JTME (Jurnal Teknik Mesin dan Energi)
ISSN: 2460-5751 *E-Mail*: jtm@sttrcepu.ac.id

Rancang Bangun *Prototype* Penyangga Turbin Angin Archimedes

Eva Hertnacahyani Herraprastanti[a*], Dimas Agung Gumelar[a]

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

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

Tentang naskah:
-di terima, 29 Okt 2021
-direview, 29 Des 2021
-diterbitkan, 31 Des 2021

Intisari

Turbin Angin *Archimedes* merupakan turbin yang bekerja pada kecepatan aliran rendah yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik pada tingkat mikro. Turbin angin Archimedes sangat cocok apabila diaplikasikan pada dataran tinggi dan daerah yang lapang. *Prototype* penyangga turbin Angin *Archimedes* dirancang dan selanjutnya diuji kekuatan materialnya menggunakan software Solidworks 2018. Apabila desain cukup kuat dan aman selanjutnya dicetak menggunakan mesin printer 3 Dimensi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang serta mengetahui hasil kekuatan material pada penyangga Turbin Angin *Archimedes* yang diuji menggunakan *software Solidworks* 2018, serta membangun dengan mencetaknya menggunakan printer 3 Dimensi, material plastic PLA dengan tegangan tarik (*tensile stress*) sebesar 3 x 10^7 Newton. Pada simulasi diketahui bahwa *prototype* penyangga turbin angin *Archimedes* ini menopang turbin, poros, *bearing*, dan generator sebesar 2,3016 Newton. Berdasarkan teori von mises menyatakan bahwa bahwa akan terjadi luluh pada benda jika tegangan yang diterima benda tersebut melampaui kekuatan luluh benda tersebut. Hasil simulasi uji kekuatan material diketahui tegangan (*Von-mises*) maksimum sebesar 1,274 x 10^4, lebih kecil dari kekuatan luluh benda sebesar 3 x 10^7 Newton sehingga bisa dikatakan prototype tidak terjadi luluh. Adapun deformasi (*displacement*) yang dihasilkan sebesar 2,877 x 10^3 mm dan regangan (*strain*) sebesar 4,953 x 10^6 mm. Faktor keamanan (S*afety Factor*) pada rancangan ini sebesar 2354,8. sehingga bisa dikatakan *prototype* penyangga Turbin Angin *Archimedes* kuat dan aman.

Kata kunci:
Prototype, Penyangga, Turbin Angin Archimedes, printer 3D

Abstract

The Archimedes Wind Turbine is a turbine that works at low flow speeds that can be used to generate electricity at the micro level. Archimedes wind turbine is very suitable when applied to highlands and wide areas. The prototype of the Archimedes Wind turbine support was designed and then tested for the strength of the material using the Solidworks 2018 software. If the design is strong and safe enough, then it is printed using a 3 Dimensional printer. This study aims to design and determine the results of the strength of the material on the Archimedes Wind Turbine support which was tested using the Solidworks 2018 software, and to build it by printing it using a 3 Dimensional printer, PLA plastic material with a tensile stress of 3 x 107 Newton. In the simulation, it is known that the prototype of the Archimedes wind turbine supports the turbine, shaft, bearing, and generator of 2.3016 Newton. Based on the von Mises theory, it states that yielding will occur in an object if the stress received by the object exceeds the yield strength of the object. The results of the simulation of the material strength test show that the maximum stress (Von-mises) is 1.274 x 104, smaller than the yield strength of the object of 3 x 107 Newton, so it can be said that the prototype does not yield. The resulting deformation (displacement) is 2.877 x 103 mm and the strain is 4.953 x 106 mm. The safety factor in this design is 2354.8. so it can be said that the Archimedes Wind Turbine buffer prototype is strong and safe.

Keyword:
Prototype, Support, Archimedes Wind Turbine, 3D Printer

1. Pendahuluan

Pada saat ini perkembangan teknologi terus berkembang sangat pesat, dengan berjalannya waktu dan berkembangnya pola fikir manusia. Hal ini berdampak juga dengan dunia teknologi, karena itu dunia teknologi sangat membutuhkan peralatan dan alat-alat yang terbaru dan canggih serta akan kemudahan dan efisiensi dalam penggunaannya terutama yang berhubungan dengan penelitian.

Prototipe Turbin Angin *Archimedes* yang dicetak menggunakan printer 3D

selanjutnya diuji. Pada pengujian *prototipe* tersebut membutuhkan penyangga yang digunakan sebagai penopang Turbin Angin *Archimedes.*

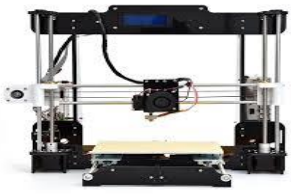
Perancangan penyangga Turbin Angin *Archimedes* menggunakan *software solidworks*. Sehingga akan diketahui kinerja penyangga Turbin Angin *Archimedes* tersebut dalam skala laboratorium, dilihat dari sisi kekuatan material ketika Turbin Angin *Archimedes* diujikan.

Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik membuat tentang rancang bangun sekaligus menguji kekuatan material dari penyangga Turbin Angin *Archimedes* tersebut.

2. Kerangka Teori

2.1. Mesin Printer 3D

Teori mesin printer 3D adalah sebuah mesin pencetak yang mencetak objek secara tiga dimensi yang bisa dilihat, dipegang, dan mempunyai volume. Sebuah model 3D dibangun lapis demi lapis yang proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari *file* digital. Penciptaan objek 3D dicetak dengan menggunakan proses aditif yang dalam prosesnya suatu objek dibuat dengan meletakan lapisan yang berurut dari bahan sampai seluruh objek terbuat.



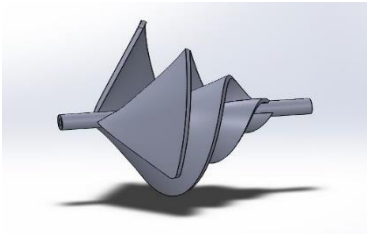
Gambar 1. Mesin Printer 3D

Cara kerja mesin printer 3D

1. Model Objek 3D
   Model objek 3D dapat dibuat dengan menggunakan perangkat lunak khusus untuk model desain 3D yang printernya mendukung contohnya solidworks, catia, delcom dll.
2. Proses Printing
   Apabila desainnya sudah dibuat anda langsung bisa di print di printer. Kemudian proses pencetakanpun dimulai, lamanya proses pencetakaan ini tergantung besar dan ukuran model. Proses printing menggunakan prinsip dasar *Additive* layer dengan rangkaian proses mesin membaca rancangan 3D dan mulai menyusun lapisan secara berturut-turut untuk membangun model virtual digabungkan secara otomatis untuk membangun susunan lengkap yang utuh.
3. Finishing
   Finishing pada tahap ini anda dapat menyempurnakan bagian-bagian kompleks yang berbeda dari yang diinginkan teknik tambahan untuk menyempurnakan proses ini dapat pula menggunakan teknik *multiple* material atau material berbeda *multiple color* atau kombinasi warna

2.2 Turbin Angin Archimedes

Turbin Angin *Archimedes* adalah suatu turbin yang bekerja pada kecepatan aliran yang rendah yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik pada tingkat mikro. Sehingga sangat cocok ditempatkan pada dataran tinggi dan daerah yang lapang



Gambar 2. Turbin Angin *Archimedes*

2.3. Pustaka Rujukan

Dalam penelitian berjudul perancangan mesin printer 3D dengan metode *reverse engginering* bertujuan untuk mengotomatisasi sebuah proses guna menciptakan kualitas produk yang tinggi, mengurangi biaya produksi, dan mengurangi waktu produksi dalam suatu proses produksi. Hasil penelitian yaitu melakukan proses perancangan mesin printer 3D mulai dari tahapan *disassembly, prototyping,* implementasi mesin printer 3D (Daywin *et al.*, 2019).

Penelitian berjudul rancang bangun Turbin Angin *Archimedes* spiral dengan tiga blade sebagai penggerak mula pembangkit listrik tenaga bayu, melakukan uji kinerja pengembangan model turbin angin dan analisis kinerja turbin dengan potensi angin yang ada di Indonesia. Turbin angin dalam rancang bangun ini berbahan dasar

plat galvanis tebal plat 1,2 mm, lebar sudu 60 cm untuk setiap sudu. Variabel pengujian turbin angin adalah kecepatan angin 6,42 m/s , 7,05 m/s, 8,11 m/s, 9,57 m/s dan 10,11 m/s. Metode pengujian alat dilakukan dengan bantuan blower sebagai penghembus angin. Parameter uji berupa jumlah beban lampu yang mampu dihidupkan, putaran poros turbin, tegangan, dan arus. Hasil penelitian didapatkan efisiensi terbaik sebesar 23,43% untuk putaran 140,3 rpm pada kecepatan angin 7,05 m/s dengan 3 beban lampu, tegangan 15 volt, arus 1 Ampere, daya kinetik sebesar 64,02 watt, dan Daya generator sebesar 15 watt (Bono and Slamet, 2020).

Penelitian berjudul simulasi kekuatan material Carabiner dengan variasi geometri. Dengan menggunakan atau menggabungkan *software solidworks* dan *ansys*. Kemudian memperoleh sebuah hasil analisis tegangan *von mises* pada *carabiner* dengan tiga variasi geometri dapat ketahui bahwa pengaruh variasi geometri terhadap kekuatan material dengan tegangan tarik atau tegangan *von mises* dengan daya besar adalah geometri pada carabiner kesatu yang paling aman (Ismawanto, Akhmad and Hajar, 2015).

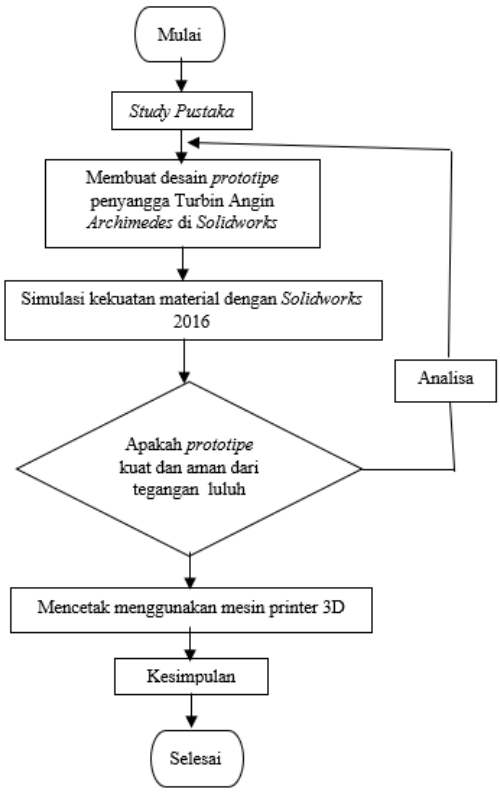
Dalam penelitian berjudul analisa kekuatan rangka sepeda listrik menggunakan *software solidworks*. Material rangka mengguakan Alumnium Alloy 6061 dengan dimensi panjang rangka = 1351 mm, lebar = 110 mm dan tinggi = 714 mm. Hasil analisa simulasi pada rangka sepeda, beban maksimal yang bisa terima rangka sebesar 200 kg. Batas kontruksi aman beban minimal = 2, dengan angka faktor keamanan sebesar 2,039 dan tegangan Von Mises = 134,868 N/mm² terletak pada ada bagian pertemuan seat tube dengan seat stay tube (Awwaluddin, 2019).

Dengan penelitian berjudul analisa tegangan *static* pada rancangan *frame* mobil listrik ganesha sakti (gaski) menggunakan *software solidwrks* 2014. Dalam pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan serta daerah kritis yang terjadi pada frame. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa setelah di lakukan modifikasi pada *frame* terdapat beberapa perubahan diantaranya terjadi penurunan tegangan maksimum dengan tanpa beban pengendara sebesar 12,5% dan dengan beban pengendara sebesar 12,87% serta faktor keamanan dari *frame* setelah di modifikasi meningkat dengan tanpa beban pengendara sebesar 13,21% dan dengan beban pengendara sebesar 12,66% sehingga dapat di simpulkan *frame* modifikasi lebih baik dan kuat di bandingkan dengan frame standar (Saputra, Dantes and Nugraha, 2018)

3. Metodologi

3.1 Pembuatan Prototipe Penyangga Turbin Angin Archimedes

Desain pembuatan prototipe penyangga Turbin Angin *Archimedes* dibuat dengan ukuran Panjang 291 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 150 mm dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

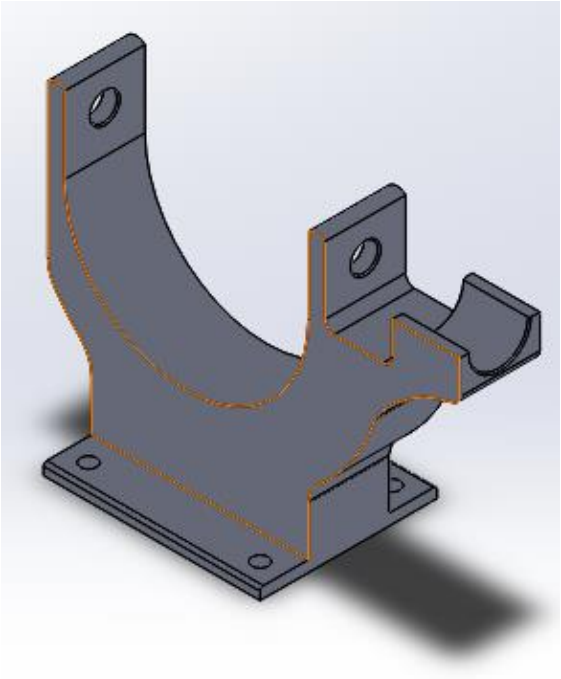


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

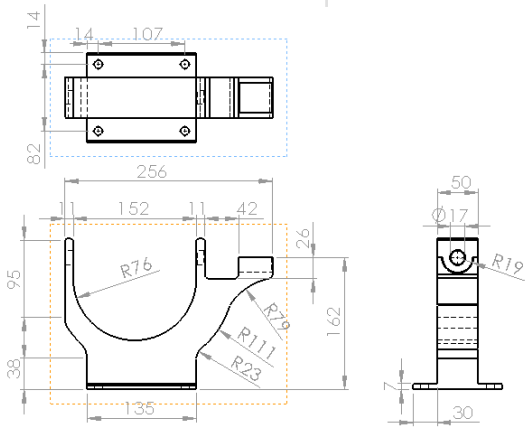
Peralatan yang digunakan untuk perancangan *prototipe* penyangga Turbin Angin *Achimedes* sebagai berikut:

1. Komputer dengan spesifikasi
   a. AMD Ryzen 5 4500U with Radeon Graphics 2.38 GHz
   b. Memori 8 GB
2. Software Solidworks 2018
3. Mesin printer 3D *type Anet* A8 *Prusa* i3 *Auto leveling.*
4. Filamen PLA.

Desain *prototipe* penyangga Turbin Angin *Archimedes* tampak seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Desain 3D Prototype Penyangga Turbin Angin

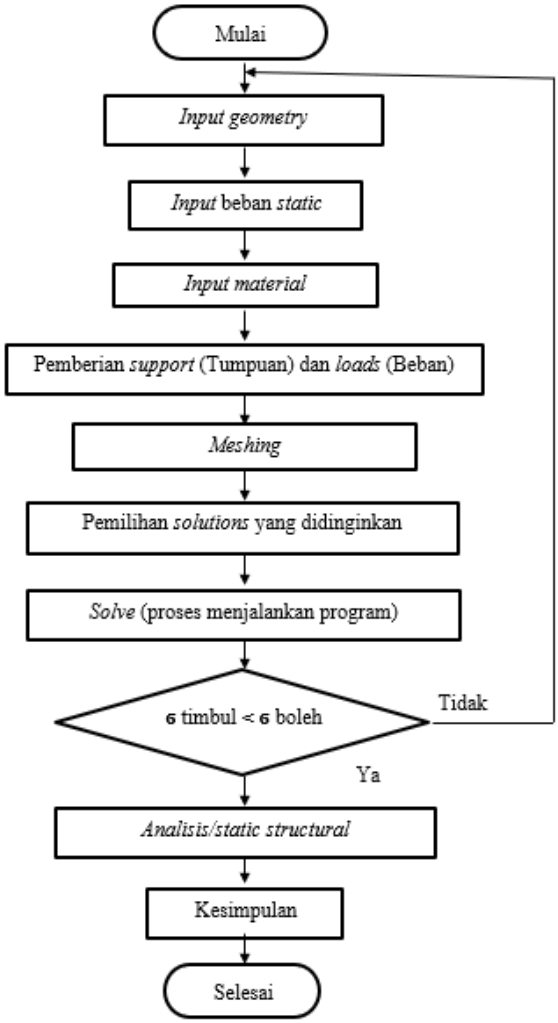


Gambar 4. Dimensi Prototype Penyangga Turbin Angin Achimedes (mm)

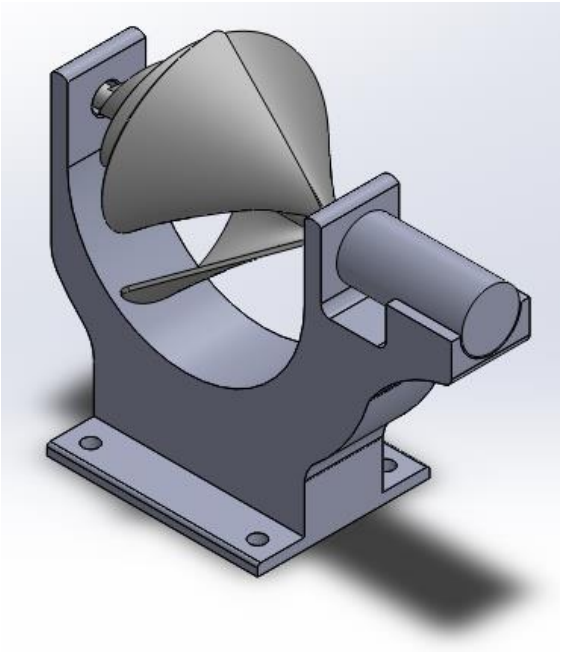
3.2 Simulasi Pengujian Kekuatan Material

Langkah-langkah simulasi pengujian kekuatan material desain prototype penyangga turbin Archimedes mengikuti tahapan pada gambar 5.

Pada simulasi pengujian kekuatan material, hal yang pertama dilakukan yaitu membuat desain penyangga turbin angin Archimedes seperti pada gambar 4. Penyangga turbin angin ini menopang beban dari: poros, *bearing*, generator, dan turbin seperti diilustrasikan pada gambar 6.



Gambar 5. Pengujian Kekuatan Material



Gambar 6. Ilustrasi Beban pada Penyangga Turbin Angin Archimedes

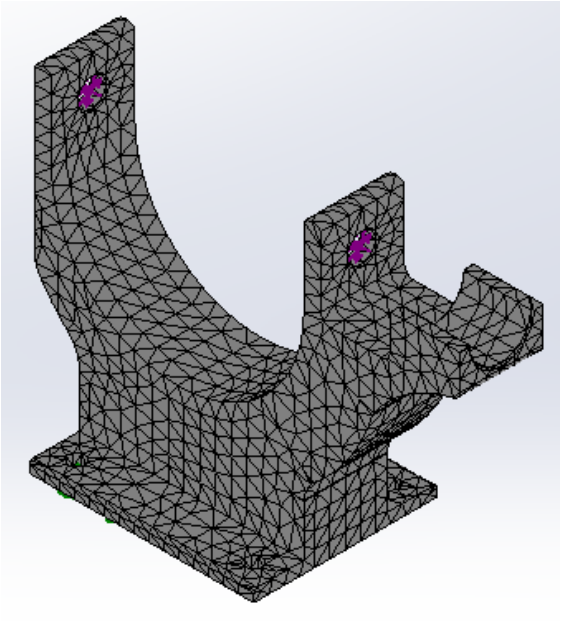
Adapun beban pada penyangga turbin angin Archimedes yaitu poros sebesar 25,01 gram, *bearing* sebesar 5,89 gram, generator sebesar 104,61 gram, dan turbin sebesar 96,13 gram. Jumlah keselurahan beban adalah 231,06 gram atau 2,3106 Newton.

Selanjutnya memilih material yang digunakan yaitu plastic (ABS) dengan spesifikasi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Material

No	*Property*	*Value*	*Units*
1	*Elastic Modulus*	2.10^9	N/m^2
2	*Poisson's Ratio*	0,394	N/A
3	*Shear Modulus*	$3,189.10^8$	N/M^2
4	*Mass Density*	1020	Kg/m^3
5	*Tensile Strenght*	3.10^7	N/m^2
7	*Vield Strenght*		N/m^2
9	*Thermal Conductivity*	0,2256	W(m-k)
10	*Specific Heat*	1386	j/(kg-k)

Selanjutnya melakukan *meshing* pada semua komponen menjadi sebuah elemen, sehingga ketika beban diterapkan beban tersebut terdistribusi secara seragam seperti pada gambar 7.



Gambar 7. *Meshing*

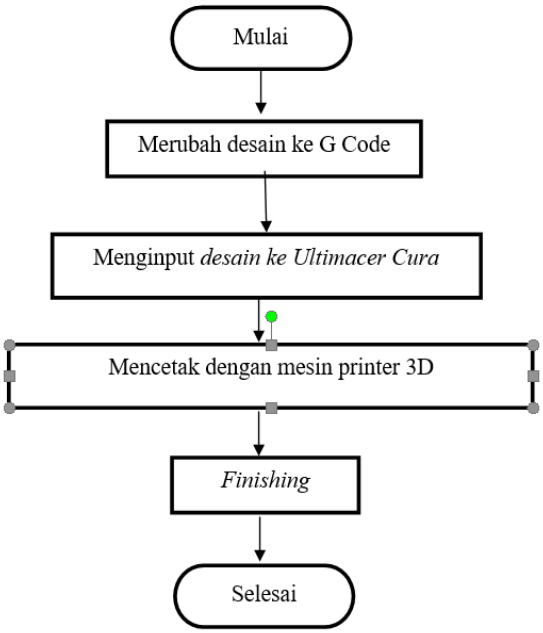
Langkah selanjutnya mulai menjalankan simulasi. Berikutnya menentukan keputusan keamanan produk berdasarkan safety factor menggunakan rumus :

$$n = \frac{S_y}{\sigma_e} \qquad (1)$$

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

3.3 Proses Cetak Prototype Penyangga Turbin Angin Archimedes

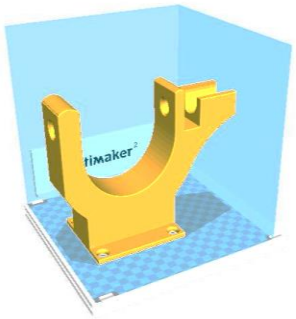
Setelah melalui simulasi pengujian kekuatan material dan prototype dinyatakan aman, proses berikutnya adalah pencetakan menggunakan mesin printer 3D *type Anet* A8 *Prusa* i3 *Auto leveling.* Adapun langkah-langkah pencetakan sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram Alir Pencetakan dengan Printer 3D

4. Hasil dan Pembahasan

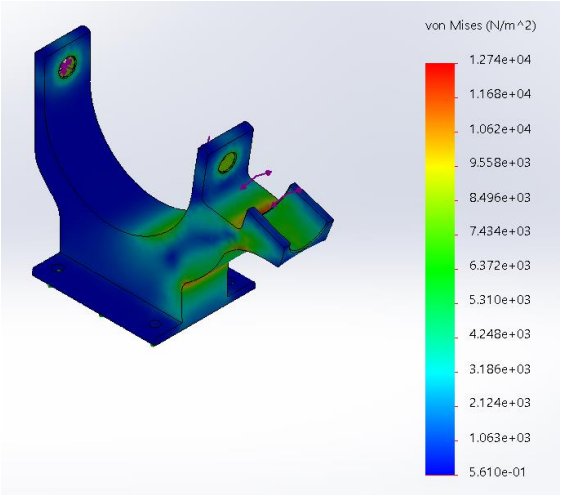
Prototype penyangga turbin Archimedes dibuat dengan ukuran 135 x 133 x 50 mm dengan waktu pencetakan di mesin printer 3D yaitu 11 jam 8 menit.



Gambar 7. Hasil Cetak Printer 3D

Filament yang digunakan plastic PLA sebanyak 21.72m/172g menggunakan *speed mul* 50-100°C dan *flow mul* 100°C, pada suhu 190°C. hasil cetak mesin printer 3D seperti pada gambar 7.

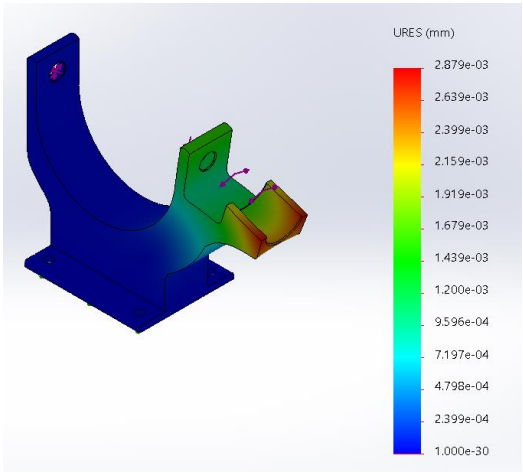
Dari hasil pengujian kekuatan material dengan beban total sebesar 2,3106 N yang terdiri dari berat turbin, poros, bearing dan generator, didapatkan nilai *Von-mises stress* maksimum 1,274 x 10^4 N/m^2 dan nilai *Von-mises stress* terletak pada dudukan generator, yang ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Simulasi Tegangan Von Mises

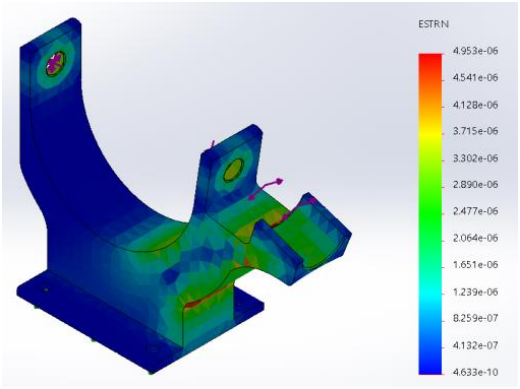
Tegangan maksimum (*ultimate*) material yang digunakan yaitu plastic ABS sebesar 3x10^7, sehingga diperoleh nilai safety factor sebesar 2354,8. Maka berdasarkan dipastikan struktur mampu menahan beban yang diberikan.

Sedangkan besarnya deformasi (displacement) pada penyangga turbin angin Archimedes maksimum sebesar 2,877 x 10^3 mm yang ditunjukkan seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Simulasi *Displacement*

Selain tegangan dan deformasi yang dianalisis dalam penelitian ini juga membahas mengenai regangan (*strain*). Nilai strain maksimum penyangga turbin angin Archimedes sebesar 4,953 x 10^6 mm yang ditunjukkan seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Simulasi *Strain*

Hasil simulasi pengujian kekuatan material pada penyangga turbin angin Archimedes dapat dibuat rekapitulasi seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Pengujian Kekuatan Material Prototype Penyangga Turbin Angin Archimedes

Beban (N)	*Von-mises* maks. (N.m^2)	*Displacement* (mm)	*Strain* (mm)	*Safety Factor*	Ket
2,3016	1,274 x 10^4	2,877 x 10^3	4,953 x 10^6	2354,8	Aman

5. Simpulan

Dari hasil rancang bangun dan pembuatan *prototipe* penyangga Turbin Angin *Archimedes* dengan menggunakan mesin printer 3D beserta pengujian kekuatan material didapatkan kesimpulan yaitu perangkat lunak *Solidworks* 2018 dapat digunakan untuk membuat desain *prototype* Turbin Angin *Archimedes.*

Prototype peyangga Turbin Angin *Archimedes* kuat dan aman berdasarkan analisis von mises stress maksimum, displacemet dan strain, karena tegangan pada penyangga turbin lebih kecil dibanding tegangan yang diizinkan.

Pencetakan *prototipe* penyangga Turbin Angin *Archimedes* dapat dilakukan dengan mengunakan mesin printer 3D *type Anet* A8 *Prusa* i3 *Auto leveling.*

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat STT Ronggolawe Cepu, staff dan tenaga ahli di laboratorium Konversi Energi, serta mahasiswa yang berkontribusi dalam desain sehingga penelitian ini selesai dan publish tepat waktu.

Daftar Pustaka

Awwaluddin, M. (2019) 'Analisa Kekuatan Rangka Sepeda Listrik Menggunakan Software SolidWorks', *Piston: Journal of Technical Engineering*, 3(1), pp. 5–16.

Bono and Slamet, P. (2020) 'journal article', *Rancang Bangun Turbin Angin Archimedes Spiral Dengan Tiga Blade Sebagai Penggerak Mula Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*, 16(1), pp. 20–27.

Daywin, F. J. *et al.* (2019) 'Perancangan Mesin 3d Printer Dengan Metode Reverse Engineering (Studi Kasus di Laboratorium Mekatronika dan Robotics Universitas Tarumanagara)', *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(2), pp. 79–89. doi: 10.24912/jitiuntar.v7i2.5929.

Ismawanto, A., Akhmad, S. and Hajar, I. (2015) 'Simulasi Kekuatan Material Dengan Variasi Geometri', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 3(1), pp. 52–57.

Saputra, I. N. A. A., Dantes, K. R. and Nugraha, I. N. P. (2018) 'Analisis Tegangan Statik Pada Rancangan Frame Mobil Listrik Ganesha Sakti (Gaski) Menggunakan Software Solidworks 2014', *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(2), p. 113. doi: 10.23887/jjtm.v6i2.13046.