

## DESAIN BALING – BALING KINCIR ANGIN SUMBU HORIZONTAL

Evan Jonathan Sarasih, Julius Mulyono\*, Hadi Santosa\*

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik,

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jalan Kalijudan 37 Surabaya

\*Email [juliusnyamulyono@ukwms.ac.id](mailto:juliusnyamulyono@ukwms.ac.id) , [hadi-s@ukwms.ac.id](mailto:hadi-s@ukwms.ac.id)

### ABSTRAK

Kincir angin merupakan sebuah alat yang dapat mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Disamping itu kincir angin juga merupakan penghasil tenaga listrik yang ramah lingkungan, sehingga sangat baik apabila dibudidayakan. Desain dari baling-baling juga mempengaruhi kinerja kincir angin dalam menghasilkan listrik. Di penelitian ini desain baling – baling sesuai dengan profil NACA 4412 (National Advisory Committee for Aeronautics) dengan menggunakan sudut kemiringan sebesar 15°. Pengujian dilakukan di rooftop Widya Mandala selama 1 jam. Data yang dikumpulkan adalah kecepatan angin dan tegangan listrik yang dihasilkan kincir angin. Berdasarkan data yang didapatkan, kincir angin dengan desain NACA memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 3.6 m/s dan rata-rata tegangan yang didapatkan sebesar 6.724 volt. Kincir angin referensi memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 3.609375 m/s dan rata-rata tegangan yang didapatkan sebesar 9.14 volt. Dengan menggunakan pendekatan matematis didapat jika kincir angin NACA 4412 menghasilkan listrik lebih banyak ketika diletakkan di tempat yang memiliki kecepatan angin di atas 5.380859 m/s.

**Kata kunci :** NACA 4412, Regresi Linier, Turbin angin

### I. Pendahuluan

Energi angin merupakan energi yang tidak terbatas jumlahnya dan juga sangat ramah lingkungan. Energi angin dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik dengan mengkonversi tenaga gerak menjadi tenaga listrik. Salah satu desain turbin angin yang dapat digunakan adalah Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH). Kincir angin sumbu horizontal memiliki poros rotor utama yang sejajar dengan permukaan tanah. Kelebihan utama dari kincir angin sumbu horizontal adalah daya listrik yang dihasilkan relatif lebih besar dibandingkan dengan kincir angin savonius. Turbin angin sederhana dengan diameter 0.6 m, dapat menghasilkan daya listrik sebesar 80 w (Ahmet, 2001 pada Dwi, 2016).

Desain baling – baling kincir angin horizontal memiliki peran yang sangat penting, untuk dapat menangkap angin dengan maksimal dibutuhkan beberapa perubahan terhadap desain baling – baling. Desain baling – baling dengan luas penampang yang besar sangat baik untuk menangkap angin dibandingkan dengan desain baling – baling yang memiliki luas penampang yang kecil. Selain mempertimbangkan desain luas penampang, sudut kemiringan sudu juga merupakan suatu hal yang penting. Dalam beberapa penelitian sudut yang paling optimal berada pada kisaran 10° – 15°. Dengan beberapa pertimbangan di atas maka dilakukan beberapa inovasi pada desain baling – baling kincir angin agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal jika dibandingkan dengan desain baling – baling yang sebelumnya. Inovasi yang dilakukan salah satunya dengan memodifikasi desain baling –

baling dengan sudut kemiringan 15° (Prasetya, 2015).

### II. Landasan Teori

#### II.1 Energi Angin

Angin adalah salah satu bentuk energi yang ramah lingkungan dan tidak terbatas kapasitasnya di bumi. Angin juga menjadi salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak generator dan juga digunakan untuk penggerak pompa air. (Surya, dkk, 2010 pada Dwi, 2016)

#### II.2 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin angin sumbu horizontal adalah turbin angin yang memiliki sumbu putar yang sejajar dengan permukaan tanah. Turbin angin bekerja berdasarkan prinsip aerodinamis, dimana rotor turbin mengalami gaya geser dan gaya angkat (Dwi, 2016).

#### II.3 Koefisien Daya

Koefisien daya merupakan suatu hal yang sangat penting ketika melakukan perancangan turbin angin karena menunjukkan besar energi angin yang dapat dikonversi dari energi kinetik angin (Prasetya, 2015). Keluaran daya dari rotor dinyatakan dengan persamaan :

$$P = \frac{1}{4} \rho A (v_1^2 - v_2^2) (v_1 + v_2) \quad (2.1)$$

Sedangkan persamaan untuk daya yang melewati penampang rotor adalah :

$$P_0 = \frac{1}{2} \rho v_1^3 A \quad (2.2)$$

Efisiensi / perbandingan antara daya luaran turbin terhadap daya total yang melalui penampang rotor disebut koefisien daya  $cp$ .

$$c_p = \frac{P}{P_0} = \frac{\frac{1}{4}\rho A(v_1^2 - v_2^2)(v_1 + v_2)}{\frac{1}{2}\rho v_1^3 A} \quad (2.3)$$

II.4 Konsep Dasar Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

Sistem konversi dari energi angin adalah sebuah sistem yang memiliki tujuan untuk mengubah energi potensial dari angin menjadi energi mekanik poros oleh rotor, untuk kemudian akan diubah oleh alternator untuk menjadi energi listrik (Prasetya, 2015). Besar energi yang dapat ditransfer pada rotor bergantung berdasarkan dari massa jenis udara, luas area rotor dan kecepatan angin. Selanjutnya akan dibahas melalui persamaan :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (Nm)} \quad (2.4)$$

Dengan perumpamaan suatu penampang melintang adalah  $A$ , dimana udara adalah  $v$  mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran volume  $V$  sebagai persamaan :

$$V = vA\left(\frac{m^3}{s}\right) \quad (2.5)$$

Untuk aliran massa dengan kerapatan udara  $\rho$  adalah sebagai berikut :

$$m = \rho vA \text{ (kg/s)} \quad (2.6)$$

Persamaan – persamaan diatas menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang  $A$  sebagai energi  $P$  yang ditunjukkan persamaan berikut :

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3 \text{ (W)} \quad (2.7)$$

II.5 Energi Listrik

Energi listrik yang dimasukan dalam persamaan adalah energi akumulasi yang dihasilkan oleh kincir angin dalam satuan watt jam, dimana diperoleh dari perhitungan berikut :

$$E = V.I.t \quad (2.8)$$

II.6 NACA (National Advisory Comitte for Aeronautics)

NACA merupakan standar di dalam perancangan airfoil. Perancangan airfoil pada dasarnya bersifat khusus dan dibuat sesuai dengan kebutuhan dari pesawat yang bersangkutan. Akan tetapi NACA menggunakan bentuk airfoil yang disusun secara sistematis dan rasional. NACA mengidentifikasi bentuk airfoil dengan menggunakan sistem angka seri seperti seri “satu”, seri “empat angka”, seri “lima angka”, dan seri “enam”.

II.7 NACA 4412

NACA 4412 memiliki camber maksimum sebesar 0.04c terletak pada 0.04c dari leading edge, dan memiliki ketebalan maksimum 12mm.

II.8 Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui pengaruh dari sebuah variabel bebas terhadap variabel yang sifatnya terikat. Berikut adalah persamaannya

$$Y = a + b X$$

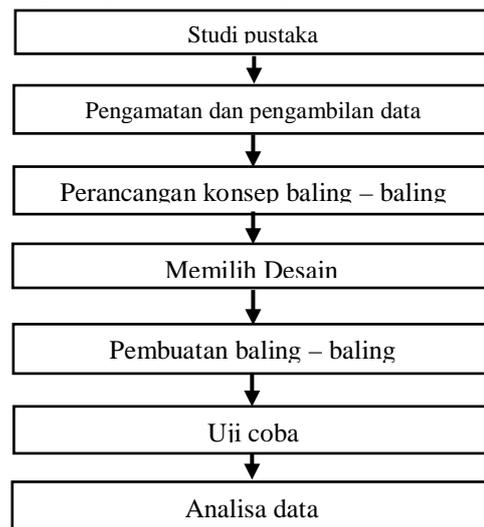
Dimana :

$$a = \frac{(\sum y) - (\sum x^2) - (\sum x) \cdot (\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.9)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.10)$$

III. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan beberapa langkah yakni sebagai berikut :



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

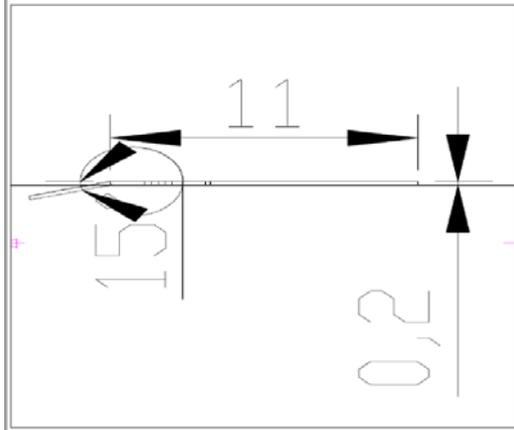
Penelitian diawali dengan studi pustaka, studi pustaka adalah mengumpulkan data – data mengenai kincir angin, refrensi dan pengetahuan mengenai kincir angin sumbu horizontal. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan dengan mengambil data kincir angin refrensi. Kincir angin refrensi adalah kincir angin sumbu horizontal yang digunakan sebagai pembandingan. Perancangan konsep baling – baling berdasarkan pengamatan dan pengambilan data didapat perancangan konsep desain baling – baling yang diharapkan lebih efisien dan dapat menangkap angin lebih baik dibandingkan dengan turbin angin sebelumnya. Desain yang akan dirancang adalah desain yang sudah melewati tahap penelitian antara lain mengacu pada jurnal yang relevan. Lalu, desain dari jurnal terpilih akan dimodifikasi kembali memperhatikan diameter, luas penampang, dan jumlah baling – baling pada kincir angin yang akan dirancang nanti. Pembuatan baling – baling meliputi penggambaran di autocad hingga menjadi baling – baling yang siap digunakan. Setelah baling – baling selesai dibuat dilakukan uji coba di alam. Data yang

dikumulkan akan dicatat dan akan dilakukan analisa menggunakan pendekatan matematis.

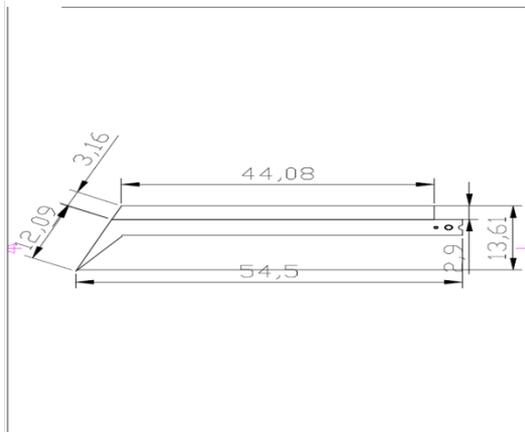
**IV. Pengamatan dan Pengumpulan Data**

**IV.1 Desain Kincir Angin**

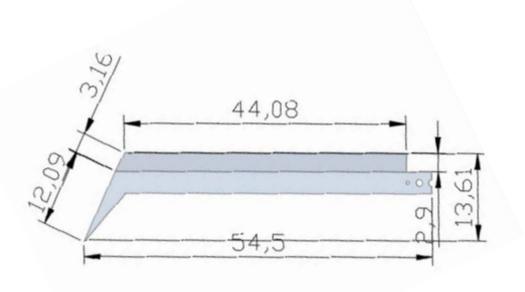
Desain kincir angin yang digunakan mengacu pada desain milik (Prasetya, 2015). Kincir angin menggunakan desain profil NACA 4412.



Gambar 4.1 Desain NACA 4412 (tampak depan)



Gambar 4.2 Desain NACA 4412 (tampak atas)



Gambar 4.3 Desain NACA 4412 (3D)

**IV.2 Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan di rooftop Widya Mandala Surabaya Kampus Kalijudan dikarenakan, rooftop Widya Mandala memiliki

sumber angin yang cukup besar untuk memutar kincir angin. Pengambilan data dilakukan tanggal 4 Juni 2018 pada pukul 12.00 – 14.00. Pengambilan data dilakukan secara bergantian dengan kincir angin NACA terlebih dahulu. Pengambilan data dibantu dengan menggunakan avometer dan anemometer.

Tabel 4.1 Data Pengamatan Kincir Angin Refrensi

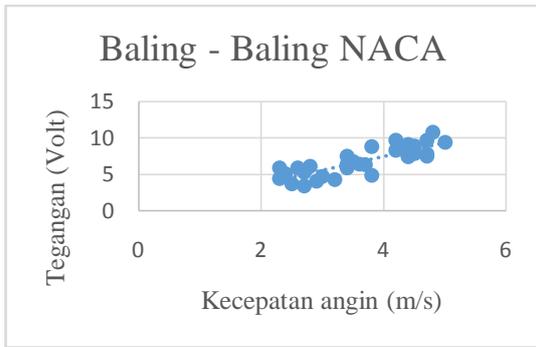
No	V Angin	Tegangan	No	V angin	Tegangan
1	3.4	9.6	17	3.5	8.5
2	3.1	7.6	18	3.9	9.9
3	4	9	19	3.2	9.6
4	3.4	8	20	2.8	9.3
5	3.4	5.1	21	4.3	8.9
6	2.2	4.3	22	4.9	10.5
7	3.4	7.5	23	3.2	10.7
8	2.6	7.5	24	4.6	11.5
9	3.6	10.5	25	3.3	10.3
10	3.5	9.8	26	3.2	11.75
11	4.3	7.8	27	3.9	11.9
12	3.5	7.6	28	2.8	10.5
13	3.8	5.8	29	2.9	11.6
14	5	7.8	30	4.4	11
15	4.5	8	31	3.6	12
16	3.8	9	32	3.5	9.5

Tabel 4.2 Data Pengamatan Kincir Angin NACA

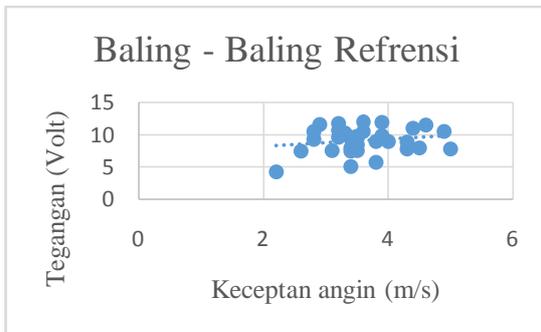
No	V angin	Tegangan	No	V angin	Tegangan
1	3.7	6.3	17	4.7	7.8
2	4.4	7.4	18	3.8	8.8
3	4.5	8.9	19	4.4	7.5
4	4.4	9.1	20	4.2	9.7
5	4.8	10.8	21	5	9.4
6	4.7	9.7	22	3.4	7.5
7	3.8	4.9	23	2.7	5.3
8	2.3	4.4	24	2.6	5.9
9	3.2	4.3	25	3.4	6.4
10	2.5	3.7	26	2.8	6.1
11	2.7	3.4	27	3.6	6.4
12	2.9	4.08	28	2.3	5.9
13	2.4	5.1	29	3.5	6.8
14	3	4.7	30	2.7	5.3
15	4.7	7.5	31	3.4	5.9
16	4.5	7.9	32	4.2	8.3

**V. Analisa Data**

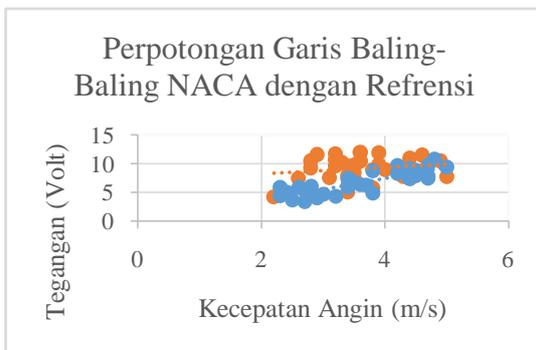
Data yang dikumpulkan akan diplotkan seperti pada gambar :



Gambar 5.4 Grafik Regresi Baling – Baling NACA



Gambar 5.5 Grafik Regresi Baling – Baling Refrensi



Gambar 5.6 Perpotongan garis kedua data

Sumbu X pada grafik menunjukkan kecepatan angin yang tertangkap oleh kincir angin. Sedangkan sumbu Y merupakan listrik yang dihasilkan oleh kincir angin. Berdasarkan data yang sudah di plot dapat diketahui apabila baling – baling NACA memiliki regresi linier yang naik cukup drastis. Berbanding terbalik plot data baling – baling refrensi tidak naik terlalu drastis. Berdasarkan data yang didapatkan, kincir angin dengan desain NACA memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 3.6 m/s dan rata-rata tegangan yang didapatkan sebesar 6.724 volt. Kincir angin refrensi memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 3.609375 m/s dan rata-rata tegangan yang didapatkan sebesar 9.14 volt. Setelah itu dilakukan pendekatan matematis untuk baling-baling NACA dengan menggunakan regresi linier seperti berikut :

$$Y = - 0.13727 + 1.906012 x \quad (5.1)$$

Begitu juga dengan data dari baling-baling refrensi. Berikut pendekatan matematis untuk baling-baling refrensi

$$Y = 7.133544 + 0.554776 x \quad (5.2)$$

Dengan menggunakan pendekatan regresi linier ini maka dapat ditentukan nilai x ketika nilai Y sama besarnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing – masing desain baling – baling. Berikut adalah penghitungan kedua persamaan :

$$-0.13727 + 1.906012 x = 7.133544 + 0.554776 x \quad (5.3)$$

Berdasarkan hasil penghitungan maka didapatkan nilai x sebesar 5.380859 dan nilai Y ketika sama besar adalah bernilai 10.11871. Maka ketika kecepatan angin sebesar 5.380859 m/s maka daya listrik yang dihasilkan oleh kedua desain baling – baling adalah sama yakni sebesar 10.11871 volt.

#### V.4 Perbandingan Kedua Kincir Angin

Dengan menggunakan pendekatan regresi linier maka dilakukan perbandingan antara kedua baling – baling sebagai berikut:

Tabel 5.1 Perbandingan kedua kincir angin

x	Refrensi	NACA
2	8.243095	3.674755
3	8.797871	5.580768
4	9.352647	7.48678
5.380859	10.11871	10.11871
6	10.4622	11.2988
7	11.01697	13.20482
8	11.57175	15.11083

Berdasarkan tabel perbandingan di atas maka, dapat diambil kesimpulan jika baling – baling refrensi memiliki desain baling – baling yang sangat baik apabila diletakan di lokasi yang memiliki kecepatan angin rendah yakni dibawah 5.380859 m/s. Disamping itu desain baling – baling NACA merupakan desain baling – baling yang akan bekerja dengan maksimal apabila diletakan di tempat yang memiliki kecepatan angin di atas 5.380859 m/s.

Tabel 5.2 Data Kecepatan Angin dan Kelembaban

Tahun	2011		
Provinsi	Stasiun BMKG	Kecepatan Angin (m/det)	Kelembaban
Aceh	Sultan Iskandar Muda	4,90	79,40
Sumatera Utara	Kualanamu1	1,80	79,00
Sumatera Barat	Sicincin	0,50	54,20
Riau	Sultan Syarif Kasim II	5,40	74,50
Jambi	Sultan Thaha2	5,50	82,50
Sumatera Selatan	Kenten	2,70	84,80
Bengkulu	Pulau Baai		
Lampung	Radin Inten II	4,00	77,80
Kepulauan Bangka Belitung	Depati Amir	3,40	81,50
Kepulauan Riau	Kijang	6,80	85,70
DKI Jakarta	Kemayoran3	2,40	74,30
Jawa Barat	Bandung	3,00	76,00
Jawa Tengah	Semarang	10,30	75,00
DI Yogyakarta	Yogyakarta	1,00	78,40
Jawa Timur	Juanda	7,20	71,50
Banten	Serang	2,40	81,00
Bali	Ngurah Rai	6,00	82,00
Nusa Tenggara Barat	Bandara Int. Lombok	7,00	80,10
Nusa Tenggara Timur	Lasiana	8,80	75,20
Kalimantan Barat	Supadio	2,90	84,80
Kalimantan Tengah	Tjilik Riwut		
Kalimantan Selatan	Banjarbaru	5,30	81,80
Kalimantan Timur	Temindung	3,30	82,20
Kalimantan Utara	Tanjung Harapan		
Sulawesi Utara	Kayuatu	4,50	84,50
Sulawesi Tengah	Mutiara SIS Al-Jufrie	1,80	76,10
Sulawesi Selatan	Maros4	4,00	81,00
Sulawesi Tenggara	Kendari	2,00	84,00
Gorontalo	Djalaluddin	0,90	83,30
Sulawesi Barat	Majene	3,60	78,90
Maluku	Pattimura	4,20	85,40
Maluku Utara	Sultan Babullah	4,90	82,40
Papua Barat	Rendani	3,70	85,80
Papua	Angkasapura	2,70	85,00

Baling – baling NACA memiliki start awal yang cukup lambat apabila dibandingkan dengan baling – baling refrensi. Baling – baling refrensi memiliki start awal yang baik dikarenakan desainnya yang *streamline* sehingga dapat dengan mudah mendapatkan energi angkat untuk memutar baling – baling. Berbanding terbalik dengan desain baling – baling NACA yang memiliki desain kurang *streamline*, namun desain dari baling – baling NACA adalah untuk memperangkap angin agar angin diputar dikincir angin dan sulit untuk keluar. Dengan

menggunakan sudut sebesar  $15^\circ$  akan sangat membantu kincir angin dalam menangkap angin. Disamping itu momen inversia dari kincir angin NACA 4412 juga berperan dalam meningkatkan perputaran dari kincir angin.

## VI. Kesimpulan

1. Berdasarkan data yang didapatkan, kincir angin dengan desain NACA memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 3.6 m/s dan menghasilkan tegangan dengan rata-rata 6.724 volt. Kincir angin refrensi memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 3.609375 m/s dan rata-rata tegangan yang didapatkan sebesar 9.14 volt.
2. Desain baling-baling kincir angin sumbu horizontal memiliki kelebihan yakni, pada kecepatan angin yang semakin tinggi dapat menghasilkan tenaga listrik yang lebih besar dibandingkan dengan desain baling-baling kincir angin refrensi. Dengan kecepatan angin di atas 5.3808587 m/s.

## Daftar Pustaka

1. Prasetya, Maret Enggar, 2015, Studi Kimerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412 dengan Modifikasi Sudut Tipe Flat pada Variasi Sudut Kemiringan  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ . Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Pengertian Energi Angin Beserta Contoh Pemanfaatannya. <http://benergi.com/>.
3. 10 Negara dengan Jumlah Penduduk Populasi Terbanyak di Dunia. <http://ilmupengetahuanumum.com/>.
4. Analisis Regresi Linier Sederhana. <https://teknikelektronika.com/>.
5. Kecepatan Angin dan Kelembaban di Stasiun Pengamatatn BMKG 2011-2015. <https://www.bps.go.id/>