

PENENTUAN DIMENSI SUDU TURBIN ULIR *ARCHIMEDES* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *MIKROHIDRO*

Helmi Fikri Sofiyanto¹, Firman Lukman Sanjaya², Agus Suprihadi³

Email : fikrihelmi7@gmail.com

Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama, Jl. Dewi Sartika No.71 Kota Tegal

Abstrak

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi keberlangsungan masyarakat baik dalam melakukan kegiatan maupun sebagai sumber kehidupan. Penggunaan energi listrik yang semakin tinggi menyebabkan terjadinya krisis energi. Hal ini karena energi listrik memanfaatkan energi fosil sebagai sumber energinya sehingga energi tersebut tidak dapat diperbaharui. Pembangkit listrik ulir *archimedes* merupakan alat konversi energi air menjadi energi mekanik, lalu energi mekanik di ubah menjadi energi listrik oleh generator. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui Penentuan Dimensi Sudu Ulir *Archimedes* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro*. Metode Penelitian ini menggunakan perhitungan untuk mengetahui dimensi sudu turbin ulir *archimedes*. Perhitungannya dari mulai mengitung panjang poros, kemudian menghitung diameter dalam dan luar, menentukan kisar ulir mengacu pada tabel formulasi *Rorres*, dan menentukan jumlah kisar ulir. Hasil perhitungan dimensi sudu turbin secara keseluruhan sudu 1 poros ulir 64,335 cm, diameter dalam dan luar 18,64 cm, kisar ulir 12,85 cm dan jumlah kisar 5,006. keseluruhan sudu 2 poros ulir 64,335 cm, diameter dalam dan luar 18,64 cm, kisar ulir 18,63 cm dan jumlah kisar 3,453 cm. keseluruhan sudu 3 poros ulir 64,335 cm, diameter dalam dan luar 18,64 cm, kisar ulir 22,17 cm dan jumlah kisar 2,901.

Kata Kunci : Dimensi, Sudu, *Archimedes*, *Screw*, *Mikrohidro*, *Rorres*

Determination of the dimensions of the Archimedes screw turbine blades for microhidro

Abstract

Electrical energy is energy that is very important for the sustainability of society both in carrying out activities and as a source of life. The increasing use of electrical energy causes an energy crisis. This is because electrical energy utilizes fossil energy as an energy source so that energy cannot be renewed. The Archimedes screw power plant is a device for converting water energy into mechanical energy, then mechanical energy is converted into electrical energy by a generator. The purpose of this study was to determine the dimensions of the Archimedes screw blade for a micro hydro power plant. This research method uses calculations to determine the dimensions of the Archimedes screw turbine blade. The calculation starts from calculating the length of the shaft, then calculating the inside and outside diameters, determining the thread range referring to the Rorres formulation table, and determining the number of thread ranges. The results of the calculation of the dimensions of the turbine blade as a whole are 64.335 cm screw shaft 1, 18.64 cm inside and outside diameter, 12.85 cm threaded range and the total range is 5,006. overall blade 2 shaft threaded 64,335 cm, 18.64 cm inside and outside diameter, 18.63 cm thread range and the total range of 3,453 cm. the total 3 blades of the screw shaft are 64,335 cm, the inner and outer diameters are 18.64 cm, the thread range is 22.17 cm and the total range is 2,901.

Key Word : Dimensi, Sudu, *Archimedes*, *Screw*, *Mikrohidro*, *Rorres*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi keberlangsungan masyarakat baik dalam melakukan kegiatan maupun sebagai sumber kehidupan. Penggunaan energi listrik yang semakin tinggi menyebabkan terjadinya krisis energi. Hal ini karena energi listrik memanfaatkan energi fosil sebagai sumber energinya sehingga energi tersebut tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, solusi permasalahan tersebut adalah energi alternatif yang dapat diperbaharui dan mudah diciptakan salah satunya memanfaatkan aliran sungai sebagai pembangkit listrik (Herman Budi Harja dkk., 2014) [1].

Pembangkit listrik tenaga air yang sering digunakan adalah pembangkit listrik mikrohidro dengan tipe ulir *archimedes*. Turbin ulir *screw* di bagi menjadi dua tipe yaitu tipe *steel strought* dan tipe *closed compact instalation*. Pada jenis turbin ulir *steel strought* adalah tipe turbin yang bagian sudu atau *bladenya* terbuka, sehingga air yang mengalir ke sudu turbin hanya selebar *bucket*. Pembangkit listrik ulir *archimedes* merupakan alat konversi energi air menjadi energi mekanik, lalu energi mekanik di ubah menjadi energi listrik oleh generator. Prinsip kerja turbin ulir ini dengan pemanfaatan debit aliran sungai sebagai sumber tenaga penggerak. Sumber daya air yang melimpah memanfaatkan aliran sungai untuk di jadikan energi yaitu listrik, pada dasarnya debit aliran air yang berada di Indonesia berkisar (< 3 meter). Oleh karena itu perlu adanya inovasi untuk membuat turbin ulir yang dapat di manfaatkan dengan potensi keadaan *head* yang sangat rendah untuk menghasilkan energi listrik (Slameto, Budi Suharto dkk., 2016), (Encu Saefudin, Tarsisius Kristiyadi dkk., 2017) [2].

Turbin menghasilkan energi listrik yang maksimal apabila dalam perencanaan memperhatikan beberapa faktor salah satu yang penting adalah perhitungan dimensi sudu turbin tersebut. Perhitungan dimensi mencakup pada persamaan *Archimedes screw*, debit aliran dan formulasi *Rorres* (Encu Saefudin, 2017) (Herman Budi Harja dkk., 2014) [3].

Menurut (Agung Dwi Nugroho (2017) [4] penelitian Turbin ulir menjelaskan bahwa pada *Screw Archimedes* yang man pemanfaatan energi aliran sungai yang berpotensi pada *head* dan debit rendah. Turbin ulir ini biasanya di gunakan untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan aliran elevasi sungai rendah, yang mana pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan biaya kecil, turbin ulir tidak memerlukan biaya yang

tinggi dan perawatannya terjangkau untuk di manfaatkan masyarakat sekitar.

Menurut Herman Budi Harja (2014) penentuan dimensi sudu turbin ulir mengacu pada formulasi *Rorres*. Pada dasarnya formulasi mengoptimalkan dimensi ulir *archimedes* yang di lakukan oleh Chriss Rorres adalah pada penggunaan pompa, sedangkan perancangan pembuatan sudu ulir akan mengikuti persamaan *helix* berbantu simulasi perangkat lunak gambar teknik.

Berdasarkan pemaparan di atas, perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait pembangkit listrik tenaga air. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada “Penentuan Dimensi Sudu Ulir *Archimedes* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro”.

II. TINJUANA PUSTAKA

Menurut Herman Budi Harja dkk, (2014) penelitian tentang penentuan dimensi sudu turbin dan sudut kemiringan poros turbin ulir *Archimedes*. Penelitian yang di gunakan pada penentuan dimensi turbin ulir menggunakan formulasi *Rorres* dilakukan untuk mengoptimumkan volume *bucket* pada sudu turbin. Penentuan bakalan bentangan sudu turbin dapat menggunakan persamaan *helix* atau informasi perangkat lunak gambar teknik. Dari hasil penelitian terdapat perhitungan gaya berat dan gaya hidrostatis pada volume *bucket* maksimum diperoleh sudut optimum pada sudut $\theta=32^\circ$.

Menurut Agung Dwi Nugroho (2017) bahwa bentuk sudu *archimedes screw* berpengaruh terhadap daya *shaft* turbin. Turbin dengan diameter luar (R_o) 0,055 m, diameter dalam (R_i) 0,030 m dan sudut kemiringan sudu (α) 45° menghasilkan daya poros sebesar 5.11 Watt pada putaran 50 rpm. Rancangan desain sudu turbin yang telah dikaji tersebut dapat menaikkan efisiensi turbin sehingga 89%. Metode relatif lebih mudah digunakan untuk mendesain geometri sudut kemiringan sudu turbin *archimedes screw*. Hal ini dikarenakan efisiensi yang tinggi didapat pada putaran yang rendah dan efisiensi lebih besar.

Menurut Slameto dkk, (2016) [5] pengujian turbin ulir dua sudu adalah sebagai berikut : Hasil rancangan dan pembuatan turbin ulir dua sudu diperoleh dimensi turbin yaitu: - Diameter : 0,06 meter - Panjang Turbin : 0,2 meter - Pitch : 0,027 meter - Tinggi sudu turbin : 0,04 meter. Hasil pengujian turbin ulir dua sudu r.rpen flume pada debit 0,0059 m³/s dan head 5 meter menghasilkan efisiensi leninggi sebesar 15.86 o/o dengan daya aktual sebesar 45.84W. Tegangan tertinggi yang

dihasilkan 156,4 Volt arus 0,06 ampere dan putaran 2467rpm. Hasil analisis pada penambahan beban maka putaran dan tegangan turbin akan semakin menurun, sedangkan arus semakin naik. Daya output akan semakin naik seiring bertambahnya beban. Apabila turbin dibebani pada beban melebihi kapasitas turbin 100 watt, maka tegangan akan jatuh menurun. Hasil analisis berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan didapat hasil yang masih jauh dari perencanaan. Hal ini diakibatkan ketersediaan debit yang kecil, sehingga turbin ulir dua sudu menghasilkan efisiensi 15,86 % yang cukup jauh dari karakteristik turbin ulir yaitu sebesar 90%.

III. LANDASAN TEORI

1. Pengertian PLTMH

PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan energi air sebagai penggerakannya, misalnya saluran sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya air (*head*) dan jumlah debit air maupun tekanan airnya. PLTMH merupakan pembangkit listrik tenaga air skala yang memiliki batasan daya sebesar 5 kW – 1 mW per unitnya. Terdapat juga beberapa batasan daya untuk PLTMH yaitu 120 kw hingga 200 kW. Prinsip kerja dari pembangkit ini, yaitu memanfaatkan ketinggian jatuh air dan debit air pada sungai atau air terjun. Aliran air akan mengalir melalui *intake* yang akan diteruskan pada saluran pembawa hingga menuju *penstock*. Pada air yang dialirkan akan memutar turbin sehingga menghasilkan energi mekanik sehingga turbin berputar dan memutar generator (Made Agus Trisna Saputra dkk, 2019) [6].

2. Hukum Archimedes

Hukum *Archimedes* dasar pemikiran *Archimedes*: "Jika dalam sebuah tempat ada air dan air dalam keadaan tenang, maka di seluruh bagian air tekanannya sama. Kalau ada daerah yang tekanannya berbeda, maka air dari tempat yang tekanannya tinggi mengalir ke arah yang tekanannya rendah. Jika benda dimasukkan ke dalam air dan setelah airnya tenang kembali benda terapung, keadaan itu menunjukkan bahwa tekanannya menjadi sama di mana-mana, termasuk di tempat benda tersebut berada. Ini berarti tekanan yang diduduki benda itu seharusnya sama dengan tekanan di bagian air yang lain atau air yang seharusnya ada di situ yang sama dengan air yang terdesak oleh benda". Dalam penyusunan percobaannya *Archimedes* menggunakan pengetahuan tentang timbangan. Akhirnya dapat ditentukan bahwa teorinya sesuai dengan hasil percobaan, yaitu: "Benda yang terapung atau

terendam dalam air kehilangan berat sesuai dengan berat air yang terdesak". Hukum *Archimedes* berbunyi, "Sebuah benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mendapat gaya ke atas sebesar berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut"(Rofiqoh Utami dkk, 2014) [7].

3. Hydropower

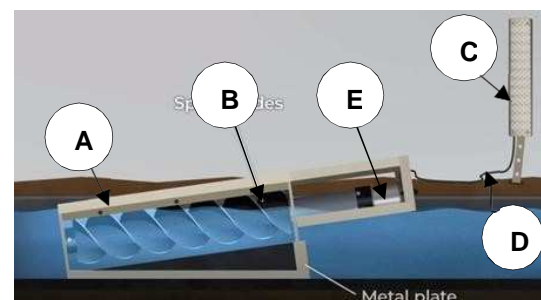
Hydropower besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan dengan *reservoir* air, maka head adalah beda ketinggian antara permukaan air pada *reservoir* dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total daya yang dibangkitkan dari suatu turbin air adalah merupakan reaksi antara *head* dan debit air seperti ditunjukkan pada persamaan 1 (Agi Noto & Dedy, 2017) [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. Sudut blade pada turbin ulir biasanya ditetapkan pada sudut 220. Turbin ulir memiliki prinsip kerja, dimana tekanan air yang melalui bilah-bilah sudut turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari bilah-bilah sudut turbin maka tekanan air akan memutar turbin dan secara bersamaan memutar generator (Made Agus Trisna Saputra dkk, 2019).

5. Komponen Kerangka Turbin Ulir Archimedes

Adapun komponen dalam kerangka turbin ulir *Archimedes* yaitu :



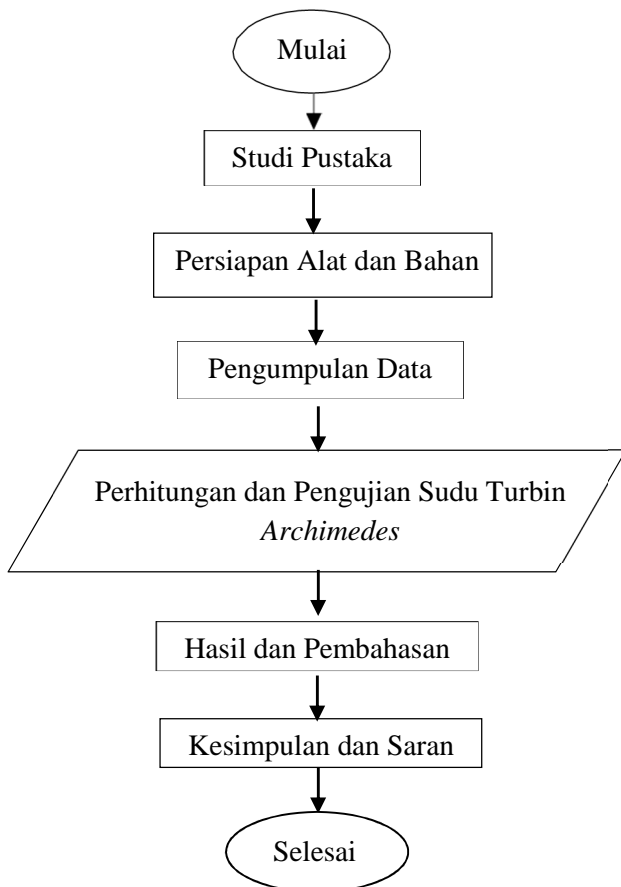
Gambar 1. Komponen Kerangka Turbin Ulir

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 Penentuan Dimensi Sudu Ulir *Archimedes* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro*.



V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil uji perhitungan sudu turbin ulir *archimedes* yang di butuhkan adalah meteran, busur derajat, kalkulator, bolpoint, buku tulis dan ulir sudu 1, sudu 2 sudu 3 di Lab D III Teknik Mesin, sudu tersebut di uji menggunakan meteran dan busur derajat dimana hasil tersebut di gunakan dengan satuan milimeter. Hasil uji diatas di lihat pada perhitungan sudu ulir *archimedes* yaitu perhitungan panjang poros, perhitungan diameter dalam & diameter luar, perhitungan kisar ulir(mengacu persamaan pada tabel Rorres), dan perhitungan jumlah kisar sebagai berikut.

1. Perhitungan panjang poros

$$L = \frac{H}{K} = \frac{Head}{\tan \theta}$$

L = Panjang Poros (cm)
 H = Ketinggian dari air (cm)
 K = Sudut kemiringan ulir (tan θ)

$$L_1 = \frac{0,30}{\tan 25^\circ} = 0,64335 \text{ m} = 64,335 \text{ cm}$$

$$L_2 = \frac{0,30}{\tan 25^\circ} = 0,64335 \text{ m} = 64,335 \text{ cm}$$

$$L_3 = \frac{0,30}{\tan 25^\circ} = 0,64335 \text{ m} = 64,335 \text{ cm}$$

Jadi Rata rata adalah 64,335cm (sudut tertinggi).

Tabel 4.1 Perhitungan panjang poros

K (sudut elevasi)	H (Tinggi air)	L (Panjang poros)	Hasil
$K_1 25^\circ$	0,30 cm	L1	64,335 cm
$K_2 25^\circ$	0,30 cm	L2	64,335 cm
$K_3 25^\circ$	0,30 cm	L3	64,335 cm
Rata - rata			193,005 : 3 64,335 cm

Dari hasil perhitungan diatas di sajikan dalam bentuk tabel bahwa penentuan sudu ulir langkah pertama adalah menghitung panjang poros yaitu dengan mengukur *head* aliran dengan ketinggian 0,30 m dengan sudut *elevasi* tertinggi 25° di peroleh rata rata 64,335 cm.

2. Menentukan diameter dalam dan diameter luar.

$$R_i = \rho \times R_o$$

$$R_o = \frac{R_i}{\rho}$$

R_i = Jari-jari dalam sudu ulir ($0 < R_i < R_o$) (m)

ρ = Massa jenis air (1000 kg/m³)

R_o = Jari-jari luar sudu turbin (cm)

D = 10 cm = 0,10 m

$$R_{o1} = \frac{R_i}{\rho_1} = \frac{0,05}{0,5358} = 0,0933 \text{ m}$$

$$R_{o2} = \frac{R_i}{\rho_2} = \frac{0,05}{0,5359} = 0,0931 \text{ m}$$

$$R_{o3} = \frac{R_i}{\rho_3} = \frac{0,05}{0,5357} = 0,0933 \text{ m}$$

Rata rata diameter = 0, 2797 : 3

= 0,0932 m (Jari jari luar)

= 0,0932 x 2 = 0,1864 m

Jadi Diameter luarnya adalah **18,64 cm**

Tabel 4.2 Menentukan diameter dalam dan diameter luar.

R _i (Jari-jari dalam)	ρ (Massa jenis air)	R _o (Jari-jari dalam)	Hasil
0,05 m	0,5358 kg/m ³	R _{o1}	0,0933 m
0,05 m	0,5359 kg/m ³	R _{o2}	0,0931 m
0,05 m	0,5357 kg/m ³	R _{o3}	0,0933 m
Rata - rata			0,2797 : 3 = 0,0932 x 2 m = 18,64 cm

Dari hasil perhitungan diatas di sajikan dalam bentuk tabel bahwa penentuan sudu ulir langkah kedua adalah menentukan diameter dalam dan diameter luar yaitu diameter (D) = 10 cm maka dirubah menjadi meter 0,10 m, dengan rumus diameter luar R_o dibagi dengan *optimal radius ratio* ρ sesuai pada tabel persamaan *Rorres* diperoleh rata rata 0,0932 m. Diameter adalah setengah jari jari maka hasil Ro 0,0932 x 2 = 0,1864 m atau 18,64 cm.

3. Menentukan kisar ulir dan jumlah kisar

a. Menentukan kisar ulir

Tabel 4.3 Parameter Ulir Archimedes Chriss Rorres (Metal Indonesia, 2014).

Number Of Blade (N)	Optimal radius ratio ρ =	Optimal pitch ratio λ =	Optimal volume per turn Ratio λ * v (N, ρ, λ*)	Optimal volume ratio v (N, ρ, λ*)
1	0,5358	0,1285	0,0361	0,2811
2	0,5369	0,1863	0,0512	0,2747
3	0,5357	0,2217	0,0598	0,2697
4	0,5353	0,2456	0,0655	0,2267
5	0,5352	0,263	0,0696	0,2647

Dari hasil perhitungan diatas di sajikan dalam bentuk tabel bahwa penentuan sudu ulir langkah ketiga adalah kisar ulir maka menggunakan tabel yang di teliti oleh *Chriss Rorres*. Hasil menentukan kisar ulir mengacu pada *formulasi Rorres* yang mana pada penelitian tersebut di hasilkan tabel yang kemukakan oleh *Chriss Rorres*.

b. Jumlah kisar

$$m = \frac{L}{\Lambda}$$

m = Jumlah kisar ulir (buah)

L = Panjang poros (cm)

Λ = Kisar ulir sudu turbin (0 ≤ Λ ≤ 2πR) (mm)

$$m_1 = \frac{64,33}{12,85} = 5,006 \text{ buah}$$

$$m_1 = \frac{64,33}{18,63} = 3,453 \text{ buah}$$

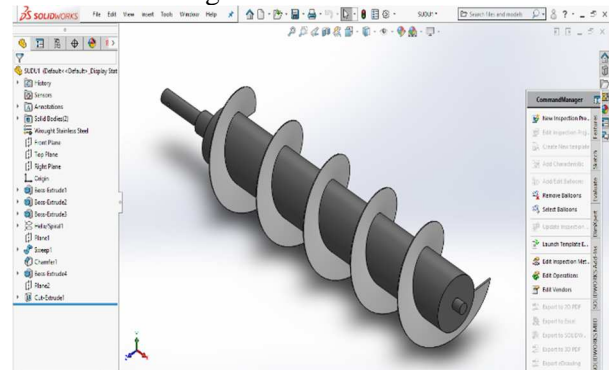
$$m_1 = \frac{64,33}{22,17} = 2,901 \text{ buah}$$

Tabel 4.4 Menentukan jumlah kisar

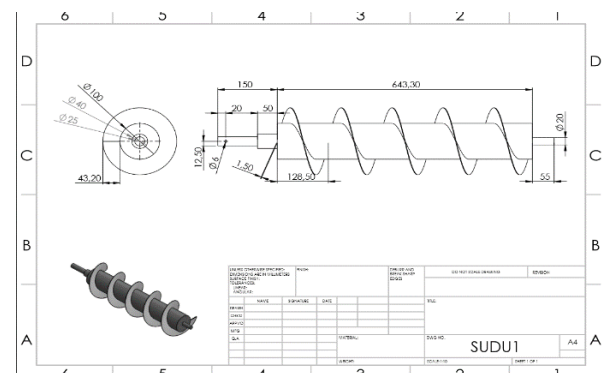
M (Jumlah kisar)	L (Panjang poros)	Λ (Kisar ulir)	N (Sudu)	Hasil
1	64,33 cm	12,85 mm	N 1	5,006 buah
2	64,33 cm	18,63 mm	N 2	3,453 buah
3	64,33 cm	22,17 mm	N 3	2,901 buah

Hasil menentukan jumlah kisar (m₁) di hitung dari (L) panjang poros di bagi dengan (Λ) *optimal pitch ratio* yang mengacu pada tabel *Rorres* yang mana di peroleh hasil N1(*Blade 1*) 5,006, N2(*Blade 2*) 3,453, N3(*Blade 3*) 2,901. Pada hasil tersebut dapat di peroleh jumlah yang dapat menentukan berapa banyak ulir tersebut dari mulai sudu 1 sudu 2 dan sudu 3. Berikut *design* hasil perhitungan kisar ulir dengan berbantu *software* gambar teknik *solidwoks*. Jika perhitungan poros, diameter dalam dan diameter luar tidak sesuai maka blade tersebut tidak akan terbentuk kurang maupun lebih karena sudah mengacu pada tabel *Rorres*.

A. Hasil design sudu 1

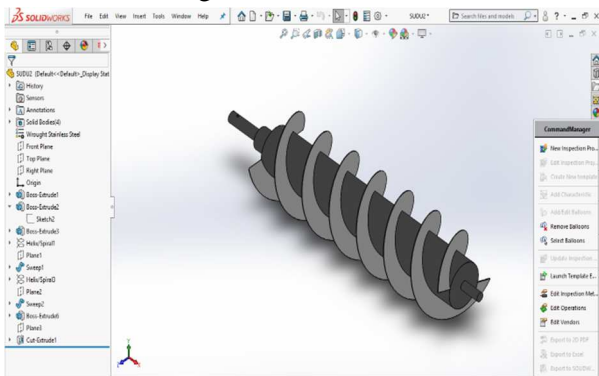


Gambar 2. Hasil design sudu 1

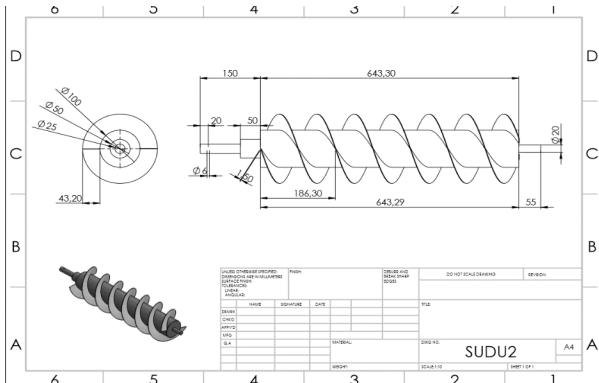


Gambar 3. *Drawing* turbin sudu 1

B. Hasil design sudu 2

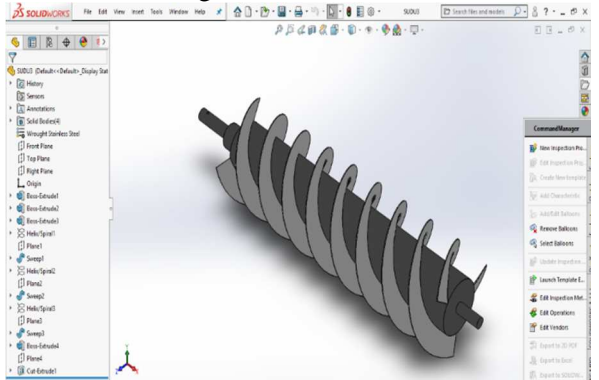


Gambar 4. Hasil design sudu 2

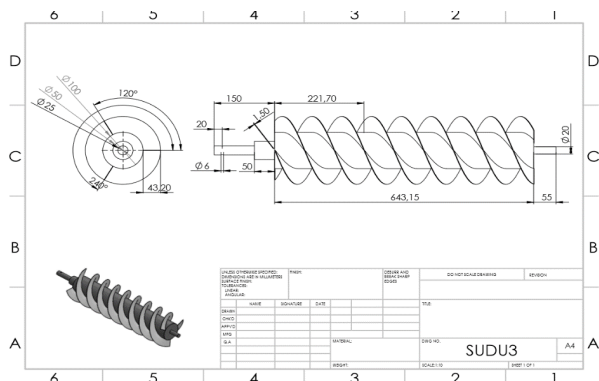


Gambar 5. Drawing turbin sudu 2

C. Hasil design sudu 3



Gambar 6. Hasil design sudu 3



Gambar 4.6 Drawing turbin sudu 3

VI. KESIMPULAN

Pada perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa untuk menentukan sudu turbin ulir *archimedes* diperlukan beberapa tahapan perhitungan yaitu menentukan panjang poros, menentukan diameter dalam dan luar, menentukan kisar ulir dan menentukan jumlah kisar pada sudu.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa diameter dalam dan luar pada setiap poros dan jumlah kisar mengacu pada formulasi *Rorres* yang mana pada tabel tersebut dapat digunakan sebagai acuan yaitu *optimal radius ratio* ρ pada setiap blade dan *optimal pitch ratio* (Λ) pada setiap blade dengan jumlah kisar yang berbeda pula, maka diperoleh Sudu 1 dengan kisar ulir 128,5 mm dan jumlah kisar 5,006, Sudu 2 dengan kisar ulir 183,3 mm dan jumlah kisar 3,453, Sudu 3 dengan kisar ulir 2,901 mm dan jumlah kisar 2,901.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fritsz, D. (1996). *Turbin Pompa Dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Harja, H. B., & Dkk. (2014). Penentuan Dimensi Sudu Turbin Dan Sudut Kemiringan Poros Turbin Pada Turbin Ulir Archimedes. *Metal Indonesia Vol. 36 No. 1*, 26-33.
- [3] Nugroho, A. D., & Himawanto, D. A. (2017). Kajian Teoritik Pengaruh Geometri Dan Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin Archimedes Screw. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Kedirgantaraan(Senatik)*, 56-59.
- [4] Nurdin, A., & H, D. A. (2018). Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah. *Jurnal Simetris, Vol. 9*, 783-796.
- [5] Putra, A. A. (2009). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Its Surabaya*, 1-66.
- [6] Putra, I. G., Weking, A. I., & Jasa, L. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja Pltmh Dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 17, No. 3, September - Desember 2018*, 385-392.
- [7] Rofiqoh Utami, W., & Purwanto, J. (2014). Rancang Bangun Perangkat Eksperimen Hukum Archimedes Untuk Mts Lb/A Yaketunis Kelas Viii. *Inklusi, Vol.1, No.1 Januari - Juni 2014*, 58-82.
- [8] Saefudin, E., Kristyadi, T., Rifki, M., & Arifin, S. (2017). Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro

Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekaya Hijau*, 233-244.

- [9] Saputra, M. A., Weking, A. I., & Artawijaya, I. W. (2019). Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 18, No. 1, 83-90.
- [10] Saroinsong, T., Thomas, A., & Mekel, A. N. (2017). Desain Dan Pembuatan Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro . *Prosiding Sentrinov Volume 3*, 159-169.