

RANCANG BANGUN KERANGKA TURBIN ULIR ARCHIMEDES UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO BERBANTU PERANGKAT LUNAK SOLIDWORKS 2016

¹Nunung Haryanti, ²Firman Lukman Sanjaya, ³Agus Suprihadi

^{1,2,3}Program Studi D3 Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama

Jl. Dewi Sartika No. 71 Pesurungan Kidul, Kota Tegal

Email : nunungharyanti405@gmail.com

Abstrak

Krisis energi dialami oleh seluruh dunia termasuk di Indonesia. Solusi permasalahan tersebut adalah penggunaan energi alternatif yang dapat diperbaharui. Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak potensi untuk menghasilkan energi alternatif sebagai sumber energi listrik diantaranya aliran sungai/ saluran irigasi. Pemanfaatan aliran sungai menjadi energi listrik dapat menggunakan turbin. Salah satu turbin yang sering digunakan pada aliran sungai dengan *head* rendah adalah turbin *screw* (*Archimedean Turbine*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses rancang bangun dan pembebanan kerangka turbin ulir *Archimedes* untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbantu perangkat lunak *Solidworks* 2016. Metode Penelitian ini menggunakan *software Solidworks* 2016 untuk perancangan kerangka turbin ulir *Archimedes*. Perancangannya dari mulai gambar 3D atau gambar nyata, kemudian semua *part* di *Assembly* agar menjadi suatu produknya dan *Drawing* untuk mengetahui ukuran dari setiap *part*. Untuk pengujian pembebanan dilakukan satu kali dan diberi beban 75 Newton dan mendapatkan hasil data analisis *Stress Von Mises*, *Displacement*, *Strain* dan *Factor of Safety* dan Hasil dari rancang bangun kerangka turbin ulir *Archimedes* adalah bahan kerangka menggunakan material *Stainless steel*. Dimensi kerangka panjang keseluruhan 1195 mm, lebar 260 mm dan tinggi 715 mm. Untuk ukuran *Stainless steel* siku yaitu 40 mm x 40 mm dengan ketebalan 3,5 mm dan untuk plat lembaran tebal 0,8 mm.

Kata kunci : Rancang bangun, *Archimedes screw*, Mikrohidro, *Solidworks*, Analisis

Abstract

The energy crisis is experienced by the whole world, including in Indonesia. The solution to these problems is the use of alternative renewable energy. Indonesia is one of the countries that has a lot of potential to produce alternative energy as a source of electrical energy including river flow/irrigation channels. Utilization of river flow into electrical energy can use turbines. One of the turbines that are often used in low-head river flows is a screw turbine (Archimedean Turbine). The purpose of this study was to determine the design process and loading of the Archimedes screw turbine frame for a micro hydro power plant assisted by Solidworks 2016 software. This research method used Solidworks 2016 software to design the Archimedes screw turbine frame. The design starts from 3D drawings or real drawings, then all parts are assembled to become a product and drawing is to find out the size of each part. The loading test is carried out once and is given a load of 75 Newtons and gets the results of the analysis of Stress Von Mises, Displacement, Strain and Factor of Safety and the results of the Archimedes screw turbine frame design is a frame material using Stainless steel material. The overall frame dimensions are 1195 mm long, 260 mm wide and 715 mm high. For angled stainless steel, it is 40 mm x 40 mm with a thickness of 3.5 mm and for sheet plates it is 0.8 mm thick.

Keywords: Design, *Archimedes screw*, Microhydro, *Solidworks*, Analysis

I. PENDAHULUAN

Krisis energi dialami oleh seluruh dunia termasuk di Indonesia. Solusi permasalahan tersebut adalah penggunaan energi alternatif yang dapat diperbaharui. Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak potensi untuk menghasilkan energi alternatif sebagai sumber energi listrik diantaranya aliran sungai/ saluran irigasi. Pemanfaatan aliran sungai menjadi energi listrik dapat menggunakan turbin. Salah satu turbin yang sering digunakan pada aliran sungai dengan *head* rendah adalah turbin *screw* (*Archimedean Turbine*) (Havendri Aldy dkk, 2010) [1].

Turbin merupakan komponen mesin yang dapat menghasilkan energi listrik dengan bantuan generator. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan

energi potensial air yang diubah menjadi energi kinetik melalui sudu. Gerakan sudu akan membuat poros penghubung berputar dan menggerakkan generator. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh generator tergantung pada putaran yang di hasilkan turbin (Indriani Anizar dkk, 2013) [2]. Banyak peneliti yang mengembangkan turbin ini karena memiliki keunggulan dapat beroperasi pada *head* rendah, tidak memerlukan sistem kontrol khusus, generator yang standar, mudah dalam instalasi, mudah dalam perawatan, ramah lingkungan dan *fish-friendly*. Selain itu, keunggulan lainnya adalah rancang bangun kerangka turbin ulir yang relatif sederhana (Hizhar Yul dkk, 2017) [3].

Rancang bangun kerangka turbin ulir diharapkan menjadi salah satu alternatif yang ekonomis untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menggunakan turbin ulir sebagai penggerak generator. Rancang bangun turbin ulir juga perlu diperhatikan beberapa hal seperti kemiringan sudu, panjang poros, kemiringan turbin dan lainnya. Hal ini dimaksudkan agar turbin ulir menghasilkan luaran daya yang maksimal. Oleh karena itu, perancangan merupakan hal terpenting dalam proses pembuatan turbin (Syahputra T. Mirzan dkk, 2017) [4], (Hizhar Yul dkk, 2017).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Indriani Anizar dan Hendra (2013) *screw* turbin termasuk dalam jenis turbin yang menggunakan air sebagai penggerakannya. Air yang masuk ke dalam *screw* turbin akan memutar *screw* menuju bagian luar turbin. Putaran *screw* turbin menyebabkan poros penghubung bergerak. Putaran yang di hasilkan oleh *screw* turbin melalui poros penghubung akan diubah oleh generator menjadi energi listrik. Besarnya putaran yang dihasilkan oleh *screw* turbin selain dipengaruhi oleh tinggi jatuh air dan debit juga dipengaruhi oleh komponen *screw* turbin seperti jumlah sudu *screw*, jarak *screw* dan kemiringan *screw*.

Saroinsong Tineke, dkk (2017) [5] penelitiannya yang berjudul desain pembuatan turbin ulir *Archimedes* untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa desain/model dan pembuatan turbin ulir *Archimedes* skala laboratorium adalah model turbin ulir *Archimedes* dibuat menggunakan material *flexyglass* bentuk geometrinya tiga sudu, sudu ulir 30o jumlah lilitan 21, rasio radius 0,54 dengan jarak kisar 2,4Ro.

Indriani Anizar dkk, (2013) meneliti tentang desain dan manufacturing *screw* turbin untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala kecil. Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa bentuk desain *screw* dapat mempengaruhi kinerja *screw* turbin seperti jumlah sudu, jarak sudu, dan kemiringannya. Dan dari pengujian didapatkan bahwa putaran akan semakin meningkat dengan adanya kenaikan tinggi kemiringan *screw* turbin.

III. LANDASAN TEORI

1. Pengertian *Solidworks*

Solidworks adalah sebuah program *Computer Aided Design (CAD)* 3D yang menggunakan platform Windows. *Software* ini

dikembangkan oleh *Solidworks Corporation*, yang merupakan anak perusahaan dari *Dassault System, S.A.*

Solidworks merupakan program rancang bangun yang banyak digunakan untuk mengerjakan desain produk, desain mesin, desain mould, desain konstruksi, ataupun keperluan teknik lainnya Prasetyo R, (2016) [6].

2. Pengertian Rancang Bangun

Menurut Pressman (2002) [7] perancangan atau rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menterjemahkan hasil analisa dan sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem di implementasikan. Sedangkan pengertian pembangunan atau bangun sistem adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada secara keseluruhan.

3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

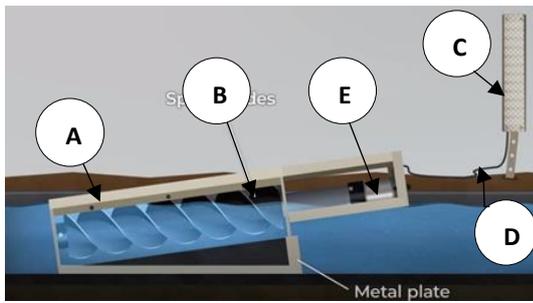
PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk penggerak turbin dan generator. Tenaga mikrohidro, dengan skala daya yang dapat dibangkitkan 5 kilo watt hingga 50 kilo watt. Pada PLTMH proses perubahan *energy kinetic* berupa (kecepatan dan tekanan air), yang digunakan untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik hingga menghasilkan energi listrik (Sri Sukamta dkk, 2013) [8].

4. Pengertian Turbin

Turbin Ulir atau *Archimedean screw* merupakan turbin yang sudah ada pada zaman kuno yang dimanfaatkan sebagai pompa air untuk pengairan. Seiring dengan krisis energi dan terbatasnya potensi energi air dengan *head* yang tinggi, maka pada tahun 2007 seorang insinyur memodifikasi pompa *Archimedes* yang dibalik dan membiarkan air mengendalikan pompa dan pada ujung pompa dipasang generator, maka dapat menghasilkan listrik selama generator tersebut tidak terendam air atau terkena air. Turbin ulir ini dapat digunakan pada *head* rendah (Saputra Made Agus Trisna dkk, 2019) [9].

5. Komponen Kerangka Turbin Ulir *Archimedes*

Adapun komponen dalam kerangka turbin ulir *Archimedes* yaitu :



Gambar 1. Komponen Kerangka Turbin Ulir

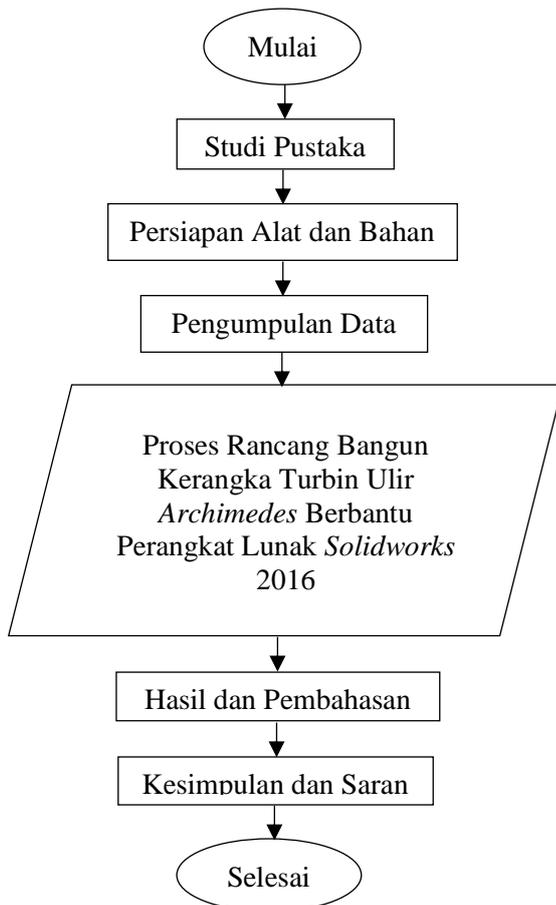
Keterangan komponen kerangka turbin ulir *Archimedes* pada Gambar 1.

- a. Rangka
- b. Poros
- c. Generator
- d. Kabel
- e. lampu

IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses rancang bangun kerangka turbin ulir *Archimedes* untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbantu perangkat lunak *Solidworks* 2016.

1. Diagram Penelitian



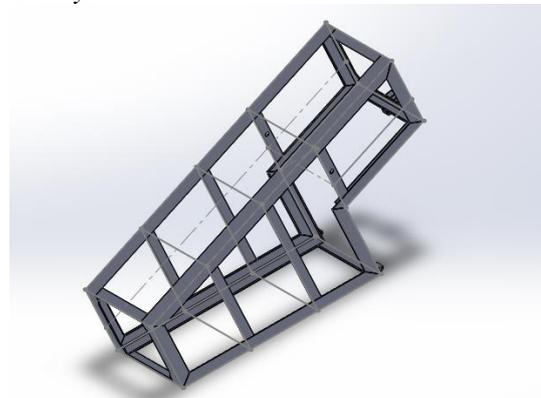
2. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan kerangka turbin ulir *Archimedes* yaitu:

1. *Software Solidworks*
2. Satu set laptop/ komputer
3. Pensil
4. Penggaris
5. Penghapus
6. Buku gambar/ kertas gambar
7. *Stainless steel* siku 40 mm x 40 mm x 3,5 mm
8. Plate lembaran tebal 0,8 mm

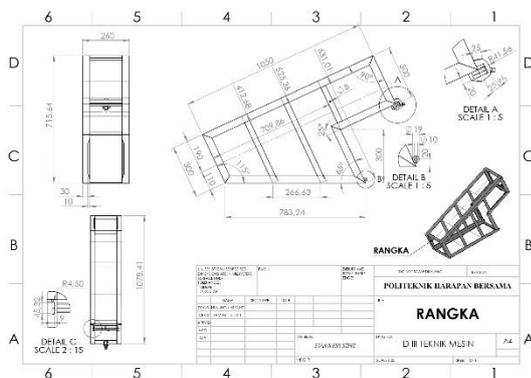
V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses pembuatan rancangan desain rangka turbin ulir *Archimedes* ini dikerjakan menggunakan *software Solidworks* 2016. Dengan menggunakan *Solidworks* 2016 bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam melakukan pembuatan produk yang sebenarnya karena dapat membuat desain part satu per-satu yang bisa di *Assembly*.



Gambar 2. Hasil Rancangan Kerangka Turbin Ulir *Archimedes*

Kerangka turbin ulir *Archimedes* didesain dengan konsep *Assembly* yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses perancangan dan proses pembuatan part – part dari masing – masing komponen turbin ulir *Archimedes*. Produk ini mempunyai beberapa komponen utama yang membentuk sebuah rangka turbin ulir *Archimedes*. Selain itu setiap komponen dibuat dari bahan material *stainless steel* yang tahan korosi saat terendam air sungai. Untuk proses perawatan komponen – komponen turbin ulir *Archimedes* jadi lebih mudah.



Gambar 3. Hasil *Drawing* Kerangka Turbin Ulir *Archimedes*

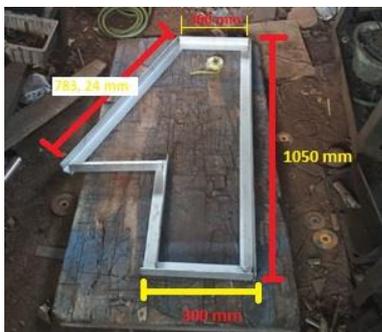
Proses pembuatan merupakan sebuah bentuk kegiatan yang dimana akan melakukan pengolahan akan berbagai macam bentuk bahan baku juga bahan pembantu untuk melakukan pemanfaatan daripada peralatan yang dimana akan menciptakan sebuah produk yang akan memiliki nilai jual tinggi. Berikut proses pembuatan turbin ulir *Archimedes*.

Untuk proses pembuatannya yaitu :

- a. Proses pertama mengukur *Stainless Steel* siku ukuran 40 x 40 x 3,5 mm dan di potong menjadi beberapa ukuran sesuai dengan ukuran desain.



Gambar 4. Pemotongan *Stainless Steel* Siku



Gambar 5. Hasil Potongan

- b. Proses berikutnya mengelas *Stainless Steel* siku yang sudah di potong sesuai ukuran, untuk menyatukan per-plat siku.



Gambar 6. Proses Pengelasan

- c. Sebelum di las penuh dicantum terlebih dahulu sisi – sisinya agar tidak melengkung saat di las penuh.



Gambar 7. Hasil Pencantuman

- d. Hasil dari pembuatan kerangka turbin ulir *Archimedes*.

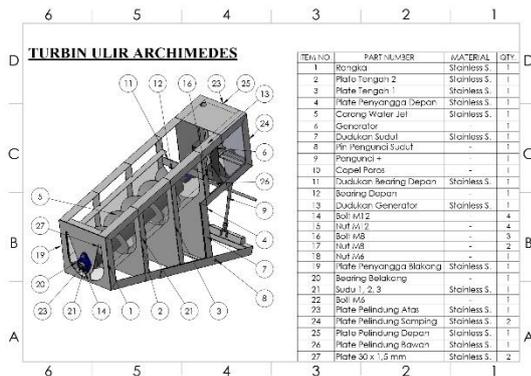


Gambar 8. Hasil Jadi Kerangka

Hasil proses rancang bangun kerangka turbin ulir *Archimedes* yaitu :

1. Pembuatan rancangan 3D kerangka dan komponen lainnya menggunakan *software Solidworks 2016*. Kemudian setelah *part* selesai di *Assembly* agar menjadi satu unit produk nyata. Selanjutnya semua *part* di *drawing* untuk mengetahui ukuran dimensi pada setiap *part*.
2. Material yang digunakan adalah *Stainless steel* yaitu, *Stainless steel* siku ukuran 40 mm x 40 mm dengan tebal 3,5 mm untuk plate lembaran dengan ketebalan 0.8 mm. Hal ini karena material *Stainless steel* tahan korosi saat berada di air dan mudah perawatannya.
3. Pembuatan kerangka diawali dengan pemilihan bahan dan pengukuran bahan sesuai dengan dimensi. Penggabungan plat yang sudah dipotong menggunakan las. Pada saat perakitan dimensi kerangka sangat

diperhatikan agar sesuai dengan perencanaan awal.



Gambar 9. Keterangan Per-Part Kerangka Turbin Ulir Archimedes

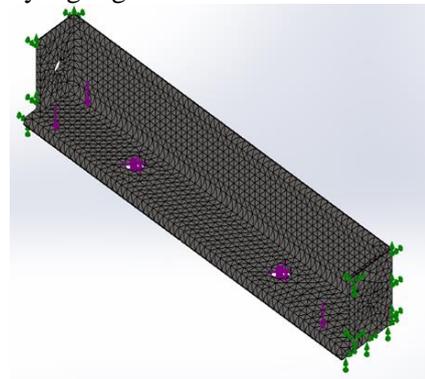
Tabel 1. Keterangan per-part kerangka turbin ulir Archimedes pada Gambar 4.

NO.	PART NUMBER	MATERIAL	QTY.
1	Rangka	Stainless S.	1
2	Plate Tengah 2	Stainless S.	1
3	Plate Tengah 1	Stainless S.	1
4	Plate Penyangga Depan	Stainless S.	1
5	Corong Water Jet	Stainless S.	1
6	Generator	Stainless S.	1
7	Dudukan Sudut	Stainless S.	1
8	Pin Pengunci Sudut	Stainless S.	1
9	Pengunci +	Stainless S.	1
10	Copel Poros	Stainless S.	1
11	Dudukan Bearing Depan	Stainless S.	1
12	Bearing Depan	Stainless S.	1
13	Dudukan Generator	Stainless S.	1
14	Bolt M12	Stainless S.	4
15	Nut M12	Stainless S.	4
16	Bolt M8	Stainless S.	3
17	Nut M8	Stainless S.	2
18	Nut M6	Stainless S.	1
19	Plate P. Belakang	Stainless S.	1
20	Bearing Belakang	Stainless S.	1
21	Sudu 1, 2 dan 3	Stainless S.	1
22	Bolt M6	Stainless S.	1
23	Plate Pelindung Atas	Stainless S.	1
24	Plate P. Samping	Stainless S.	2
25	Plate P. Depan	Stainless S.	1
26	Plate P. Bawah	Stainless S.	1
27	Plate 30 x 1,5 mm	Stainless S.	2

Hasil proses pembebanan pada dudukan *Bearing* turbin ulir Archimedes yaitu :

1. Pembebanan pada dudukan *Bearing*

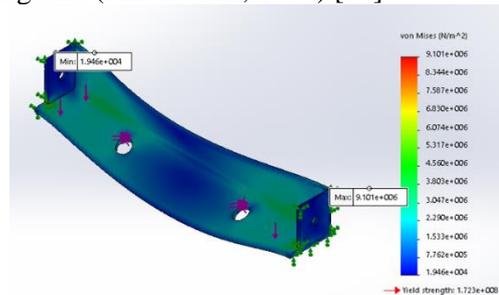
Pada pengujian dudukan bearing turbin ulir Archimedes dirancang dan di analisis menggunakan perangkat lunak *Solidworks* 2016 secara otomatis, dengan pengujian hanya satu kali dan diberi beban sebesar 75 N sedangkan untuk material yang digunakan adalah *stainless steel*.



Gambar 10. Pembebanan Pada Dudukan *Bearing*

2. *Stress Von Mises*

Adalah kumpulan gaya (*force*) pada suatu permukaan benda. Semakin sempit luasan permukaan namun gaya tetap, maka tegangan semakin besar. Tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna paling merah, terkecil adalah paling biru (Amalia dkk, 2017) [10].



Gambar 11. Hasil Analisis *Stress Von Mises*

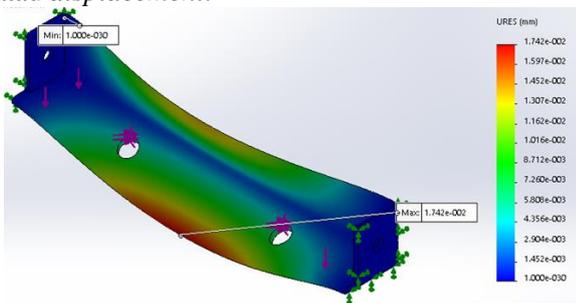
Dari hasil analisis diatas perlu diketahui pembebanan pada bagian penahan bawah dudukan bearing itu mengalami lengkungan, untuk hasil analisis sendiri jumlah angka minimal yaitu 1.946 N/m², sedangkan maksimal angka analisis pembebanan yaitu 9.101 N/m². Dari hasil diatas bahwa analisis pembebanan dudukan bearing sebesar 75 N, mendapatkan hasil data sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Data *Results List Stress Von Mises*

HASIL DATA RESULTS LIST STRESS VON MISES					
Study Name		: Static 1			
Units		: N/m ²			
Selected Reference		: N/A			
NO	NODE	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	VON (N/m ²)
1	11628	252.75	40	0	9.09396e+006
2	734	253	40	0	8.81392e+006

3. Displacement

Displacement adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya dan *displacement* merupakan hasil dari analisis struktur statis menggunakan metode elemen yaitu *deformation* atau *displacement*.



Gambar 12. Hasil Analisis *Displacement*

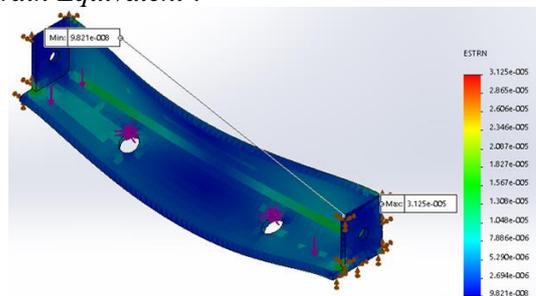
Dari hasil analisis diatas perlu diketahui pembebanan pada bagian penahan bawah dudukan *bearing* itu mengalami lengkungan, yang berwarna merah yang menandakan bahwa angka mengalami kenaikan sebesar 1.597 *URES* (mm) di penahan bawah dudukan *bearing*, sedangkan untuk hasil analisis sendiri jumlah angka minimal yaitu 1.000 *URES* (mm), dan maksimal angka analisis pembebanan yaitu 1.742 *URES* (mm). Dari hasil *displacement* pada pembebanan dudukan *bearing* sebesar 75 N, mendapatkan hasil data sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Data *Results List Displacement*

HASIL DATA RESULTS LIST DISPLACEMENT					
Study Name		: Static 1			
Units		: mm			
Selected Ref.		: N/A			
NO	NODE	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	URES (mm)
1	5957	126.5	0	40	1.74248e-002
2	1879	128.574	0	40	1.74197e-002
3	1878	124.426	0	40	1.74190e-002
4	6206	126.5	0.25	40	1.74162e-002
5	6202	128.574	0.25	40	1.74111e-002
6	6207	124.426	0.25	40	1.74104e-002
7	6208	126.5	0.5	40	1.74082e-002
8	1816	128.574	0.5	40	1.74030e-002
9	1815	124.426	0.5	40	1.74024e-002
10	5954	130.648	0	40	1.74012e-002

4. Strain Equivalent

Beberapa jenis deformasi yang bergantung pada sifat elastisitas benda, antara lain tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda. Regangan merupakan ukuran mengenai seberapa jauh batang tersebut berubah bentuk. Berikut adalah hasil ilustrasi *Strain Equivalent* :



Gambar 13. Hasil Analisis *Strain Equivalent*

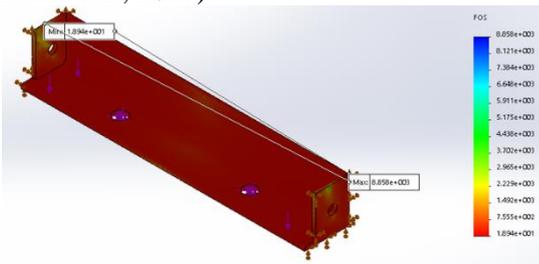
Berdasarkan dari hasil analisa diatas maka di simpulkan bahwa pada proses pengujian *Strain Equivalent* terjadi perengangan signifikan pada dudukan *bearing*, sedangkan minimal proses sebesar 9.281 *ESTRN* dan maksimal sebesar 3.125 *ESTRN*. Berikut data hasil *Equivalent Strain* :

Tabel 4. Hasil Data Results List Strain Equivalent

HASIL DATA RESULTS LIST STRAIN EQUIVALENT					
Study Name		: Static 1			
Units		: -			
Selected Reference		: N/A			
NO	ELEMENT	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	ESTRN
1	4700	252.75	39	0.125	3.12457e-005

5. Factor of Safety

(Factor of Safety/FOS/SF) adalah patokan utama yang digunakan dalam menentukan kualitas suatu produk. Patokannya, jika nilai FOS minimal kurang dari 1, maka produk tersebut kualitasnya jelek, tidak aman untuk digunakan, cenderung membahayakan, sebaliknya juga nilai FOS lebih dari 1 (biasanya antara 1 – 3) maka produk tersebut berkualitas baik, aman dan layak digunakan. Namun apabila nilai FOS minimal mencapai 3 digit atau lebih (misal 100 atau lebih) maka produk tersebut aman, berkualitas baik namun harganya sangat mahal dan cenderung berbobot besar, karena material yang digunakan terlalu banyak (Amalia dkk, 2017).



Gambar 14. Hasil Analisis Factor of Safety

Pada hasil pembebanan 75 N mendapatkan hasil data berupa Factor of Safety, untuk mendapatkan keamanan kedudukan bearing data yang dihasilkan dalam pembebanan 75 N minimal adalah 1.894 FOS sedangkan maxsimal data yang dihasilkan sebesar 8.858 FOS. Dari hasil data yang diperoleh dalam analisis Factor Of Safety dengan beban 75 N mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Data Analisis Factor of Safety

HASIL DATA FACTOR OF SAFETY					
NO	NODE	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	VALUE
1	1643	110	3.5	11.05	1.965

VI. KESIMPULAN

Dengan selesainya laporan tugas akhir dengan judul Rancang Bangun Kerangka Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrihidro Berbantu Perangkat Lunak Solidworks 2016 ini, maka kami dapat menyimpulkan bahwa permasalahan yang dihadapi oleh seorang perancang prodak begitu kompleks, diantaranya ukuran prodak serta pemilihan bahan harus benar - benar teliti untuk menghasilkan perancangan yang sesuai dengan yang diharapkan. Secara singkat dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Langkah awal pembuatan rancangan yaitu membuat gambar 3D rangka dan komponen turbin ulir Archimedes lainnya di software Solidworks 2016. Setelah semua Part selesai kemudian Assembly agar menjadi suatu bentuk produk nyata.
2. Bahan material yang digunakan untuk membuat rangka yaitu Stainless Steel dengan ukuran Stainless Steel siku 40 mm x 40 mm dengan tebal 3,5 mm dan plat Stainless Steel lembaran tebal 0,8 mm. Hal ini karena Stainless Steel tahan korosi saat berada di dalam air.
3. Proses pembuatan di awali dengan memotong bahan sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Selanjutnya menyatukan bahan - bahan tersebut menjadi kerangka menggunakan Las TIG. Pada saat perakitan dimensi kerangka sangat diperhatikan agar sesuai dengan perencanaan awal.
4. Proses analisis pembebanan kedudukan bearing dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat lunak Solidwordks 2016, dengan pengujian sebanyak satu kali serta pemberian beban sebesar 75 Newton. Pada pengujian pembebanan 75 Newton material yang digunakan adalah Stainlees Steel dan mendapatkan hasil data berupa analisi Stress Von Mises, Displacement, Strain Equivalent dan Factor of Safety.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Havendri Adly, I. A. (2010). Kaji Eksperimental Penentuan Sudut Ulir Optimum Pada Turbin Ulir Untuk Data Perancangan Turbin Ulir Pada Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Dengan Head Rendah. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9 Palembang, 13-15 Oktober 2010, 273-278.
- [2] Indriani Anizar, H. (2013). Design dan Manufacturing Screw Turbin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Skala Kecil. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII) Bandar Lampung, 23-24 Oktober 2013, 931-934.
- [3] Hizhar Yul, B. Y. (2017). Rancang Bangun dan Studi Eksperimental Pengaruh Perbedaan Jarak Pitch dan Kemiringan Poros terhadap Kinerja Mekanik Model Turbin Ulir 2 Blade Pada Aliran Head Rendah. Jurnal Sistem Mekanik Dan Termal - VOL. 01 NO. 01 (2017), 27-34.
- [4] Syahputra T. Mirzan, M. S. (2017). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro Dengan Menggunakan Turbin Ulir. Jurnal Online Teknik Elektro Vol.2 No.1 2017, 16-22.
- [5] Saroinsong Tineke, A. T. (2017). Desain Dan Pembuatan Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. PROSIDING SENTRINOV TAHUN 2017 VOLUME 3 - ISSN: 2477 - 2097, 159-169.
- [6] Prasetyo, R. (2016). Desain Mesin Cutting Groove Single Tenoner Kaizen Periode 192 Untuk Penurunan Proses Kerja Di PT. Yamaha Indonesia. Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia, 2016.
- [7] S, Pressman. R. (2002). Hill International Edition. Software Engineering - A Practitioner's Approach, McGraw.
- [8] Sukamta Sri, A. K. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. Jurnal Teknik Elektro Vol. 5 No. 2 Juli - Desember 2013, 58-63.
- [9] Saputra Made Agus Trisna, A. I. (2019). Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 18, No. 1, Januari - April. Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah, 83-90.
- [10] Amalia, MT, Setyaningrum R, Arsiwi P, (2017). Modul Praktikum Manufaktur Terintegrasi, Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, 2017, 1 – 103.