

Rancang Bangun Prototipe Turbin *Archimedes* Untuk Tangki Air Perumahan Dengan Formulasi Chris Rorres

Candra Bagus Prasetyo*, Gian Villany Golwa, Tony Indra Kusuma, Maulana Abdul Jabar

Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia Meruya Selatan no. 01 Kembangan-Jakarta Barat 11650

E-mail:Candrap37@gmail.com

Abstrak

Rancang bangun prototype Turbin *Archimedes* dilakukan untuk dapat memaksimalkan energi potensial dari tangki penampungan air untuk dijadikan sebagai pembangkit listrik skala piko hidro. Jumlah sudu dan kisar ulir pada turbin ulir dijadikan sebagai Parameter internal, sedangkan radius luar turbin, panjang turbin dan kemiringan poros turbin dijadikan sebagai Parameter eksternalnya. Kedua parameter tersebut merupakan bentuk geometri dari turbin ulir. Debit dan head biasanya digunakan untuk menentukan Parameter eksternal. Diharapkan penelitian dari Rancang Bangun Turbin *Archimedes* skala laboratorium ini dapat dijadikan sebagai study eksperimental untuk pembuatan pembangkit listrik piko hidro. Bentuk geometri dari turbin ulir tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan formulasi dari Chris Rorres. Hasil rancang bangun prototipe turbin *Archimedes* memiliki spesifikasi: konstruksi rotor memiliki 1 buah sudu ulir, kisar ulir 29,28 mm, radius sudu luar (R_o) 101,6 mm dan radius sudu dalam (R_i) 54 mm. kisar ulir sebesar 29,28mm, jumlah kisar sebanyak 12,06 dan kemiringan turbin efektif yaitu sebesar 35° .

Keywords: : *archimedes screw, picohydro, sudut kemiringan, head rendah, desain dan pembuatan.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Beberapa diantaranya bisa segera diterapkan di tanah air, seperti: bioethanol sebagai pengganti bensin, biodiesel untuk pengganti solar, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga angin, bahkan sampah atau limbah pun bisa digunakan untuk membangkitkan listrik. Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di tanah air (Abubakar, 2007)

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam segala aktifitas manusia seperti halnya dalam bidang industri, penggunaan alat-alat elektronik, transportasi, dan lain sebagainya. Konsumsi energi akhir di Indonesia didominasi oleh minyak, diikuti oleh gas, batubara.

Dengan pertumbuhan konsumsi yang cepat, diperkirakan bahwa tanpa sumber daya energi yang baru dan upaya efisiensi energi, Indonesia dapat menjadi importir

minyak murni dalam waktu dekat. Salah satu cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan yaitu energi air, energi matahari, energi angin, dan energi biomassa. (I, Antonius, & Lie, 2018)

Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di Indonesia adalah pemanfaatan energi air. Pembangkit listrik energi terbarukan dengan memanfaatkan energi air ini bisa dibuat dalam skala besar maupun kecil. Tenaga air skala kecil merupakan salah satu energi baru terbarukan atau sering disebut dengan mikro hidro atau disebut juga Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ataupun Piko Hidro (dalam skala yang lebih kecil yaitu kurang dari 5 kw) (I, Antonius, & Lie, 2018).

Salah satu cara untuk ikut dalam mengatasi hal ini adalah dengan cara memanfaatkan Energi Potensial Tangki air pada penampungan air perumahan. Yang pada umumnya memiliki ketinggian antara 3 hingga 5 meter. Tangki air dijadikan

sebagai topik penelitian karena energi potensialnya yang dimana fluida air yang mengalir dapat memutar turbin. Kemudian putaran dari turbin tersebut dihubungkan ke generator untuk dijadikan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro.

Menara air atau tangki air merupakan sebuah bak penyimpanan air yang ditinggikan dan dibangun untuk menampung persediaan air pada ketinggian yang cukup untuk memberi tekanan pada sistem distribusi air. Pemberian tekanan terjadi melalui peninggian air; untuk setiap ketinggian 10,20 cm (4,016 inch), air memberi tekanan sebesar 1 kpa (0,145 psi). Menara air dapat memasok air bahkan ketika listrik padam, karena mereka bergantung pada tekanan yang dihasilkan oleh ketinggian air. Tinggi menara memberikan tekanan hidrostatik untuk mengalirkan air ke pengguna (Yonasdi & Ronny, 2019).

Maka dari itu diperlukan Desain dan perancangan serta analisa lebih lanjut terhadap pemilihan jenis turbin air dan dimensi dari turbin air tersebut untuk memaksimalkan daya energi potensial yang terdapat pada Tangki air perumahan.

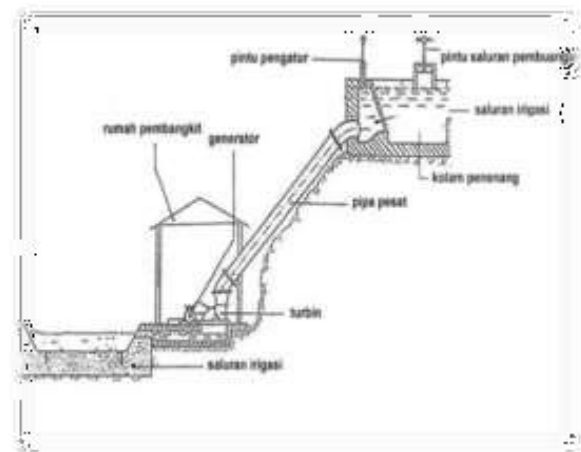
Tujuan dari penelitian ini adalah dapat merancang dan mendisain prototipe turbin air Archimedes atau turbin ulir dengan daya kurang dari 5 kw. Dan dapat membuat turbin ulir dengan skala laboratorium atau prototipe dengan spesifikasi head 25 cm dan tinggi tangki air 120 cm.

Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro merupakan istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang dimanfaatkan sebagai sumber daya (resource) penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik (Yogi, Ir. Eddy Sosilo, & Ir. Edi, 2015)

Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro adalah pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggereakkan generator dan generator menghasilkan listrik (Yogi, Ir. Eddy Sosilo, & Ir. Edi, 2015)

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis. Sebagaimana dapat dipamahi dari rumus tersebut di atas, daya yang dihasilkan adalah hasil kali dari tinggi jatuh dan debit air. Oleh karena itu berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung dari pada usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif ekonomis. Akan tetapi pada penelitian ini digunakan jenis turbin ulir atau turbin Archimedes yang dapat bekerja pada tinggi jatuhnya air yang rendah dan debit air yang kecil.



Gambar 1. Skema pembangkit listrik tenaga pikohidro

Turbin Air

Turbin air secara umum dapat diartikan sebagai mesin penggerak mula di mana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin, fluida kerjanya yaitu berupa air, uap air dan gas. Dengan demikian turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air (Arismunandar, 2004)

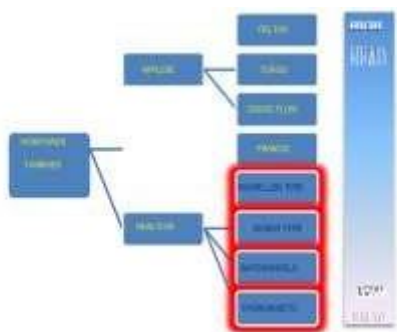
pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut. Dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja, gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Arismunandar, 2004)

Ada beberapa kesamaan teori dari turbin air dan pompa air, dengan perbedaan utaman energi transfer yang berkebalikan. Turbin air mengubah energi potensial dari air menjadi energi mekanis putaran poros, sedangkan pompa air mengubah energi mekanis putaran poros menjadi gerak aliran air.

Klasifikasi Turbin

Turbin air diklasifikasikan atas dua kelas yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Pada turbin impuls head efektif diubah menjadi energi kinetik sebelum masuk ke sudu gerak. Daya yang diekstraksi aliran oleh sudu turbin berada pada tekanan atmosfer, sedangkan pada turbin reaksi sudu gerak terendam di dalam air. Sehingga tekanan dan kecepatan air berkurang dari seksi masuk sampai seksi keluar sudu gerak .

Jenis turbin impuls diantaranya yaitu : turbine pelton, turbine turgo, turbine cross flow. Dan jenis turbin reaksi diantaranya yaitu : Turbine propeller, turbine francis, dan satu lagi adalah pompa sebagai turbin.



Gambar 2. Klasifikasi turbin

Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis- jenis turbin, Khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap perencanaan, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan beberapa parameter-parameter yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu :

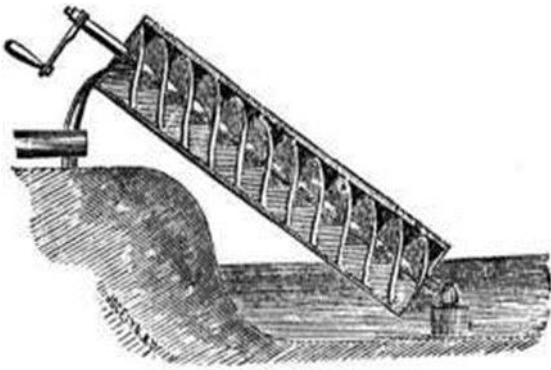
- a) Faktor tinggi jatuh air efektif dan debit air yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh : turbin air Archimedes screw atau turbin ulir efektif untuk operasi pada head (tinggi jatuhnya air) rendah, turbin pelton efektif untuk operasi pada head tinggi, dan turbin cross flow efektif untuk operasi pada head sedang.
- b) Faktor daya (power) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.

Kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator.

Turbine Archimedes Screw Atau Turbin Ulir

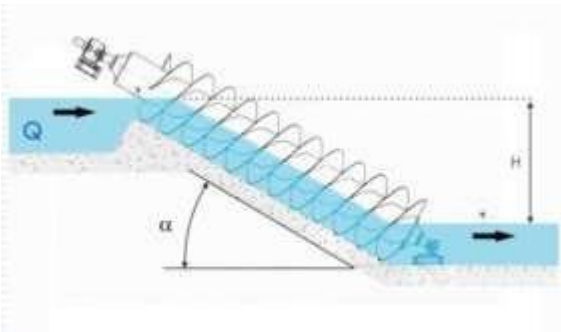
Archimedes screw adalah salah satu mesin tertua yang masih digunakan dan berfungsi mengangkat air untuk irigasi dan drainase. Turbin ulir berasal dari konsep kuno oleh ahli matematika dan fisika Archimedes (287 – 212 SM). Archimedes screw terdiri dari permukaan heliks yang mengelilingi poros silindris pusat di dalam pipa berongga (I, Antonius, & Lie, 2018)

Ketika digunakan sebagai pompa, screw biasanya diputar oleh generator atau tenaga kerja manual. Ketika poros berputar, ujung bawah menggulung volume air yang disebut sebagai ember. Air ini akan meluncur ke dalam tabung spiral saat screw berputar, sampai akhirnya mengalir keluar dari bagian atas screw. Pompa screw digunakan terutama untuk mengalirkan air keluar dari tambang atau area lain dari air yang rendah. Palung yang terbuka dan desain keseluruhan screw memungkinkan lintasan puing tanpa tersumbat (Kathleen, 2017).



Gambar 3. Pompa archimedes

Selain dikenal dengan turbin ulir, sesuai dengan konsep awalnya, turbin ini juga disebut *Archimedes screw*. Turbin ulir lebih cocok dipakai untuk tinggi jatuhnya (*head*) rendah atau beda elevasi antara hulu dan hilir aliran rendah, bahkan nol. Turbin *Archimedes screw* dapat digunakan di situs hidro air rendah sebagai sarana menghasilkan listrik. Ini dilakukan dengan menjalankan *Archimedes screw* secara terbalik, yaitu menjatuhkan air dari atas dan membiarkan screw berputar ketika air turun (I, Antonius, & Lie, 2018)



Gambar 4. Aliran air dalam turbin air

Daya Potensial Air

Pembangkitan daya turbin merupakan bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (power) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$P = \rho \times Q \times h \times g \quad (1)$$

Dimana :

P = daya keluaran secara teoritis (watt) ρ = masa jenis fluida (kg/m³)

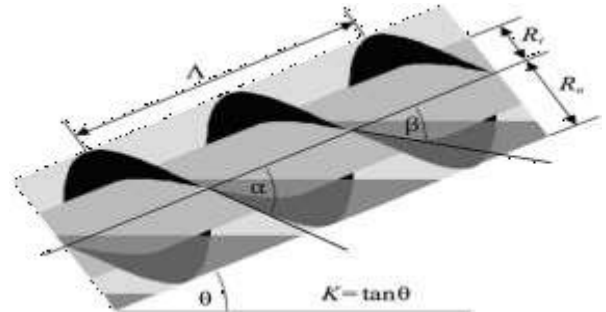
Q = debit air (m³/s)

h = ketinggian efektif (m)

V = volume air yang masuk (m³) t = waktu (s)

Dimensi Turbin Ulir

Geometri sebuah turbin maupun pompa ulir Archimedes ditentukan oleh dimensi luar dan dimensi dalam turbin.



Gambar 5. Profil turbin 2 ulir sudu (Chris, 2000)

Gambar 5. Profil turbin 2 ulir sudu (Chris, 2000) Keterangan :

- Ri : jari-jari dalam sudu ulir
- Ro : jari-jari luar sudu turbin
- Λ : kisar ulir sudu turbin
- K : $\tan \theta$
- θ : sudut kemiringan poros turbin
- β : sudut ulir (pada posisi Ri)
- α : Sudut ulir (pada posisi Ro)
- N : Jumlah sudu

Dimensi luar turbin terdiri jari-jari terluar sudu ulir Ro, kisar ulir Λ , dan sudut kemiringan poros θ . Dimensi luar ditentukan oleh lokasi penempatan ulir, material ulir yang akan digunakan dan debit air. Sudut kemiringan poros (θ) turbin umumnya antara 30° sampai 60° (Herman, Halim, Sigit, & Hendi, 2014).

Sedangkan dimensi bagian dalam turbin meliputi jari-jari dalam Ri, jumlah sudu N, dan jarak antar sudu bila $N > 1$. Dimensi dalam turbin bebas dipilih, sehingga pengoptimuman

turbin ulir dapat dilakukan dengan mengubah dan memvariasikannya.

Panjang poros ulir (L) dapat dihitung mengingat hubungan berikut:

$$L = \frac{V_t}{\pi \cdot R_o \cdot \Lambda} \cdot K \quad (3)$$

Pada volume maksimum, Diameter dalam Ri* dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$Ri^* = p^* \cdot R_o \quad (4)$$

Kisar ulir pada volume maksimum dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$\Lambda^* = \frac{\pi \cdot R_o \cdot \lambda^*}{k} \quad (5)$$

Nisbah volume optimum v*, jari-jari optimum dan nisbah kisar optimum N ditampilkan pada tabel 1

Tabel 1. Parameter ulir archimedes optimum menurut chris rorres

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	0,2667
5	0,5352	0,2630	0,0696	0,2647
6	0,5352	0,2763	0,0727	0,2631
7	0,5354	0,2869	0,0752	0,2619
8	0,5354	0,2957	0,0771	0,2609
9	0,5356	0,3029	0,0788	0,2601
10	0,5356	0,3029	0,0802	0,2592
11	0,5358	0,3145	0,0813	0,2586
12	0,5360	0,3193	0,0824	0,2580
13	0,5360	0,3234	0,0833	0,2574
14	0,5360	0,3270	0,0841	0,2571
15	0,5364	0,3303	0,0848	0,2567
16	0,5362	0,3333	0,0854	0,2562
17	0,5362	0,3364	0,0860	0,2556
18	0,5368	0,3380	0,0865	0,2559
19	-	-	-	-
20	0,5394	0,3953	0,0977	0,2471

Sumber : (Chris, 2000)

Tabel 1 digunakan untuk menentukan rancangan turbin ulir Archimedes pada penelitian ini

Nisbah volume, nisbah jari-jari dan nisbah kisar didefinisikan pada persamaan (6), (7), dan (8) berikut ini :

$$v^* = \frac{V_t}{\pi \cdot R_o \cdot \Lambda} \quad (6)$$

$$\rho^* = \frac{R_i}{R_o} \quad (7)$$

$$\lambda^* = \frac{\Lambda \cdot k}{2 \cdot \pi \cdot R_o} \quad (8)$$

Persamaan (1) sampai dengan persamaan (8) digunakan untuk menentukan dimensi rancangan turbin ulir Archimedes dalam kegiatan penelitian ini. Putaran turbin ulir maksimum (n) maksimal (rpm) dan hubungan antara dimensi kisar Λ dan jari-jari luar sudu Ro untuk berbagai sudut kemiringan turbin dapat dinyatakan dalam persamaan (9),(10) dan (11).

$$\Lambda = 2,4 R_o \text{ unuk } \theta < 30^\circ \quad (9)$$

$$\Lambda = 2,0 R_o \text{ unuk } \theta = 30^\circ \quad (10)$$

$$\Lambda^* = 1,6 R_o \text{ unuk } \theta \quad (11)$$

Jumlah kisar m yang diperkukan pada panjang poros turbin

$$M = L/K \quad (11)$$

3. Metodologi Penelitian

- Pada tahap pertama ini sebelum melakukan penelitian yaitu mencari referensi-referensi dari jurnal-jurnal nasional maupun internasional, buku, internet, maupun dari penelitian-penelitian sebelumnya. Referensi tersebut digunakan untuk memahami dan mendapatkan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini.
- Setelah itu melakukan observasi dilapangan, hal ini dilakukan untuk melihat berapa tinggi dari tangki air perumahan. Berapa head yang bisa digunakan untuk masukan turbin, serta berapa besar energi potensial yang bisa dimanfaatkan untuk daya bangkitan turbin.

- Kemudian dari hasil studi literatur dan observasi dilapangan tersebut setelah didapatkan data-data baru mulai melakukan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan dari Chris Rorres dan penelitian sebelumnya.
- Setelah mendapatkan perhitungan yang sesuai dengan formulasi Chris Rorres baru mulai melakukan Disain gambar di perangkat lunak disain gambar.
- Setelah hasil disain gambar selesai baru ke tahap selanjutnya yaitu penyiapan alat dan bahan.
- Setelah penyiapan alat dan bahan selesai, baru ke proses pembuatan Turbin.
- Setelah proses pembuatan selesai kemudian ketahap pengujian dan pengambilan data, kemudian terakhir pembuatan laporan.

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil rancangan yang telah dibuat berdasarkan potensi sumber energi air yang digunakan yaitu tangki penampungan air perumahan dengan skala laboratorium yang telah dibuat lihat (lihat Gambar 7), adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Rancangan alat laboratorium

Head efektif : 25 cm
 Debit air : 0,33 liter/detik

Dengan menggunakan persamaan (2) maka didapatkan daya bangkitan air sebesar 0,80 watt. Dan daya yang dihasilkan kenyataannya akan lebih rendah dari pada daya diatas karena efisiensi turbin ulir dan efisiensi generator listrik.

Untuk sudut kemiringan turbin ulir θ yang dibuat sebesar 35° , pada head 25cm, panjang poros turbin ulir sebesar (L) yang ditetapkan adalah 45 cm yaitu dihitung dari persamaan (2.27). kemudian untuk Diameter dalam turbin ulir R_i pada perancangan dipilih sebesar 101,6cm yaitu diameter dala pipa 4 inci.



Archimedes

Untuk penentuan dimensi sudu turbin ulir ini dipilih jumlah sudu ulir (N) sebanyak 1. Mengacu pada tabel 1 untuk $N=1$ dipilih :

$$\rho^* = 0,5358$$

$$\lambda^* = 0,1285$$

$$v^* = 0,2811$$

Dan didapatkan :

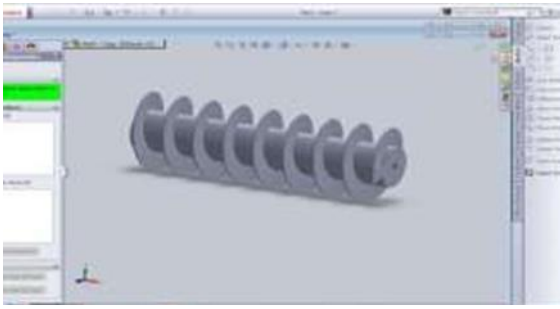
$$\text{Jari-jari luar } R_o = 101,6 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang kisar } \Lambda = 2,92 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah kisar } m = 12,06 \text{ cm}$$

Penentuan Jumlah Sudu

Hasil disain sudu satu ulir menggunakan perangkat lunak disain gambar solidworks. Sudu ditentukan satu bilah sudu ulir, berdasarkan penelitian shaun. dimana disebutkan nilai torsi terbesar terjadi pada jumlah sudu 1 buah terutama pada nilai head yang tertinggi. Menurunnya nilai torsi pada jumlah sudu yang semakin meningkat (dengan panjang poros sama) volume bucket pada sudu yang semakin berkutang, sehingga performa turbin akan semakin menurun seiring bertambahnya sudu (Shaun, 2015).



Gambar 8. Bentuk ulir 1 sudu

Hasil disain sudu satu ulir menggunakan perangkat lunak disain gambar solidworks. Sudu ditentukan satu bilah sudu ulir, berdasarkan penelitian shaun. dimana disebutkan nilai torsi terbesar terjadi pada jumlah sudu 1 buah terutama pada nilai head yang tertinggi. Menurunnya nilai torsi pada jumlah sudu yang semakin meningkat (dengan panjang poros sama) volume bucket pada sudu yang semakin berkurang, sehingga performa turbin akan semakin menurun seiring bertambahnya sudu (Shaun, 2015).

Diameter Dalam dan Diameter Luar

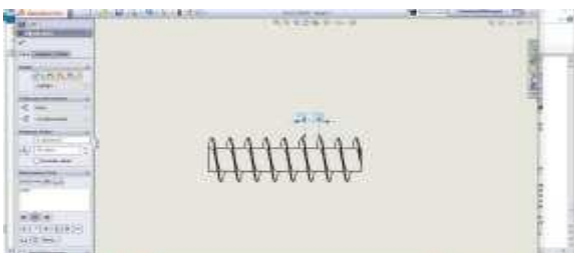


Gambar 9. Bentuk diameter dalam dan luar turbin

Diameter luar ditentukan sebesar 101,6 cm dan diameter dalam diambil dari persamaan (4) sebesar 54,4cm.

Kisar Ulir

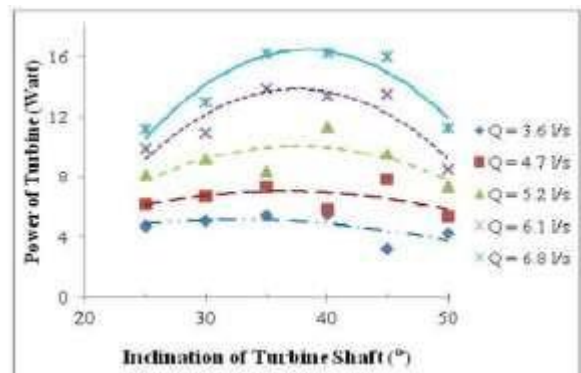
Kisar ulir didapatkan sebesar 2,928mm atau 2,92 cm dari persamaan (5) yaitu jarak antar sudu.



Gambar 10. Kisar ulir

Kemiringan Sudut Turbin

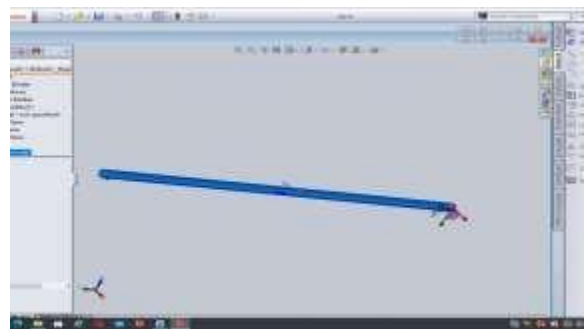
Penentuan kemiringan sudut turbin menggunakan studi literatur yang diambil dari penelitian Yulianto 2017. Pada grafik 1 dijelaskan bahwa pada saat kemiringan sudut kecil (25 sampai 45) aliran debit air menggerakkan blade dengan gaya yang ringan. Sedangkan pada sudut lebih besar (45 sampai 50 derajat) aliran air akan mulai keluar dari jalur kanal.dan ditetapkan sebesar 35 derajat pada penelitian ini.



Gambar 11. Kemiringan sudut turbin

Poros Ulir

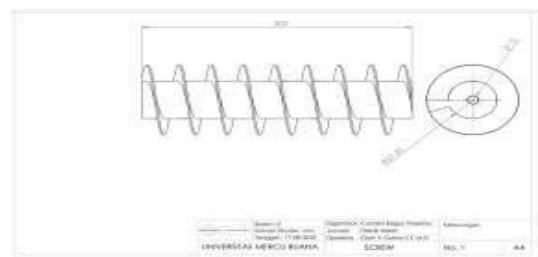
Berdasarkan perhitungan persamaan panjang poros ulir didapatkan sebesar 35,71 cm dan ditambah 9,30cm untuk dudukan bearing dan shaft jadi 45cm.dan diameter shaft 12mm.



Gambar 12. Poros Ulir

Hasil Disain dan Rancang Bangun Turbin Ulir

Gambar 12 merupakan gambar bentuk screw.



Gambar 14. Bnetuk Screw

Pengujian

Proses pengujian dilakukan dengan debit air masukan sebesar 0,33 liter/detik, head 25cm.

Tabel 2. Hasil Pengujian

sudut	Putaran (rpm)	Debit (m ³ /s)	V	Keluaran (output)	
				I (A)	(Watt)
35°	200	0,00033	10,5	0,0123	0,13

Dari persamaan (1) daya bangkitan air didapatkan sebesar 0,80 watt.



Gambar 15. Turbin yang sudah dirakit

4. Kesimpulan

Setelah proses perancangan dan proses pembuatan selesai didapatkan spesifikasi turbin sebagai berikut: panjang rumah turbin 30 cm, diameter luar turbin (Ro) 101,6 cm, diameter dalam turbin (Ri) 54,4 cm, jumlah sudu sebanyak 1 buah, panjang total poros 45 cm dan kisar ulir 2,92 cm. Daya yang dihasilkan dari prototipe turbin ulir ini adalah sebesar 0,13 watt pada sudut kemiringan 35°.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada para dosen universitas mercubuana yang telah memberikan ilmunya untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Bapak Gian Villany Golwa selaku dosen pembimbing, mas tony dan mas maulana yang ikut membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Dan juga teman-teman fakultas teknik mercubuana yang telah memberika dukungan dan semangatnya, serta kedua orangtua yang selalu mendoakan.

Daftar Pustaka

- Abubakar, L. (2007). Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. Energi Terbarukan, 155-162.
- Arismunandar, W. (2004). Penggerak Mula TURBIN. BANDUNG: ITB.
- Chris, R. (2000). The Turn Of The Screw: Optimal Design Of An Archimedes Screw. Jurnal Hydraulc Engineering, 72-80.
- Herman, B. H., Halim, A., Sigit, Y., & Hendi, R. (2014). Penentuan Dimensi Sudu Turbin dan Sudut Kemiringan Poros Turbin Pada Turbin Ulir Archimedes. Metal Indonesia, 26-33.
- I, G. W., Antonius, I. W., & Lie, J. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 385-392.
- Kathleen, S. (2017). Experimental Analysis Of Archimedes Screw Turbines. Jurnal Thesis, 1-139.
- Nurdin. (2017). Analisis Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Pembuatan Kolam Tando Studi Kasus Sungai Way Kunyir Menggunakan Jenis Turbin Crossflow. Jurnal Teknik Mesin, 5-12.
- Shaun, W. (2015). Analysing The Performance Of The Archimedes Screw Turbine Within Tidal Range Technologies. Teknik, 1-171.
- Yogi, S., Ir. Eddy Sosilo, M., & Ir. Edi, S. (2015). Perancangan Pico Hydro Portable Type Kincir Air Sebagai Pembangkit Energi Listrik. Teknik Elektro, 1-6.
- Yulianto, Tarmukan, & Bambang, P. (2017). Implementasi Turbin Rotor Sekrup Untuk Aliran Datar . Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan , 1-6.
- Yonasdi, A., & Ronny, P. (2019). Jurnal Sipil Statik. Analisa Rangka Batang Struktur Menara Tangki Air Akibat Gempa, 1027-1038.