

Rancang Bangun Small Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Dengan Metode Matriks

Achmad Husen¹⁾, Bambang Setiadi²⁾, Muftiawan Fikri³⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains dan Teknologi Nasional JL. Moh Kahfi II, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

Email: amd.husen69@gmail.com¹⁾, bambangsetiadi13@gmail.com²⁾, muftiawanfikri@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Angin sebagai sumber energi yang jumlahnya melimpah merupakan sumber energi yang terbarukan dan tidak menimbulkan polusi udara karena tidak menghasilkan gas buang yang dapat menyebabkan efek rumah kaca. Turbin angin adalah sebuah alat yang dapat mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik atau energi mekanik. Angin digunakan untuk memutar blade, yang mana ketika berputar akan menghasilkan energi. Salah satu pemanfaatan energi angin adalah dengan menggunakan turbin angin. Turbin angin mampu mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik dengan bantuan generator. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang, dan melakukan uji coba dari sebuah small turbin angin tipe savonius dalam kapasitas kecil. Pemukiman wilayah kota dan desa merupakan wilayah yang potensial untuk dikembangkan energi angin dengan skala kecil. Perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui performansi small turbin angin sumbu vertikal tipe savonius yang dirancang bangun, Model turbin angin ini memiliki 3 buah bilah kipas, dengan diameter kincir keseluruhan 10cm dan tinggi 50cm. Untuk merancang small turbin angin sumbu vertikal tipe savonius perlu membuat blade atau baling kipas, dan membuat Menara untuk dudukan blade atau baling kipas. Menganalisis sistem transmisi yang digunakan pada turbin angin untuk mencari mana system yang dapat memenuhi keinginan. Dan mengevaluasi desain pada turbin angin tipe vertical, apakah aman dan dapat di produksi.

Kata Kunci : Energi, Turbin Angin, Angin, PLTB

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Angin sebagai sumber energi yang jumlahnya melimpah merupakan sumber energi yang terbarukan dan tidak menimbulkan polusi udara karena tidak menghasilkan gas buang yang dapat menyebabkan efek rumah kaca. Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sekitar 17.500 pulau dengan panjang garis pantai lebih dari 81.290 km dan berada di daerah tropis yang di lewati oleh angin muson pada tiap musim. Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar sekitar 9,3 GW dan total kapasitas yang baru terpasang saat ini sekitar 0,5 MW (Daryanto, 2007).

Turbin angin adalah sebuah alat yang dapat mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik atau energi mekanik. Angin digunakan untuk memutar blade, yang mana ketika berputar akan menghasilkan energi. Turbin angin sumbu vertikal terbagi ada 2 jenis yaitu Darrieus dan Savonius. Turbin Darrieus mula-mula diperkenalkan di Perancis pada sekitar tahun 1920-an. Turbin angin sumbu vertikal ini mempunyai bilah-bilah tegak yang berputar kedalam dan keluar dari arah angin. Dan turbin Savonius diciptakan pertama kali di negara Finlandia dan berbentuk S apabila dilihat dari atas. Turbin jenis ini secara umumnya bergerak lebih perlahan dibandingkan jenis turbin angin sumbu horizontal, tetapi menghasilkan torsi yang besar. Turbin

Savonius adalah salah satu jenis turbin angin sederhana. Turbin ini merupakan jenis turbin angin sumbu vertikal dan tidak terpengaruh oleh arah angin sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah (H.Hariyanto, 2020).

Salah satu pemanfaatan energi angin adalah dengan menggunakan turbin angin. Turbin angin mampu mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik dengan bantuan generator. Turbin angin yang sudah banyak digunakan adalah turbin angin sumbu horizontal, dimana dalam penggunaannya memerlukan aliran angin berkecepatan tinggi dan arah aliran yang searah dengan turbin. Namun angin di wilayah Indonesia mempunyai kecepatan rendah dan arah aliran yang selalu berubah-ubah. Pada turbin angin sumbu horizontal pemanfaatannya harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya (Karwono, 2008). Berbeda dengan turbin angin sumbu horizontal, turbin angin sumbu vertikal dapat memanfaatkan angin dari segala arah sehingga tidak perlu mengarahkan turbin pada arah angin yang paling tinggi kecepatannya.

Turbine angin sumbu vertikal mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan turbine angin sumbu horizontal. Salah satu kelebihanannya adalah bahwa turbine angin sumbu vertikal lebih mudah dipasang dan dikonfigurasi di tempat yang memiliki angin yang bervariasi dan arah angin yang sering berubah-ubah. Selain itu, turbin angin sumbu vertikal juga mempunyai kecepatan awal rendah dan daya listrik yang dihasilkan lebih stabil. Berdasarkan penjelasan tersebut di atas, maka Penulis tertarik untuk meneliti tentang merancang mesin turbin angin sumbu vertikal tipe savonius untuk skala kecil untuk mengetahui seberapa besar keamanan dan efisiensi dari turbin angin sumbu vertikal di Indonesia untuk skala kecil.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam perancangan mesin ini, terdapat masalah dalam merancang turbin angin sumbu vertikal adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah proses sirkulasi turbin angin?
2. Bagaimanakah sistem transmisi yang digunakan pada turbin angin?
3. Bagaimanakah desain pada turbin angin sumbu vertikal?

1.3. Batasan Masalah

Metode yang digunakan dalam perancangan alat turbin angin ini yaitu menggunakan metode perancangan VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure/* Persatuan Insinyur Jerman).

Mengingat luasnya permasalahan yang di hadapi pada pembuatan desain mesin small turbin angin sumbu vertikal tipe savonius maka laporan desain ini di batasi pada Analisa struktural menggunakan software 3D analisis untuk menentukan keamanan, dan rancangan mesin yang mampu digerakan oleh kecepatan angin rendah yang memiliki dimensi tidak besar, dan dapat dipergunakan di berbagai tempat.

1.4. Tujuan Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan perancangan turbin angin vertikal ini adalah :

1. Menganalisis proses sirkulasi pada turbin angin.
2. Menganalisis sistem transmisi yang digunakan pada turbin angin.
3. Mengevaluasi desain pada turbin angin sumbu vertikal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Energi Angin

Energi angin merujuk pada energi kinetik yang dihasilkan oleh gerakan udara atau angin. Angin terbentuk oleh perbedaan tekanan udara di atmosfer yang disebabkan oleh perbedaan suhu, perbedaan kelembaban, dan faktor geografis lainnya. Energi angin dapat dimanfaatkan dan dikonversi menjadi bentuk energi lain yang lebih berguna, seperti energi listrik.

Pada dasarnya, energi angin diubah menjadi energi mekanik melalui pemanfaatan turbin angin. Turbin angin terdiri dari bilah-bilah yang dipasang pada rotor dan terhubung ke generator. Ketika angin bertiup, rotor turbin akan berputar akibat gaya angin yang mempengaruhi bilah-bilahnya. Gerakan rotasi ini kemudian menghasilkan energi mekanik yang selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik oleh generator.

2.2. Pengertian Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasikan 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. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasikan kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangunan pembangkit listrik konvensional lainnya (contoh : PLTD, PLTU, PLTA, dll). Turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (contoh : batubara, minyak bumi, dll) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik (M. Ibnu R, 2022).

2.3 Klasifikasi Turbin Angin

Turbin angin adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik atau melakukan pekerjaan lainnya. Terdapat beberapa metode klasifikasi turbin angin berdasarkan berbagai kriteria, seperti desain, kapasitas daya, dan kapasitas daya

sumbu rotasi. Berikut adalah beberapa klasifikasi umum untuk turbin angin:

a. Turbin Angin Sumbu Horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT)

Ini adalah jenis turbin angin yang paling umum. Rotor pada turbin ini berputar sejajar dengan arah angin yang masuk. Rotor pada HAWT biasanya memiliki tiga bilah, tetapi beberapa model memiliki lebih banyak bilah.



Gambar 1. Turbin Angin Sumbu Horizontal

b. Turbin Angin Sumbu Vertikal (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT)

Berbeda dengan HAWT, Turbin angin Sumbu vertikal memiliki sumbu rotor vertikal. penggunaan utama Penempatan rotor ini sedemikian rupa sehingga turbin angin tidak perlu diarahkan ke arah tersebut angin berhembus. Ini sangat berguna di daerah dengan arah angin yang berubah sangat tidak stabil atau bergolak. Pada generator sumbu vertikal dan komponen utama lainnya dapat ditempatkan di dekatnya di permukaan tanah, sehingga menara tidak membutuhkan dukungan apapun membuat perawatan lebih mudah. Kerugian utama dari turbin Angin vertikal dikatakan menghasilkan daya dorong selama belokan. Sangat sulit Jika turbin angin dipasang di menara, biasanya jenis menara itu dipasang di dekat permukaan. Kecepatan angin lebih rendah di bagian atas

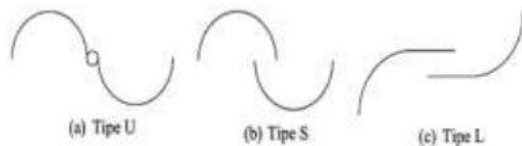
Pada ketinggian yang lebih rendah, energi angin yang tersedia lebih sedikit.



Gambar 2. Turbin Angin Sumbu Vertikal

c. Tipe Savonius

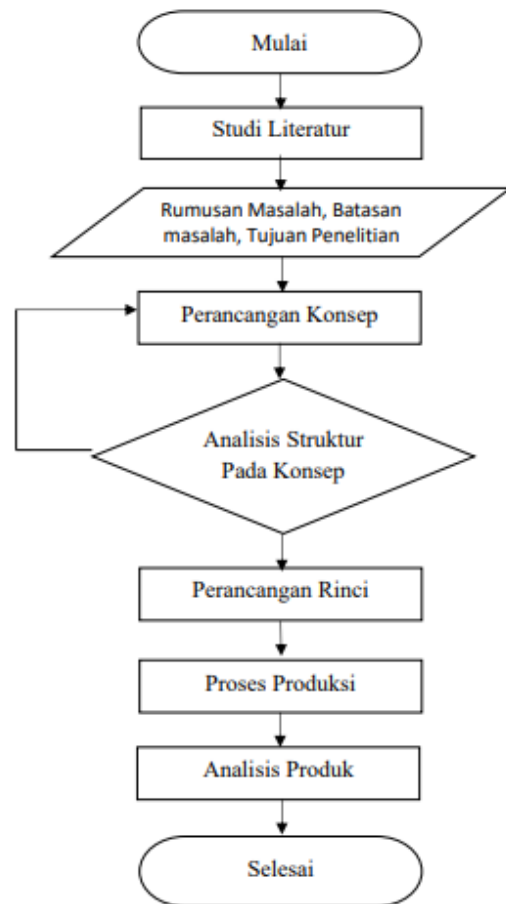
Kincir angin Savonius ditemukan oleh Sigurd J. Savonius dari Finlandia pada tahun 1922. Konsep dasar Savonius dikembangkan berdasarkan prinsip flettner. Savonius menggunakan sudu dengan cara memotong silinder flettner menjadi 2 paruhan sepanjang garis pusat dan kemudian memposisikan 2 paruhan tersebut membentuk seperti huruf “S” yang diletakan pada lingkaran batas sudu (Akhir, 2013). Savonius memiliki beberapa macam sudu terlihat seperti pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Model Profil Turbin Angin Savonius

3. METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Alur Penelitian



- a. Mulai
 Permulaan dalam pembuatan Turbin angin sumbu vertical
- b. Studi Literatur
 Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Secara Umum Studi Literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya.
- c. Perancangan Konsep
 Perancangan konsep adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi sebagai perancangan sistem

- dapat dirancang dalam bentuk bagan alir sistem (system flowchart)
- d. Analisis Struktur Pada Konsep Analisis Struktur Pada Konsep dengan komputasi/ software solidworks adalah tahap pengembangan suatu alat atau sistem. Analisis struktur pada solidwork dapat didefinisikan sebagai proses untuk mengaplikasikan dalam software untuk tujuan pendefinisian secara rinci suatu perangkat, proses atau sistem agar dapat direalisasikan dalam suatu bentuk fisik yang digunakan untuk melihat mengapa dan bagaimana suatu objek mengalami kegagalan. kegagalan statis atau kegagalan kelelahan
 - e. Perancangan Rinci Perancangan rinci adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi sebagai perancangan, sistem dapat dirancang memakai ukuran yang rincidalam bentuk sketsa.
 - f. Proses Produksi Proses produksi adalah menghasilkan sesuatu, baik berbentuk barang maupun jasa dalam sesuatu periode waktu dan memiliki nilai tambah bagi perusahaan. Produksi juga bisa disebut sebagai proses penciptaan barang dan jasa.
 - g. Analisis Produk Analisis Produk adalah tahap Pengujian alat atau sistem. Analisis Produk dapat didefinisikan sebagai proses untuk mengaplikasikan Produk untuk tujuan pendefinisian secara rinci suatu perangkat, proses atau system. proses pemastian kualitas sampel produk terhadap suatu persyaratan standar tertentu. Laporan pengujian hanya berlaku untuk sampel yang diuji, tidak mewakili keseluruhan produk.
 - h. Selesai Barang / Turbin selesai di produksi.

4. PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Pengembangan Konsep

Sebelum kita mencapai spesifikasi, kita belum mengetahui gambaran secara garis besar mengenai bagaimana bentuk alat pembangkit listrik tenaga bayu/angin yang sederhana dapat dibongkar pasang dan mudah dalam pengoperasiannya, maka disusun daftar kehendak alat pembangkit listrik tenaga bayu/angin. Daftar persyaratan mula-mula dicantumkan secara acak, kemudian disusun secara sistematis dan akhirnya ke dalam suatu format yang disebut sebagai spesifikasi.

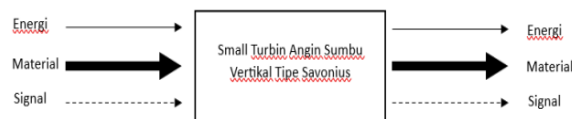
Perubahan	Pengembangan rancang bangun Small Turbin Angin Sumbu Vertikal	Identitas Klasifikasi Halaman
D/W	Spesifikasi (Persyaratan)	Pemanggang Jawab
	GEOMETRI	
D	Rangka = 50 x 50 x 100 cm	
	ENERGI	
D	Menggunakan tenaga penggerak motor	
	KINEMATIKA	
D	Mekanismenya mudah beroperasi	
	MATERIAL	
D	Mudah didapat dan murah harganya	
D	Sesuai dengan standar umum	
D	Memiliki umur pakai yang panjang	
D	Mempunyai sifat mekanis yang baik	
	ERGONOMI	
D	Sesuai dengan tuntutan kebutuhan	
D	Mudah dipindahkan	
D	Tidak Bising	
D	Mudah pengoperasiannya	
	KESELAMATAN	
D	Konstruksi harus kuat dan kokoh	
D	Bagian yang berbahaya ditutup	
	PRODUKSI	
D	Dapat diproduksi bengkel kecil	
D	Suku cadang murah dan mudah didapat	
D	Komponen utama mudah dibuat sendiri	
	PERAWATAN	
D	Perawatannya mudah dilakukan	
	TRANSPORTASI	
D	Mudah dipindahkan	
D	Tidak perlu alat khusus untuk merundahkan	

Gambar 4. Daftar Syarat Abstraksi

4.2 Pembuatan Struktur Fungsi

Yang dimaksud struktur fungsi adalah rangkaian dari berbagai subfungsi yang menjalankan fungsi keseluruhan dan mempunyai hubungan antara masukan dan pengeluaran yang diinginkan.

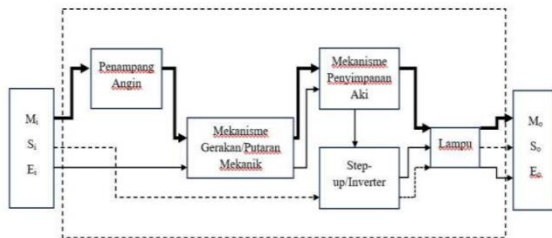
Untuk membuat struktur fungsi, pertama-tama dibuat terlebih dahulu fungsi keseluruhan dari alat yang dirancang, fungsi keseluruhan dari perancangan small turbin angin sumbu vertikal tipe savonius seperti terlihat pada Gambar 5



Gambar 5. Struktur fungsi keseluruhan

4.3 Pembuatan Struktur Sub Fungsi

Dari fungsi keseluruhan dibuat menjadi struktur fungsi dengan jalan memperkirakan sub-sub fungsi yang diperlukan. Struktur sub fungsi untuk small turbin angin sumbu vertical tipe savonius seperti terlihat pada Gambar 6



Gambar 6. Struktur Sub Fungsi

Dimana :

Ei= Energi Input Ei= Energi Input
Si= Signal Inpu Si= Signal Inpu
Mi= Material Input M= Material Input

4.4 Pembuatan Prinsip Solusi

Setelah struktur fungsi keseluruhan beserta sub fungsinya, maka mencari prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut. Metoda yang akan digunakan dalam mencari prinsip solusi adalah metoda kombinasi, yaitu metoda yang mengkombinasikan semua solusi yang ada dalam bentuk matriks. Prinsip solusi dibuat sebanyak mungkin, akan tetapi prinsip solusi itu dianalisa lagi, dimana prinsip solusi yang tidak berguna dapat dieliminasi atau diabaikan dengan tujuan agar dalam tahap perancangan konsep selanjutnya tidak terlalu banyak konsep yang harus dievaluasi. Berikut ini merupakan matrix solusi komponen dari rancang bangun turbin Angin seperti tercantumpada Tabel 1

Tabel 1. Matrik Solusi

Skala Nilai Penilaian Poin		1	2	3
1	Penampung Angin			
2	Penutup Pemas			
3	Isolasi			
4	Pemutus Energi			
5	Unitas Tenaga Penggerak			
6	Transformasi			
7	Penyimpanan Energi Listrik			
8	Perif Penguat Mekanik			
9	Isolasi			
10	Isolasi			

4.5 Memperkirakan Nilai Bobot

Skala nilai bobot yang di berikan adalah dengan menggunakan analisis poin dengan nilai dari 0 – 10 dan menggunakan VDI 2225 dengan nilai dari 0 – 4. Untuk rentang nilai bobot yang telah di buat dapat di lihat pada tabel 2 skala nilai poin/ bobot oleh analisis nilai dan VDI 2225.

Tabel 2. Matrik Solusi

Skala Nilai			
Analisis Nilai		VDI 2225	
Poin	Arti	Poin	Arti
0	Solusi Tak Layak	0	Tidak memuaskan
1	Solusi tidak memenuhi syarat		
2	Solusi lemah	1	Dapat diterima
3	Solusi agak dapat diterima		
4	Solusi diterima	2	Memenuhi syarat
5	Solusi memenuhi syarat 2		
6	Solusi cukup baik	3	Baik
7	Solusi baik		
8	Solusi sangat baik	4	Sangat baik (ideal)
9	Solusi memuaskan persyaratan		
10	Solusi yang ideal		

4.6 Struktur Model

Suatu sistim yang terdiri dari bagianbagian pokok bentuk dasar hingga terbentuk susunan organ kerja atau merupakan pengatur/penyusun beberapa prinsip solusi, sehingga mempunyai

alternatif kombinasi yang kemudian diseleksi lagi untuk dapat diwujudkan dalam pilihan yang tepat. Berikut ini merupakan alternatif kombinasi dari matrix solusi yang telah di tentukan, seperti ditunjukkan pada Tabel 3 :

Tabel 3. Diagram Kombinasi Prinsip Solusi



Keterangan :

- Varian I : 1.3 - 2.2 - 3.1 - 4.3 - 5.1 - 6.3 - 7.2 - 8.3 - 9.1 - 10.3
- Varian II : 1.2 - 2.1 - 3.2 - 4.1 - 5.2 - 6.1 - 7.3 - 8.2 - 9.3 - 10.2
- Varian III : 1.1 - 2.3 - 3.3 - 4.3 - 5.3 - 6.2 - 7.1 - 8.1 - 9.2 - 10.1

4.7 Model Varian I



Gambar 4. Konsep Bentuk Varian I

4.8 Model Varian II



Gambar 5. Konsep Bentuk Varian II

4.9 Model Varian III



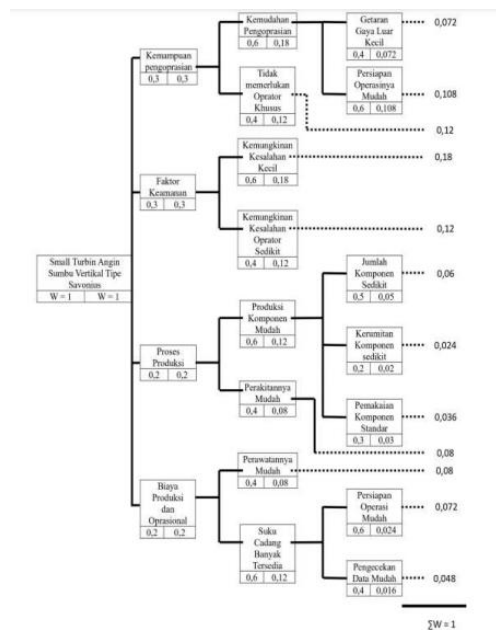
Gambar 6. Konsep Bentuk Varian III

4.10 Tabel Seleksi Objektif Tree dan Nilai Bobot

Berikut ini merupakan evaluasi tabel seleksi pohon objektif dan nilai bobot, evaluasi ini merupakan cara untuk memilih varian yang terbaik dari matrix solusi yang telah dibuat, dapat dilihat pada Tabel 4, Gambar 7 dan Tabel 5 berikut ini:

Tabel 4. Tabel Seleksi

VARIAN PRINSIP SOLUSI	Jurusan Teknik Mesin S1 ISTN Muftiawan Fikri 19210008						Tabel Pemilihan Variasi Struktur Fungsi Untuk Rancang Bangun <i>Small</i> Turbin Angin Tipe vertikal Dengan metode VDI 2221		
	Kriteria Pemilihan						Keputusan		
	+ ya						(+) Solusi yang dicari		
	- tidak						(-) Hapuskan solusi		
	? Kurang informasi						(?) Kumpulkan informasi		
	! Periksa spesifikasi						(!) Lihat spesifikasi		
	Sesuai dengan fungsi								
	Kebutuhan								
	Sesuai dengan daftar								
	Kehendak								
	Secara prinsip dapat								
	Diwujudkan								
	Dalam batas biaya Produksi								
	Pengetahuan tentang								
	Konsep memadai								
Sesuai Keinginan									
Perancang									
Memenuhi syarat									
Kebutuhan									
A	B	C	D	E	F	G			
V1	+	+	+	+	+	+	Biaya diatas semua varian		+
V2	+	+	+	+	+	+	Alternatif ke dua jika terdapat perubahan biaya		+
V3	+	+	+	+	+	+	Sesuai kehendak dan dalam batas biaya		+



Gambar 7. Evaluasi Pohon Objektif

Tabel 5. Nilai Bobot

No.	KRITERIA EVALUASI	BOBOT	PARAMETER	SAK	VARIAN I				VARIAN II				VARIAN III			
1	Pengaturan komponen sedikit	0,006	Pengaturan komponen	Sedang	3	4,508	Sedang	3	6,308	Sedang	4	6,255	Sedang	3	6,308	4,508
2	Gerakan arah horizontal mudah	0,140	Gerakan arah horizontal	Sedang	2	6,280	Sedang	2	6,280	Mudah	3	6,420	Sedang	2	6,280	6,280
3	Gerakan gaya luar kecil	0,084	Gerakan gaya luar	Sedang	3	6,252	Sedang	3	6,252	Sedang	2	6,168	Sedang	3	6,252	6,252
4	Kekuatan dan baik	0,120	Hard data	Baik	3	6,360	Baik	3	6,360	Baik	3	6,360	Baik	3	6,360	6,360
5	Kemampuan perawatan kecil	0,120	Kemampuan perawatan	Kecil	3	6,360	Kecil	3	6,360	Kecil	3	6,360	Kecil	3	6,360	6,360
6	Kemungkinan nilai operasi kecil	0,090	Kemungkinan operasi	Sedang	2	6,180	Kecil	3	6,270	Kecil	3	6,270	Kecil	3	6,270	6,270
7	Jumlah komponen sedikit	0,058	Jumlah komponen	Banyak	2	6,600	Banyak	2	6,600	Sedang	3	6,600	Sedang	3	6,600	6,600
8	Kemungkinan komponen sedikit	0,012	Kemungkinan komponen	Sedang	2	6,424	Sedang	2	6,424	Mudah	3	6,424	Mudah	3	6,424	6,424
9	Pemilihan komponen standar banyak	0,018	Pemilihan komponen standar	Banyak	3	6,054	Banyak	3	6,054	Sedang	2	6,054	Sedang	2	6,054	6,054
10	Pemilihan sederhana	0,040	Kemudahan dan cara pemeliharaan	Sederhana	2	6,080	Sederhana	2	6,080	Mudah	3	6,120	Mudah	3	6,120	6,120
11	Pemeliharaan mudah	0,040	Waktu dan biaya pemeliharaan	Mudah	3	6,180	Mudah	3	6,180	Sangat Mudah	4	6,240	Sangat Mudah	4	6,240	6,240
12	Persiapan operasi mudah	0,084	Kemudahan persiapan operasi	Sangat Mudah	4	6,376	Sangat Mudah	4	6,376	Sangat Mudah	4	6,376	Sangat Mudah	4	6,376	6,376
13	Penggunaan data mudah	0,056	Kemudahan penggunaan data	Sangat Mudah	4	6,224	Sangat Mudah	4	6,224	Sangat Mudah	4	6,224	Sangat Mudah	4	6,224	6,224
						2,828			2,918			3,154				

Dengan melihat tabel kriteria evaluasi tersebut maka di dapat :

- Varian I : 2,828
- Varian II : 2,918
- Varian II : 3,154

Jadi :

$$\frac{AWV_j}{V_{max} \sum_{Rt}^n W_j}$$

$$\text{Varian I} = \frac{2,828}{4 \times 12} = \frac{2,828}{48} = 0,0589$$

$$\text{Varian II} = \frac{2,918}{4 \times 12} = \frac{2,918}{48} = 0,0607$$

$$\text{Varian III} = \frac{3,154}{4 \times 12} = \frac{3,154}{48} = 0,0657$$

Dan dari alternatif kombinasi prinsip-prinsip solusi yang ada dapat dipertimbangkan dengan faktor sebagai berikut :

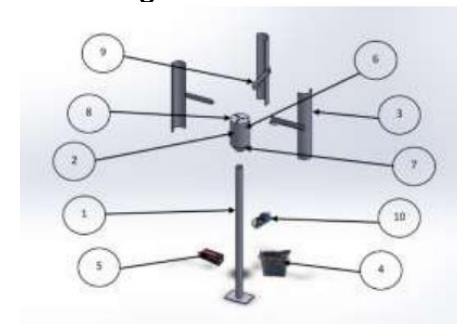
- Ketersediaan Material/Bahan
- Memenuhi keharusan daftar kehendak
- Kesulitan perakitan
- Kemudahan dalam perawatan
- Pengubahan cara pengoperasian

Maka dari data-data diatas, kita dapat menentukan varian yang terbaik dan varian yang paling memenuhi daftar spesifikasi yaitu varian III seperti terlihat pada gambar 8 berikut ini :



Gambar 8. Varian III Konsep Bentuk Varian Terpilih

4.11 Perancangan Detail



Gambar 9. Bill Of Material Rancang Bangun Small Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Dengan Metode Matriks

Tabel 5. Bill Of Material Rancang Bangun Small Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Dengan Metode Matriks

NO	NAMA ALAT	QTY
1	Rangka Pipa Besi	1
2	Generator	1
3	Bilah kipas	3
4	Aki	1
5	Inverter	1
6	Dudukan Generator	1
7	Sambungan Pipa	1
8	Dop Pipa	2
9	Rangak Lengan Blade	3
10	Trafo Step-Up	1

4.12 Proses manufaktur dan analisa biaya

Di dalam rancang bangun turbin Angin ini diperlukan analisa waktu produksi bertujuan untuk mengetahui prosedur kerja yang lebih efisien, menetapkan jumlah pekerja atau peralatan-peralatan kerja yang diperlukan, menetapkan waktu baku dan menetapkan dasar-dasar yang rasional. Dalam menganalisis waktu produksi dibagi - bagi menjadi dua macam yaitu waktu produktif dan waktu tidak produktif. Waktu produktif adalah waktu yang benar-benar dipergunakan untuk menyelesaikan pekerjaan sedangkan waktu non produktif adalah waktu kerja yang tidak digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan.

a. Waktu Perencanaan Produksi Rangka.

Berikut ini merupakan gambar detail perancangan rangka beserta waktu produktif dan tidak produktif dalam produksi rangka, seperti terlihat pada Gambar 10 dan tercantum pada Tabel 6 dibawah ini :



Gambar 10. Detail Gambar Rangka
Tabel 6. Waktu Perencanaan Pembuatan Rangka

No.	Uraian Pekerjaan	Waktu			
		Produktif		Tidak Produktif	
1.	Persiapan Alat			15	Menit
2.	Persiapan Bahan			15	Menit
3.	Proses Pemotongan	50	Menit		
4.	Proses Pemasangan dan pengelasan	30	Menit		
5.	Proses Pengcatan sampai kering	120	Menit		
Sub Total Waktu Produksi		200	Menit	30	Menit

b. Waktu Perencanaan Produksi Turbin Angin Tipe Vertikal

Berikut ini merupakan gambar detail perakitan turbin angin beserta waktu produktif dan tidak produktif dalam produksinya, seperti terlihat pada Gambar 11 dan tercantum pada Tabel 7 dibawah ini



Gambar 11. Detail Gambar Small turbin angin tipe vertikal

Tabel 7. Waktu Perencanaan Pembuatan Turbin Angin

No.	Uraian Pekerjaan	Waktu			
		Produktif		Tidak Produktif	
1.	Persiapan Alat			15	Menit
2.	Persiapan Bahan			15	Menit
3.	Proses Pemotongan	50	Menit		
4.	Proses Pemasangan dan pengelasan	30	Menit		
5.	Proses Pengcatan sampai kering	120	Menit		
Sub Total Waktu Produksi		200	Menit	30	Menit

Biaya Kerja = (Waktu Produktif + Waktu Tidak Produktif) x Rp/1 Jam. Biaya Kerja
 = (540 + 60) x 30.000,-
 = 10 Jam x 30.000,-
 = Rp 300.000,- Biaya Produksi
 = Harga Bahan Baku + Biaya Kerja.
 = Rp 1.500.000,- + Rp 300.000,-
 = Rp 1,800.000,-

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada rancang bangun Small Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Dengan Metode Matriks ini

terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, diantaranya yaitu sebagai berikut :

- 1) Sirkulasi pada Small turbin angin sumbu vertical tipe savonius ini sama seperti semua turbin angin biasa, memiliki 3 buah blade yang akan di gerakan oleh gesekan dari angin, dari putaran blade langsung memutar generator tanpa perantara system transmisi penghubung. Setelah memutar generator maka generator lah yang merubah energi kinetic atau gerak menjadi listrik yang mana di salurkan lagi ke tempat penyimpanan.
- 2) Sistem transmisi yang di gunakan pada mesin Small turbin angin sumbu vertical tipe savonius ini adalah Transmisi Langsung ke generator. Karena langsung ke generator tanpa melalui transmisi penghubung seperti chain, belt, dan gear box. Putaran yang di hasilkan blade dapat di salurkan langsung ke generator dengan lancar tanpa perantara penghubung putaran dan beberapa keuntungan dari transmisi langsung ke generator tanpa prantara atau transmisi tambahan, yaitu :
 - a. Pengurangan kerugian energi
 - b. Pengurangan biaya dan perawatan
 - c. Ukuran dan berat yang lebih kecil
 - d. Respons dan efisiensi yang lebih baik
- 3) Dari varian solusi yang di buat, didapatkan varian yang terbaik dan varian yang paling memenuhi daftar spesifikasi dari ke 3 variasi yang ada dipilihlah variasi III untuk menjadi varian terpilih/diproduksi. d. Varian III : 1.1 - 2.3 - 3.3 - 4.3 - 5.3 - 6.2 - 7.1 - 8.1 - 9.2 - 10.1 variasi 3 : memiliki keunggulan komponen yang mudah didapat, harga relative murah, jumlah komponen yang sedikit, perakitan yang sederhana, pemeliharaan mudah, persiapan oprasi mudah, mudah di bongkar pasang dan di dalam analisis struktur solidwork memiliki ketahan

yang lumayan tinggi tetapi di bawah ketahanan dari variasi 1, dan 2.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan di atas dimana membahas Small turbin angin tipe vertical, di dapatkan beberapa saran yang akan menunjang perkembangan dari produk ini berupa:

- 1) Dari penelitian di atas saya selaku peneliti masih menganggap bahwa masih banyak kekurangan dari penelitian saya oleh karena itu saya berharap akan ada yang melanjutkan penelitian di atas untuk membuat produk Small turbin angin sumbu vertical yang layak di pergunakan untuk banyak orang dan dapat menguntungkan bagi banyak pihak. dan beberapa saran atau tema untuk penelitian lanjutan dari produk di atas:
 - a. Analisis berat pada Small turbin angin tipe vertical
 - b. Analisis penyimpanan daya terhadap baterai
 - c. Analisis kebutuhan Small turbin angin tipe vertical terhadap 1 buah rumah
- 2) Dari hasil penelitian menunjukan kecepatan angin di Indonesia tidak stabil dan tidak kencang maka dari itu dapat di simulasikan di tempat yang memiliki kecepatan angin yg tinggi dan cukup stabil seperti di pesisir laut, dan di ketinggian.

DAFTAR PUSTAKA

- Canra, D., Haris, E., & Rahmi, M. (2018). Analisa Aliran Angin Pada Sudu Turbin Angin Savonius Tipe-U Berbasis Software. Jurnal Teknologi Terapan. Politeknik Negeri Indramayu, 4(2), 93-101.
- Ficki, M. A., Kardiman, K., & Fauji, N. (2022). Simulasi Beban Rangka Pada Mesin Penggiling Sekam Padi Menggunakan Perangkat Lunak. Rotor, 15(2), 44-52.

Fitri, S. N., & Azis, F. (2021). Rancang Bangun Turbin Vertikal Axis Pada PLTB. Joule (Journal of Electrical Engineering), 2(1), 76-80.

Ismail, I., Pane, E., & Triyanti, T. (2017). Optimasi perancangan turbin angin vertikal tipe darrieus untuk penerangan di jalan tol. Prosiding Semnastek.

Lee, K. Y., Tsao, S. H., Tzeng, C. W., & Lin, H. J. (2018). Influence of the vertical wind and wind direction on the power output of a small vertical-axis wind turbine installed on the rooftop of a building. Applied Energy, 209, 383-391.

Mahmuddin, F., Klara, S., Pawara, M. U., & Akhir, A. Y. (2019). Studi Performa Vertical-Axis Wind Turbine (VAWT) Sebagai Pembangkit Energi Listrik Pada Floating Platform. Sensistek: Riset Sains dan Teknologi Kelautan, 9-17.

Muammar Ibnu Rafik. (2022). Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Dengan Metode VDI 2221.

Muchid, M., Suwondo, A. J., & Hardjoko, E. (2018). Analisa Static Pada Mesin Penghalus Roll Conveyor Menggunakan Solidwork. senias, 123-128.

Ridwan, R., & Latief, A. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Terhadap Distribusi Kecepatan Dan Tekanan. Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa, 24(2), 141-151.

Sirajul Munir. (2022, oktober 04). Analisis Arah dan Kecepatan Angin Bulan September 2022.
<https://iklim.sumsel.bmkg.go.id/analisis-arahan-dan-kecepatan-angin-bulan-september-2022/>

Sungkono, I., Irawan, H., & Patriawan, D. A. (2019, September). Analisis Desain Rangka Dan Penggerak Alat Pembulat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork. In Prosiding Seminar Nasional Sains dan

Teknologi Terapan (Vol. 1, No. 1, pp. 575-580).

Wijianti, E. S., Saparin, S., & Setiawan, Y. (2019). Turbin Angin Savonius Empat Sudu Dengan Variasi Model Profil Sebagai Media Belajar Mahasiswa. Machine: Jurnal Teknik Mesin, 5(2), 57-61.