

RANCANG BANGUN MICRO TURBIN ANGIN PEMBANGKIT LISTRIK UNTUK RUMAH TINGGAL DI DAERAH KECEPATAN ANGIN RENDAH

Ruzita Sumiati¹
ruzita.sumiati@gmail.com
Politeknik Negeri Padang

Khairul Amri²
mr.khairul.amri@gmail.com
Politeknik Negeri Padang

Hanif³
Hanif.hamzah71@gmail.com
Politeknik Negeri Padang

ABSTRAK

Energi angin merupakan salah satu potensi energi terbarukan yang dapat memberikan kontribusi terhadap kebutuhan energi listrik rumah tinggal. Pembangkit energi angin bebas polusi (CO₂) maka pembangkit ini dapat menjawab masalah lingkungan hidup dan ketersediaan sumber energi sifatnya dapat diperbaharui (renewable) serta penelitian ini mendukung program pemerintah kota Padang untuk menjadi lumbung energi terbarukan. Tujuan yang ingin dihasilkan adalah dibuatnya sebuah turbin angin dalam kapasitas kecil (micro) yang dapat membantu menyuplai listrik sebuah rumah tinggal dan mampu beroperasi di daerah kecepatan angin rendah kemudian dapat di set up pada atap rumah. Metodologi yang digunakan untuk pencapaian tujuan adalah metoda eksperimental dengan tahap-tahapan sebagai berikut pengambilan data angin lapangan; disain turbin angin; pemilihan bahan; pembuatan turbin angin dan pengujian alat. Kota Padang Sumbar termasuk wilayah yang memiliki kecepatan angin rendah antara 2-6 m/s, maka jenis turbin angin yang cocok adalah turbin angin tipe savonius karena bisa berputar pada kecepatan angin rendah (*low wind velocity*) dengan putaran awal (*starting*) dapat terjadi pada kecepatan 2m/s serta konstruksinya yang sangat sederhana. Disain turbin yang dibuat adalah berbentuk savonius 2 sudu dengan konstruksi overlap antara kedua sudu dengan tujuan untuk memanfaatkan tekanan angin balikan dari sudu satu ke sudu kedua dan sebaliknya sehingga dapat meningkatkan putaran rotor. Rancangan turbin savonius di buat 4 tingkat. Bahan yang digunakan untuk sudu turbin adalah aluminium dan jenis poros hollow. Generator yang dipakai adalah generator magnet permanen Panasonic 400watt yang dapat menghasilkan daya pada putaran rendah (150 rpm) ; Untuk meningkatkan rpm yang sampai ke generator digunakan system transmisi sabuk dan pully dengan perbandingan transmisi 5:1. Kemudian tipe bearing yang digunakan adalah ball bearingbearing. Dari hasil pengujian didapat daya maksimum yang dihasilkan adalah 7,7watt dengan putaran rotor 340rpm dengan kecepatan angin 5,68m/s dan Cp 0.3

Kata Kunci: *renewable energy, wind turbine, VAWT, savonius*

I. Pendahuluan

Lebih dari 86% dari energi dunia saat ini berasal dari bahan bakar fosil, sementara itu permintaan kebutuhan energi di seluruh dunia terus tumbuh pesat [Heier]. Sebagai mana yang kita ketahui sumber energi fosil sifatnya non renewable jika kita tetap bertahan hanya menggunakan energi fosil sebagai sumber energi maka suatu saat sumber energi akan habis. Kemudian pemakaian energi listrik yang bersumber dari fosil juga berefek pada peningkatan kadar emisi (CO₂) yang merusak lingkungan [Darwin roy]

Selain masalah diatas energy listrik juga semakin mahal khususnya di Indonesia dimana mulai tahun 2013, PT. PLN melaksanakan keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya

Mineral (ESDM) dengan menaikkan tarif listrik sebesar 15 persen setahun dan dilakukan kenaikan tarif listrik di setiap tiga bulan[6]. Berlatarbelakang masalah diatas perlu dicari solusi yaitu menemukan sumber-sumber energy baru yang ramah lingkungan dan sifatnya renewable. Salah satu sumber energy terbarukan adalah energy angin. Energi angin ramah lingkungan dan bersifat renewable, untuk itu sangat berpotensi untuk dikembangkan.

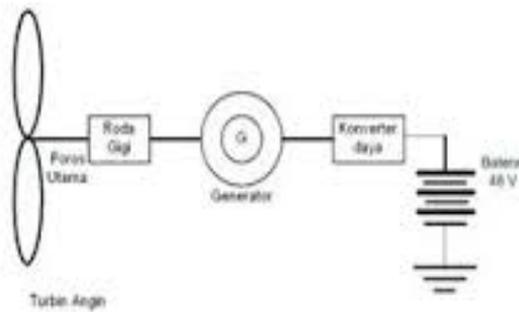
Akan tetapi kondisi kecepatan angin Indonesia khususnya kota Padang mempunyai kecepatan angin rendah berkisar antara 2m/s - 6m/s. Sehingga perlu dirancang turbin angin yang sesuai untuk daerah kecepatan angin rendah dan bisa memenuhi kebutuhan listrik rumah tinggal terutama untuk penerangan

rumah. Oleh karena itu penelitian ini membahas tentang rancang bangun turbin angin kapasitas kecil/micro yang bisa beroperasi pada kecepatan angin rendah dan dapat di set-up di atap rumah. Penelitian ini difokuskan kepada turbin angin jenis savonius vertical exis karena mampu menerima aliran angin dari segala arah, memiliki self starting yang baik sehingga mampu memutar rotor pada kecepatan angin rendah, selain itu torsi yang dihasilkan relative tinggi (Salgorzey, 2007). Sehingga jenis savonius ini cocok diterapkan untuk wilayah yang memiliki kecepatan angin rendah.

II. Landasan Teori

Prinsip Dasar Konversi Turbin Angin

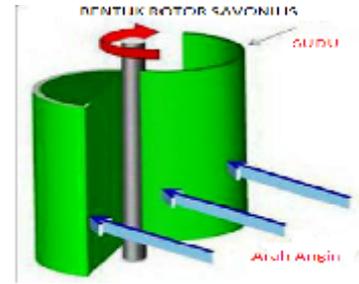
Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia dialam, pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Secara sederhana sketsa kincir angin adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Skema Konversi Energi Angin
 Sumber: lugiromadoni.blogspot.com

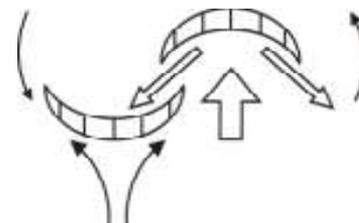
Turbin Angin Savonius

Turbin angin dengan konstruksi sederhana yang ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius (1922). Turbin yang termasuk dalam kategori TASV (Turbin Angin Sumbu Vertikal) ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin savonius cukup sederhana prinsip kerjanya berdasarkan differential drag windmill.



Gambar 2 Rotor Turbin Angin Savonius

Turbin angin *savonius* adalah jenis turbin angin tipe drag, dimana turbin ini menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang di hasilkan dari tiap-tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu (White, 1986: 412). Pola aliran udara pada sudu turbin angin tipe U dapat dilihat pada berikut



Gambar 3. Pola aliran Udara sudu tipe U

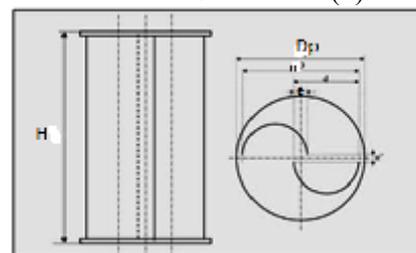
Daya Turbin Angin

Daya Turbin, P_w didefenisikan sebagai perkalian antara mass flow rate, ρAV dengan energy kinetic per unit massa $\frac{1}{2} V$ Angin (Musgrove 2010), secara matematis dapat ditulis sebagai berikut

$$P_w = \frac{1}{2} \rho AV^2 \quad (1)$$

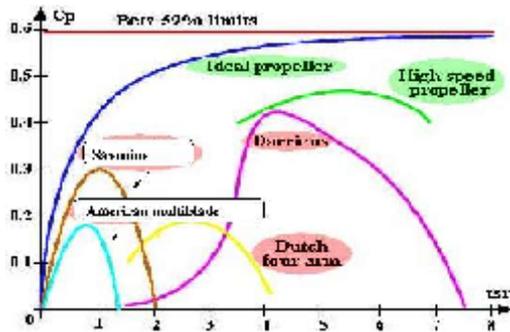
Hayasi, et Al (2004) menemukan bahwa swep area untuk turbin angin savonius secara matematis merupakan hasil perkalian antara diameter rotor, D dengan tinggi rotor, H. Makin luas swep area makin besar daya yang dihasilkan oleh turbin

$$A = D.H \quad (2)$$



Gambar 4. Dimensi Turbin Savonius 2 Sudu
 H, Tinggi rotor; Dp, Diameter Plate; D, Diameter Rotor, e, Jarak Overlape

Menurut betz limit dan mangrove (2010) hanya 59% energy angin yang dikonversikan termanfaatkan. Sementara terjadi rugi-rugi energy yang disebabkan oleh system transmisi, gearbox, bearing dan generator (Jain, 2011). Oleh karena itu koefisien daya maksimum dari turbin angin savonius adalah Cp 0.3 seperti terlihat pada diagram berikut:



Gambar 5: diagram hub Cp dan TSR

Performance turbin angin (non dimensional) dapat diketahui dari 3 parameter melalui yaitu koefisien daya Cp, torque koefisien Ct dan Tip speed rasio (TSR) λ

$$C_p = \frac{\text{Power Output}}{\text{Power Input}} = \frac{v \cdot i}{i / 2 \cdot \rho \cdot A \cdot V^2} \quad (3)$$

Dimana v merupakan tegangan output dari generator dan I merupakan arus output dari generator. Untuk koefisien torsi persamaan sebagai berikut:

$$C_t = \frac{\text{Torsi}(T)}{0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \cdot D} \quad (4)$$

Persamaan matematis tip speed rasio adalah hasil kali kecepatan sudut dan radius dibagi dengan kecepatan angin.

$$TSR = \frac{R \omega}{V} \quad (5)$$

Dimana R merupakan radius rotor, V adalah kecepatan angin dan ω kecepatan sudut rad/s

III. Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metoda penelitian eksperimen, yaitu melakukan disain bentuk turbin angin, kemudian membuatnya dan melakukan pengujian dengan melakukan pengamatan atau pengukuran terhadap variable yang ditentukan

untuk mengetahui kemampuan kerja turbin yang telah dirancang dan dibuat.

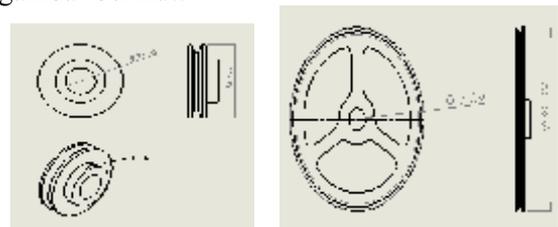
Disain

Hasil disain adalah turbin angin savonius bentuk sudu L dengan jumlah sudu 2 buah dibuat 4 tingkat agar swep area makin luas dengan demikian daya yang dihasilkan makin besar. Desain turbin angin yang dibuat sebagai berikut:



Gambar : 6 Disain turbin angin

Diameter rotor 96 cm, overlap 10 cm dan tinggi per tingkat 22 cm, sudut antara tingkat 22,5 derajat. Bahan pembuat sudu seng plat aluminium tebal 0,9 mm. Transmisi yang digunakan adalah transmisi Sabuk pully . Sabuk pully besar dan kecil dibuat dengan perbandingan 5:1 dengan dimensi seperti gambar berikut:



Gambar 7 : Desain pasangan Pully yang digunakan

Bantalan yang digunakan adalah ball bearing digunakan 2 buah yaitu pada poros sudu dan bantalan poros roda gigi. Kemudian generator yang digunakan jenis generator magnet permanen dari Panasonic dengan kapasitas 400 watt yang mampu menghasilkan listrik pada putaran 150rpm



Gambar 8: Alternator Magnet permanen
 Generator magnet permanen menghasilkan arus AC agar dapat disimpan ke accumulator maka rangkaian dilengkapi dengan rectifier sehingga keluaran arus dari generator bias langsung disimpan.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian sebagai berikut:

Tabel 1. Daftar peralatan yg digunakan dalam pengujian

Bahan	Fungsi
Anemometer	Mengukur kecepatan angin
Alternator Magnet Permanen (Panasonic) 400watt	Berfungsi sebagai pengubah energy gerak menjadi energy listrik
Tachometer digital Lutron	alat untuk mengukur putaran tiap menit (rpm)
Beban lampu 10 watt	Berfungsi sebagai beban dalam percobaan ini dan beban ini yang akan diukur. Digunakan lampu
Multitester SANWA	Berfungsi sebagai alat ukur arus (i) dan tegangan (v) untuk mendapatkan nilai daya yg dihasilkan generator

Prosedur Pengujian Alat

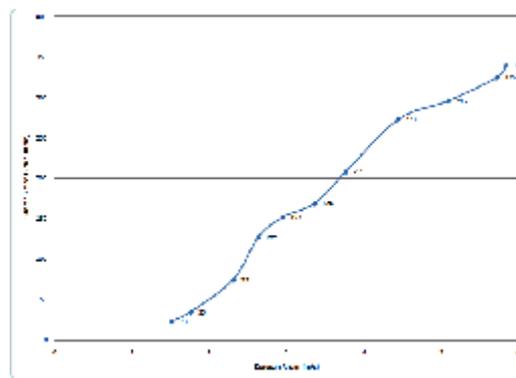
Pengujian dilakukan dalam tahapan-tahapan sebagai berikut:

- Instalasi turbin angin savonius di pasang di perumahan di daerah pinggir pantai padang. Pengujian pertama adalah pengujian putaran dengan alat ukur tachometer variable yang diukur adalah kecepatan putar rotor turbin dan kecepatan putar output bersamaan dengan pengujian kecepatan angin saat itu diukur dengan anemometer.
- Kemudian pengujian kedua pengukuran daya keluaran generator dengan cara mengukur tegangan dan arus pada keluaran generator dengan multimeter. Berdasarkan data hasil pengukuran tegangan dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya arus dan daya keluaran dari turbin.

IV. Pembahasan

Putaran rotor

Dari hasil pengujian didapat putaran rotor terhadap kecepatan angin seperti grafik berikut ini:



Gambar 9 : Grafik hubungan Kecepatan angin dan Putaran rotor

Dari grafik dapat dilihat bahwa rpm tertinggi didapat pada kecepatan angin 5.68 m/s dengan putaran rotor turbin 340 rpm. Karena system transmisi yang digunakan adalah 1:5 maka rpm pada poros generator menjadi 1700 rpm. Untuk Putaran terendah pada kecepatan angin 1.57 m/s dengan putaran turbin 23 rpm dan putaran pada generator 115 rpm.

Daya Generator

Dari hasil pengujian didapat daya generator seperti pada tabel berikut. Data yang didapat acak disusun berdasarkan dari kecepatan angin terkecil ke yang besar.

Tabel 2: Pengujian data output generator

V m/s	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Daya Watt	Pw	Cp
1.54	0	0.00	0.00	1.74	0.00
1.76	0.2	1.20	0.24	2.28	0.11
2.18	0.26	2.60	0.68	3.49	0.19
2.47	0.5	2.60	1.30	4.48	0.29
3.43	0.6	3.20	1.92	8.65	0.22
3.92	0.7	4.70	3.29	11.29	0.29
4.59	0.87	5.20	4.52	15.49	0.29
5.38	0.9	6.83	6.15	21.27	0.29
5.68	1.2	6.43	7.72	23.71	0.3

Dari hasil pengujian didapat nilai nilai daya terbesar terdapat pada kecepatan angin 5,68m/s dengan putaran rotor 340 rpm yaitu sebesar 7.72 watt.

V. Kesimpulan

Dari design dan pengujian turbin angin untuk rumah tinggal di daerah kecepatan rendah didapatkan hasil disain jenis turbin angin yang dipilih adalah turbin angin savonius 2 sudu dibuat 4 tingkat dengan diameter rotor 96 cm dan tinggi masing2 tingkat 25cm dari hasil pengujian didapat putaran tertinggi rotor adalah 340 rpm pada kecepatan angin 5,68 m/s, dimana 5,68m/s adalah kecepatan angin tertinggi yang didapat pada pengukuran kecepatan angin saat pengujian.

Daya yang di dapat pada putaran tertinggi adalah 7,72 watt dengan nilai C_p 0,3

13. **Sargolzay, J.** 2007. Prediction of The Power Ratio in Wind Turbine Savonius Rotors Using Artificial Neural Networks. Zahedan: Baluchestan University
14. **Soedomo, Moestikahadi.** 1999. Pencemaran Udara. Bandung: Penerbit ITB
15. **Tylene Levesque,** 2007. Micro Wind Turbines: Small Size, Big Impact
16. **White F.M.,** Mekanika Fluida, Jilid 2, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 198

Daftar Pustaka

1. **Aji, Riangga.** 2011 : *Pengaruh Variasi Tinggi Sudu Terhadap Performansi Vertical Axis Wind Turbine Jenis Savonius Type-U*; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. **Darwin, Roy.** 2004. *Effects of Greenhouse Gas Emissions on World Agriculture, Food Consumption, and Economic Welfare.* Journal of Climate Change, 66(2004) page 191-238
3. **Djojodihardjo, H., J.P. Molly,** *Wind Energy Systems,* Penerbit Alumni, Bandung, 1983,
4. **Eric Hau,** 2005. Wind Turbines Fundamentals.
5. **Heier, S.,** *Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems,* John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1998.
6. **Harian Padang Expres.** 25 Maret 2013. Kenaikan Tarif Listrik Oleh PLN.
7. **Hermawan.** 2010 : Unjuk Kerja Model Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Dengan Variasi Jumlah Sudu Dan Variasi Posisi Sudu; Jurusan Teknik Mesin Dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
8. **Jain.** 2011. Wind Energy Engineering.. Mc Growhill. New York.
9. **Karnowo;** 2008: Pengaruh Perubahan Overlap Sudu Terhadap Torsi Yang Dihasilkan Turbin Angin Savonius Tipe U, Majalah Ilmiah STTR, Cepu
10. **Koch, J U. Dayan, dan Mey Marom.** 2000. Inventory of Emission of greenhouse Gases in Israel. Journal of Water, Air, & Soil Polution, 123(2000) page 259-271.
11. **Majalah Teknologi,** *Konservasi dan Diversifikasi Energi,* PT. Darma Yasamas Teknindo, Jakarta, Oktober 1999
12. **Musgrove.P .** 2010. Wind Power. UK. Crambridge University Press.