

RANCANG BANGUN KINCIR ANGIN UNTUK POMPA MEMBRAN PADA PROSES PEMBUATAN GARAM DI PANTAI GEBANG CIREBON

Oleh

Lita Juwita, A.Md., Andi Noviandi, SST., MT. dan Suyono, SST., MT.

Politeknik Manufaktur Bandung

Jln. Kanayakan 21 Dago-Bandung 40145

ABSTRAK

Garam merupakan komoditas yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Proses pembuatan garam di pantai Gebang Cirebon masih menggunakan cara tradisional sehingga hasil produk menjadi tidak produktif. Dengan melihat lingkungan alam yang ada banyak potensi yang bisa dimanfaatkan, seperti kuatnya cahaya matahari dan kecepatan angin yang merupakan media dalam pembuatan garam dan ternak udang/bandeng, yang belum tersentuh oleh teknologi tepat guna yang bisa meningkatkan produksi dan meningkatkan pendapatan petani garam/tambak, yang berdaya saing. Proses pembuatan garam sebelumnya membutuhkan tenaga ekstra untuk menaikkan air ke lahan pembuatan garam, tetapi setelah kincir angin beroperasi pekerjaan lebih ringan karena kincir angin membantu menaikkan air ke lahan pembuatan garam. *Sistem* aliran energi dari kincir angin yaitu angin bergerak menggerakkan kincir yang kemudian akan menggerakkan pompa membran melalui perubahan gerak putar menjadi gerak bolak-balik dengan menggunakan mekanisme atau sistem transmisi. Kincir angin sebelumnya mempunyai permasalahan berupa kincir yang mudah rusak, berkarat serta tidak berfungsinya kincir karena terbuat dari material logam yang cepat berkarat akibat pengaruh air laut, sehingga mengakibatkan sirkulasi air laut ke tambak menjadi terhambat dan proses produksi menjadi terganggu. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dosen dan mahasiswa D4 Polman Bandung melalui bina masyarakat untuk daerah Cirebon akan mengadakan suatu optimalisasi pada mesin kincir dengan memperbaharui konsep yang sudah ada pada mesin tersebut, yaitu modifikasi sistem dan penggantian material kincir dan yang tahan terhadap angin dan air laut, seperti perencanaan suatu jenis kincir angin dengan menggunakan material non ferro yang ringan sehingga tahan terhadap korosi angin laut, selain itu juga menghasilkan biaya yang murah dan masa pakai yang lebih lama sehingga akan meningkatkan produktifitas garam. Kincir ini dibuat dengan beberapa tahapan proses pembuatan diawali dengan analisa awal mesin, desain mesin dan bill of material, review desain mesin dan perbaikan desain, schedule perencanaan pembuatan mesin, Pembuatan machining part (monting), assembly part to machine, finishing machine, audit K3, serta trial dan evaluasi mesin. Dari tahapan-tahapan tersebut bisa didapatkan hasil analisa model kincir angin amerikan multiblade dengan metode rancangan VDI 222 dan menggunakan 4 proses permesinan dengan besar koefisien paling optimum diperoleh pada putaran poros 39,2 rpm dan kecepatan angin 5,22 m/s didapatkan sebesar 7,61 % serta besar tsr 0,94 dengan daya kincir sebesar 29,07 watt dan torsi sebesar 7,08 N dan besar gaya dorong angin sebesar 6,11 N dengan tekanan angin sebesar 17,22 N dan daya angin maksimal sebesar 381,80 watt, sehingga di dapatkan efisiensi sebesar 7,61 % dan manfaat dari kincir angin yaitu mengatasi permasalahan kincir yang mudah rusak, berkarat akibat pengaruh angin laut dengan menggunakan mayoritas material non ferro, dengan presentasi aktual yaitu non ferro sebesar 75 % dan ferro sebesar 25%, sehingga Ketahanan kincir terhadap alam lebih lama dan dapat dimanfaatkan dipantai gebang Cirebon untuk menggantikan kincir yang rusak. Berdasarkan analisa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi koefisien daya yang dihasilkan diantaranya adalah ke aerodinamisan bentuk dan material yg digunakan untuk kincir angin.

1. PENDAHULUAN

Kota Cirebon adalah kota yang terletak di pesisir pantai laut Jawa, sehingga disekitar pantai Cirebon tepatnya dikecamatan Gebang banyak terdapat tambak garam dan tambak udang/bandeng, tetapi hasil garam dari Cirebon kurang terkenal di bandingkan garam dari Madura, hal ini disebabkan pengolahan yang dilakukan petani garam masih menggunakan cara tradisional serta kondisi air laut yang kotor

sehingga secara hasil dan kualitas produk menjadi kurang baik.

Potensi alam yang ada seperti kuatnya cahaya matahari, kecepatan angin dan air laut belum tersentuh oleh teknologi tepat guna yang dapat meningkatkan produk garam sehingga dapat meningkatkan perekonomian daerah yang berdaya saing tinggi dengan daerah lain bahkan dengan dunia internasional.

Proses pembuatan garam dilakukan dengan cara mengalirkan air laut melalui saluran utama air yang dibuat, kemudian disalurkan ketambak garam yang sudah disiapkan untuk ditampung dan dilakukan proses pemanasan menggunakan panas cahaya matahari sehingga air laut menguap dan yang tertinggal adalah garam. Proses tambak garam dilakukan pada saat musim kemarau jadi sekitar 4 bulan dan persiapan lahan sekitar dua bulan, serta proses penguapan garam juga sekitar dua bulan jadi dalam satu tahun hanya satu kali panen.

Pengaliran air laut dari saluran utama ke tambak menggunakan bantuan kincir angin hisap *piston* dengan tenaga angin dari kincir angin, sayangnya banyak kincir angin yang tidak berfungsi dikarenakan rusak akibat pengaruh karat air laut, sehingga berdampak pada keterlambatan proses produksi, karena pengaliran air dilakukan secara manual atau menggunakan ember. *Modifikasi sistem* dan material kincir angin menggunakan material *non ferro* diharapkan dapat mengatasi masalah rusaknya kincir angin akibat karat air laut. Keistimewaan material *non ferro* adalah ringan, tahan terhadap karat dan murah.

Dengan dasar inilah penulis mencoba untuk membuat “**Rancang Bangun Kincir Angin untuk Pompa Membran pada Proses Pembuatan Garam di Pantai Gebang Cirebon**”.

Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan karya tulis ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui cara merancang dan membuat kincir angin.
2. Mengetahui efisiensi yang dihasilkan dari kincir angin..
3. Mengetahui dampak dan manfaat pembuatan kincir angin.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Energi Angin

Angin menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia merupakan udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu atau temperatur rendah kewilayah bersuhu tinggi.^[1]

Angin bertiup dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Hanya saja angin yang bertiup tidak mengalir lurus, tetapi mengalami pembelokan arah akibat pengaruh

rotasi bumi. Pembelokan juga dialami angin yang bertiup menuju khatulistiwa, seperti yang diungkapkan dalam **Hukum Buys Ballot** “Angin bertiup dari daerah bertekanan maksimum ke daerah bertekanan minimum. Di daerah khatulistiwa angin berbelok ke arah kiri dan di utara khatulistiwa berbelok ke arah kanan.

2.2 Turbin Angin

Turbin angin menurut Daryanto (2007) adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill.^[2]

2.3 Perhitungan Turbin Angin

Berikut ini adalah beberapa rumus perhitungan menurut *Stathern, Paul*. 2002. yang mendukung analisa untuk kerja turbin angin^[3].

2.3.1 Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

Besarnya energi kinetik yang tersimpan pada angin dengan massa (m) dan kecepatan (v) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Keterangan :	
E_k	= Energi Kinetik (Joule)
m	= Massa Udara (Kg)
v	= Kecepatan Angin (m/s)

Sehingga energi kinetik angin yang berhembus dalam satuan waktu (daya angin) adalah :

$$P = \frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2}$$

Keterangan :	
P	= Daya Turbin (Watt)
ρ	= Kerapatan Udara (Kg/m ³)
v	= Luas Penampang (m ²)
A	= Kecepatan Angin (m/s)

2.3.2 Tip Speed Ratio (TSR)

Tip speed ratio (TSR) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin dengan nominal yang tertentu maka TSR akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *horizontal* akan memiliki TSR yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *vertikal*. TSR dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$TSR = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot v}$$

Keterangan :	
D	= Diameter Sudu (m)
n	= Kecepatan kincir (Rpm)
v	= Kecepatan Angin (m/s)
π	= 22/7

2.3.3 Koefisien Daya (CP)

Koefisien daya adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh rotor dengan daya angin, nilai koefisien daya tidak akan melebihi nilai ideal yaitu sebesar 0.593 (Betz Limit, 1919). Persamaan koefisien daya sebagai berikut :

$$Cp = \frac{\frac{P_g}{\eta_g}}{\frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2}}$$

Keterangan :
 P_g = Daya Generator (Watt)
 η_g = Efisiensi Generator (%)

2.3.5 Turbin

Putaran turbin dipengaruhi oleh kecepatan angin dan diameter dari rancangan turbin. Jika kecepatan tangensial ujung rotor sama dengan ukuran diameter turbin diperkecil, maka hal tersebut dapat mengakibatkan kenaikan putaran pada turbin sesuai dengan persamaan berikut:

$$RPM = 60 \frac{\lambda \cdot v}{\pi \cdot D}$$

Keterangan :
 RPM = Putaran yang dihasilkan
 λ = Tip Speed Ratio
 v = Kecepatan Angin (m/s)
 D = Diameter Turbin (m)

2.3.6 Torsi Turbin

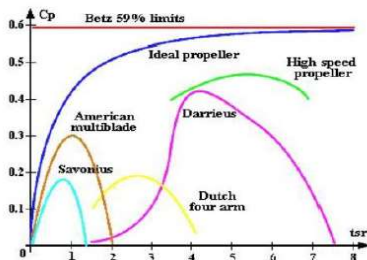
Perkalian antara kecepatan putar dengan torsi menghasilkan daya. Untuk kecepatan putar yang sama, semakin besar torsi yang diberikan, sudu maka akan semakin besar daya yang diserap, demikian juga sebaliknya. Sehingga torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot RPM}$$

Keterangan :
 T = Torsi (Nm)
 P = Daya (Watt)
 RPM = Putaran yang dihasilkan

2.3.7 Hubungan TSR dan CP

Secara umum hubungan Tip Speed Ratio (TSR) dan koefisien daya (CP) pada berbagai model turbin angin ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Diagram CP terhadap TSR untuk beberapa tipe turbin

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Skema Umum penelitian rancang bangun kincir angin.

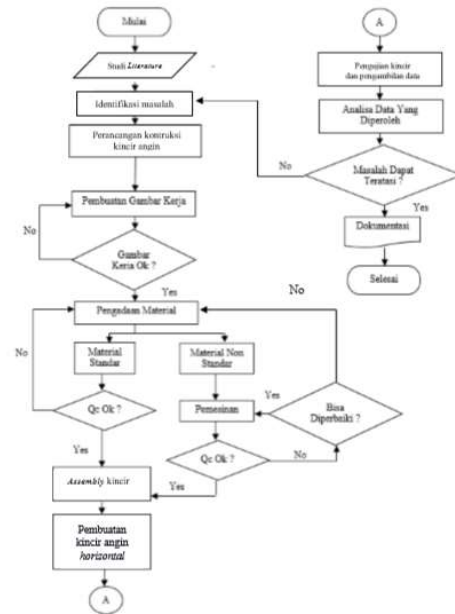


Diagram 3.1 Diagram alir penelitian rancang bangun kincir angin

Sebuah metode penelitian dirancang untuk membantu peneliti agar alur kegiatan penelitian yang dilakukan terstruktur dan mudah dipahami. Kegiatan penelitian ini dimulai dari identifikasi dan analisa masalah, setelah data didapat dari penelitian sebelumnya maka peneliti dapat melanjutkan penelitian dengan pembuatan konsep untuk penyelesaian masalah. Selanjutnya hal yang harus dilakukan yaitu perancangan, setelah perancangan selesai dilakukan proses manufaktur yaitu pengadaan material kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan kemudian dilanjutkan dengan pengujian *sistem* dan jika *sistem* berfungsi dengan baik maka selanjutnya dilakukan uji lapangan, pengambilan data dan dokumentasi. Hasil analisa nantinya akan menjadi kesimpulan penelitian serta saran dan rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

3.2 Proses Rancang Bangun Kincir Angin

3.2.1 Studi Literature

3.2.1.1. Pengertian Angin

Angin menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia merupakan udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang

bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu atau temperatur rendah kewilayah bersuhu tinggi. [1]

Angin bertiup dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Hanya saja angin yang bertiup tidak mengalir lurus, tetapi mengalami pembelokan arah akibat pengaruh rotasi bumi. Pembelokan juga dialami angin yang bertiup menuju khatulistiwa, seperti yang diungkapkan dalam **Hukum Buys Ballot** “Angin bertiup dari daerah bertekanan maksimum ke daerah bertekanan minimum. Di daerah khatulistiwa angin berbelok ke arah kiri dan di utara khatulistiwa berbelok ke arah kanan.

3.2.1.2 Turbin Angin

Turbin angin menurut Daryanto (2007) adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi mekanik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. [2]

3.2.2 Identifikasi Masalah

Pada awalnya proses rancang bangun kincir angin dilakukan untuk membantu proses pembuatan garam di pantai gebang Cirebon, dimana ditemukan proses pembuatan garam dan ternak udang/bandeng masih menggunakan cara tradisional sehingga hasil produk menjadi tidak produktif.

Dengan melihat lingkungan alam yang ada banyak potensi yang bisa dimanfaatkan, seperti kuatnya cahaya matahari, kecepatan angin dan air laut itu sendiri sebagai media pembuatan garam tetapi belum tersentuh oleh teknologi tepat guna yang bisa meningkatkan produksi dan meningkatkan pendapatan petani garam/tambak, yang berdaya saing.

Oleh karena itu dari sekian banyak alternatif pengembangan yang dapat dibuat dipilih Rancang Bangun kincir, hal ini dipilih setelah melihat kincir angin yang ada banyak yang rusak, berkarat dan tidak berfungsi, karena kincir tersebut terbuat dari material logam yang cepat berkarat akibat pengaruh angin laut, Sehingga akibatnya

sirkulasi air laut ke tambak menjadi terhambat sehingga produksi menjadi



terganggu.

Gambar 3.1 Kondisi kincir Tenaga Angin di Kecamatan Gebang yang terkorosi

3.3 Perancangan Kincir angin

Kincir angin dirancang dengan tujuan memberikan nilai tambah dari rancangan kincir angin sebelumnya. Nilai tambah tersebut dapat diperoleh dari aspek kualitas ataupun *fleksibilitas*. Tahapan perancangan kincir angin mengacu pada tahapan perancangan VDI 2222 (Verein Deutsche Ingenieur / Persatuan Insinyur Jerman). Berikut ini diagram metode perancangan yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir.

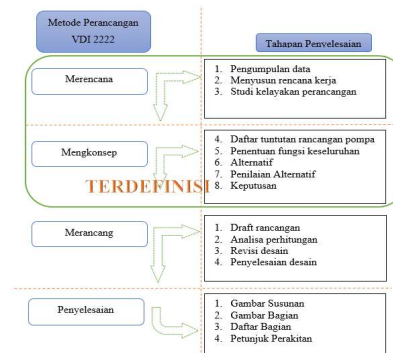


Diagram 3.2 Diagram Alir Perancangan VDI 2222

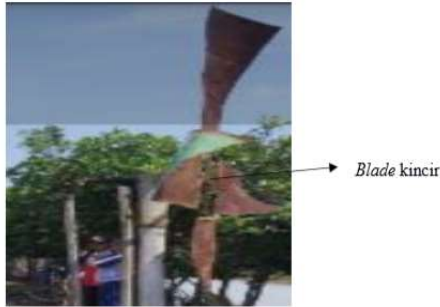
3.3.1 Tahap Merencana

3.3.1.1. Konsultasi Pembimbing

Perancang telah melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing untuk melakukan identifikasi proyek yang akan dikerjakan. Pembahasan rancangan kincir angin agar memenuhi tuntutan yaitu mengangkat air dengan debit 30 liter/menit. Kontruksi dan mekanisme yang terdapat pada kincir tersebut, supaya dapat mentransmisikan putaran dengan baik.

Kincir baru direncanakan untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan hasil produk. Pada proses sebelumnya, pembuatan

kincir kincir angin menggunakan material yang mudah berkarat dan kualitas masih belum optimal.



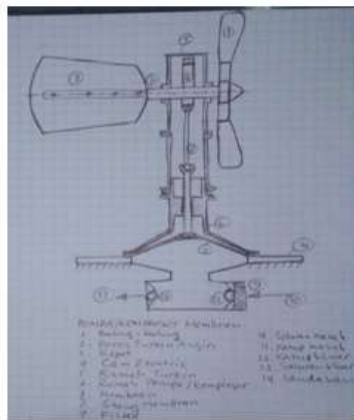
Gambar 3.2 kincir angin di Kecamatan Gebang

Konsep tersebut dinilai kurang memenuhi tuntutan yang diharapkan, diantaranya fleksibilitas yang tidak tercapai, kekuatan dan ketahanan rangka kincir angin, serta *visual* yg diharapkan dari kincir angin tersebut.
3 Jam

3.3.2 Tahap Mengkonsep

Proses perancangan kincir angin dibuat untuk memenuhi tugas akhir yang diberikan oleh dosen pembimbing dengan berbagai tuntutan. Tuntutan tersebut digunakan sebagai acuan dalam rancangan.

Dalam tahap mengkonsep ini, rancangan telah terdefinisi oleh dosen pembimbing dengan berbagai spesifikasi. Adapun sistemnya dengan kincir angin *horizontal*.



Gambar 3.4 Sketsa konsep

Perancangan kincir, menyesuaikan dengan tuntutan yang ada, supaya fungsi tercapai dan kincir bisa bekerja secara optimal.

Tabel 3.1 Daftar Tuntutan

No	Tuntutan	Kualifikasi	Proiritas
1	Tuntutan Geometri		
	1.1 Bentuk Baling-baling	Berbentuk silinder	*
	1.2 Keseragaman	Similar	**
	1.3 Sudut	45°	*
	1.5 Ukuran Baling-baling	Toleransi	**
	1.6 Jumlah Baling-baling	8 Pcs	*
2	Tuntutan Output		
	2.1 Produk	Selesai	**
	2.2 Kemampuan Berputar	Kec. Angin Min. 2 m/s	***
	2.3 Kemampuan material	Tahan karat (angin laut)	**
	2.3 Pencapaian debit air	30 l/ menit	**
3	Tuntutan Lainnya		
	3.1 Pengoperasian	Satu Orang	***
	3.2 Perakitan	Tidak Mempersulit Komponen Lain	**
	3.3 Perawatan	Mudah Bongkar Pasang , life time panjang	*
	3.4 Pembuatan	Dapat dibuat di Polman	**

Keterangan :

- * = Prioritas Utama
- ** = Prioritas Menengah
- *** = Prioritas Terakhir

Dari daftar tuntutan diatas, tuntutan utama dan kedua harus dapat terpenuhi semuanya, sedangkan untuk tuntutan keinginan tidak wajib terpenuhi, tetapi nilai dari rancangan akan lebih baik jika tuntutan tersebut terpenuhi.

Setelah mengidentifikasi kebutuhan dengan menghasilkan daftar tuntutan, selanjutnya perencanaan kincir diklasifikasikan berdasarkan urutan proses yang dideskripsikan melalui *black box* seperti berikut ini :

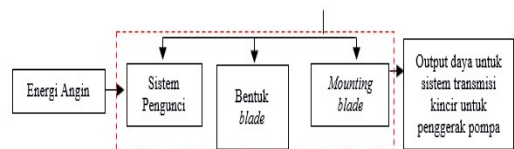


Diagram 3.3 Diagram Black Box

Berdasarkan *black box* tersebut, maka dihasilkan sebagai berikut :

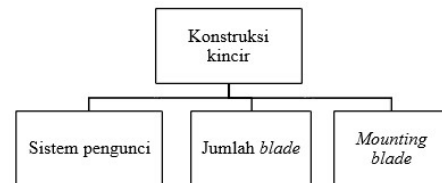


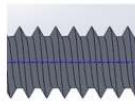
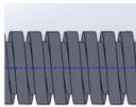

Diagram 3.4 Diagram Fungsi Bagian

Fungsi bagian yang telah ditentukan selanjutnya didefinisikan sehingga menghasilkan beberapa alternatif fungsi bagian, seperti pada tabel berikut :

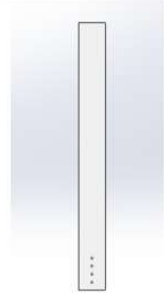


Tabel 3.2 Alternatif Sistem ulir pengunci

Kriteria	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Sistem Penunci	Ulir <i>Metric</i>	Ulir <i>Square</i>	Ulir <i>Trapezoidal</i>
Bentuk <i>blade</i>	Segitiga	Kotak	Silinder
<i>Mounting blade</i>	Besi	Plat	Silinder

Tabel 3.3 Alternatif Sistem ulir pengunci

Alternatif 1 (A1)	Alternatif 2 (A2)	Alternatif 3 (A3)
		
Ulir <i>Metric</i>	Ulir <i>Square</i>	Ulir <i>Trapezoidal</i>
Kelebihan : - Mudah dibuat. - Proses pembuatan cepat. - <i>Tools</i> mudah didapatkan.	Kelebihan : - <i>Self locking</i> . - Digunakan untuk ulir efisiensi daya tinggi.	Kelebihan : - <i>Self locking</i> . - Digunakan untuk konstruksi penggerak kekuatan tinggi. - Mudah dibuat.
Kekurangan : - Untuk mengunci konstruksi ringan. - Tidak dapat <i>self locking</i> .	Kekurangan : - Proses membutuhkan waktu yang lama. - <i>Tools</i> sulit didapatkan.	Kekurangan : - Proses membutuhkan waktu yang lama. - <i>Tools</i> sulit didapatkan.

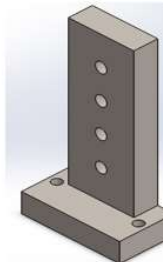
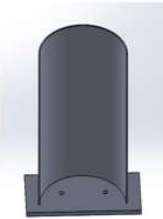
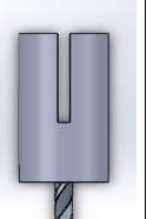
Tabel 3.4 Alternatif Bentuk *blade*

Alternatif 1 (B1)	Alternatif 2 (B2)	Alternatif 3 (B3)
		
Kotak	Segitiga	Silinder
Kelebihan : - Memiliki koefisien C_d sebesar 1,55	Kelebihan : - Memiliki koefisien C_d sebesar 2	Kelebihan : - Memiliki koefisien C_d 2,3
Kekurangan : - Kurang aerodinamis - Membutuhkan <i>part</i> tambahan	Kekurangan : - Proses membutuhkan waktu yang lama - Membutuhkan <i>part</i> tambahan	Kekurangan : - Membutuhkan <i>part</i> tambahan

M

1 1 1 1

Tabel 3.5 Alternatif *mounting blade*

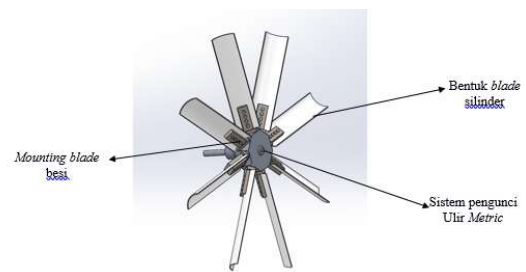
Alternatif 1 (C1)	Alternatif 2 (C2)	Alternatif 3 (C3)
		
besi	Plat besi	Silinder
Kelebihan : - Mudah dibuat - Mudah dalam pengelasan - Proses pekerjaan cepat	Kelebihan : - Mudah dibuat	Kelebihan : - Tidak perlu tools
Kekurangan : - Membutuhkan tools	Kekurangan : - Ada tambahan proses pekerjaan yaitu bending	Kekurangan : - Proses pembuatan sulit

Selanjutnya setiap alternatif dihubungkan satu sama lainnya dan dinilai hingga menghasilkan 3 alternatif variasi sistem seperti sebagai berikut :

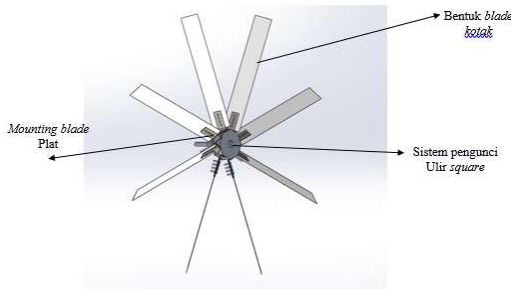
Tabel 3.6 Alternatif Fungsi Keseluruhan

No	Fungsi Bagian	Alternatif Fungsi Bagian		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Sistem Pengunci	A1	A2	A3
2	Bentuk <i>Blade</i>	B1	B2	B3
3	<i>Mounting Blade</i>	C1	C2	C3
	Alternatif Fungsi Keseluruhan	AFK 1	AFK2	AFK 3

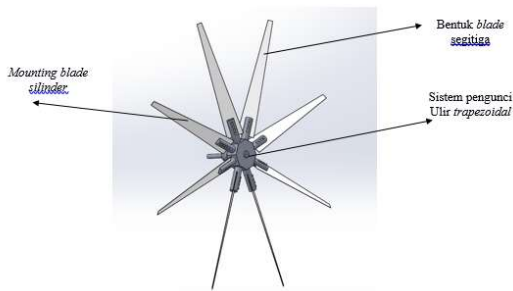
Berdasarkan tabel alternatif fungsi keseluruhan diatas, didapat tiga rumusan alternatif fungsi keseluruhan yang kemudian divisualisasikan dalam model 3D seperti sebagai berikut :



Gambar 3.4 Alternatif Fungsi Keseluruhan 1



Gambar 3.5 Alternatif Fungsi Keseluruhan 2



Gambar 3.6 Alternatif Fungsi Keseluruhan 3

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Berikut ini hasil pengujian kincir angin dengan menggunakan variasi kecepatan angin 2-5 (m/s). Adapun tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui hubungan besar kecepatan angin (m/s) dengan besar kecepatan blade (Rpm). Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian kincir angin dengan variasi kecepatan angin min 2 m/s.

NO	KEC. ANGIN (m/s)	RPM
1	2.2	20.8
2	2.4	21.3
3	2.5	21.6
4	2.6	22.4
5	2.7	22.7
6	2.8	23.5
7	2.9	23.7
8	3.1	25.2
9	3.2	26.3
10	3.4	27.4
11	3.6	27.6
12	3.6	27.7
13	3.7	27.9
14	3.7	27.9
15	3.9	28.4
16	4.2	30.0
17	4.2	31.1
18	4.3	31.6
19	4.4	32.6
20	4.5	32.8
21	4.8	33.0
22	4.8	33.8
23	4.8	33.8
24	5.0	35.6
25	5.1	36.8
26	5.1	36.9
27	5.1	37.9
28	5.2	38.2
29	5.2	38.6
30	5.2	39.2

Tabel 4.1 merupakan data hasil pengujian kincir angin dengan variasi kecepatan angin min 2 m/s. Dapat dilihat bahwa putaran kincir angin optimal yang dapat dicapai pada kecepatan angin 5,2 m/s dengan kecepatan blade 39.2 rpm Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan kecepatan blade. Hal ini dapat diartikan bahwa kecepatan yang dihasilkan kincir angin akan bertambah jika kecepatan angin semakin cepat.

4.2 Perhitungan Data

Perhitungan data yang didapatkan diperoleh hasil percobaan uji kerja kincir angin dilakukan menggunakan beberapa asumsi untuk mempermudah dalam perhitungan, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.2 Tabel pendukung perhitungan

Diketahui :		
Kerapatan Udara (ρ)	1.293	Kg/m ³
Luas Penampang (A)	0.152	m ²
Diameter Turbin	2.3	m
Tinggi Turbin	1	m
Jumlah Blade	8	Pcs
Panjang lengan	1.15	m

4.3 Data Hasil Perhitungan

Berikut adalah hasil pengujian kincir angin dengan menggunakan variasi kecepatan angin 2-5 (m/s). Adapun tujuan pengujian ini yaitu untuk mengetahui besar Kecepatan Angin (m/s), Kec. Putaran (rpm), Koefisien daya (C_p), dan Tip Speed Ratio (tsr). Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

4.2.1 Daya Angin

$$P_t = \frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2}$$

$$= \frac{1,293 \text{ Kg/m}^3 \cdot (3,14 \cdot 1,15^2 \cdot 5,2^3)}{2}$$

$$= 377,49 \text{ watt}$$

4.2.5 Daya Kincir

$$P_o = \frac{T \cdot \pi \cdot n}{30}$$

$$= \frac{6,947 \text{ Nm} \cdot 3,14 \cdot 39,2 \text{ rpm}}{30}$$

$$= 28,83 \text{ Watt}$$

4.2.2 Tekanan Angin

$$P = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

$$= \frac{1,293 \text{ Kg/m}^3 \cdot 5,2^2}{2}$$

4.2.6 Tip Speed Ratio (TSR)

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot v}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 2,3 \text{ m} \cdot 39,2 \text{ rpm}}{60 \cdot 5,2 \text{ m/s}} = 0,94$$

4.2.3 Gaya Dorong Angin

1. Gaya dorong angin

$$F = P \cdot A \cdot Cd$$

$$= 17,481 \text{ N/m}^2 \cdot 0,152 \text{ m}^2 \cdot 2,3$$

$$= 6,11 \text{ N}$$

4.2.7 Koefisien Daya (CP)

$$C_p = \frac{P_o}{P_t} \cdot 100\%$$

$$= \frac{28,83 \text{ watt}}{377,49 \text{ watt}} \cdot 100\%$$

$$= 7,63 \%$$

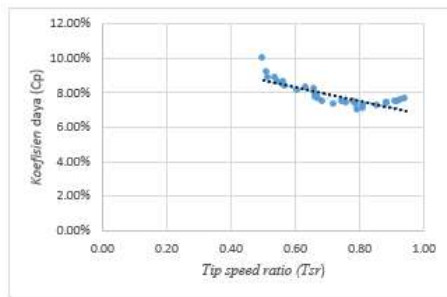
4.2.4 Torsi

$$T = r \cdot F$$

$$= 1,15 \text{ m} \cdot 6,11 \text{ N}$$

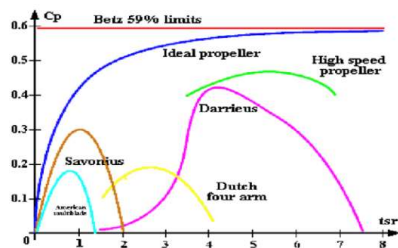
$$= 7,03 \text{ Nm}$$

4.3 Grafik Hasil Perhitungan Data



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara Tip speed ratio dengan koefisien daya (CP)

Dari grafik diatas, kincir angin mampu menghasilkan Time speed ratio 0,94 Koefisien daya sebesar 7,61 %.



Besaran tsr dan cp yang dihasilkan dari konstruksi ini sebesar 0,94 dan 7,61% atau 0.0761 jika dimasukkan kedalam grafik betz limits maka konstruksi dari miniatur kincir angin ini merupakan benar sebuah konstruksi kincir angin sumbu horizontal dengan tipe amerikan multiblade.

PENUTUP

5.1 Simpulan

Dari hasil pengujian model turbin angin amerikan Multiblade dari bahan alumunium, plastik PVC, dll dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Cara merancang kincir angin yaitu dengan metode VDI 222 dan menggunakan 4 proses permesinan.
2. Efisiensi aktual yang dihasilkan kincir angin adalah 7,6%.
3. Manfaat dari kincir angin yaitu mengatasi permasalahan kincir yang mudah rusak, berkarat akibat pengaruh angin laut dengan menggunakan mayoritas material non ferro, dengan presentasi aktual yaitu non ferro sebesar 75 % dan ferro sebesar 25%, sehingga Ketahanan kincir terhadap alam lebih lama dan dapat dimanfaatkan

dipantai gebang cirebon untuk menggantikan kincir yang rusak.

5.2 Saran

Penulis ingin memberikan saran yang kiranya dapat berguna bagi penelitian selanjutnya, diantaranya :

1. Berat material baling-baling harus seringan mungkin untuk meningkatkan efisiensi turbin, akan tetapi kekokohan material juga harus diperhatikan.
2. Bentuk turbin lebih dibuat aerodinamis, untuk meminimalkan gaya drag yang dapat menghambat putaran kincir.
3. Poros kincir harus diberi penguat lagi, dengan cara memperpanjang jarak antar bearing agar tidak oleng/goyang saat berputar.
4. Mounting blade yang menggunakan material St 37 dapat dapat dilapisi dengan chrome untuk mengatasi karat yang disebabkan angin laut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. Kamus Besar Bahasa Indonesia online. <https://kbbi.kata.web.id/kincir-angin/>. Diakses pada tanggal 28 Juli 2019, pukul 15.10 WIB. Bandung.
- [2] Panut, dkk. 2007. Dunia IPA (Ilmu Pengetahuan Alam). Bogor : Yudhistira.
- [3] Stathern, Paul. 2002. Newton dan Gravitasi. Jakarta : Erlangga.
- [4] Polman. Ilmu Kekuatan Bahan. Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung.
- [5] Komara, Asep I dan Saepudin. 2014. Aplikasi Metoda VDI 2222 Pada Proses Perancangan Welding Fixture Untuk Sambungan Cerobong Dengan Teknologi CAD/CAE. Bandung. 1(2):
- [6] Teori & Teknologi Proses pemesinan ,Taufiq Rochim, hal 5
- [7] Heinrich Gerling. All About Machine Tools. Hal 46
- [8] Politeknik Mekanik Swiss ITB. Kerja Frais Teori hal 33
- [9] Anonim. <http://kukuhpambudi0.blogspot.co.id/2015/10/gerinda-tangan.html> . Diakses pada tanggal 18 Juli 2019, pukul 12.10 WIB. Bandung.
- [10] Politeknik mekanik swiss-itb. Kerja bor teori hal 22.
- [11] Politeknik Mekanik Swiss ITB. 2002. Elemen Mesin 1. Bandung: Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- [12] Anonim. <https://agssutanto.wordpress.com/teknik-manufaktur/> Diakses pada tanggal 18 Juli 2019, pukul 12.10 WIB. Bandung.
- [13] Teori dan teknologi proses permesinan, Taufiq Rochim Hal 256.
- [14] Anonim <https://www.kajianpustaka.com/2015/03/pengertian-dan-jenis-jenis-biaya.html> Diakses pada tanggal 7 Juli 2019, pukul 8.10 WIB. Bandung.