

Pengujian Variasi Sudut Blade Pada Kincir Angin Tipe Horizontal Untuk Pemompa Air Garam

Badruzzaman, Agus Sifa, Delfika Canra, Emin Haris, Kurniawan B.N

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu

Jalan Raya Lohbener Lama No. 08 Lohbener – Indramayu, Jawa Barat, 45252

Telp.: 085224091570

E-mail: badruzzaman@polindra.ac.id

Abstract

Indramayu is one of the areas with such a long coastline that it can be used for the welfare of the surrounding community. The use of salt water pumping windmills in Indramayu is still not optimal due to the use of blades that still use used materials such as drums, wood which affects salt productivity. To optimize the brine pumping windmill blades, it is necessary to research windmill blades with composite materials and the variation of blade slopes needed to increase salt productivity. The parameters used for testing are to provide blower speed on buttons 1, 2, and 3 for each blade angle, namely 8.61 m/s, 10.19 m/s, and 11.17 m/s. 3 types of blade designs will be tested with variations in the angle of the blade that will be given, namely the slope of 5°, 15°, 25°, 35°, 45°. The highest value of rotor rotation and Coefficient of power (Cp) for button 1 blower is obtained on blade design 1 with a value of 25 rpm and 27% at a slope of 15°, for button 2 blower it is obtained on blade design 1 with a value of 94.6 rpm and 86% at a slope of 35°, while for button 3 blower obtained on blade design 1 with a value of 18.2 rpm and 15% at a slope of 15°. So it can be concluded for the use of the windmill using design 1 with a slope of 15° and 35° as the chosen design, because it has the highest rotor rotation value and Cp so that it can rotate optimally to move the fiberglass blade.

Keywords: Windmill, Blade, Angle Variation, Testing

Abstrak

Indramayu merupakan salah satu daerah yang memiliki garis pantai yang begitu panjang sehingga dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat sekitar. Penggunaan kincir angin pemompa air asin di Indramayu masih belum optimal karena penggunaan baling-baling yang masih menggunakan bahan bekas seperti drum, kayu yang mempengaruhi produktivitas garam. Untuk dapat mengoptimalkan sudu-sudu kincir angin pemompa air garam, perlu dilakukan penelitian tentang sudu-sudu kincir angin dengan material komposit dan juga variasi kemiringan sudu yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas garam. Parameter yang digunakan untuk pengujian adalah memberikan kecepatan blower pada tombol 1, 2, dan 3 untuk setiap sudu yaitu rata-rata 8,61 m/s, 10,19 m/s, dan 11,17 m/s. 3 jenis desain sudu akan diuji dengan variasi sudu yang akan diberikan yaitu kemiringan 5°, 15°, 25°, 35°, 45°. Nilai putaran rotor dan Koefisien Daya (Cp) tertinggi untuk tombol 1 blower didapat pada desain blade 1 dengan nilai 25 rpm dan 27% pada kemiringan 15°, untuk tombol 2 blower didapat pada desain blade 1 dengan nilai 94,6 rpm dan 86% pada kemiringan 35°, sedangkan untuk tombol 3 blower didapat pada desain blade 1 dengan nilai 18,2 rpm dan 15% pada kemiringan 15°. Sehingga dapat disimpulkan untuk pemakaian kincir angin menggunakan desain 1 dengan kemiringan 15° dan 35° sebagai desain terpilih, dikarenakan memiliki nilai putaran rotor dan Cp tertinggi sehingga dapat berputar dengan maksimal untuk menggerakkan blade fiberglass.

Keywords: Kincir Angin, Sudu, Variasi Sudut, Pengujian

LATAR BELAKANG

Negara Indonesia memiliki luas lautan lebih besar dibandingkan luas daratan. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi Indonesia untuk memajukan maritimnya. Luasnya lautan Indonesia dapat dilihat dari adanya garis pantai di hampir setiap pulau di Indonesia (kurang lebih 81.000 kilometer). (kompas.com)

Salah satu yang menjadi perhatian sumber daya saat ini ialah garam. Saat ini kebutuhan garam bagi masyarakat di Indonesia sangatlah tinggi bahkan juga industri, namun dibalik kebutuhannya

yang sangat tinggi tidak dibarengi dengan optimalnya pengelolaan dari garam itu sendiri. Para Petani juga belum mampu menerapkan teknologi yang sedang berkembang saat ini. (pusriskel.litbang.kkp.go.id)

Indramayu menjadi salah satu wilayah yang memiliki pesisir pantai yang begitu panjang sehingga bisa dimanfaatkan untuk mensejahteraan masyarakat sekitar. Beberapa wilayah di Indramayu yang memanfaatkan air laut untuk dijadikan garam ialah daerah Cemara Kecamatan Losarang, Parean dan Eretan di Kecamatan Kandanghaur, dan

beberapa kecamatan lainnya di Indramayu ini memiliki potensi besar menghasilkan garam terbanyak di Jawa Barat. (diskanla.indramayukab.go.id)

Blade Kincir angin yang digunakan para petani garam beraneka ragam seperti menggunakan kayu, seng, bahkan potongan drum bekas. Hal ini berpengaruh terhadap produktivitas garam dimana *blade* tersebut tidak memperhatikan standar, jenis material yang digunakan, berat *blade* yang berpengaruh pada putaran sehingga hasil produksi tidak efektif.

Beberapa penelitian *blade* sudah banyak dilakukan, salah satunya ialah penelitian tentang variasi sudut *blade*. Pada penelitian Novian (2018), *blade* dengan sudut 20° dan posisi lebar maksimum sudi 10 cm dari pusat poros memiliki koefisien daya tertinggi pada kecepatan 5 m/s dengan nilai 28,32%. *Blade* yang digunakan berbahan komposit.

Pada penelitian Khunaifi,dkk (2019) pada kecepatan 4 m/s nilai C_p terbaik pada sudut 25° yaitu sebesar 0,289. Pada kecepatan 7 m/s nilai C_p terbaik pada sudut 30° yaitu sebesar 0,012. Pada kecepatan 10 m/s nilai C_p terbaik pada sudut 35° yaitu sebesar 0,084. Variasi sudut yang digunakan ialah $30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$.

Sesuai dengan data penelitian *blade* yang ada diatas, menjadi landasan untuk melakukan pembaruan pengujian eksperimen *blade* berbahan komposit dengan variasi kemiringan $5^\circ, 15^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 45^\circ$ sesuai dengan desain *blade* yang akan dikembangkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Tenaga Angin

Angin adalah suatu udara yang bergerak diakibatkan rotasi bumi serta perbedaan pada tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah.

Faktor-faktor yang menyebabkan angin terjadi antara lain adalah:

1. *Gradien Barometris*, Perbedaan tekanan udara antara dua tempat akan menghasilkan angin. Semakin besar perbedaan tekanan udara, maka angin yang bertiup pun akan semakin kencang atau kuat..
2. Lokasi, kecepatan pada angin di dekat khatulistiwa tersebut lebih cepat dari pada angin yang jauh dari garis khatulistiwa.
3. Tinggi Lokasi, semakin tinggi lokasinya tersebut maka akan semakin kencang juga angin yang bertiup. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh gaya gesekan yang menghambat laju udara. Pada permukaan bumi, gunung, pohon, serta *topografi* yang tidak rata lainnya memberikan suatu gaya

gesekan yang besar. Semakin tinggi suatu tempat, gaya gesekan tersebut maka akan semakin kecil.

4. Waktu, Angin tersebut bergerak lebih cepat di siang hari, serta lambat di malam harinya.(Suhenda, 2014).

Kincir Angin

Kincir Angin merupakan alat yang dapat menghasilkan tenaga gerak atau mekanik dengan menggunakan media berupa tenaga angin.

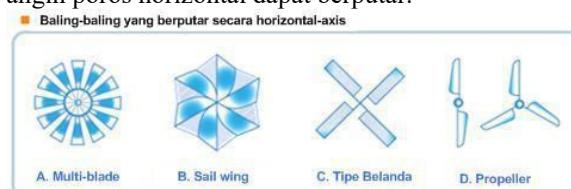
Beberapa negara seperti Belanda dan Denmark dulunya menggunakan kincir angin sebagai irigasi, pembangkit tenaga listrik, penggilingan gandum, dan menumbuk hasil pertanian.

Kincir Angin dibagi menjadi dua dilihat berdasarkan posisi porosnya, yaitu Kincir Angin Poros Horizontal atau *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) dan Kincir Angin Poros Vertikal atau *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT).

Kincir Angin Poros Horizontal

Kincir Angin Proso Horizontal merupakan Kincir Angin yang memiliki arah poros utama yang searah dengan angin dan poros utama sejajar dengan tanah.

Kincir Angin ini biasanya terdiri dari beberapa bilah seperti berjumlah dua bilah, empat bilah dan sebagainya. Dengan adanya gaya aerodimanis kincir angin poros horizontal dapat berputar.



Gambar 1. Baling-baling yang berputar secara horizontal

Kincir Angin Poros Vertikal

Kincir angin poros vertikal ialah kincir angin yang dapat mengubah tenaga angin dari segala arah kecuali arah angin dari atas atau bawah karena posisi porosnya tegak lurus dengan arah angin. Biasanya kincir angin ini menghasilkan torsi lebih besar dari pada kincir angin poros horizontal.



Gambar 2. Baling-baling yang berputar secara vertikal

Blade

Blade kincir angin berfungsi menerima energi kinetik dari angin dan merubahnya menjadi energi gerak (mekanik) putar pada poros penggerak. Blade pada kincir angin sumbu *horizontal* dibuat dengan material yang ringan supaya momen inersianya kecil sehingga mengakibatkan blade bisa berputar pada kecepatan angin yang rendah. Misalnya material blade yang digunakan berasal dari bahan kayu atau serat karbon.

Komposit

Komposit yaitu paduan dari dua atau lebih material yang tidak saling mencampur yang hasilnya membentuk sifat material yang baru sehingga didapatkan material yang memiliki sifat lebih baik dari material penyusunnya.

Fiberglass

Fiberglass adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm – 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi.

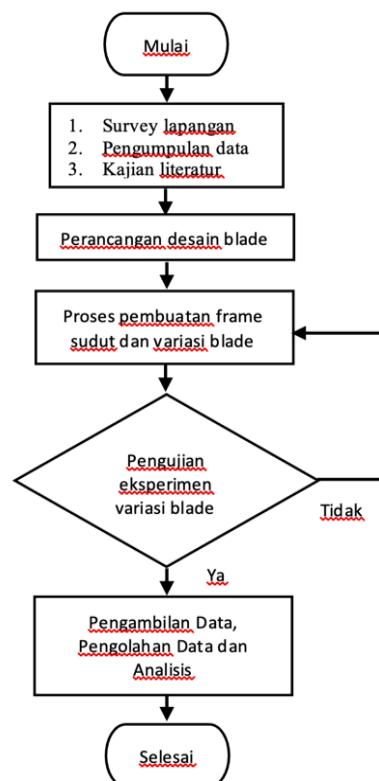
METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian yang terdapat pada gambar 3 merupakan kerangka berpikir dalam menyelesaikan penelitian dari awal sampai dengan selesai.

Terdapat tiga Desain blade yang akan diuji dengan frame sebagai penentu variasi sudut. Bentuk desain blade yaitu berbentuk datar namun memiliki ukuran yang berbeda.

Pengambilan data berupa kecepatan putaran kincir dan kecepatan angin menggunakan data logger yang terdiri dari sensor anemometer dan sensor RPM meter. Variasi sudut yang akan diuji ialah 5°, 15°, 25°, 35°, 45°.

Pengujian menggunakan 3 unit blower / kipas angin dengan jarak 1,5 meter terhadap kincir angin dan tinggi blower 1,6 m dengan posisi blower berada di depan tiang kincir angin.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Setiap blower / kipas angin memiliki 3 buah tombol pengaturan kecepatan, ada tombol 1, 2 dan 3. Berdasarkan hasil pengujian kecepatan blower pada setiap tombol blower yang di uji pada masing-masing desain, dihasilkan kecepatan rata-rata yakni pada tombol 1 sebesar 8,61 m/s, tombol 2 sebesar 10,19 m/s, dan tombol 3 sebesar 11,17 m/s.

Dibawah ini adalah spesifikasi dari kincir angin yang akan diuji berada pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Kincir Angin

Nama	Spesifikasi
Diameter Kincir	2220 mm
Blade	Masing-masing desain blade mempunyai ukuran panjang 1 m dan lebar 145 mm berbahan fiberglass
Tiang Kincir	Tinggi 2 m
Dudukan Kincir	Diameter 220 mm
Frame	Bervariasi sudut 5°, 15°, 25°, 35°, 45°

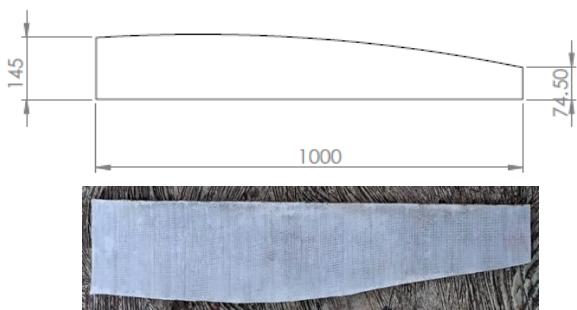
Berikut ini posisi pengujian eksperimen blade kincir angin dengan menggunakan kipas angin / blower seperti dibawah ini :



Gambar 4. Posisi pengujian eksperimen blade dengan kipas angin

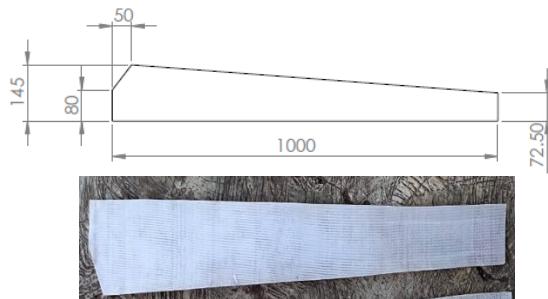
HASIL PEMBAHASAN

Langkah pertama yang dilakukan yakni membuat gambar desain dan produk *blade* sesuai dengan rancangan awal seperti yang terlihat pada gambar 5, 6 dan 7 dibawah ini.



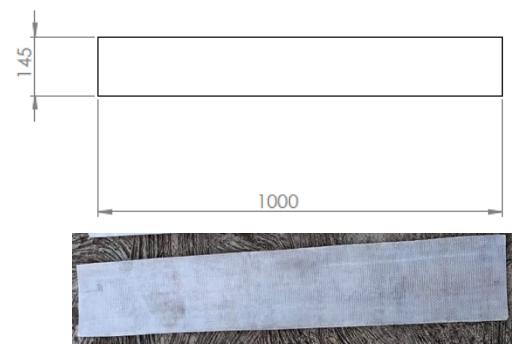
Gambar 5. Desain blade 1

Desain *blade* 1 mengacu pada Sifa dkk, (2017).



Gambar 6. Desain blade 2

Desain *blade* 2 mengacu pada Novian (2018)



Gambar 7. Desain *blade* 3

Desain *blade* 3 mengacu pada Khunaifi dkk (2019)

Menghitung Daya Angin

Daya angin ialah daya yang dihasilkan oleh angin tiap luasan, daya angin merupakan angin yang bergerak persatuan waktu, sehingga didapatkan rumus persamaan sebagai berikut (Andika dkk, 2007)

$$F_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Menghitung Daya Kincir

Daya yang dihasilkan oleh kincir angin dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3), untuk mendapatkan daya kincir harus diketahui torsi. Maka perlu dicari terlebih dahulu menggunakan Persamaan (3) untuk mencari gaya dan menghasilkan torsi, dengan menghitung beban kincir terlebih dahulu, dimana beban / gaya yang terjadi pada kincir dapat dicari dengan persamaan berikut (Andika dkk, 2007)

$$F = (m \cdot v^2) / R \quad (2)$$

R adalah jari-jari blade (m), sedangkan untuk mencari nilai torsi dapat digunakan persamaan:

$$T = F \cdot r \quad (3)$$

r menyatakan jari-jari engkol (m). Setelah mendapatkan nilai torsi maka dapat dihitung besar daya kincir dengan menggunakan data hasil uji putaran (n) sebesar 111 rpm, sehingga dapat dicari besar daya kincir sebagai berikut : (Andika dkk.,2007):

$$P_{\text{kincir}} = T \cdot \left(\frac{2\pi n}{60} \right) \quad (4)$$

Menghitung Koefisien Daya (Cp)

Dengan nilai daya kincir angin (P_{out}) watt dan nilai daya angin (P_{in}) watt maka nilai koefisien daya yang dihasilkan, koefisien daya kincir dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut (Andika dkk.,2007):

$$C_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (5)$$

Menghitung Tip Speed Ratio (TSR)

Untuk mengetahui besarnya perbandingan kecepatan ujung kincir dengan kecepatan angin atau tip speed ratio. Dengan menggunakan persamaan berikut (Andika dkk,2007).

$$\lambda = \frac{2\pi n R}{60v} \quad (6)$$

berdasarkan rumus-rumus tersebut diatas, maka dilakukan perhitungan sesuai dengan parameter yang dibutuhkan sesuai dengan hasil rekap pada tabel 2, 3, dan 4 dibawah ini :

Tabel 2. Hasil pengujian variasi kemiringan *blade* pada kecepatan angin 8,61 m/s (tombol 1 blower)

Variasi Sudut	Desain Blade	n kincir (rpm)	F Gaya (N)	T Torsi (Nm)	ω Kec Sudut (rad/s)	P Angin (watt)	P Kincir (watt)	Cp (%)	TSR
5°	1	0	2624,67	157,48	0	1543,83	0	0	0
	2	0	2294,08	137,64	0	1543,83	0	0	0
	3	0	2738,21	164,29	0	1543,83	0	0	0
15°	1	25	2638,03	158,28	2,62	1543,83	414,17	27	0,34
	2	0	2307,44	138,45	0	1543,83	0	0	0
	3	0	2751,57	165,09	0	1543,83	0	0	0
25°	1	13,8	2638,03	158,28	1,44	1543,83	228,62	15	0,19
	2	19,6	2307,44	138,45	2,05	1543,83	284,02	18	0,26
	3	15,8	2751,57	165,09	1,65	1543,83	273,02	18	0,21
35°	1	9,6	2644,71	158,68	1,00	1543,83	159,44	10	0,13
	2	4	2314,12	138,85	0,42	1543,83	58,13	3	0,05
	3	10,4	2758,24	165,49	1,09	1543,83	180,15	11	0,14
45°	1	7,2	2641,37	158,48	0,75	1543,83	119,43	7	0,10
	2	6,6	2310,78	138,65	0,69	1543,83	95,78	6	0,09
	3	7,2	2754,9	165,29	0,75	1543,83	124,57	8	0,10

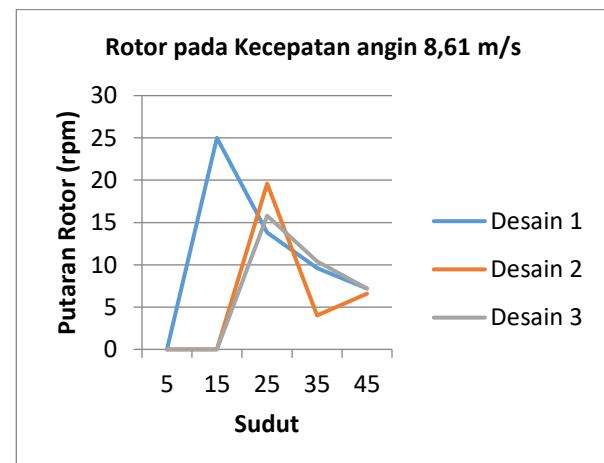
Tabel 3. Hasil pengujian variasi kemiringan *blade* pada kecepatan angin 10,19 m/s (tombol 2 blower)

Variasi Sudut	Desain Blade	n kincir (rpm)	F Gaya (N)	T Torsi (Nm)	ω Kec Sudut (rad/s)	P Angin (watt)	P Kincir (watt)	Cp (%)	TSR
5°	1	0	3676,35	220,58	0	2559,25	0	0	0
	2	0	3213,3	192,80	0	2559,25	0	0	0
	3	0	3835,38	230,12	0	2559,25	0	0	0
15°	1	13,8	3695,06	221,70	1,44	2559,25	320,23	12	0,16
	2	0	3232,01	193,92	0	2559,25	0	0	0
	3	0	3854,09	231,25	0	2559,25	0	0	0
25°	1	79,2	3695,06	221,70	8,29	2559,25	1837,83	72	0,90
	2	31,2	3232,01	193,92	3,27	2559,25	633,27	25	0,36
	3	34,4	3854,09	231,25	3,60	2559,25	832,61	32	0,39
35°	1	94,6	3704,42	222,27	9,90	2559,25	2200,75	86	1,08
	2	5,8	3241,37	194,48	0,61	2559,25	118,06	5	0,07
	3	12,4	3863,45	231,81	1,30	2559,25	300,85	12	0,14
45°	1	11	3699,74	221,98	1,15	2559,25	255,58	10	0,13
	2	2	3236,69	194,20	0,21	2559,25	40,65	1	0,02
	3	7,8	3858,77	231,53	0,82	2559,25	189,02	7	0,09

Tabel 3. Hasil pengujian variasi kemiringan *blade* pada kecepatan angin 11,17 m/s (tombol 3 blower)

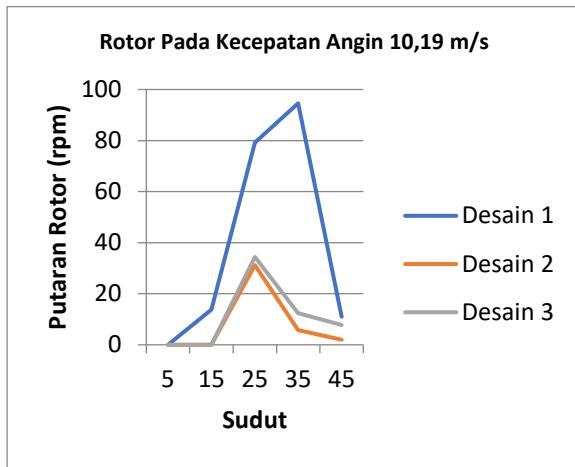
Variasi Sudut	Desain Blade	n kincir (rpm)	F Gaya (N)	T Torsi (Nm)	ω Kec Sudut (rad/s)	P Angin (watt)	P Kincir (watt)	Cp (%)	TSR
5°	1	0	4417,49	265,05	0	3370,94	0	0	0
	2	0	3861,09	231,67	0	3370,94	0	0	0
	3	0	4608,58	276,51	0	3370,94	0	0	0
15°	1	18,2	4439,97	266,40	1,90	3370,94	507,47	15	0,19
	2	0	3883,57	233,01	0	3370,94	0	0	0
	3	0	4631,06	277,86	0	3370,94	0	0	0
25°	1	16,2	4439,97	266,40	1,70	3370,94	451,70	13	0,17
	2	13,08	3883,57	233,01	1,37	3370,94	319,01	10	0,14
	3	9	4631,06	277,86	0,94	3370,94	261,75	8	0,09
35°	1	11,8	4451,21	267,07	1,24	3370,94	329,85	10	0,12
	2	6,4	3894,81	233,69	0,67	3370,94	156,54	5	0,07
	3	6,6	4642,3	278,54	0,69	3370,94	192,41	6	0,07
45°	1	9,8	4445,59	266,74	1,03	3370,94	273,60	8	0,10
	2	4	3889,19	233,35	0,42	3370,94	97,70	3	0,04
	3	17,2	4636,68	278,20	1,80	3370,94	500,84	15	0,18

Pada Gambar 8 dibawah, pada desain *blade* 1 kenaikan putaran rotor tertinggi yaitu pada kemiringan 15° sebesar 25 rpm. Pada desain *blade* 2, nilai rotor tertinggi yaitu pada kemiringan 25° dengan nilai 19,6 rpm. Pada desain *blade* 3, nilai rotor tertinggi yaitu pada kemiringan 25° dengan nilai 15,8 rpm. Pada kemiringan 5°, ketiga desain tersebut memiliki nilai 0 rpm dikarenakan *blade* pada kincir angin tidak dapat berputar.



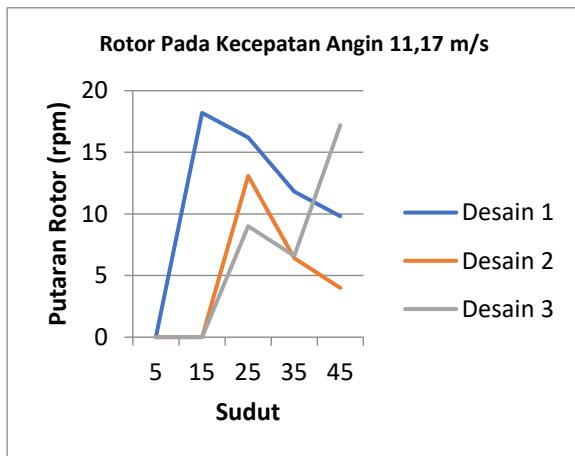
Gambar 8. Grafik putaran rotor pada kec. Angin 8,61 m/s

Pada Gambar 9 dibawah, putaran rotor tertinggi terjadi pada desain 1 dengan sudut 35° dengan nilai 94,6 rpm namun terjadi penurunan pada sudut 45°. Pada Desain 3 dan 2, sudut 5° dan 15° tidak mengalami putaran karena kincir angin tidak dapat berputar, kincir angin baru dapat berputar pada sudut 25° hingga 45°.



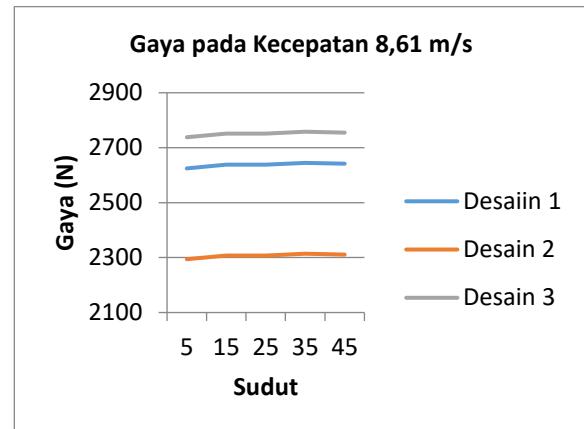
Gambar 9. Grafik putaran rotor pada kec. Angin 10,19 m/s

Pada Gambar 10 dibawah ini, Sudut 5° untuk desain 1, 2, dan 3 tidak dapat berputar. Nilai putaran Rotor terbesar terjadi pada desain blade 1 dengan sudut 15°. Sedangkan nilai putaran rotor terkecil terjadi pada desain 2 dengan sudut 45°.

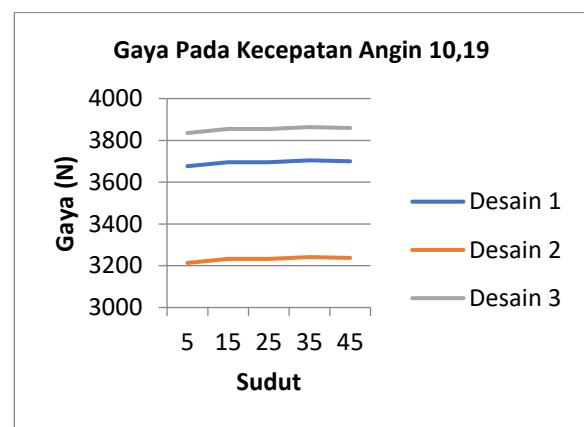


Gambar 10. Grafik putaran rotor pada kec. Angin 11,17 m/s

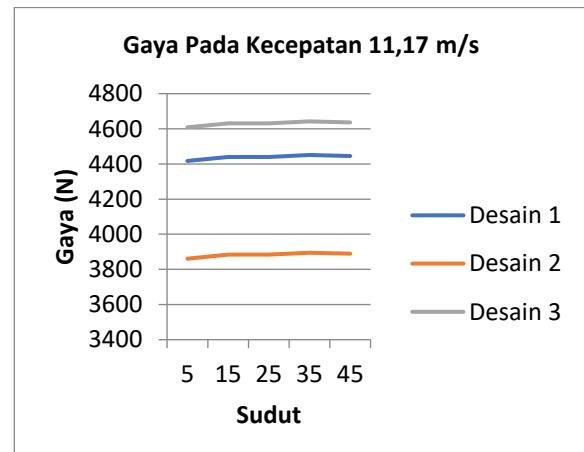
Pada Gambar 11, 12, dan 13 dibawah, sesuai dengan data pada penelitian sifa,dkk (2017) menyatakan bahwa *blade* yang dapat berputar akan membutuhkan gaya diatas 5 kg. Sesuai dengan data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa semua bentuk dan sudut *blade* yang ada saat ini mampu menghasilkan gaya atau beban diatas 5 kg sehingga *blade* akan dapat berputar.



Gambar 11. Grafik gaya pada kec. angin 8,61 m/s



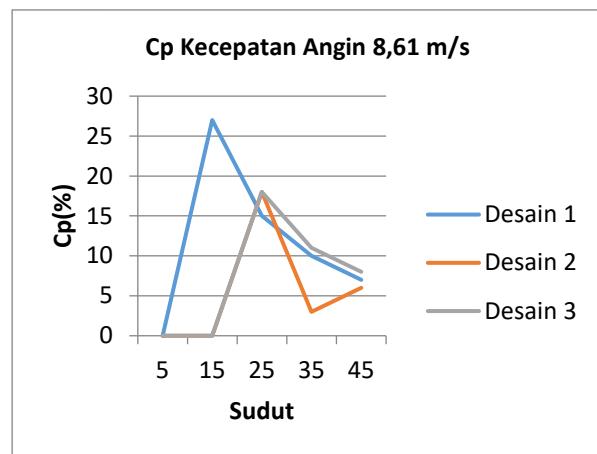
Gambar 12. Grafik gaya pada kec. angin 10,19 m/s



Gambar 13. Grafik gaya pada kec. angin 10,19 m/s

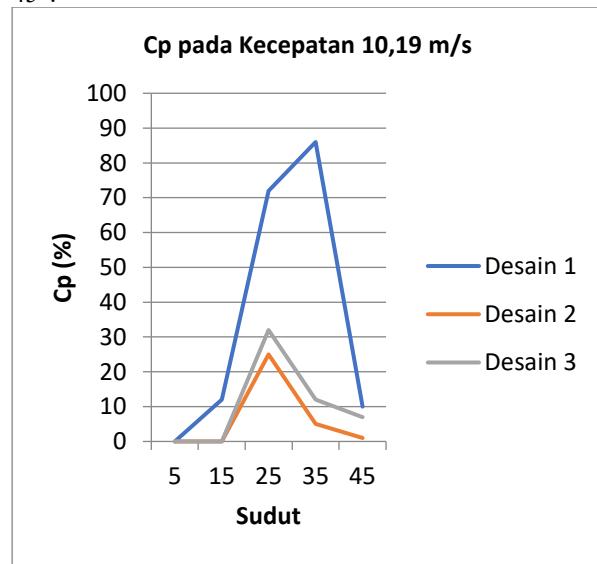
Pada Gambar 14 dibawah, pada desain *blade* 1 kenaikan C_p tertinggi yaitu pada kemiringan 15° sebesar 27%. Pada desain *blade* 2, nilai C_p tertinggi yaitu pada kemiringan 25° dengan nilai 18%. Pada desain *blade* 3, nilai C_p tertinggi yaitu pada kemiringan 25° dengan nilai 18%. Pada kemiringan 5°, ketiga desain tersebut memiliki nilai C_p yaitu 0 % dikarenakan *blade* pada kincir angin tidak dapat

berputar.



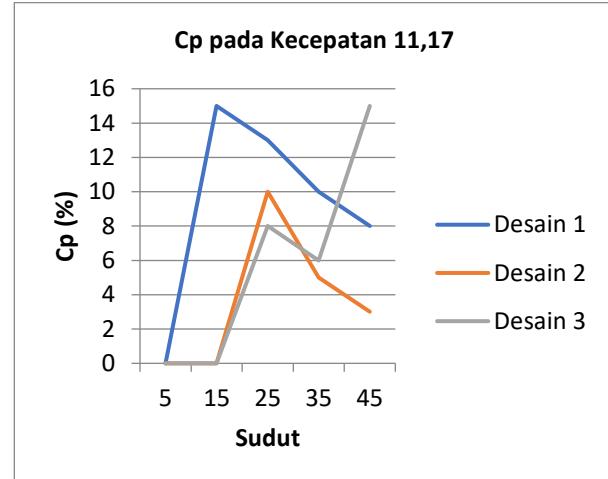
Gambar 14. Grafik Cp pada kec. angin 8,61 m/s

Pada Gambar 15 dibawah ini, nilai Cp terbesar terjadi pada desain 1 dengan sudut 35° dengan nilai 86%, namun mulai menurun pada sudut 45° dengan nilai 10%. Pada desain 2 dan 3 mengalami kenaikan pada sudut 25° namun kembali menurun pada sudut 45° .



Gambar 15. Grafik Cp pada kec. angin 10,19 m/s

Pada Gambar 16 dibawah ini, nilai Cp tertinggi diraih pada desain 1 pada sudut 15° dan desain 3 pada sudut 45° dengan nilai sebesar 15%. Nilai Cp terkecil diraih pada desain 2 dengan sudut 45° sebesar 3%. Desain 2 dan 3 mengalami peningkatan nilai Cp pada sudut 25° yaitu 10% dan 8%.



Gambar 16. Grafik Cp pada kec. angin 11,17 m/s

KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa Nilai putaran rotor dan Cp tertinggi untuk tombol 1 blower didapat pada desain *blade* 1 dengan nilai 25 rpm dan 27% pada kemiringan 15° , untuk tombol 2 blower didapat pada desain *blade* 1 dengan nilai 94,6 rpm dan 86% pada kemiringan 35° , sedangkan untuk tombol 3 blower didapat pada desain *blade* 1 dengan nilai 18,2 rpm dan 15% pada kemiringan 15° . Oleh karena itu dapat disimpulkan untuk pemakaian kincir angin menggunakan desain 1 dengan kemiringan 15° dan 35° sebagai desain terpilih, dikarenakan memiliki nilai putaran rotor dan Cp tertinggi sehingga dapat berputar dengan maksimal untuk menggerakkan *blade* *fiberglass*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah berperan dalam pelaksanaan penelitian ini terutama disampaikan kepada Direktur Politeknik Negeri Indramayu melalui P3M Politeknik Negeri Indramayu yang telah membayai untuk penelitian ini sehingga berharap dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk pengembangan teknologi berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://www.kompas.com/skola/read/2020/04/22/113659269/potensi-sumber-daya-maritim-indonesia?page=all> diakses pada tanggal 30 April 2021.
- [2] <http://pusriskel.litbang.kkp.go.id/index.php/en/home/327-survei-kualitas-air-tua-di-tambak-garam-rakyat-pesisir-indramayu-dan-cirebon> di akses pada tanggal 15 September 2020.

[3] Dinas Perikanan & Kelautan Kabupaten Indramayu, 2013. Alhamdulillah, Petani garam di Indramayu juga dapat menghasilkan garam dengan kadar NaCl 99,31%. <http://diskanla.indramayukab.go.id/>. diakses pada 25 April 2020

[4] Sifa, Agus, and Dedi Suwandi. "Ply Thickness Fiber Glass on Windmill Drive Salt Water Pump." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 128. No. 1. IOP Publishing, 2016.

[5] Badruzzaman, Delfika Canra, Emin Haris, Agus Sifa, Kurniawan B.N, 2020, Perancangan variasi sudut blade pada kincir angin tipe horizontal untuk pemompa air garam, Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS), Bandung, 26-27 Agustus 2020.

[6] Badruzzaman B., Sifa A., Anwar S., 2017, Studi pemilihan ketebalan blade fiberglass kincir angin tipe horizontal untuk pemompa air garam di Kabupaten Indramayu, Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS), Bandung, 26 Juli 2017.

[7] Sifa, Agus., Badruzzaman B., Endramawan T., 2017, Perancangan variasi jumlah blade pada kincir angin horizontal type untuk pemompa air garam, Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS), Bandung, 26 Juli 2017.

[8] Malau N A S., 2019, Unjuk Kerja Kincir Angin Model Propeller Tiga Sudu Berpenampang Lintang *Airfoil* NACA 0021 Dengan Tiga Variasi Kemiringan Sudut 10°, 15°, 20°, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

[9] Novian D A Y., 2018, Unjuk Kerja Kincir Angin Poros Horizontal Tiga Sudu, Berbahan Komposit, Berdiameter 100 cm, Sudut Serang Sudu 20° Dengan Variasi Posisi Lebar Sudu Maksimum Pada 7 cm, 10 cm, 13 cm Dari Pusat Poros, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

[10] Khunaifi E, dkk, 2019. Smart Wind Turbine Tipe Horizontal Sudu Datar Multiblade Dengan Menggunakan Arduino Sebagai Pengaturan Sudut Sudu Secara Otomatis. Politeknik Negeri Semarang.

[11] Andika M.N., Triharyanto Y.T., Prasetya R.O., 2007, Kincir angin sumbu horizontal bersudu banyak, Tugas Akhir, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

[12] Sucipto, 2008. *Perancangan dan Pembuatan Turbin Angin Aksial Sumbu Horizontal Dua Sudu dengan Diameter 3.5 Meter.* <http://digilib.itb.ac.id/> diakses pada 26 April 2017.

[13] Sifa, Agus, et al. Ply thickness Fiber Glass on Windmill Drive Salt Water Pump. In: IOP Conference Series: Material Science and Engineering.IOP Publishing, 2016. P.0120