

RANCANG BANGUN VERTICAL AXIS WIND TURBINE (VAWT) DENGAN PENDEKATAN METODE *ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT* (EFD)

Muhammad Agung Setyawan^{1,a}, Ong Andre Wahyu Riyanto^{2,b}, Slamet Riyadi^{3,c}, Ampar Jaya Suwondo^{4,d} dan Onny Purnamayudhia^{5,e}
Program Studi Teknik Industri, Universitas Wijaya Putra^{1,2,4,5}
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Wijaya Putra³
Jl. Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia^{1,2,3,4,5}

^cslametriyadi@uwp.ac.id

Abstrak

VAWT adalah turbin angin sumbu vertikal yang gerakan poros dan rotornya sejajar dengan arah angin. Sehingga VAWT dapat bergerak tanpa bergantung pada arah angin. Selain itu VAWT juga dapat bergerak pada kecepatan angin rendah dan menghasilkan listrik karena VAWT memiliki torsi yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah VAWT dirancang dengan menggunakan Metode *Ergonomic Function Deployment* dengan menggunakan tabel *House of Ergonomic*. Hasil penelitian didapatkan sebuah rancangan VAWT yang ergonomis dengan menggunakan 6 sudu dengan skala pipa paralon 8 dim setelah melalui *screening* dan *selecting concept* pada table morphological chart.

Kata Kunci: Angin, Vertical Axis Wind Turbine, Ergonomi Function Deployment, House of Ergonomics.

Abstract

VAWT is a vertical axis wind turbine whose shaft and rotor motion is parallel to the direction of the wind. So the VAWT can move without depending on the wind direction. In addition, the VAWT can also move at low wind speeds and generate electricity because the VAWT has high torque. The purpose of this research is that the VAWT is designed using the *Ergonomic Function Deployment Method* using the *House of Ergonomic* table. The results obtained an ergonomic VAWT design using 6 blades with a paralon pipe scale of 8 dim after going through *screening* and *selecting concepts* on the morphological chart table.

Keywords: Wind, Vertical Axis Wind Turbine, Ergonomics Function Deployment, House of Ergonomics.

Pendahuluan

Semakin menipisnya cadangan energi fosil yang diakibatkan oleh aktivitas manusia serta penggunaan berbagai mesin yang menggunakan energi fosil membuat manusia harus memikirkan pilihan alternatif demi keberlangsungan hidup dimasa depan. Maka daripada itu diperlukan pencarian sumber energi baru terbarukan yang ramah terhadap lingkungan. Energi terarukan berasal dari hal-hal seperti angin, air, sinar matahari, dan biogas.

Dari beberapa energi yang tersedia, angin merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dimiliki oleh semua orang. Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini. Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti memompa air untuk irigasi, menghasilkan listrik, mengeringkan atau memotong tanaman, mengaerasi tambak ikan atau udang, mendinginkan ikan di kapal nelayan, dll. Selain itu, dibandingkan dengan energi air, energi angin dapat digunakan dimanapun didaerah yang landai maupun dataran tinggi, bahkan di laut.

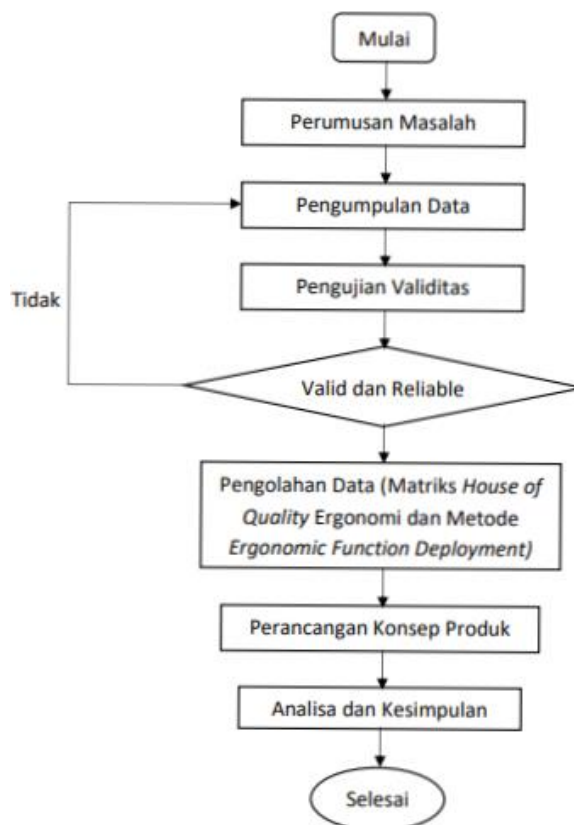
Turbin angin adalah peralatan yang digunakan dalam sistem konversi energi angin (SKEA). Fungsi turbin angin mengubah energi angin menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Ada banyak jenis desain turbin angin. Menurut bentuk rotornya, turbin angin dibedakan menjadi dua jenis, yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal.

Turbin Angin Sumbu Vertikal (VAWT) salah satu solusi alat yang bisa menghasilkan listrik. Turbin angin vertikal (VAWT) sangat cocok digunakan di perkotaan, karena karakteristik VAWT dapat bergerak tanpa bergantung pada arah angin yang sesuai dengan karakteristik angin perkotaan.

Untuk memenuhi kebutuhan dan ekspektasi konsumen maka diperlukan metode *ergonomic function deployment* (EFD). Oleh karena itu peneliti akan menggunakan metode *ergonomic function deployment* (EFD) untuk mengetahui kebutuhan konsumen.

Metode Penelitian

Metode Kuesioner ini diperlukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, maka dari itu sebelum memulai proses pembuatan dan perancangan alat dibutuhkan desain yang tepat guna dari hasil kuesioner tersebut. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *ergonomic function deployment* (EFD). Dengan bagan tahapan sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan tahapan penelitian

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan dari hasil kuesioner yang didapat maka data tersebut digunakan untuk membentuk matriks *house of ergonomic* yang terdiri dari *planning control*, spesifikasi teknik produk, *relationship*, *technical correlation*, *technical matriks*. Sedangkan atribut suatu produk diturunkan berdasarkan aspek-aspek ergonomis ENASE. Sebagai berikut merupakan tabel atribut produk.

Tabel 1. Atribut Produk

No.	Aspek Ergonomis	Definisi	Atribut Penelitian
1.	Efektif	Tercapainya target atau tujuan yang sudah direncanakan dengan waktu yang cepat	Dimensi VAWT
			Penggunaan VAWT
			Menghasilkan listrik sesuai kebutuhan
2.	Nyaman	Kondisi yang terhindar dari kecemasan / Kegelisahan	Sudu tidak bising ketika digunakan
			Nyaman saat digunakan
3.	Aman	Bebas dari bahaya	Stabil saat digunakan
			Tidak mudah korsleting
4.	Sehat	Terhindar dari gangguan kesehatan / penyakit	Material yang digunakan tidak mengandung racun
5.	Efisien	Target atau tujuan tercapai dengan upaya yang minim	Mudah saat dioperasikan
			Mudah dalam perawatan

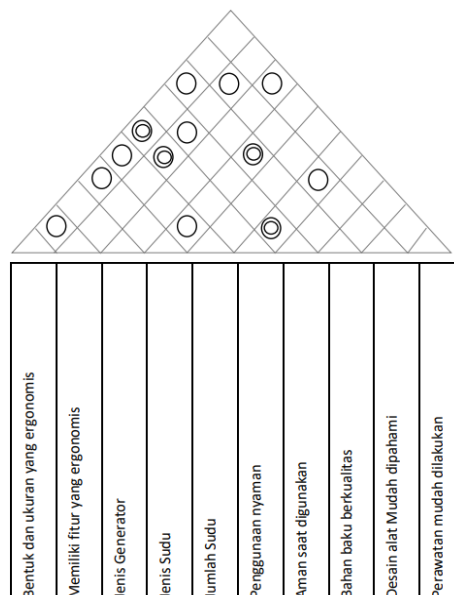
Setelah itu berdasarkan atribut produk tersebut maka peneliti Menyusun 10 pertanyaan untuk form kuesioner yang disebarkan kepada responden. Dengan adanya metode kuesioner ini peneliti dapat Menyusun matriks *House of Ergonomics* (HOE) yang terdiri dari dari *planning control*, spesifikasi teknik produk, *relationship*, *technical correlation*, *technical matriks*.

Setelah menentukan aspek –aspek dari EFD, maka hasil yang dimuat dalam semua tabel dibawah seluruhnya disusun dalam *House of Ergonomics* secara terpisah dengan matriks kebutuhan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. House of Ergonomics

Product requirement	Product Chararistic										Importance to Customer	Customer Satisfaction Performance	Goal	Improvement Ratio	Sales Point	Raw Weight	Normalized Raw Weight
	Bentuk dan ukuran yang ergonomis	Memiliki fitur yang ergonomis	Jenis Generator	Jenis Sudu	Jumlah Sudu	Penggunaan nyaman	Aman saat digunakan	Bahan baku berkualitas	Desain alat Mudah dipahami	Perawatan mudah dilakukan							
Dimensi VAWT	○	△							○		4,63	3,31	4,63	1,398	1,5	9,70	0,112
Penggunaan VAWT	○	○		△	△	○					4,73	3,36	4,73	1,407	1,5	9,98	0,116
Menghasilkan listrik sesuai kebutuhan			○				○		△		3,94	3,10	3,94	1,270	1,5	7,50	0,087
Sudu tidak bising ketika digunakan		○		○	○	○			△		4,57	3,15	4,57	1,450	1,5	9,93	0,114
Nyaman saat digunakan						○	○		○		4,68	4,05	4,68	1,155	1,5	8,10	0,093
Stabil saat digunakan		○				○	○		△		4,63	3,00	4,63	1,543	1,5	10,71	0,123
Tidak mudah korsleting			○			○	○	○	△		4,26	3,21	4,26	1,327	1,5	8,47	0,098
Material yang digunakan tidak mengandung racun				△	△		○	○			4,47	3,89	4,47	1,149	1,5	7,70	0,089
Mudah saat dioperasikan		○							○	△	3,47	2,94	3,47	1,180	1,5	6,14	0,070
Mudah dalam perawatan						△	△			○	4,57	3,78	4,57	1,208	1,5	8,28	0,096
Contribution	1,26	2,05	1,26	1,01	1,01	3,21	3,21	1,26	2,05	0,83							
Normalize Contribution	0,07	0,11	0,07	0,05	0,05	0,18	0,18	0,07	0,11	0,04							
Prioritas	5	3	7	9	8	1	2	6	4	10							

Tabel 3. Matriks Kebutuhan



Morphological Chart

Pada *morphological chart* ditampilkan pengembangan konsep-konsep produk dari beberapa alternatif yang berisi kombinasi dan berbagai kemungkinan solusi untuk membentuk produk yang berbeda atau bervariasi. Alternatif konsep produk ini dikembangkan menjadi maksimum 3 pencapaian alternatif konsep produk yang dapat saling dikombinasi. Pada tabel ditampilkan *morphological chart* untuk VAWT yang dirancang.

Tabel 4. *Morphological Chart*

Part Response	Cara mencapai spesifikasi teknis		
	1	2	3
Tinggi kerangka	500 cm	800 cm	1300 cm
Ampere Dinamo	12V 40A	12V 70A	12V 75A
Bahan baku sudu	Pipa paralon 4 dim	Pipa paralon 6 dim	Pipa paralon 8 dim
Jumlah Sudu	3	6	6
Jenis Cat	-	Cat Duco	Cat Duco
Jenis Besi	Siku Lubang	Hollow	Siku
Jenis Penyimpanan Listrik	Accu 12V 10Ah	Accu 12V 10Ah	Accu 12V 10Ah
Part Penghubung	Mur dan Baut	Las	Las
Jenis Bahan Baku	Aluminium	Aluminium	Aluminium

Screening Concept

Screening concept merupakan tahapan penilaian terhadap konsep-konsep produk yang mungkin muncul dari *morphological chart* yang ditampilkan pada table. Penilaian ini dilakukan dengan mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan VAWT saat ini dibandingkan dengan 3 alternatif perancangan VAWT dalam penelitian ini. Pada tabel 5. ditampilkan hasil *screening concept* untuk VAWT terhadap 3 alternatif konsep produk.

Tabel 5. *Screening Concept*

Kriteria Penilaian	Konsep		
	1	2	3
Dimensi VAWT	+	+	+
Penggunaan VAWT	-	+	+
Menghasilkan listrik sesuai kebutuhan	-	+	+
Sudu tidak bising ketika digunakan	+	-	+
Nyaman saat digunakan	+	+	+

Stabil ketika digunakan	0	0	0
Tidak mudah korsleting	0	0	0
Material yang digunakan tidak mengandung racun	+	+	+
Mudah saat dioperasikan	+	+	+
Mudah dalam perawatan	+	+	+
Jumlah +	6	7	8
Jumlah -	2	1	0
Jumlah 0	2	2	2
Nilai	4	6	8
Peringkat	3	2	1

Selecting Concept

Selecting concept digunakan untuk penilaian dan penentuan alternative konsep produk berdasarkan bobot masing-masing dari atribut penelitian produk. Seperti pada tabel berikut ini.

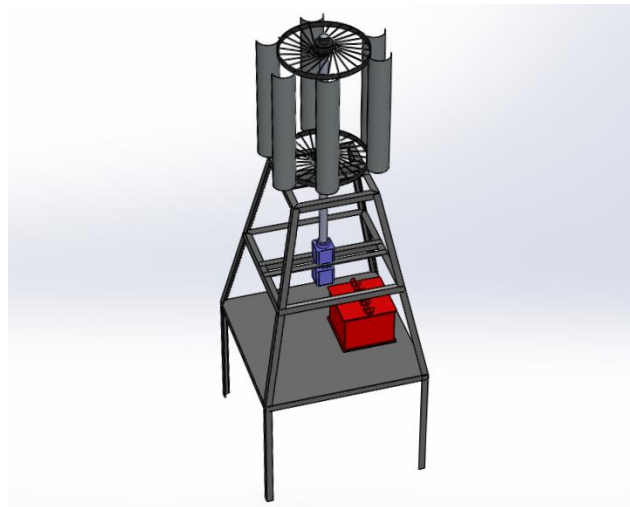
Tabel 6. *Selecting concept*

Kriteria penilaian	Bobot (%)	Alternatif					
		1	Score	2	Score	3	Score
Stabil ketika digunakan	12,3	5	0,615	5	0,615	5	0,615
Penggunaan VAWT	11,6	5	0,580	5	0,580	5	0,580
Sudu tidak bising ketika digunakan	11,4	3	0,342	3	0,342	3	0,342
Dimensi VAWT	11,2	3	0,336	4	0,448	5	0,560
Tidak mudah korsleting	9,8	4	0,392	4	0,392	4	0,392
Mudah dalam perawatan	9,6	4	0,384	4	0,384	4	0,384
Nyaman saat digunakan	9,3	5	0,465	5	0,465	5	0,465

Material yang digunakan tidak mengandung racun	8,9	4	0,356	4	0,356	4	0,356
Menghasilkan listrik sesuai kebutuhan	8,7	4	0,348	4	0,348	4	0,348
Mudah saat dioperasikan	7,0	5	0,350	5	0,350	5	0,350
Score		4,168		4,280		4,392	
Peringkat		3		2		1	

Konsep Desain Alat Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

Alternatif yang terpilih untuk produk VAWT berdasarkan *screening* dan *selecting concept* adalah alternatif 3. Pada rancangan alternatif 3 ini, dengan menggunakan Pipa paralon 8 dim diharapkan dapat mencakup angin dalam skala besar sehingga kecepatan pada putaran poros dapat menghasilkan arus listrik yang maksimal pada dinamo.



Gambar 2. Desain VAWT terpilih

Berikut spesifikasi lengkap untuk VAWT alternatif 3 yang terpilih berdasarkan part response dalam morphological chart yang ditampilkan pada table berikut.

Tabel 7. Spesifikasi lengkap desai VAWT terpilih

Part Response	Spesifikasi Alternatif 3
Tinggi kerangka	1300 cm
Ampere Dinamo	12 V 75 A
Bahan baku sudu	Pipa Paralon 8 dim

Jumlah sudu	6
Jenis cat	Cat Duco
Jenis Besi	Siku
Jenis penyimpanan listrik	Accu 12 V 10 Ah
Part penghubung	Las
Jenis bahan baku	Aluminium

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian Perancang *Vertical Axis Wind Turbine* yang menggunakan *Metode Ergonomic Function Deployment (EFD)*:

1. Atribut desain *Vertical Axis Wind Turbine* dengan menggunakan pendekatan metode *Ergonomic Function Deployment (EFD)* dimana memperhatikan aspek-aspek ergonomic, yaitu: ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, dan Efisien) yang difokuskan pada 10 variabel tingkat kepentingan pengguna yaitu (1) Dimensi VAWT, (2) Penggunaan VAWT, (3) Menghasilkan listrik sesuai kebutuhan, (4) Sudu tidak bising ketika digunakan, (5) Nyaman saat digunakan, (6) Stabil ketika digunakan, (7) Tidak mudah korsleting, (8) Material yang digunakan tidak mengandung racun, (9) Mudah saat dioperasikan, (10) Mudah dalam perawatan.
2. Dengan menggunakan *morphological chart* diperoleh 3 alternatif konsep desain VAWT. Dimana 3 alternatif konsep tersebut setelah melalui proses *screening* dan *selection concept* diperoleh hasil nilai total alternatif 1, 2, dan 3 secara berturut-turut adalah 4,168; 4,280; 4,392. Oleh sebab itu berdasarkan nilai tertinggi maka dipilih alternatif 3 untuk perancangan produk *Vertical Axis Wind Turbine* dengan pendekatan metode *Ergonomic Function Deployment (EFD)*.

Daftar Pustaka

- [1] Junaidin, B. (2017). Perancangan Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Skala Kecil. *J.Ilm. Bid. Teknol. ANGKASA*, 9(2), 10.
- [2] Lianda, J., & Zulkifli, Z. (2016, November). Rancang Bangun Vertical Wind Axis Turbin (VWAT) Dua Tingkat. In Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri.
- [3] LIANSARI, G. P., FEBRIANTI, A., & GT, P. A. T. (2018). Usulan Rancangan House Of Ergonomic (Hoe) Produk Interior Toilet Gerbong Kereta Penumpang Kelas Ekonomi Menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment (Efd). *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 12(1), 328395.
- [4] Maulana, Y., & Sidiq, A. Perancangan Vertical Axis Wind Turbine (Vawt) Jenis Straight Blade.
- [5] Maulana, Y., & Astuti, K. Y. (2019). Studi Eksperimen Turbin Angin Bersumbu Vertikal Untuk Pju (Penerangan Jalan Umum). *Prosiding Hasil-Hasil Penelitian Tahun 2019 Dosen-Dosen Universitas Islam Kalimantan*.
- [6] Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2017). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal Lenz2 Portabel. *Prosiding SENIATI*, B70-1.

- [7] Saputra, M., Kurniawan, R., & Munawir, A. (2019). Rancang Bangun Turbin Angin Skala Kecil Untuk Kawasan Kampus Univ. Teuku Umar. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 5(1).
- [8] Sumarno, F. G., Margana, M., Devi, B. M., Meitanti, D., & Rizaldy, D. (2020, December). Studi Karakteristik Turbin Angin Savonius Bertingkat Dengan Sudut 120° Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 1, No. 1, pp. 359-373).
- [9] Syahyuniar, R., Ningsih, Y., & Herianto, H. (2018). Rancang Bangun Blade Turbin Angin Tipe Horizontal. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 28-34.