

DESAIN BALING-BALING KINCIR ANGIN SUMBU HORIZONTAL

**Julius Mulyono, Hadi Santosa, Evan Jonathan Sarasih, Steven Wijaya,
Martinus Eko Susanto**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jl. Kalijudan 37 Surabaya 60114 Telp 031 3891264
Email: juliusnyamulyono@ukwms.ac.id

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Pembangkitan energi listrik dapat dilakukan dengan berbagai sumber energi, baik terbarukan maupun tidak terbarukan. Salah satu pembangkitan energi listrik dengan tenaga terbarukan adalah dengan perancangan kincir angin. Kincir angin sumbu horisontal mudah dalam pemasangan dan perawatan operasional, sehingga banyak digunakan. Energi angin yang besar (kecepatan dan torsi) akan menggerakkan generator dan menghasilkan listrik yang besar pula. Penangkapan energi angin ini dilakukan melalui baling-baling, sehingga perlu dirancang baling-baling yang dapat menangkap energi angin sebesar mungkin. Desain baling-baling dengan luasan 600 cm persegi dan ketebalan 2 mm, menghasilkan tenaga listrik yang lebih besar dibandingkan baling-baling umum, pada kecepatan angin di bawah 9 m/det.

Kata kunci: pembangkit, listrik, baling-baling, kincir, kecepatan, angin, rendah.

Pendahuluan

Energi listrik merupakan bentuk energi yang paling banyak digunakan, baik di dunia industri maupun untuk keperluan rumah tangga. Energi listrik dapat diperoleh melalui generator, yang dapat digerakkan dengan berbagai sumber energi lainnya. Penggunaan energi baru dan terbarukan menjadi sangat penting, termasuk untuk menggerakkan generator, sehingga menghasilkan tenaga listrik.

Salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah tenaga angin. Hembusan angin seringkali digunakan untuk menggerakkan kincir angin. Kincir angin merupakan salah satu alat penghasil energi listrik.

Secara umum, ditinjau dari sumbunya, terdapat dua macam kincir angin, yaitu sumbu vertikal dan sumbu horisontal. Salah satu keunggulan kincir angin sumbu horisontal adalah kesederhanaan mekanisme pemasangan generator. Kelemahannya adalah adanya arah hembusan angin yang berubah-ubah. Kelemahan ini diatasi dengan pemasangan sirip pada bagian ekor sedemikian, sehingga dapat berputar/bergeser mengikuti arah angin.

Kinerja kincir angin ditentukan oleh dua bagian utama, yaitu bagian mekanik dan bagian elektronik. Pada bagian mekanik, komponen yang terpenting adalah baling-baling. Baling-baling ini sangat mempengaruhi kekuatan dan kecepatan putar yang akan menggerakkan generator. Desain baling-baling menjadi sangat penting, untuk menangkap kekuatan angin sebesar-besarnya. Perlu didesain baling-baling kincir angin sedemikian, sehingga mampu menghasilkan kecepatan putar dan torsi yang besar.

Tinjauan Pustaka

Pengembangan kincir angin telah dilakukan, baik untuk sumbu horisontal maupun sumbu vertikal. Penelitian pendahuluan yang sudah dilakukan berupa perancangan kincir angin sumbu vertikal dengan poros tunggal dengan dua baling-baling untuk menggerakkan aerator di tambak ikan (terlampir). Produk rancangan sudah bekerja dengan baik, namun kecepatan putaran yang dihasilkan masih relatif rendah. Hal ini berarti bahwa energi yang dapat digunakan juga relatif kecil. Dalom (2011) menyatakan bahwa energi yang dapat ditangkap dari hembusan angin adalah

$$E = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (1)$$

dengan ρ = kerapatan udara (mol/m^3).

A = luas penampang keseluruhan baling-baling (m^2).

V = kecepatan rata-rata angin (m/detik).

Dengan memperhatikan persamaan tersebut, energi dapat dimaksimalkan melalui memperbesar luas penampang baling-baling. Sedangkan diameter poros diperoleh dengan

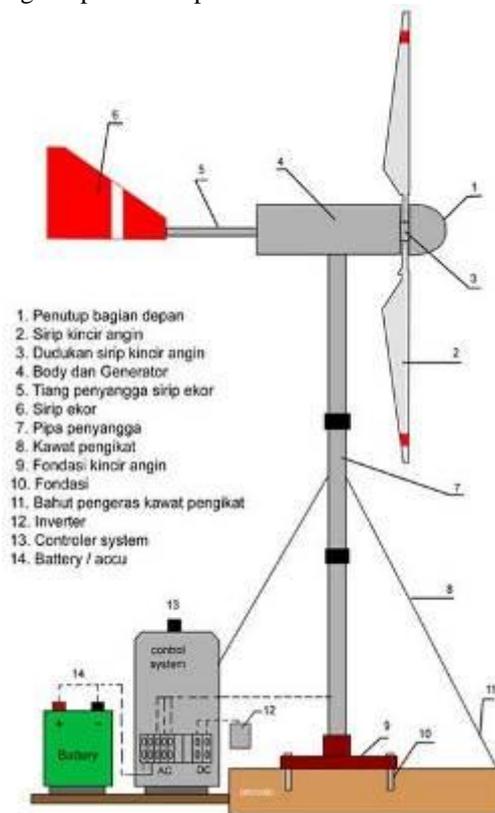
$$D = (P \times (47 \times \text{RPM})^3)^{0.2} \quad (2)$$

dengan P = perbandingan kecepatan rotor terhadap kecepatan angin.

RPM = kecepatan putaran yang diinginkan pada rotor (pada generator).

Keuntungan dari pembangkit listrik tenaga kincir angin ini adalah mampu menghasilkan listrik, meskipun kecepatan angin agak rendah. Dalam (2011) menyatakan bahwa luas penampang baling-baling sebesar 1 m² dan kecepatan angin 1 m/detik sudah mampu menghasilkan listrik DC (*direct current* = arus searah) sebesar 1,16 volt. Kayo *et al* (2007) menyatakan bahwa kinerja tersebut merupakan keunggulan kincir angin dibandingkan kincir air.

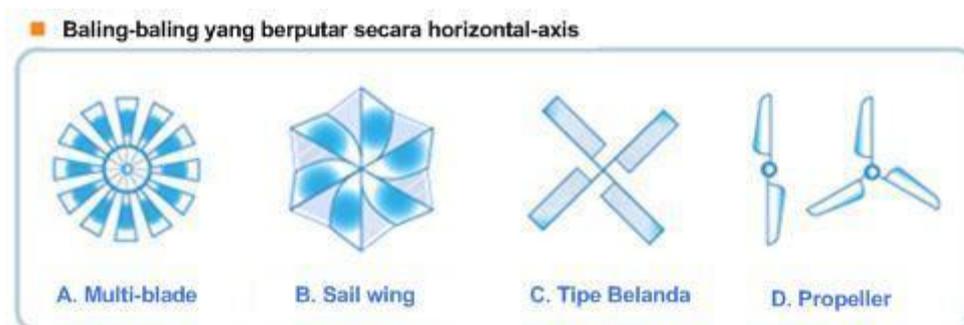
Secara umum desain kincir dibedakan menjadi dua yaitu turbin (kincir) angin sumbu horizontal dan kincir angin sumbu vertikal. Kincir angin sumbu horizontal ada pada gambar 1. Baling-baling akan berputar dengan kecepatan maksimal, apabila arah angin tepat dari depan.



Gambar 1. Kincir Angin Sumbu Horizontal.
(http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin)

Kelemahan pada kincir angin sumbu horizontal terjadi ketika angin berhembus dari arah lain, tidak dari depan. Kecepatan putar akan sangat berkurang apabila angin berasal dari samping. Pada bagian belakang kincir ditambahkan komponen berupa sirip ekor, yang bertugas menyesuaikan posisi terkait dengan perubahan arah angin. Pada kincir angin sumbu vertikal, baling-baling kincir tetap berputar, meskipun arah angin berubah. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2. Kecepatan putar tidak tergantung dari arah hembusan angin. Kecepatan putar akan tetap, meskipun arah angin berubah 90 derajat.

Baling-baling yang akan dirancang adalah jenis *sail wing*, seperti pada gambar dua bagian B. Baling-baling tersebut untuk penggerak kincir angin sumbu horisontal. Parameter yang diukur sebagai kinerja baling-baling tersebut adalah kecepatan putar dan kekuatan torsi.





Gambar 2. Tipe Baling-Baling.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa langkah yang berurutan agar dapat berjalan dengan baik dalam mencapai tujuan. Tahapan penelitian ada pada gambar tiga, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Perancangan Baling-Baling

Pada tahap awal ini dilakukan perancangan baling-baling, yaitu pasangan baling-baling dengan batasan berupa diameter maksimum satu meter. Baling-baling dengan luasan yang berbeda akan menghasilkan penangkapan kekuatan angin yang berbeda pula.

2. Pemasangan Baling-Baling

Pasangan baling-baling pada sumbu horisontal kincir angin, dengan pengukuran kecepatan putar dan kekuatan torsi. Pengukuran ini dilakukan dengan kecepatan angin yang relatif sama. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kinerja baling-baling, dengan tujuan mencapai kecepatan putar dan sekaligus kekuatan torsi yang maksimum.

3. Analisa Kinerja Baling-Baling

Analisa yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh upaya-upaya dalam menghasilkan kecepatan putar dan kekuatan torsi baling-baling. Salah satu upaya yang akan dilakukan adalah menambah pasangan baling-baling, namun tidak menambah luasan totalnya. Hal ini yang akan menjadi fokus uji coba, sedemikian, sehingga menjadi masukan untuk perbaikan baling-baling selanjutnya.

4. Uji Coba Kincir Angin

Perbaikan baling-baling dilanjutkan dengan pemasangan pada sumbu kincir. Desain baling-baling yang baru (hasil perbaikan) diharapkan dapat menghasilkan kecepatan putar yang tinggi dan torsi yang kuat. Kondisi ini, pada akhirnya akan menjadi input generator pada kincir untuk menghasilkan daya listrik yang besar.

5. Kesimpulan

Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan terkait dengan baling-baling yang dibuat. Kesimpulan berupa desain baling-baling yang menghasilkan daya listrik terbesar.

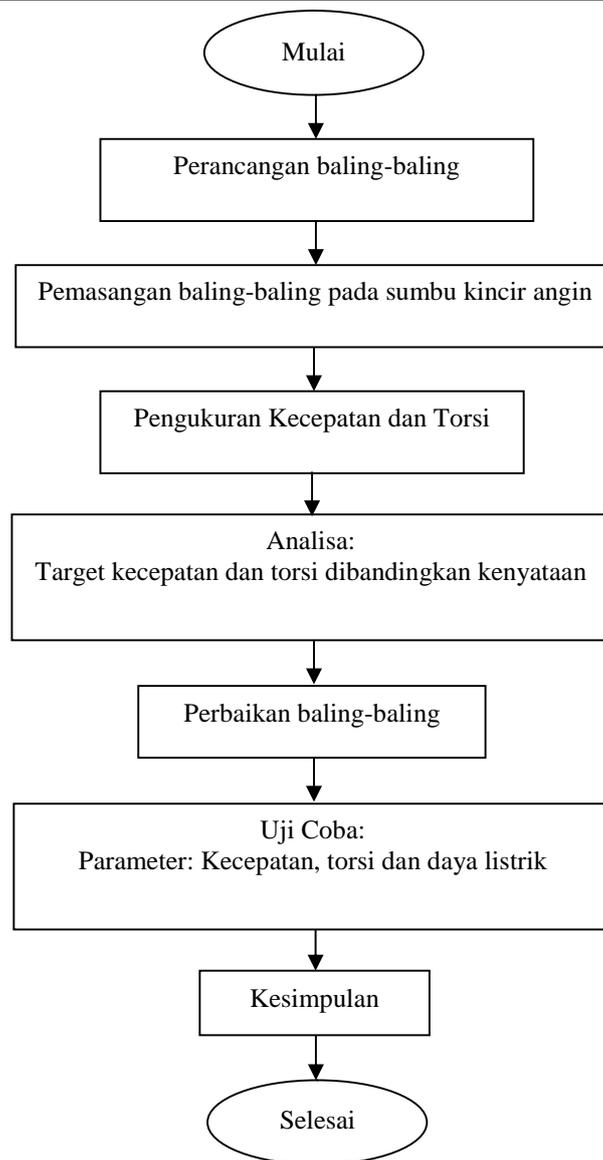
Perancangan dan Uji Coba

Beberapa langkah dilakukan dalam perancangan dan pengujian baling-baling, meliputi:

1. Pembuatan Pola

Langkah awal perancangan baling-baling adalah melakukan tinjauan referensi dari berbagai desain baling-baling yang sudah ada. Menurut Prasetya, dkk. (2015), model baling-baling NACA 4412 merupakan model baling-baling yang banyak digunakan. Beberapa penelitian mengembangkan model tersebut dengan mengubah sudut kemiringan hingga 15 derajat.

Gambar 4 memuat rancangan awal baling-baling yang dibuat (bagian bawah), yaitu model umum berupa baling-baling kipas dengan luasan permukaan sekitar 600 cm persegi. Sedangkan pada bagian atas, merupakan pengembangan yaitu model NACA 4412.



Gambar 3. Tahapan Penelitian.



Gambar 4. Pola Desain Awal Baling-Baling.

Pola dibuat dari karton, dilanjutkan dengan pemotongan dan pembentukan baling-baling. Dipilih bahan material dari lembaran aluminium dengan ketebalan 2 mm. Baling-baling yang sudah dibuat ada pada gambar 5.



Gambar 5. Bentuk Awal Baling-Baling Model NACA 4412

2. Perancangan Baling-Baling

Pola baling-baling tersebut kemudian dimodifikasi, yaitu pada bagian “ekor” dibuat lebih runcing. Hal ini bertujuan agar momentum kelembaman yang dihasilkan putaran akan lebih stabil. Selain itu, bagian tengah dibuat lurus, dengan tujuan supaya menghasilkan kecepatan putar yang lebih tinggi. Gambar 6 memuat baling-baling tersebut. Bagian luar diratakan/dihaluskan sedemikian rupa, sekaligus menambahkan bagian pangkal. Bagian pangkal dilengkapi dengan lubang, tempat menempelkan pada motor listrik. Motor yang ada berupa motor AC 12 volt. Fungsi motor ini dibalik sedemikian, menjadi generator. Putaran baling-baling akan menyebabkan generator ini menghasilkan tenaga listrik.



Gambar 6. Desain Baling-Baling Kincir

Bentuk lain baling-baling kincir angin dimuat pada gambar 6 bagian bawah. Baling-baling tersebut diproduksi dan dijual (komersial), sehingga mudah didapatkan. Kincir angin dengan baling-baling yang umum tersebut menjadi acuan dari percobaan terhadap tenaga listrik yang dihasilkan. Perbandingan dilakukan dengan membuat dua model baling-baling, yang keduanya mempunyai kesamaan luas penampang, yaitu sekitar 600 cm persegi. Gambar 7 memuat gambar kedua model baling-baling, berdampingan berdekatan.



Gambar 7. Perbandingan Model Baling-Baling dengan Kesamaan Luas Penampang

Kedua model baling-baling akan dipasang pada generator yang sama. Setiap generator membutuhkan enam buah baling-baling (tiga pasang).



Gambar 8. Enam Baling-Baling untuk Kedua Model

Gambar 8 memuat gambar keenam baling-baling, untuk setiap generator. Langkah berikutnya adalah pemasangan baling-baling pada generator. Langkah berikutnya adalah uji coba kincir dengan kedua model baling-baling. Uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja kincir berkaitan dengan model atau desain baling-baling yang digunakan. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kinerja kincir adalah kemampuan menghasilkan tenaga listrik. Gambar 9 memuat kincir angin dengan enam unit baling-baling referensi (kincir angin yang dijual umum). Sedangkan kincir angin dengan baling-baling yang dirancang ada pada gambar 10.



Gambar 9. Kincir Angin dengan Baling-Baling Umum (Komersial)



Gambar 10. Kincir Angin dengan Desain Baling-Baling Baru

Pengujian dilakukan terhadap kedua kincir angin (baling-baling umum dan baling-baling baru). Dilakukan pengukuran tenaga listrik yang dihasilkan ketika baling-baling berputar, akibat hembusan angin. Tabel 1 berisi data pengukuran. Dari data pengukuran, terlihat bahwa pada kedua kincir terdapat hubungan dengan pola linier antara kecepatan angin dengan tenaga listrik yang dihasilkan. Perbandingan kinerja kincir dilakukan dengan pendekatan persamaan yang menghubungkan kecepatan angin dan tenaga listrik yang dihasilkan.

Tabel 1. Pengukuran Listrik yang Dihasilkan Kincir Angin

No.	Berbaling-Baling Umum		Berbaling-Baling Rancangan Baru	
	Kecepatan Angin (m/det)	Daya Listrik (Watt jam)	Kecepatan Angin (m/det)	Daya Listrik (Watt jam)
1	3,5	80	5	99
2	5	98	4	94
3	8	112	4,5	96
4	7	110	6,5	109
5	8,5	115	7	111
6	6	108	8,5	117

Pendekatan yang dilakukan adalah persamaan regresi linier. Berikut persamaan untuk kedua kincir:

$$Y_1 = 62,7 + 6,5 X$$

$$Y_2 = 72,49 + 5,38 X$$

dengan: Y_1 = tenaga listrik yang dihasilkan kincir dengan baling-baling umum.

Y_2 = tenaga listrik yang dihasilkan kincir dengan baling-baling yang dirancang.

X = kecepatan angin

Melalui persamaan yang diperoleh, terlihat bahwa kedua kincir akan menghasilkan tenaga listrik yang sama besar, ketika kecepatan angin sekitar 9 m/det atau sekitar 32,5 km/jam. Dengan kata lain, kincir pertama akan menghasilkan tenaga listrik yang lebih besar pada kecepatan angin yang relatif tinggi, di atas 9 m/det.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah:

1. Baling-baling model NACA 4412 yang dirancang berdimensi panjang maksimum 52 cm dan ketebalan 2 mm dengan total luas penampang 600 cm persegi.
2. Baling-baling yang dirancang lebih cocok untuk kecepatan angin rendah (di bawah 9 m/det).

Daftar Pustaka

- Dalom, M., “Desain Dan Uji Unjuk Kerja Kincir Angin”, Jurnal Austenit - Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya – Palembang, Vol.3 No. 2 Oktober 2011.
- Kayo, S., Effendi R., dan Haslizen, “Kajian Kinerja dan Model Matematika Kincir Air”, Jurnal Kokoh Jurusan Pendidikan Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia – Bandung, [Volume 4 Nomor 1 Juli 2007](#).
http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin.
- Lutfi, M., Nugroho, W. A., dan Handok, R. D., “Uji Kinerja Aerator Kincir Air Berpenggerak Kincir Angin Savonius Tipe- L Untuk Aerasi Air Tambak”, Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik (Engineering), Universitas Brawijaya – Malang, Vol 20 No 2, Okt. 2008.
- Prasetya, M.E., Aklis, N., “Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412 dengan Modifikasi Sudu Tipe Flat”, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015.