

PERANCANGAN TURBIN ANGIN TIPE SAVONIUS DUA TINGKAT DENGAN KAPASITAS 100 WATT UNTUK GEDUNG SYARIAH HOTEL SOLO

Satriya Rizkiyanto¹, Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana², Eko Prasetya Budiana²

¹ Mahasiswa Program Sarjana - Jurusan Teknik Mesin - Universitas Sebelas Maret

² Staff Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

Urban area
Renewable energy
Wind turbine
Savonius
100 W

Abstract :

Urban area has higher energy consumption than the rural or village area. The energy need of a country is mainly determined by energy consumption in the urban and city areas. On the other hand the dependency to the energy from fossil fuel must be reduced. Therefore to fulfill the energy needs in urban area, a clean and renewable energy must be used. One of the eco friendly and renewable energy that can be produced in urban area is wind energy. In this paper a Savonius wind turbine that has 100 Watt capacity was designed to produce energy in urban area. The Savonius wind turbine was designed to be installed on the roof of the Syariah Hotel Solo. The maximum wind velocity on the roof top based on the wind speed data recorded in the Adisumarmo Airport Surakarta, was 6.71 m/s. The Savonius wind turbine design has power coefficient (C_p) of 0.18 and tip speed ratio (λ) of 1. The aspect ratio (α) and the overlap ratio (β) of the wind turbine are 2 and 0.2 respectively. The turbine has 2 semi circular blade and has height (H) of 1.85 m and rotor diameter (D) of 0.92 m.

1. PENDAHULUAN

Tingginya kebutuhan migas yang tidak diimbangi oleh kapasitas produksinya menyebabkan kelangkaan bahan bakar migas sehingga terjadi kenaikan harga. Pemerintah maupun swasta di hampir semua negara kemudian berpacu untuk membangkitkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan untuk menjaga ketahanan energi negaranya. Salah satu sumber energi terbarukan yang dipilih adalah energi angin [14]. Energi angin merupakan energi yang berlimpah, dapat diperbaharui, terdistribusi secara luas, tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca dan membutuhkan lahan yang sedikit [3].

Energi angin ini tergantung dari kecepatan angin pada suatu lokasi. Kecepatan angin di Negara Indonesia sendiri memiliki kecepatan rata-rata per tahun sebesar 2,0-3,0 m/s [6], sedangkan di wilayah Pulau Jawa sendiri memiliki kecepatan angin rata-rata sebesar 2,5-4,0 m/s [5]. Didaerah perkotaan yang mana merupakan pusat tempat tinggal mayoritas manusia memiliki tingkat konsumsi energi yang besar namun memiliki kecepatan angin yang rendah, hal ini disebabkan karena didaerah perkotaan banyak terdapat gedung-gedung bertingkat sehingga menghambat laju angin. Untuk mengatasi hal itu, maka lokasi yang tempat untuk pemasangan turbin angin didaerah perkotaan adalah disuatu lokasi yang tidak banyak terdapat penghalang untuk laju angin yang datang yaitu di atap gedung bertingkat.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perancangan turbin angin tipe Savonius berkapasitas 100 Watt yang nantinya akan diaplikasikan pada atap Gedung Syariah Hotel Solo. Perancangan ini mencakup penentuan parameter-parameter yang optimal untuk turbin angin tipe Savonius.

Turbin angin sumbu vertikal pertama kali ditemukan oleh bangsa Persia. Turbin angin yang digunakan berupa windmill yang digunakan sebagai sumber dari tenaga mekanik pada peradaban di abad ke 10, oleh penduduk yang tinggal di daerah timur Persia. Dari sinilah timbul ide untuk mengembangkan penggunaan tenaga mekanik ini untuk kebutuhan lainnya.

Turbin angin Savonius ditemukan oleh Sigurd J. Savonius pada tahun 1922, tetapi Johan Ernst Elias Bessler lah (lahir pada 1680) yang pertama kali berusaha untuk membangun sebuah horizontal windmill di kota Furstenberg di Jerman pada tahun 1745 [1]. Turbin angin tipe Savonius merupakan *drag type turbine*, sehingga tipe ini tidak dapat berputar lebih cepat daripada kecepatan angin. Hal ini berarti *tip speed ratio* dari tipe ini sama dengan atau kurang dari 1. Namun tipe Savonius ini juga memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

- Tipe Savonius memiliki *cut-in speed* yang rendah dan dapat beroperasi pada kecepatan 5 mph atau 2,5 m/s.
- Memiliki starting torque yang tinggi, sehingga membuat turbin tipe ini tidak hanya mampu berputar, namun mampu menghasilkan daya pada kecepatan angin rendah.
- Mampu menerima angin dari segala arah.
- Komponen dan konstruksi yang relatif sederhana sehingga biaya lebih rendah.

- e. Komponen pengkonversi energi mekanik ke energi listrik dapat diletakkan dekat dengan permukaan sehingga dapat memudahkan perawatan mesin.

Kemampuan ini membuat tipe Savonius sesuai untuk aplikasi pembangkit listrik pada daya rendah seperti pada instalasi domestik. Turbin tipe ini juga sesuai untuk lokasi dengan arah angin yang bervariasi. Kekurangan dari Tipe Savonius adalah efisiensi turbin yang lebih rendah dibandingkan dengan turbin horizontal maupun turbin sumbu vertikal tipe lainnya. Kecepatan putar turbin ini juga relatif rendah, karena kecepatan putar turbin ini sama dengan kecepatan angin yang diterimanya [10].

2. PARAMETER PERANCANGAN

Dalam perancangan sebuah turbin angin ada beberapa parameter yang menjadi acuan dalam melakukan perancangan

2.1 Kecepatan Rata-Rata Lokasi

Berdasarkan perhitungan kecepatan angin yang telah didapat dari Bandara Adi Soemarmo Surakarta, didapatkan nilai kecepatan rata-rata per tahun (V_{Emax}) pada Gedung Syariah Hotel Solo dengan ketinggian sekitar 50 meter sebesar 6.71 m/s.

2.2 Daya Keluaran Turbin

Untuk menentukan dimensi rotor savonius, maka dibutuhkan nilai daya keluaran yang mampu dihasilkan oleh turbin. Karena energi angin yang melalui rotor tidak semuanya dapat dimanfaatkan oleh rotor untuk menghasilkan daya yang sama dengan daya angin. Hal ini tergantung pada nilai efisiensi atau koefisien daya rotor tersebut. Untuk mendapatkan daya turbin digunakan persamaan berikut.

$$P_{turbin} = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Dimana C_p adalah koefisien daya, ρ adalah massa jenis udara, v adalah kecepatan angin dan A adalah luas sapuan dari turbin. Daya keluaran yang diharapkan dari turbin tipe Savonius ini sebesar 100 Watt.

2.3 Aspect Ratio

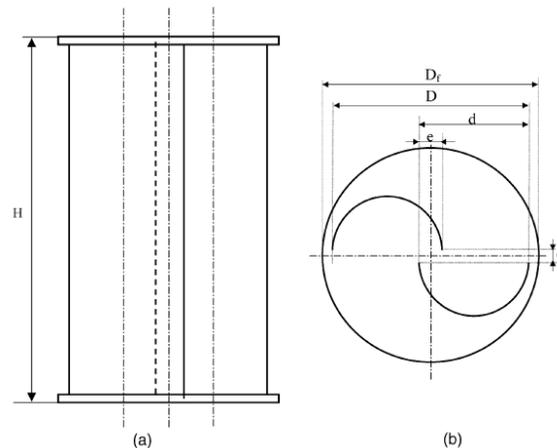
Aspect ratio menunjukkan perbandingan antara tinggi rotor dengan diameter rotor. Berdasarkan beberapa kajian mengenai *aspect ratio*, nilai perbandingan tinggi dan diameter rotor yang mampu menghasilkan performa tipe Savonius yang baik yaitu sekitar 2 [2] atau nilai perbandingan antara tinggi rotor dengan diameter sudu sekitar 4 [10].

$$\alpha = \frac{H}{D} \quad (2)$$

Dimana H adalah tinggi rotor dan D adalah diameter rotor.

2.4 Overlap Ratio

Overlap ratio didefinisikan sebagai jarak *overlap* antara dua sudu (e) terhadap diameter sudu rotor (d), seperti ditunjukkan gambar berikut.

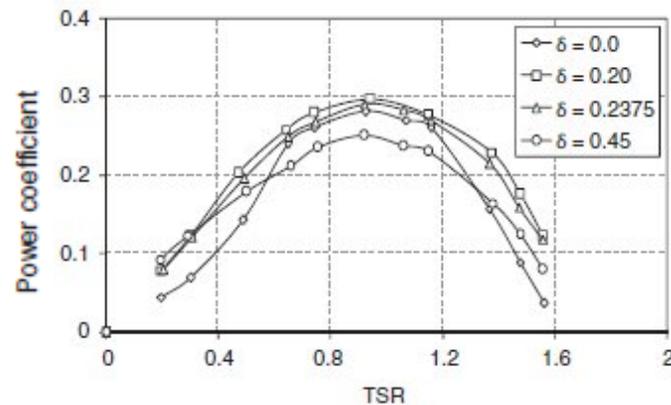


Gambar 2.1. Rotor tipe Savonius, (a) Pandangan atas; (b) Pandangan bawah

Untuk mencari nilai *overlap ratio* digunakan persamaan:

$$\beta = \frac{e}{d} \quad (3)$$

Efisiensi terbaik didapat saat nilai *overlap ratio* yaitu 15% dari diameter sudu [7], namun pada penelitian lain didapatkan performa turbin terbaik juga dapat dicapai saat *overlap ratio* bernilai 10% - 15% [4], maupun bernilai 20% - 30% [9][11], seperti ditunjukkan gambar berikut.



Gambar 2.2. Koefisien daya dengan variasi *overlap ratio* [11]

2.5 Diameter dan Tinggi Rotor Turbin

Untuk menentukan ukuran dimensi diameter dan tinggi rotor, maka harus diketahui luas sapuan rotor yang dibutuhkan turbin. Luas sapuan rotor ini diperlukan untuk dapat menentukan dimensi tinggi dan diameter rotor yang sesuai dengan daya yang diinginkan. Besarnya nilai diameter dan tinggi rotor didapat dari persamaan berikut:

$$A = H \cdot D \quad (4)$$

3. DESAIN DAN PERHITUNGAN

3.1 Menentukan Dimensi Rotor Turbin

Untuk mendapatkan dimensi rotor diperlukan nilai luas sapuan pada rotor, dimana daya keluaran turbin yang diinginkan sebesar 100 Watt. Nilai densitas udara sebesar 1.23 kg/m^3 [8] dan koefisien daya C_p sebesar 0.18, dengan persamaan (1) maka luas sapuan didapat sebesar 1.7 m^2 .

Dengan *aspect ratio* sebesar 2 maka didapatkan diameter turbin sebesar 0.92 m dan tinggi rotor sebesar 1.85 m. Diameter *end plates* yaitu lebih besar 10% dari diameter rotor [10], sehingga didapat diameter *end plates* sebesar 1.012 m

3.2 Menentukan diameter sudu

Diameter sudu dapat dicari berdasarkan *overlap ratio*, nilai *overlap ratio* yang digunakan adalah 20% dari diameter sudu (d) [9][13]. Sehingga didapat nilai untuk diameter sudu sebesar 0.5 m dan *overlap* sebesar 0.1012 m.

3.3 Menentukan putaran rotor

Putaran rotor ini didapat berdasarkan besarnya nilai *tip speed ratio* (λ) yaitu dengan menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot v} \quad (5)$$

Tip speed ratio yang digunakan yaitu *tip speed ratio* pada saat C_p sebesar 0.18 yaitu 1. Sehingga didapatkan putaran rotor (N) sebesar 140 rpm.

3.4 Menentukan dimensi shaft

Untuk dapat menentukan diameter *shaft* yang digunakan maka harus didapat terlebih dahulu besarnya nilai torsi yang dihasilkan, dan tegangan geser ijin bahan *shaft*. Nilai torsi dapat dicari menggunakan persamaan:

$$T = \frac{60 \cdot P}{\pi \cdot N} \quad (6)$$

Sehingga nilai torsi didapat 6821 Nm. Sedangkan untuk tegangan ijin didapat dari persamaan:

$$\tau_{max} = \frac{0.5 \cdot S_y}{n} \quad (7)$$

Dimana S_y adalah *yield strength* dari suatu material dan n adalah *safety factor*. Pada perancangan ini bahan yang dipilih yaitu *steel* AISI 4340 dengan *yield strength* sebesar 460 MPa dan *safety factor* sebesar 2 sehingga didapat tegangan ijin sebesar 115 MPa [12].

Untuk menghitung diameter *shaft* digunakan persamaan berikut:

$$\tau_{max} = \frac{T.r}{J} \quad (8)$$

Dimana rumus dari J yaitu:

$$J = \frac{\pi.Dp^4}{32} \quad (9)$$

Dimana Dp adalah diameter poros, ehingga rumus untuk mencari diameter poros menjadi:

$$\tau_{max} = \frac{16.T}{\pi.Dp^3} \quad (10)$$

$$D_p = \sqrt[3]{\frac{16.T}{\pi.\tau_{max}}} \quad (11)$$

Dari rumus diatas didapat diameter *shaft* minimal sebesar 6,7 mm atau sebesar 10 mm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pemilihan parameter rotor turbin, maka didapatkan desain rotor turbin Savonius berkapasitas 100 Watt dengan spesifikasi berikut:

Luas sapuan (A)	: 1,7 m ²
Diameter turbin (D)	: 0,92 m
Tinggi turbin (H)	: 1,85 m
Diameter end plates (Df)	: 1,012 m
Diameter sudu (d)	: 0,51 m
Overlap (e)	: 0,98 m
Putaran yang dihasilkan (N)	: 140 rpm
Diameter shaft (dp)	: 0,02 m
Panjang shaft (l)	: 2,00 m

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afzanizam, Nor, 2013, *Simulation Study On The Performance Of Vertical Axis Wind Turbine*, Faculty Mechanical and Manufacturing Engineering Universiti Tun Hussein Onn, Malaysia.
- [2] Akwa, Joao Vicente, 2012, *A review on the performance of Savonius wind turbines*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.16, pp.3054-3064.
- [3] Alam, F., and Steve Golde, 2013, *An Aerodynamic Study of a Micro Scale Vertical Axis Wind Turbine*, International Conference on Thermal Engineering, Vol.56, pp.568-572.
- [4] Blackwell BF, Sheldahl RE, Feltz LV, 1978, *Wind tunnel performance data for two- and three-bucket Savonius rotors*, Sandia Laboratories, USA, Sand 76-0131 under act AT/29-11, pp.789.
- [5] Daryanto, Y., F. A., Yohanes dan F., Hasim., 2005, *Potensi, Peluang dan Tantangan Energi Angin di Indonesia*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Tangerang.
- [6] Faqihuddin, M. F., 2014, *Karakteristik Model Turbin Angin Untwisted Blade Dengan Menggunakan Tipe Airfoil NREL S833 Pada Kecepatan Angin Rendah*, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [7] Fujisawa N, 1992, *On the torque mechanism of Savonius rotors*, Journal of Wind Eng Ind Aerod, Vol.40, pp.277-292.
- [8] Hameed, M. Saqib, 2013, *Design and analysis of a straight bladed vertical axis wind turbine blade using analytical and numerical techniques*, Ocean Engineering, Vol.57, pp. 248-255.
- [9] Kianifar A and Anbarsooz M., 2011, *Blade curve influences on the performance of Savonius rotors: experimental and numerical*, Journal of Power and Energy, Vol.225(3), pp.343-350.
- [10] Menet, J. L., 2014, *A double-step Savonius rotor for local production of electricity*, Renewable Energy, Vol.29, pp.1843-1862.
- [11] Mojola OO, 1985, *On the aerodynamic design of the Savonius windmill rotor*, J Wind Eng Ind Aerod, Vol.21, pp.223-231.
- [12] Mott, Robert L., 2004, *Machine Elements In Mechanical Design Fourth Edition*, Pearson Prentice Hall, United State of America.

- [13] Roy, Sukanta and Saha, Ujjwal K., 2013, *Review of experimental investigations into the design, performance, and optimization of the Savonius rotor*, Journal of Power and Energy, Vol.227(4), pp.528-542.
- [14] Soelaiman, T. A. F., Nathanel P. Tandian dan Nanang Rosidin, 2006, *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol*, Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung.