

Desain Optimal Wind-turbines Tipe Savonius sebagai Suplai Energi Listrik di Desa Pusakajaya, Kabupaten Karawang

Jojo Sumarjo¹, Dian Budhi Santoso², Insani Abdi Bangsa²

¹ Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

² Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

*dian.budhi@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi listrik terjadi akibat pertambahan penduduk yang semakin tinggi, tetapi hal ini tidak seimbang dengan peningkatan penyediaan tenaga listrik. Kapasitas daya yang ada masih tetap, sementara kebutuhan masyarakat semakin meningkat. Masyarakat Indonesia masih tergantung pada pasokan listrik PLN, tidak hanya untuk kebutuhan penerangan jalan tetapi juga untuk mendukung kegiatan ekonomi. Akibat yang ditimbulkan adalah sering terjadi pemadaman aliran listrik oleh PLN, terutama pada beban puncak. Hal ini disebabkan oleh akibat pemakaian beban yang melebihi daya yang telah disediakan. Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, 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 di bagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan ke dalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Desain kincir angin yang tidak optimal mengakibatkan kurangnya output daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin. Desain optimal dari PLTB tipe *savonius* akan meningkatkan efisiensi output daya dari PLTB. Potensi daya yang dihasilkan tertinggi dari pengujian turbin angin ini adalah 8,30 Watt didapatkan saat kecepatan angin 5,88 m/s pada putaran rotor 383,2 RPM dan pada torsi sebesar 27,54 Nm dengan efisiensi sistem adalah 7% dan dapat menghidupkan LED 5 watt selama 12 jam.

Kata kunci : *wind turbines, renewable energy, savonius, PLTB.*

1. Pendahuluan

Angin merupakan salah satu sumber energi yang tersedia di bumi yang jumlahnya sangat banyak dan tidak akan pernah habis walupun digunakan secara terus menerus (Untung, 2016). Untuk dapat memanfaatkan energi angin, maka diperlukan alat yang dapat mengkonversi energi angin sehingga menghasilkan tenaga atau kerja yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Turbin angin merupakan salah satu alat yang dapat mengkonversi energi angin menjadi kerja berupa torsi yang dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan lain. Kemampuan turbin angin Savonius beroperasi pada kecepatan angin yang rendah dengan menghasilkan torsi yang besar sangat cocok digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan jalan umum (Rudianto, 2016).

Turbin angin Savonius bisa berputar tanpa diberi energi awal dari luar pada saat start. Salah satu jenis turbin angin yang cocok dengan kecepatan rata-rata angin di Indonesia yang rendah adalah turbin angin tipe savonius (Latif, 2013). Turbin ini berputar karena adanya perbedaan gaya drag dari sudu-sudunya, sehingga salah satu faktor yang mempengaruhi performansi dari turbin angin savonius adalah besarnya koefisien drag dari sudu

yang digunakan (Hasan, 2013). Apabila koefisien drag sudu bagian cekung semakin besar dan koefisien drag pada sudu bagian cembung semakin kecil maka torsi yang dihasilkan oleh turbin angin akan semakin meningkat sehingga performansinya juga akan meningkat (Irsyad, 2012). Untuk mengantisipasi kerusakan pada wind turbine, maka didesain cut-out yang lebih besar (D.B. Santoso, 2018).

Untuk hal tersebut maka diperlukan suatu alat pembangkit listrik dengan memanfaatkan angin sebagai sumber energi untuk dapat menggerakkan turbin yang terhubung ke generator yang selanjutnya disimpan didalam battery sebelum dapat digunakan. Turbin angin yang digunakan adalah turbin angin jenis savonius yang lebih kinerja penangkapan anginya lebih maksimal karena bentuk dari turbin tersebut tidak memerlukan ekor untuk menangkap arah angin dan sangat cocok digunakan di daerah pesisir pantai dan pegunungan sehingga tidak memerlukan ketinggian yang tinggi seperti turbin angin jenis darrieus. Semua kelebihan ada pada alat yang akan dibuat berdasarkan dari kekurangan-kekurangan pada penelitian sebelumnya.

2. Formulasi Masalah

2.1 Gaya Pada Turbin

Gaya turbin angin dapat dihitung dengan rotasi putaran turbin angin dikalikan dengan gaya gravitasi dengan memasukan nilai RPM turbin angin.

$$F = \omega \cdot g$$

Dimana :

F = Gaya turbin angin (N)

ω = rotasi putaran turbin angin (rad/s)

g = gravitasi 9,81 m/s²

$$\omega = 2\pi n/60$$

Dimana :

ω = rotasi putaran turbin angin (rad/s)

n = putaran turbin angin 102,4 rpm, sehingga :

$$\omega = (2 \cdot 3,14 \cdot 102,4)/60$$

$$\omega = 10,72 \text{ rad/s}$$

maka, gaya pada turbin angin dapat dihitung sebagai berikut :

$$F = \omega \cdot g$$

$$F = 10,72 \text{ rad/s} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 105,17 \text{ N}$$

2.2 Torsi Turbin Angin

Torsi turbin angin dihitung menggunakan data gaya pada turbin dikalikan dengan jari-jari rotor sebesar 0,07 m.

$$\text{TORQUE} = (V^2 R^3)/\lambda^2 = F \cdot r = m \cdot a$$

Dimana :

V = Kecepatan angin (m/s)

R (r) = jari-jari rotor (m)

F = gaya pada turbin angin (N)

m = massa pengimbang (kg)

a = percepatan gravitasi (m/s)

$$\text{Torque} = F \cdot r$$

$$\text{Torque} = 105,17 \text{ N} \cdot 0,07 \text{ m}$$

$$\text{Torque} = 7,36 \text{ Nm}$$

2.3 Daya Turbin Angin

Daya turbin merupakan output dari daya angin hasil dari perhitungan torsi dikalikan dengan rotasi putaran turbin angin.

$$P_t = \text{Torque} \cdot \omega = \text{Torque} \cdot 2\pi n$$

Dimana :

P_t = Daya turbin (Watt)

Torque = besarnya torsi (Nm)

n = putaran poros (rpm)

$$P_t = \text{Torque} \cdot \omega = \text{Torque} \cdot 2\pi n$$

$$P_t = 7,36 \text{ Nm} \cdot 10,72 \text{ rad/s}$$

$$P_t = 78,90 \text{ Watt}$$

2.4 Energi Yang Dimiliki Oleh Angin

Berdasarkan kecepatan angin dan diameter baling-baling (telah diketahui tinggi 0,5 m dan diameter 0,7 m), maka luasan total baling-baling turbin yang berjumlah 3 buah adalah 1,05 m².

$$P_a = 1/2 \rho A V^3 \text{ (Watt/m}^2\text{)}$$

Dimana :

P_a = Daya output (Watt/m²)

ρ = kerapatan udara 1.1726 kg/m³

V = kecepatan angin (m/s)

A = luas penampang (m²)

$$P_a = 1/2 \cdot 1,1726 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,05 \text{ m}^2 \cdot [4,56]^3 \text{ (m/s)}$$

$$P_a = 58,38 \text{ Watt/m}^2$$

2.5 Daya Yang Dikeluarkan Generator

Berdasarkan kecepatan angin dengan jumlah baling-baling 3 buah (telah diketahui tinggi 0,5 m dan diameter 0,7 m).

$$P = 1/12 V^3 D^2 \text{ (Watt)}$$

Dimana :

P = Daya output (Watt)

V = Kecepatan angin (m/s)

D = Diameter baling-baling (m)

$$P = 1/12 [4,56]^3 \text{ m/s} \cdot [0,7]^2 \text{ m}$$

$$P = 3,87 \text{ Watt}$$

2.6 Efisiensi sitem

Efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga angin merupakan perbandingan antara daya generator angin dan daya angin dari turbin.

$$\eta = P_g/P_a \cdot 100\%$$

Dimana :

η = Efisiensi sitem (%)

P_g = Daya output generator (Watt)

P_a = Daya angin (Watt)

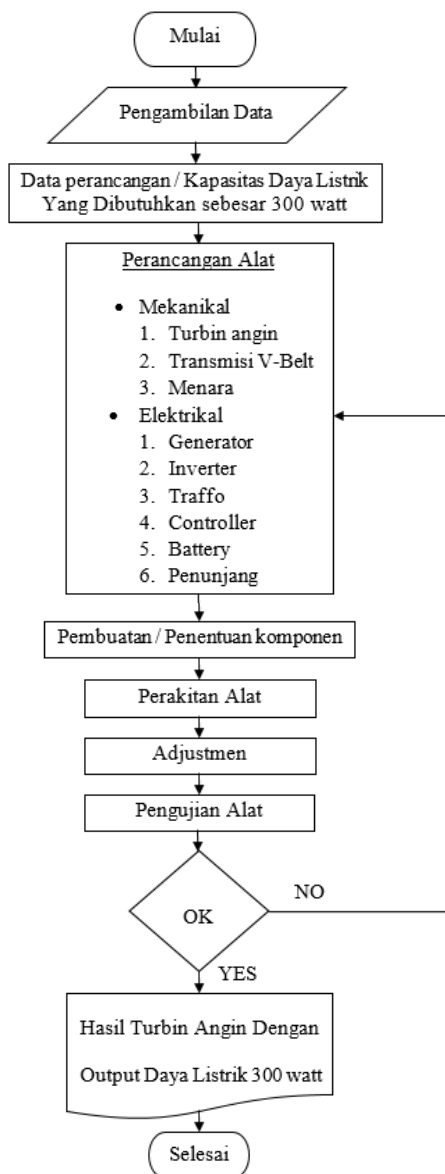
$$\eta = (3,87 \text{ watt})/(58,38 \text{ watt}) \cdot 100\%$$

$$\eta = 0,07 \cdot 100\%$$

$$\eta = 7\%$$

3. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Juli sampai dengan bulan September 2019 di desa Pusakajaya Utara, kecamatan Cilebar, kabupaten Karawang untuk mengetahui data-data yang diperlukan dalam perancangan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga angin ini.



Gambar 3.1 Flowchart penelitian

3.1 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah anemometer, tachometer, multimeter. Pemakaian listrik bergantung pada kondisi angin yang menyentuh baling-baling/ blade, konsumsi listrik dibagi dengan waktu penerangan yaitu selama 12 jam pada pukul 18.00 WIB sampai dengan pukul 06.00 WIB. Adapun untuk komponen yang digunakan adalah:

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Komponen

No.	Spesifikasi	Jumlah
1	Turbin Angin	1 Unit
2	Menara	1 Unit
3	Transmisi V-Belt	1 Unit
2	Alternator (IC model) 12 V ~ 30 A	1 Unit
3	Battery (Lead Acid) 12 V ~ 50 A	1 Unit

4	Inverter 350 Watt ~ 12 V	1 Unit
---	--------------------------	--------

3.2 Pemilihan sistem

Berdasarkan kemudahan pada penyediaan konsumsi jaringan listrik di atas, maka sistem yang dipilih sudah dapat ditentukan.



Gambar 3.2 Diagram sistem

Turbin angin adalah alat yang dapat memutar poros yang terhubung ke generator sebagai sumber untuk kebutuhan kapasitas battery untuk beban 300 watt. Generator adalah alat yang digunakan untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Inverter sebagai pengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Battery sebagai penyimpan energi yang dihasilkan dari turbin angin untuk mensuplai daya ke beban setelah energi listrik dikonversi dari DC menjadi AC oleh inverter. Lampu sebagai beban untuk mengetahui adanya daya listrik yang dihasilkan oleh turbin angin.

4. Hasil dan pembahasan

Tabel 4.1 menunjukkan kecepatan angin (V) putaran pulley penggerak (D₁), gaya turbin (F), torsi turbin (torque), daya turbin (P_t), dan daya angin (P_a), tanpa beban.

Tabel 4.1 Kecepatan Angin

Waktu	V Angin (m/s)	D ₁ (rpm)	Gaya Turbin (N)	Torque (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Daya Angin (Watt/m ²)
08.00-09.00	4,56	102,4	105,17	7,36	78,90	58,38
09.00-10.00	4,82	107,1	109,98	7,70	86,32	68,94
10.00-11.00	5,22	115,1	118,21	8,27	99,65	87,57
11.00-12.00	5,42	119,6	122,80	8,60	107,68	98,02
12.00-13.00	5,88	127,1	130,50	9,13	121,43	125,15
13.00-14.00	5,76	124,7	128,04	8,96	116,97	117,64
14.00-15.00	5,20	112,3	115,31	8,07	94,84	86,57
15.00-16.00	5,02	109,2	112,12	7,85	89,71	77,88
Rata-rata	5,23	114,69	117,77	8,24	99,44	90,09

Tabel 4.2 menunjukkan kecepatan angin (v) putaran pulley penggerak (D₁), putaran pulley yang digerakan (D₂), gaya turbin (F), torsi turbin (torque), daya turbin (P_t), dan daya angin (P_a) ketika terhubung ke generator.

Tabel 4.2 Output daya ketika terhubung generator

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	D ₁ (rpm)	D ₂ (rpm)	Gaya Turbin (N)	Torque (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Daya Angin (Watt/m ²)	Daya Output (Watt)
08.00-09.00	4,56	81,2	324,8	333,50	23,34	793,50	58,38	3,87
09.00-10.00	4,82	85,1	340,4	349,52	24,47	871,73	68,94	4,57
10.00-11.00	5,22	92,4	369,6	379,50	26,56	1027,52	87,57	5,81
11.00-12.00	5,42	100,1	400,4	411,12	28,78	1206,11	98,02	6,50
12.00-13.00	5,88	107,6	430,4	441,93	30,93	1393,61	125,15	8,30
13.00-14.00	5,76	102,9	411,6	422,62	29,58	1274,46	117,64	7,80
14.00-15.00	5,20	90,3	361,2	370,87	25,96	981,33	86,57	5,74
15.00-16.00	5,02	88,7	354,8	364,30	25,50	946,85	77,88	5,16
Rata-rata	5,23	114,69	374,15	384,17	26,89	1058,51	89,40	5,97

Tabel 4.4 menunjukkan kecepatan angin (v) putaran pulley penggerak (D₁) , putaran pulley yang digerakan (D₂), gaya turbin (F), torsi turbin (torque), daya turbin (P_t), dan daya angin (P_a) ketika terhubung dengan sistem kelistrikan.

Tabel 4.4 Output daya ketika terhubung dengan beban

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	D ₁ (rpm)	D ₂ (rpm)	Gaya Turbin (N)	Torque (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Daya Angin (Watt/m ²)	Daya Output (Watt)
08.00-09.00	4,56	79,3	317,2	325,70	22,80	756,91	58,38	3,87
09.00-10.00	4,82	82,7	330,8	339,66	23,78	823,13	68,94	4,57
10.00-11.00	5,22	87,3	349,2	358,55	25,10	913,25	87,57	5,81
11.00-12.00	5,42	90,3	361,2	370,87	25,96	981,59	98,02	6,50
12.00-13.00	5,88	95,8	383,2	393,46	27,54	1104,72	125,15	8,30
13.00-14.00	5,76	94,6	378,4	388,53	27,10	1077,01	117,64	7,80
14.00-15.00	5,20	87,1	348,4	357,73	25,04	912,99	86,57	5,74
15.00-16.00	5,02	86,1	344,4	353,62	24,75	892,37	77,88	5,16
Rata-rata	5,23	87,8	351,6	361,01	25,26	932,75	89,40	5,97

5. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pembuatan, pengujian dan perhitungan turbin angin savonius dengan menggunakan 3 buah baling-baling, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

- Lokasi pengujian ini sangat bagus untuk merancang dan membuat suatu alat untuk mengatasi krisis energi di desa Pusakajaya Utara, kecamatan Cilebar, kabupaten Karawang yang dapat memanfaatkan energi angin sebagai energi alternatif untuk penerangan jalan umum yang dapat membantu pasokan listrik dari PLN tepatnya di desa Pusakajaya Utara, kecamatan Cilebar, kabupaten Karawang.
- Dari kecepatan angin yang memutarakan poros pada turbin dapat diekstrak ke generator yang merubah energi gerak menjadi energi listrik.
- Turbin angin yang dibuat terdiri dari baling-baling yang berjumlah 3 buah, transmisi V-belt, menara, generator, battery, inverter, lampu, serta kabel dan penunjang lainnya.
- Kecepatan angin di wilayah tersebut tergantung pada kondisi cuaca yang dapat mempengaruhi kecepatan angin yang menggerakkan turbin.

- Potensi daya yang dihasilkan tertinggi dari pengujian turbin angin ini adalah 8,30 Watt didapatkan saat kecepatan angin 5,88 m/s pada putaran rotor 383,2 RPM dan pada torsi sebesar 27,54 Nm.
- Efisiensi sistem dari pembangkit listrik tenaga angin ini adalah 7%.
- Dari hasil perancangan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga angin ini dapat menghidupkan lampu LED 5 watt selama 12 jam.

Daftar Pustaka:

- Santoso, D. B., & Sakti, F. P. (2018). Optimal Sizing and Placement of Wind-Based Distributed Generation to Minimize Losses Using Flower Pollination Algorithm. 3(2), 167–175. <https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i2.2018.167-176>
- Shaddiq, S., Santoso, D. B., Alfarobi, F. F., Sarjiya, & Hadi, S. P. (2017). Optimal capacity and placement of distributed generation using metaheuristic optimization algorithm to reduce power losses in Bantul distribution system,

Yogyakarta. Proceedings of 2016 8th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering: Empowering Technology for Better Future, ICITEE 2016.
<https://doi.org/10.1109/ICITEED.2016.7863279>

Santoso, D. B, et all. (2017). Optimisasi Penempatan dan Kapasitas Wind-based Distributed Generation untuk minimsasi Losses Menggunakan Flower Pollination Algorithm, Proceedings of Conference on Information Technology and Electrical Engineering, CITEE 2017. 83-88.

Untung Surya Dharma Untung, Masherni, Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius, TURBO Vol. 5 No. 2. 2016, Teknik Mesin, Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Metro, Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung.

Machmud Rifadil Mochammad, Purwanto Era, Jaya Arman, Prabowo Gigih, Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal untuk Beban Rumah Tinggal, Prodi Teknik Elektro Industri, Dept.Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111.

Rudianto Daniel Teguh, Ahmadi Nurfi, Rancang Bangun Turbin Angin Savonius 200 Watt, Vol. II, 26 November 2016, ISSN: 2528-1666, Program Studi Teknik Elektro, Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Jl. Janti Blok R LanudAdisutipto, Yogyakarta.

Irsyad Muhammad, Penggunaan Bentuk Sudu Setengah Silinder Eliptik Untuk Meningkatkan Efisiensi Turbin Savonius, MEKANIKA Volume 10 Nomor 2, Maret 2012, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Latif Melda, Efisiensi prototipe Turbin Savonius Pada Kecepatan Angin Rendah, Volume 10 nomor 3 April 2013, Jurnal Rekayasa ElektriKA.

Hasan Ola Dwi Sandra, Hantoro Ridho, Nugroho Gunawan, Studi Eksperimental Vertical Axis Wind Turbine Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Fin pada Sudu, JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print) Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111.

