

Perancangan dan Pembuatan *Prototype* Turbin Angin Archimedes

Eva Hertnacahyani Herraprastanti^{a*}, Muhammad Rifa'i^a, Hendri Suryanto^a

^aSekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1 Mentul Cepu, Blora

*E-mail: ev.hertna@gmail.com

Tentang naskah:

-diterima, 7 April 2023
-direview, 9 Juni 2023
-diterbitkan, 9 Juni 2023

Intisari

Angin adalah sumber energi yang tak terbatas sangat diharapkan dapat menjadi sumber energi pengganti atau energi alternatif. Pemanfaatan energi angin di Indonesia masih sangat sedikit, khususnya pemanfaatan dalam bidang pembangkit energi listrik. Printer 3 dimensi adalah teknologi mencetak menggunakan mesin printing khusus sehingga hasil yang didapatkan berbentuk 3D. Mesin printing tersebut memiliki kecanggihan khusus, yakni mampu mencetak benda, yang sama persis dengan gambar soft file - nya, dalam bentuk 3D Merancang Turbin Angin Archimedes menggunakan solidwork Membuat Turbin Angin Archimedes dengan printer 3 dimensi Mengetahui berapa kekuatan material dari prototype Turbin Angin Archimedes Desain turbin Archimedes mengambil bentuk seperti keong, dan sepiral Dengan ukuran poros diameter $\phi 12$ mm, dengan radius 4 mm dan jarak poros dengan sirip turbin 5,56 mm, panjang poros Turbin Angin Archimedes 135 mm waktu yang diperlukan untuk mencetak dimesin printer 3D yaitu 11 jam 4 menit, filament yang digunakan sebanyak 11.10m/88g menggunakan speed mul 60-60-100°C dan flow mul 100°C suhu yang digunakan untuk mengeprint Turbin Angin Archimedes dalam hal ini tegangan tegangan yang ditimbulkan sebesar $1,085e+006$ N/m² sedangkan tegangan yang diijinkan sebesar 2×10^9 N/m² sehingga komponen dipastikan aman karna tegangan yang timbul kurang dari tegangan diijinkan. turbin Angin Archimedes Dengan penjelasan diatas maka dinyatakan Turbin Angin Archimedes aman bekerja dengan baik untuk kekuatan materialnya.

Kata kunci:

Emisi gas buang, Metanol, Akselerasi, Konsumsi bahan bakar, Motor empat langkah

Abstract

Wind is an unlimited source of energy which is expected to be a substitute energy source or alternative energy. The use of wind energy in Indonesia is still very small, especially in the field of electricity generation. A 3-dimensional printer is a printing technology using a special printing machine so that the results obtained are in 3D form. The printing machine has a special sophistication, which is capable of printing objects, which are exactly the same as the soft file image, in 3D Designing the Archimedes Wind Turbine using solidwork Making the Archimedes Wind Turbine with a 3-dimensional printer Knowing the material strength of the prototype Archimedes Wind Turbine Turbine design Archimedes took the shape of a conch, and a spiral. With a shaft diameter of 12 mm, a radius of 4 mm and a shaft distance with turbine fins 5.56 mm, the length of the Archimedes Wind Turbine shaft was 135 mm, the time required to print on a 3D printer was 11 hours 4 minutes. , the filament used is 11.10m/88g using a speed mul 60-60-100°C and a flow mul 100°C the temperature used to print the Archimedes Wind Turbine in this case the voltage generated is $1.085e+006$ N/m² while the The allowable value is 2×10^9 N/m² so that the components are ensured to be safe because the stresses that arise are less than the tested stresses n. Archimedes Wind Turbine With the explanation above, it is stated that the Archimedes Wind Turbine is safe to work well for the strength of the material.

Keywords:

Archimedes Wind Turbine, 3D printer machine, material strength

1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi angin di Indonesia masih sangat sedikit, khususnya pemanfaatan dalam bidang pembangkit energi listrik. Ini dikarenakan minimnya pengetahuan masyarakat, tentang pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi pengganti atau energi alternatif. Oleh karena itu perlu ada terobosan buat pemanfaatan energi di masyarakat. Agar dapat meminimalisir biaya pengeluaran dalam rumah tangga dibutuhkan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan

tersebut yaitu dengan membuat alat pembangkit listrik tenaga angin Turbin Angin Archimedes. Turbin angin Archimedes merupakan salah satu turbin yang cocok diaplikasikan untuk kecepatan angin rendah hingga sedang Sumarno et al., (2020).

Dalam pembuatan suatu produk kita mencoba-coba berapa kebutuhan bahan yang diperlukan, sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama dengan hasil yang belum optimal. Pembuatan Turbin Angin Archimedes menggunakan printer 3 dimensi ini mencoba meminimalisir hal tersebut. Dengan printer 3 dimensi ukuran Turbin

Angin *Archimedes* bisa dicetak lebih presisi sehingga bisa mewakili model sebenarnya saat diujikan.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yang berjudul perancangan dan pembuatan *prototype* turbin angin *Archimedes* dengan menggunakan mesin printer 3 dimensi adalah merancang Turbin Angin *Archimedes* menggunakan solidwork, membuat Turbin Angin *Archimedes* dengan printer 3 dimensi, mengetahui berapa kekuatan material dari *prototype* Turbin Angin *Archimedes*.

Adapun manfaat yang di hasilkan dari penelitian ini antara lain energi angin bisa di manfaatkan menjadi sebagai pembangkit listrik dan Turbin Angin *Archimedes* juga bisa untuk pembangkit listrik dengan hemat energi.

2. Kerangka Teori

2.1 Teori Perancangan

Menurut Hertnacahyani & Santoso, (2020) Perancangan adalah kegiatan awal dari usaha merealisasikan suatu produk yang keberadaannya diperlukan oleh masyarakat untuk meringankan hidupnya. Setelah perancangan selesai, maka kegiatan yang menyusul adalah pembuatan produk. Kedua kegiatan tersebut dilakukan oleh kelompok dengan keahlian masing masing, yaitu perancangan dilakukan oleh tim perancang dan pembuatan produk oleh kelompok pembuat produk.

Kegiatan-kegiatan dalam proses perancangan dinamakan Fase. Fase-fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan yang lain, namun pada intinya terdiri dari

1. Didefinisikannya kebutuhan
2. Definisi proyek, analisis masalah, penyusunan spesifikasi teknis produk dan perencanaan proyek
3. Perancangan konsep produk
4. Perancangan produk
5. Penyusunan dokumen berupa gambar produk hasil rancangan dan spesifikasi pembuatan produk.

2.2 Turbin *Archimedes*

Turbin angin spiral *Archimedes*, yang merupakan konsep HAWT baru, dirancang menggunakan Prinsip spiral *Archimedes*. Tidak seperti HAWT tradisional, yang menggunakan gaya angkat untuk mengambil alih tenaga energi angin, turbin angin spiral *Archimedes* menggunakan gaya angkat dan gaya hambat. Spiral *Archimedes* turbin angin dapat memanfaatkan energi kinetik dari energi angin.

Pada tahun 2009, Timmer dan Toet melakukan fundamental penelitian untuk menguji potensi dan daya yang optimal dari angin spiral kecil *Archimedes* turbin. Efisiensi tertinggi yang diukur dalam penelitian mereka adalah 12%. Lu dkk (2009). Baru-baru ini dikembangkan metode perancangan sudu turbin angin spiral *Archimedes* dan melakukan simulasi numerik menggunakan ANSYS CFX v12.1.

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini :

$$P = V \times I \quad (1)$$

P = Daya Listrik

V = Tegangan Listrik Dengan Satuan Volt

I = Arus Listrik Dalam Satuan Ampere.

Daya listrik juga dapat dihitung dengan menggunakan hukum Ohm.

2.2 Komponen Mesin Printer 3 Dimensi

Printer 3 dimensi adalah sebuah proses untuk membuat atau mencetak benda padat atau 3 dimensi dari desain yang sudah tersedia dalam format digital dan dibuat ke dalam bentuk 3D yang tidak sekedar nampak secara kasat mata namun juga bisa disentuh langsung, bisa diraba dan memiliki volume tertentu. Komponen utama pada printer 3D antara lain: Papan *controller*, filamen, frame, *power supply unit*, *print bed*, *print bed surface*, *threaded rods*, *print head*.

3. Metodologi

Tahapan pembuatan *prototype* turbin angin Archimedes sebagai berikut :

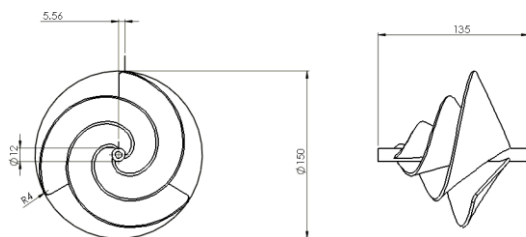
1. Membuat desain *prototype* turbin angin Archimedes Menggunakan Solidwork 2014
2. Mengkonversikan File Pada Solid Work Menjadi G-Code
3. Menginput G-Code ke software *slicer ultimaker cura*
4. Mencetak menggunakan printer 3D
5. *Prototype* Turbin Angin Archimedes
6. Memasang Turbin Angin Archimedes pada penyangga
7. Analisa dan kesimpulan

Adapun bahan yang digunakan dalam proses perancangan dan pembuatan *prototype* Turbin Angin Archimedes pada mesin printer 3D yaitu Filament PLA.

3.1 Desain *Prototype* Turbin Angin Archimedes

Desain turbin Archimedes mengambil bentuk seperti keong, dan sepiral. Dengan poros untuk perputarannya, hal yang menglatar belakangi pembuatan turbin turbin ini yaitu untuk membuat turbin dengan efisiensi yang diharapkan lebih lebih besar dengan skala pembuatan turbin sesuai dengan parameter digunakan di laboratorium sehingga kedepannya dapat dikembangkan menjadi turbin angin yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan nyata.

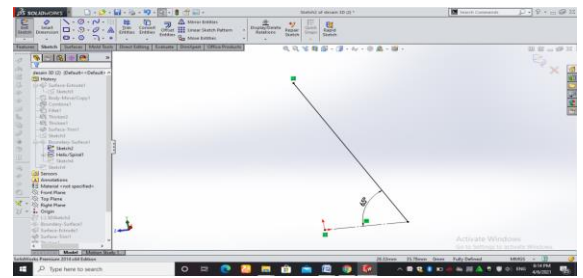
Dengan ukuran poros diameter $\phi 12$ mm, dengan radius 4 mm dan jarak poros dengan sirip turbin 5,56 mm, panjang poros Turbin Angin Archimedes 135 mm. Desain Turbin Angin Archimedes dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Turbin Angin Archimedes (dalam mm)

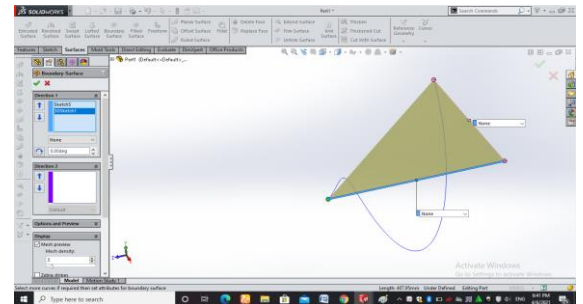
2.2 Langkah-langkah Pembuatan *Prototype* Turbin Angin Archimedes

Langkah Pertama Pembuatan line Turbin Angin Archimedes, dan penentuan sudut yang sudah di tetapkan.



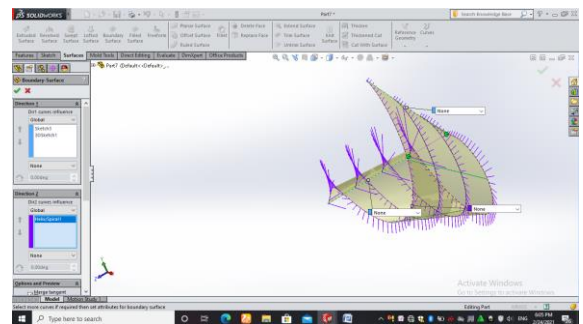
Gambar 2. Pembuatan line

Langkah kedua pembuatan sirip (Blade) dengan ukuran yang sudah ditentukan.



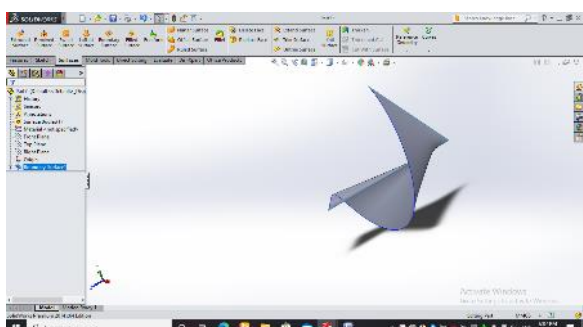
Gambar 3. Pembuatan Sirip (Blade)

Langkah ketiga pembuatan sirip (Blade) dengan cara menggunakan icon Spiral yang terdapat di Solid Work.



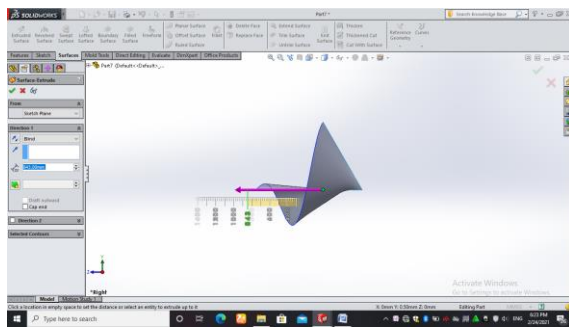
Gambar 4. Pembuatan Sirip Spiral

Langkah ke empat yaitu, menggabungkan antara line dengan sirip (Blade).



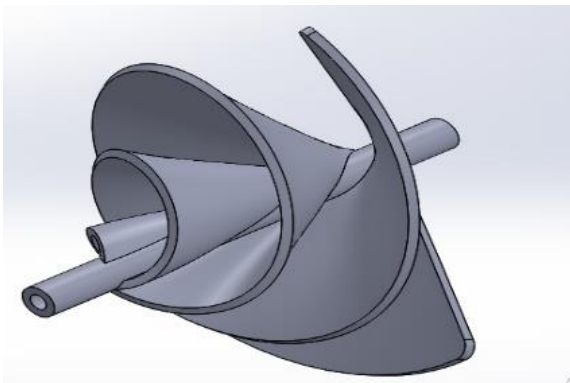
Gambar 5. Penggabungan Line Dengan Sirip (Blade)

Langkah kelima ialah pembuatan poros pada Turbin Angin Archimedes.



Gambar 6. Pembuatan Poros pada Turbin Angin Archimedes

Hasil akhir rancangan Turbin Angin Archimedes dapat dilihat pada gambar



Gambar 7. Desain Turbin Angin Archimedes

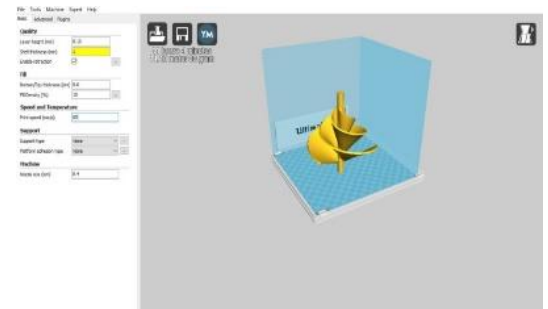
2.3 Menkonversikan File Pada SolidWorks Menjadi G-Code

Adapun langkah-langkah dalam proses input gambar desain ke *software ultimaker cura* adalah sebagai berikut:

1. Pertama klik draft lalu pindah penyimpanan ke file STL kedalam Cura
2. Sesuaikan Ukuran dengan mengeklik model dan kemudian tekan tombol tengah yang muncul dibagian bawah. Untuk model dengan ukuran yang lebih besar, akan memakan waktu percetakan yang lebih lama secara signifikan.
3. Putar model untuk meminimalkan *overhang* dan mengurangi *support*.
4. Periksa apakah model dicetak dengan baik yaitu dengan klik ikon jam pasir dikanan atas (*View Mode/Layers*). Kemudian *software* akan membentuk adukan beberapa saat untuk menghasilkan jalur nozzle yang tepat per lapisan. Gunakan *slider* untuk bergerak melalui lapisan dimulai dari bawah.
5. Jika model mengetahui *overshang*, aktifkan pengaturan *Print Support Structure*.
6. Pilih normal printing untuk detail atau *Fast Print* untuk menghemat waktu, sulit untuk menyadari perbedaan kualitas antara kualitas cetakan normal dan

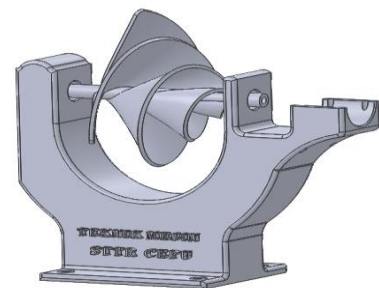
tinggi kecuali waktu cetak yang lebih cepat.

7. Sebelum mencetak peneliti harus mengatur suhu terlebih dahulu di mesin printer 3D dengan suhu sekitar 190°C .
8. Masukan SD Card untuk menyimpan model dan model telah siap untuk dicetak.
9. Mencetak model menjadi *prototype* Turbin Angin Archimedes.



Gambar 8. Menginput Desai Ke Ultimaker Cura

10. Memasang *Prototype* Turbin Angin Archimedes Pada Penyangga

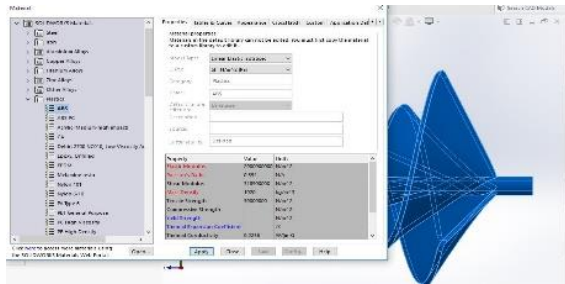


Gambar 9. Prototype Turbin Angin Archimedes yang Sudah Dipasang Pada Penyangga

2.4. Pengambilan Data Kekuatan Material Prototype Turbin Angin Archimedes

Langkah pertama peneliti memilih prosedur simulasi setelah itu klik *study advisor* dan klik *new study* nanti akan muncul pemilihan beban material yang digunakan. Untuk beban material yang digunakan yaitu beban *static* dikarenakan berat bendanya atau bebannya tetap, baik besar intensitasnya bekerja dan garis.

Selanjutnya klik di *default* turbin angin Archimedes untuk memilih material yang digunakan, lalu klik *apply* material setelah itu pilih material yaitu kategori plastik (ABS) untuk model type dalam table yaitu *Linear Elastic Isotropic* dengan satuan $\text{SI-N/m}^2(\text{pa})$ seperti pada gambar dibawah 10.



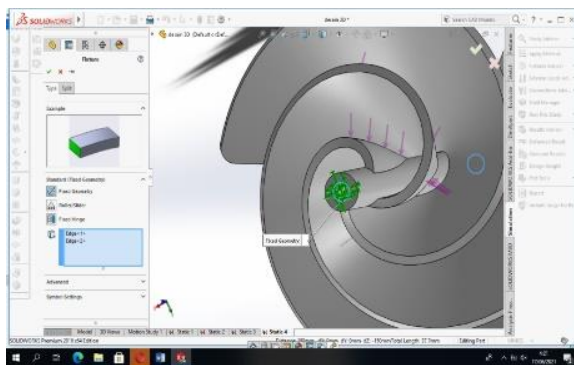
Gambar 10. Pemilihan Material

Adapun karakteristik material ABS disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik ABS

No	Property	Value	Units
1	Elastic Modulus	2000000000	N/m ²
2	Poisson's Ratio	0,394	N/A
3	Shear Modulus	318900000	N/M ²
4	Mass Density	1020	Kg/m ³
5	Tensile Strenght	30000000	N/m ²
6	Compressive Strenght		N/m ²
7	Yield Strength		N/m ²
8	Thermal Expansion Coefficient		/K
9	Thermal Conductivity	0,2256	W(m-k)

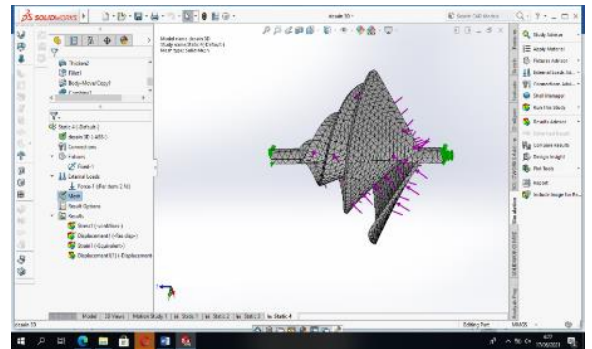
Langkah kedua peneliti memilih prosedur simulasi setelah itu klik *study advisor* dan klik *new study* nanti akan muncul pemilihan beban material yang digunakan. Untuk beban material yang digunakan yaitu beban *static* dikarenakan berat bendanya atau bebannya tetap, baik besar intensitasnya bekerja dan garis kerjanya tetap seperti gambar 11.



Gambar 11. Input Beban Static

Langkah selanjutnya *meshing*.

Meshing dilakukan sebelum proses simulasi. Proses *meshing* merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. *Meshing* mempengaruhi akurasi, kecepatan konvergensi dari solusi. Hasil dari proses *meshing* akan diperlihatkan pada gambar 12.



Gambar 12. Hasil Proses *Meshing*

Pada tahap selanjutnya yaitu pemberian *accelerations* (percepatan). Pemberian percepatan ini diletakkan pada penyangga Turbin Angin *Archimedes* dikarenakan komponen beban yang ditopang penyangga ini melakukan benda Turbin Angin *Archimedes* melakukan gerak dengan spiral.

2.5 Uji Kekuatan Material Turbin Angin Archimedes

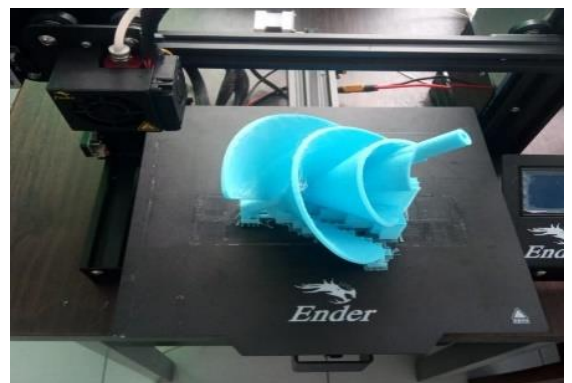
Dalam pengujian kekuatan material Turbin Angin *Archimedes* mendapatkan hasil dari tegangan material. Adapun dalam penelitian ini menghitung kekuatan material *Prototype* Turbin Angin *Archimedes*, dengan cara menggunakan rumus seperti pada rumus dibawah ini.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_e} = \frac{\text{tegangan luluh material} (N/m^2)}{\text{tegangan von mises maksimum} (N/m^2)} \quad (2)$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pencetakan *Prototype* Turbin Angin Archimedes Menggunakan Printer 3 Dimensi

Waktu yang diperlukan untuk mencetak dimesin printer 3D yaitu 11 jam 4 menit, filament yang digunakan sebanyak 11.10m/88g menggunakan speed mul 60-60-100°C dan flow mul 100°C suhu yang digunakan untuk mengeprint Turbin Angin

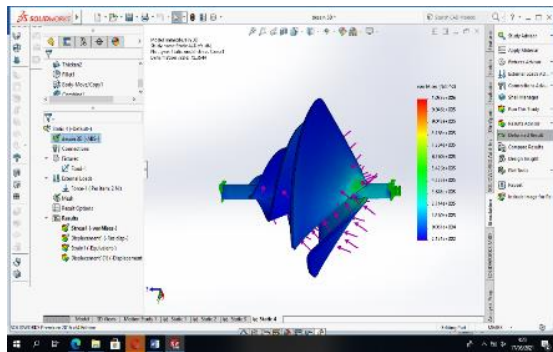


Gambar 13. Hasil Pencetakan Menggunakan Printer 3 Dimensi

Archimedes ini sekitar 190°C hasil pencetakan Turbin Angin *Archimedes* dapat dilihat pada gambar 13.

4.2 Hasil Uji Kekuatan Material Prototype Turbin Angin *Archimedes*

Hasil uji kekuatan material *prototype* Turbin Angin *Archimedes* dapat dilihat pada gambar



Gambar 14. Hasil uji kekuatan material *prototype* Turbin Angin *Archimedes*

Berdasarkan gambar 3 terlihat bahwa tegangan von mises maksimum ditunjukkan pada warna merah yaitu sebesar 1,085e+006 (N/m²) sedangkan von mises minimum ditunjukkan pada gambar warna biru yaitu sebesar 2,151e+002 (N/m²) tegangan luluh, material yang digunakan adalah plastic ABS yaitu sebesar 2x10⁹ N/m² yang dapat dilihat pada tabel 3.

Dalam hal ini tegangan yang ditimbulkan sebesar 1,085e+006 N/m² sedangkan tegangan yang diijinkan sebesar 2x10⁹ N/m² sehingga komponen dipastikan aman karna tegangan yang timbul kurang dari tegangan yang di iijinkan.

Adapun faktor keamanan (safety faktor) *prototype* Turbin Angin *Archimedes*

$$n = \frac{S_y}{\sigma_e} \frac{\text{tegangan luluh material (N/m}^2\text{)}}{\text{tegangan von mises maksimum (N/m}^2\text{)}}$$

$$n = \frac{2.10^9}{1,085 \times 10^6}$$

$$= 1.843 \text{ N/m}^2$$

Pada hasil Rekaputasi Turbin Angin *Archimedes* dengan nama komponen Turbin Angin *Archimedes*, dengan Tegangan maksimum 1,085e+006 (N/m²), dengan Tegangan Minumum 2,151e+ 002 (N/m²), dan Safety Faktor-nya 184,33 N/m², maka dinyatakan aman dikarenakan Safety Faktor nya lebih besar dengan Tegangan Maksimumnya dari komponen Turbin Angin *Archimedes*.

4.3 Pembahasan

Dalam *table* rekaputasi Turbin Angin *Archimedes* telah diketahui hasil rekaputasinya dari tegangan maksimum, tegangan minimum, *safety factor* apakah beban yang dihasilkan dari turbin tersebut dapat menghasilkan sebuah kekuatan material yang aman, yang cara kerja dengan putaran menggunakan angin dan turbin sudah benar-benar aman atau tidak maka dilihat dari *safety factor* untuk beban. Semakin besar faktor keamanan (*factor of safety*) yang didapat maka kekuatan beban Turbin Angin *Archimedes* juga semakin baik. Berdasarkan Turbin Angin *Archimedes* dari tegangan maksimum vs tegangan luluh telah diketahui hasilnya berdasarkan analisis tersebut didapatkan besar dari tegangan maksimum sebesar 1,085e+006 N/m² dengan ditandai warna merah yang bertuliskan max. Sedangkan tegangan minium sebesar 2,151e+002 N/m², dengan ditandai warna biru yang bertuliskan min, untuk tegangan luluh sebesar 2x10⁹ N/m². Sehingga dapat di simpulkan bahwa Turbin Angin *Archimedes* aman dikarenakan tegangan maksimum sebesar 1,085 N/m² lebih besar dari tegangan luluh sebesar 184,33 N/m².

5. Simpulan

Simpulan yang bisa diambil dari riset ini adalah :

1. *Prototype* Turbin Angin *Archimedes* telah dirancaang dengan software solid work 2016 dengan ukuran poros diameter ø12 mm, radius poros 4 mm, jarak poros dengan sirip turbin 5, 56 mm panjang poros 135 mm.
2. *Prototype* Turbin Angin *Archimedes* telah dibuat dengan mesin printer 3 dimesi type Anet A8 Prusa i3 Auto leveling.
3. Tegangan yang ditimbulkan sebesar 1,085e+006 N/m² sedangkan tegangan yang diijinkan sebesar 2x10⁹ N/m² sehingga komponen dipastikan aman karna tegangan yang timbul kurang dari tegangan yang di iijinkan, sedangkan Safety Faktor sebesar 184,33 N/m² lebih besar dari Tegangan Maksimum sebagai komponen Turbin Angin *Archimedes* dinyatakan aman.

Ucapan Terima Kasih

Pada penelitian ini penulis mengucapkan terimakasih kepada

Daftar Pustaka

Bono, Priyoatmojo, S., Haryono, A. A., &Febriyani, D. K. (2020). Rancang Bangun Turbin Angin Archimedes Spiral Dengan Tiga Blade Sebagai Penggerak Mula Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 16(1).

Darwin, Maulana, Ilham, M., & Mirza, R. (2018). . *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Blade Pada Turbin Angin Archimedes Spiral*, 8(2), 2301–8224.

Hertnacahyani, E., & Santoso, Eko Budi. (2020). *Desain Produk Menggunakan Aoutodeks Fusion 360*, 129.

Rifelino, & Andre, K. (2020). *Teknologi Printer 3D Untuk Meningkatkan Kreativitas Guru Sekolah Dalam Pembentukan Prototipe Media Pembelajaran*, 1(2), 45–51.

Sumarno, G. F., Supriyo, & Kristian, A. V. (2020). Rancang Bangun Turbin Angin Archimedes Dengan Dua Sudu. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 16(2), 49–59.