai dengan gambar 11 berikut ini.



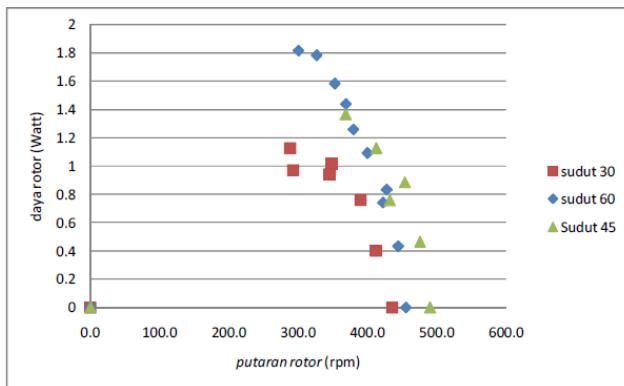
Gambar 3. Grafik hubungan antara putaran rotor dengan torsi pada kecepatan angin 3,3 m/s



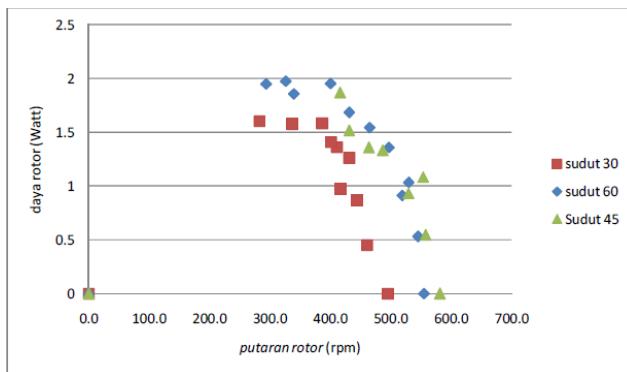
Gambar 4. Grafik hubungan antara putaran rotor dengan torsi pada kecepatan angin 3,9 m/s



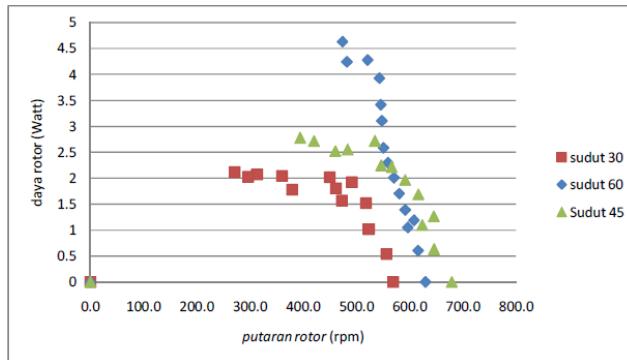
Gambar 5. Grafik hubungan antara putaran rotor dengan torsi pada kecepatan angin 5 m/s.



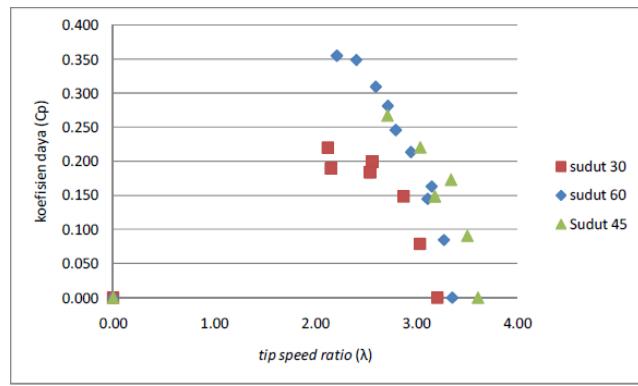
Gambar 6. Grafik hubungan antara daya rotor dengan putaran rotor pada kecepatan angin 3,3 m/s



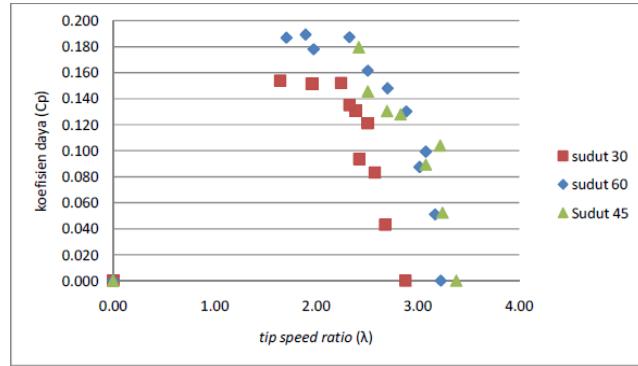
Gambar 7. Grafik hubungan antara daya rotor dengan putaran rotor pada kecepatan angin 3,9 m/s



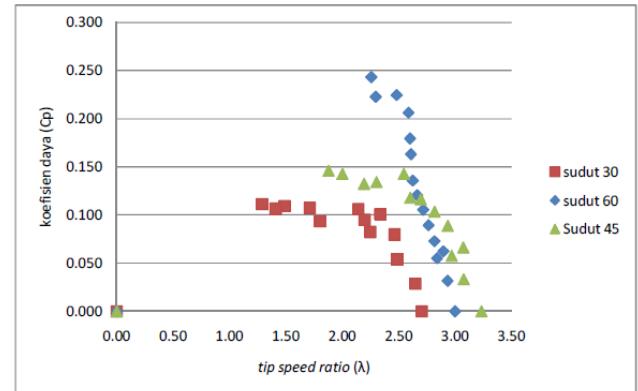
Gambar 8. Grafik hubungan antara daya rotor dengan putaran rotor pada kecepatan angin 5 m/s



Gambar 9. Grafik hubungan antara koefisien daya dengan tip speed ratio pada kecepatan angin 3,3 m/s



Gambar 10. Grafik hubungan antara koefisien daya terhadap tip speed ratio pada kecepatan angin 3,9 m/s



Gambar 11. Grafik hubungan antara koefisien daya dengan tip speed ratio pada kecepatan angin 5 m/s

## Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian dan perhitungan, diperoleh bahwa semakin besar sudut tekuk akan memperbesar nilai koefisien daya. Nilai koefisien daya terbesar diperoleh pada model turbin angin dengan sudut tekuk  $60^\circ$  yaitu sebesar 0,355. Sedangkan koefisien daya terkecil diperoleh pada

- model turbin angin dengan sudut tekuk  $30^0$  yaitu sebesar 0,22.
2. Sudut sudu, kecepatan angin, dan kondisi pembebahan merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan putaran rotor. Semakin besar kecepatan angin dan semakin rendah pembebahan, kecepatan putar poros akan mencapai nilai maksimum. Sudut optimal untuk mendapatkan kecepatan poros maksimum pada pengujian adalah sudut  $45^0$ , kecepatan putar 680 rpm pada kecepatan angin 5 m/s pada kondisi tanpa beban. Pada kondisi yang sama, model turbin angin dengan sudut  $30^0$  dan  $60^0$ , mencapai kecepatan putar 568 rpm dan 630 rpm.

### **Ucapan Terima kasih**

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Ketua Jurusan Teknik Mesin Dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah berkenan memberikan dana untuk penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala beserta staf Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Dan Industri FT UGM yang telah berkenan memberikan fasilitas tempat dan peralatan yang diperlukan untuk penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada saudara Sandy yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

### **Nomenklatur**

- n = putaran (rpm)  
 $\tau$  = torsi (Nm)  
 $\rho$  = masa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)  
 $r$  = jari-jari puli (m)  
 $F_1$  = beban pemberat (N)  
 $F_2$  = skala gaya (N)

### **Referensi**

- Hau, E., 2005, Wind Turbine (Fundamental, Technologies, Applications, Economics), Physical Principle of Wind Energy Conversion, 2<sup>nd</sup> ed, Springer, Germany
- Jha, A.R., 2011, Wind Turbine Technology, CRC Press, Florida
- Wood, D., 2011, Small Wind Turbines (Analysis, Design, and Application), Springer, Germany  
<http://www.loopwing.co.jp>