



Pemilihan Material Dan Desain Poros Pada Turbin Angin Double Pillar Savonius-Darrieus

Erwin^{1*}, Kurnia Nugraha¹, Slamet Wiyono¹, Fendi Ferdiansyah¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Soedirman KM.3 Cilegon 42435, Indonesia

*Email Penulis: erwin@untirta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

NaskahDiterima 08/12/2017
NaskahDirevisi 08/12/2017
NaskahDisetujui 08/12/2017
Naskah Online 08/12/2017

ABSTRAK

Poros pada turbin angin hybrid savonius – darrieus merupakan salah satu komponen penting memiliki fungsi untuk meneruskan daya yang dihasilkan oleh turbin angin ke generator. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan material yang mampu menahan gaya turbin, tahan korosi, memiliki massa yang ringan serta memiliki nilai ekonomis. Pada pemilihan material penelitian ini, terdapat dua metode, yaitu metode kualitatif ashby dengan menggunakan software CES Edupack. Setelah mendapatkan beberapa kandidat material, pemilihan menggunakan metode kuantitatif Digital Logic dan Cost Per Unit Property. Pemilihan berdasarkan metode tersebut, terpilihlah material aluminium alloy 6061 dan untuk profil poros, didapatkan profil berupa rectangular hollow. Untuk simulasi yang dilakukan pada material, didapat hasil tegangan terkecil bernilai 6.375 N/m² dan nilai tegangan yang terbesar bernilai 4.66681e+007 N/m², sedangkan untuk faktor keamanan poros, adalah 5.89.

Kata kunci: Poros turbin angin, turbin angin savonius darrieus, material selection

1. PENDAHULUAN

Adapun penelitian ini bertujuan untuk pengaplikasian energi angin yang nantinya diharapkan menjadi energi alternatif di Indonesia, khususnya di Banten.

Fokus penelitian ini ditujukan untuk menghasilkan salah satu komponen turbin angin, yaitu poros yang memenuhi kebutuhan. Adapun tujuan diharapkan pada penelitian ini. Adalah dapat memilih dan merekomendasikan material dan bentuk poros tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode asbhy, yaitu menggunakan software material selection, dengan terlebih dahulu menentukan material index-nya, yang berguna untuk screening material awal, dan hasil yang disajikan adalah dalam bentuk grafik. Metode yang kedua yang digunakan adalah dengan metode Mahmoud faraq, yaitu dengan menggunakan metode digital logic, metode ini

merupakan metode sistematis dimana dilakukan untuk memilih material-material yang terpilih.

2.1 Metode kualitatif

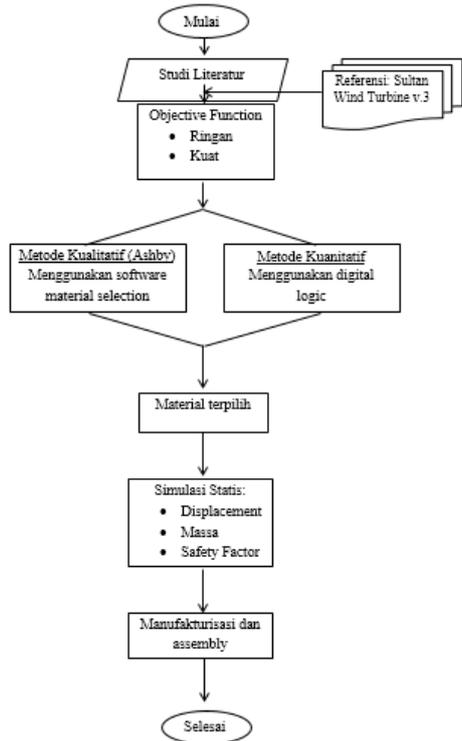
Metode ini mengikuti langkah-langkah atau prosedur dalam pemilihan material, lalu dikhususkan menggunakan software Ces edupack. Pada bab ini akan dijelaskan langkah langkah pemilihan material dengan menggunakan software Ces edupack versi 2005.

2.2 Metode Digital logic

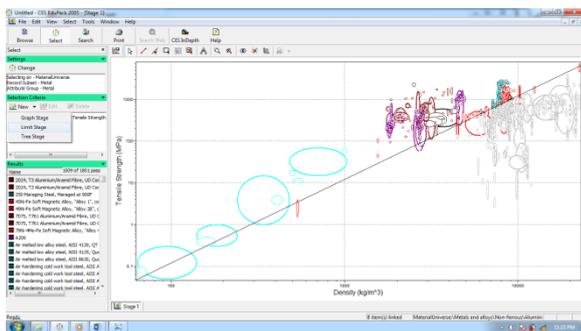
Dengan pendekatan metode digital logic sebagai sarana pendukung langkah untuk pemilihan material poros dan memilih berbagai kombinasi sifat atau tujuan kinerja yang dibutuhkan, hanya 'ya' atau 'tidak' untuk keputusan setiap penilian. Untuk menentukan kepentingan relatif dari masing-masing sifat yang dibutuhkan, dan cara menyajikannya dengan membuat tabel, untuk mencantumkan dalam kolom sebelah kiri, kemudian untuk kolom sebelah kanan adalah hasil perbandingan antara sifat yang paling dipentingkan

seperti tabel 1. Dalam membandingkan dua sifat dari tujuan kinerja.

Tujuan yang lebih dipentingkan diberikan angka satu (1), dan kurang penting diberikan angka nol (0), seperti yang ditampilkan pada table 1. Jumlah keputusan yang diinginkan $\{N = n(n-1)/2\}$, dimana n adalah jumlah sifat atau tujuan dalam pertimbangan. lalu untuk menemukan material yang cocok diaplikasikan pada desain. Kemudian untuk weighting factors/faktor bobot dinyatakan (α), yaitu diperoleh dari nilai setiap jumlah tujuan/keputusan (m), dibagi dengan nilai jumlah keputusan yang diinginkan (N).



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Kandidat material yang terpilih

Tabel 1. Digital logic

Sifat Yang Diperlukan	JUMLAH KEPUTUSAN YANG DIINGINKAN $[N=n(n-1)/2]$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tensile Strength	0	1	1	0						
Yield Strength	1				1	1	0			
Young Modulus		0			0			1	0	
Density			0			0				1
Toughness				1			1		1	0
TOTAL NUMBER OF POSITIVE DECISIONS										

Tabel 2. Faktor bobot

No	Sifat	Jumlah Keputusan	Faktor Bobot (α)
1	Tensile Strength	2	0.2
2	Yield Strength	3	0.3
3	Young Modulus	1	0.1
4	Density	1	0.1
5	Toughness	3	0.3
Total		10	1

Setelah menentukan sifat dari tujuan yang diperlukan, lalu membandingkannya, yaitu menentukan tujuan yang paling dipentingkan.

Langkah selanjutnya ialah mencari performance index dari material yang telah terpilih, tujuan adalah mengetahui nilai kinerja dari material yang terpilih dan nilai yang paling tinggi yang di ambil. Sebelum nilai performance index didapat, terlebih dahulu mencari sifat-sifat skala calon material yang terpilih. Adapun sifat-sifat tersebut merupakan tujuan yang diperlukan/diinginkan. Nilai dari masing-masing sifat yang dipakai tersebut sesuai dengan material yang terpilih. Dimana mengetahui skala sifat tersebut dilakukan dengan menghitung tiap-tiap sifat dari material terpilih. Rumus untuk menghitung sifat skala dan disajikan dalam bentuk tabel.

$$\text{sifat skala} = \frac{\text{angka nilai properti } X \text{ 100}}{\text{nilai maksimum dalam daftar sifat material}}$$

Untuk mengetahui nilai skala sifat densitas menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{sifat skala} = \frac{\text{nilai minimal dalam daftar sifat material } X \text{ 100}}{\text{nilai numerik properti}}$$

Dan untuk cari performance index material

$$\text{Performance index, } \gamma = \sum_{i=1}^n \beta_i \alpha_i$$

β sifat skala, α faktor bobot, i dijumlahkan semua sifat n terkait, atau dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini

$$\text{Performance index} = (1x \alpha_1) + (2x \alpha_2) + (3x \alpha_3) + (4x \alpha_4) + (5x \alpha_5)$$

Ket: penomoran digunakan untuk symbol dari sifat-sifat yang dipakai, penomoran tersebut sesuai dengan letak pada tabel. Nilai faktor bobot (α) dari poros dalam jurnal ini, ($\alpha_1=0.2$), ($\alpha_2=0.3$), ($\alpha_3=0.1$), ($\alpha_4=0.1$), ($\alpha_5=0.3$).

Tabel 3. Nilai Sifat Skala dan Performance Index

No	Calon Material	1	2	3	4	5	Performance Index	Rank
1	Aluminium Alloy 6061	33	31	23	39	66	42	4
2	Beryllium	39	27	100	20	96	57	2
3	Magnesium Alloy	31	25	15	27.6	100	48	3
4	Titanium Alloy	100	100	38	100	40	76	1

$$Cost\ of\ unit\ stiffness = \frac{C \cdot \rho}{E}$$

C=relative cost, ρ=densitas, E=young's modulus

Performance index memperlihatkan bahwa kemampuan teknis material tanpa memperhatikan biaya. Hal ini juga penting untuk mempertimbangkan biaya untuk material sebelum membuat desain akhir atau peringkat. Oleh karena itu dalam metode digital logic, dimana hasil akhirnya adalah melihat dari nilai FOM (figure of merit) seperti terlihat pada tabel 3, dibenarkan nilai yang tertinggi itu adalah material inti. Dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini. Untuk menghitung nilai figure of merit (FOM) :

$$M = \frac{\gamma}{C}$$

γ = merupakan performance index
C = merupakan cost of unit strength

Tabel 4. Cost and figure of merit

No	Calon Material	Relative Cost	Cost of Unit Stiffness x 100	Performance Index	Figure of Merit	Rank
1	Aluminium Alloy 6061	1	3.92	42	10.7	1
2	Beryllium	24	14.61	57	3.9	2
3	Magnesium Alloy	5.5	21.63	48	2.2	3
4	Titanium Alloy	16.37	63.73	76	1.2	4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk harga material poros, mata uang yang dipakai untuk sumber adalah dollar, kurs mata uang dollar ke rupiah untuk tanggal 13 Juli 2017, yaitu Rp 13301 (\$1=Rp 13301), dari sumber tersebut harganya pun beragam, harga diambil yang termurah. Harga material tersebut digunakan untuk mengetahui nilai Relative Cost, Cost of Unit Stiffness, serta yang paling penting untuk mendapatkan nilai Figure of Merit (FOM).

Tabel 5. Harga Calon Material

Harga Calon Material					
No	Material	Harga dengan dollar/satuan berat	Harga/kg	Relative Cost	Rank
1	Aluminium Alloy 6061	USD 1635 per ton	IDR 23972	1	1
2	Beryllium S-200	USD 45 per kg	IDR 327470	24	4
3	Magnesium Alloy AZ-31B	USD 10 per kg	IDR 133010	5.5	2
4	Titanium Alloy	USD 29.5 per kg	IDR 392379	16.37	3

Nilai relative cost: $\frac{Rp\ 133010}{Rp\ 23972} = 5,5$

Dimana harga material termurah menjadi penyebut untuk mencari semua nilai relativity cost, sedangkan harga material yang lainnya menjadi pembilang.

Untuk kasus ini sifat yang diperlukan ialah stiffness/kekakuan, maka rumus yang digunakan sebagai berikut:

Untuk nilai working stress, dihitung dari nilai yield strength dengan menggunakan safety factor 3 yang disarankan (M.faraq). Dan untuk nilai relative cost per unit berdasarkan harga yang termurah per-kg, yaitu material aluminium.

Tabel 6. Karakteristik dan cost perunit strength untuk material calon poros

No	Calon Material	Tensile Strength (MPa)	Working Stress (MPa)	Relative Cost	Modulus Young	Density	Cost of Unit Stiffness
1	Aluminium Alloy 6061	310	103.33	1	68.9	2.70	0.0392
2	Beryllium	370	123.33	24	303	1.84	0.1461
3	Magnesium Alloy	290	96.67	5.5	45	1.77	0.2163
4	Titanium Alloy	950	316.67	16.37	113.8	4.43	0.6373

Dari beberapa aspek, terpilih material Aluminium Alloy 6061, yang direkomendasikan sebagai prototype untuk dijadikan Poros. Serta prototype tersebut digunakan untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan poros turbin angin.

Dari hasil analisis yang dilakukan material aluminium alloy 6061, bahwa nilai performance index atau kemampuan teknis material tanpa memperhatikan dalam segi biaya mempunyai nilai 42. Serta dari nilai figure of merit (FOM), yaitu hasil akhir dari penelitian ini, dimana nilai FOM memperlihatkan dalam segi pemanfaatannya serta segi ekonomis, material aluminium mendapatkan peringkat 1 dengan nilai tertinggi yaitu 10,7.

3.1 Analisa Kekuatan Material

Secara sistematis, analisa ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai tegangan maksimum, serta nilai displacement pada material aluminium alloy 6061. Dan dapat menyimpulkan aman atau tidak untuk diaplikasikan pada Poros turbin. Pada gambar 5 merupakan tampilan simulasi dengan solidworks, serta terdapat juga nilai tegangan maksimum dari material aluminium alloy 6061.

Untuk gaya pembebanan, didapat dari gaya angin yang bekerja pada turbin.

Mass = 17463.87 grams
Volume = 15141438.80 cubic millimeters
Surface area = 3466272.56 square millimeters

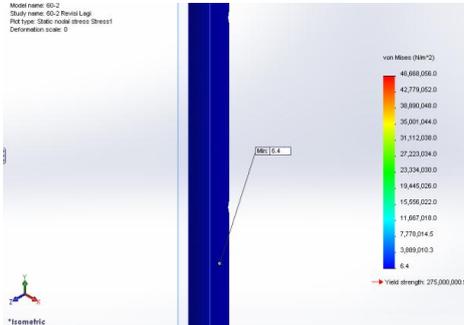
Gambar 3. Luasan Area Turbin

Gaya angin yang bekerja pada turbin

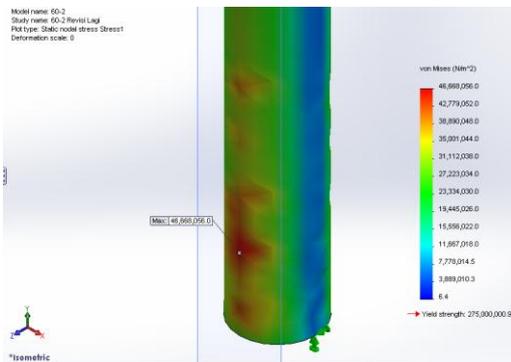
$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot 3.47 m^2 \cdot 0,544 \cdot (17,14 m/s)^2$$

$$= 332.74 N$$

Setelah didapat gaya yang bekerja pada poros, maka dilakukan simulasi FEA.



Gambar 4. Nilai Stress Terendah



Gambar 5. Nilai Stress Tertinggi

Pada gambar 4, merupakan hasil simulasi yang dilakukan dengan diberi gaya 332.74N, dan nilai tegang maksimum adalah 4.67E+07 N/m², serta nilai maksimum displacement material alumunium alloy 6061 adalah 25.43 mm.

Dapat disimpulkan dari simulasi yang dilakukan, bahwa material alumunium 6061 aman serta dapat diaplikasikan, karena nilai stress maksimum lebih kecil dari nilai yield strength material alumunium. Dan menurut pembahasan dari penggunaan solidworks, dimana nilai maksimum stress dari suatu material yang dianalisi lebih kecil, dengan nilai yield strength materialnya, maka dapat disimpulkan aman.

3.2 Pemuiaan Yang Terjadi Pada Material

Untuk mengetahui pemuiaan yang terjadi pada Aluminium Alloy 6061, pertama harus diketahui terlebih dahulu koefisien muai panjang pada material, untuk mengetahuinya bisa didapat dari tabel.

Tabel 7. Koefisien Muai Panjang Beberapa Material

Substance	Coefficient of linear thermal expansion, $\alpha (\times 10^{-6} / ^\circ C)$	Substance	Coefficient of linear thermal expansion, $\alpha (\times 10^{-6} / ^\circ C)$
Aluminum	25.0	Nickel	12.8
Brass	18.9	Silver	18.8
Copper	16.5	Steel	13.2
Glass (common)	8.5	Tin	20
Iron	11.7	Zinc	39.7
Lead	29.3	Ice	51

Dan untuk data suhu pada saat pengambilan data per tanggal 30 Juli – 1 Agustus 2017 adalah

MGG 30/07	SEN 31/07	SEL 01/08
Suhu Aktual 32°	Suhu Aktual 34°	Suhu Aktual 32°
Rata2 Historis 31°/23°	Rata2 Historis 31°/23°	Rata2 Historis 31°/23°

Gambar 6. Data Suhu Cilegon Pada Saat Pengambilan Data

Sehingga, diketahui:

$$\alpha = 0.000025 / ^\circ C$$

$$V_0 = 0.000911062 m^3$$

$$\gamma = 3\alpha = 3(0.000026 / ^\circ C) = 0.000078 / ^\circ C$$

$t_1 = 27^\circ C$ (suhu lingkungan); $t_2 = 34^\circ C$ (suhu pada saat pengujian)

$$\Delta t = (34 - 27)^\circ C = 7^\circ C$$

$$V_t = V_0(1 + \gamma \times \Delta t)$$

$$V_t = 0.000911062 m^3(1 + 0.000078 / ^\circ C \times 7^\circ C)$$

$$V_t = 0.000911062 m^3(1.0000702)$$

$$V_t = 0.00091 m^3$$

Sehingga, pemuiaan material yang terjadi pada poros adalah 0.00091 m³

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pemilihan material dengan menggunakan Metode Kualitatif Ashby dan Metode Digital Logic, maka dapat disimpulkan bahwa material yang cocok diaplikasikan pada Turbin Angin Savonius-Darrieus adalah Aluminium Alloy 6061 dengan material properties:

Densitas	: 2.7 g/cc
Tensile Strength	: 310 MPa
Yield Strength	: 276 MPa
Modulus Elastisitas	: 68.9 GPa

Dengan bentuk profil rectangular hollow dengan dimensi:

Diameter luar	: 60 mm
Ketebalan	: 2 mm
Panjang	: 2500 mm

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, Michael F. 2015. Material Selection In Mechanical Design Third Edition.
- Erwin, Akbar Ramadhan, Ratih Diah Andayani. Pemilihan Material Ring Pada Ilizarov Ring External Fixation.
- Farag, Mahmoud M. 2014. Materials and Process Selection For Engineering Design. CRC Press.
- Inex Metal Catalogue 2016.

- Pebriyana, Jaka. 2015. Pembuatan dan Uji Performa Sudu Darrieus Pada Prototype Sultan Wind Turbine V.3 Untuk Aplikasi Kecepatan Angin Rendah. Cilegon. Fakultas Teknik: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Irawan, Agustinus Purwa. 2009. Diktat Elemen Mesin. Jakarta. Fakultas Teknik. Universitas Tarumanegara.
- Kuncoro, Anggit Sri. 2015. Improving Sudu Savonius Untuk Mengatasi Deadband Sebagai Self Starting Turbin Angin Tipe Hybrid Darrieus Savonius. Cilegon. Fakultas Teknik: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Malaque, M. A., S. Dyuti. 2010. Material Selection of Bicycle Frame Using Cost Per Unit Property and Digital Logic Method. Kuala Lumpur. Department of Manufacturing and Materials Engineering: International Islamic University Malaysia.
- Sulistiawan, Eko. 2014. Analisa Kekuatan Struktur Ring External Fixation Lizarov. Cilegon. Fakultas Teknik. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.