

Rancang Bangun Turbin Ulir Portabel Dengan Memanfaatkan Saluran Irigasi

Faraby Nasr Bestita¹, George Endri Kusuma, ST., M.Sc.Eng.², Tri Andi Setiawan, S.T., M.T.³

*Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan¹
Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan²
Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan³
Email: farabybestita@student.ppns.ac.id1; kusuma.george@ppns.ac.id2; triandis@ppns.ac.id3;*

Abstract – Along with the population growth that increases every year in Indonesia, The more electrical energy needs that must be distributed to each user. The use of electrical energy in Indonesia is still a lot that uses limited fuel sources which can run out over time. Meanwhile, Indonesia has a lot of renewable energy potential, such as the use of rivers or irrigation channels as a source of renewable energy. This research is to design and build a screw turbine using irrigation channels to turn it into electrical energy. In the process of product design and development in this study using the Ulrich method by comparing 3 product concepts and in this study, the first concept was chosen because it was considered in accordance with the needs, including easy fabrication, good function, good portability and lower costs than existing products. For the performance test results made with an irrigation environment that has a current speed of 0.86 m/s, the resulting generator output is 69.7V, 0.56A and the generator rotation is 357.3 rpm. For the total cost of production HPP (cost of goods manufactured) of Rp. 5,343,000,-

Keywords: irrigation, portable, screw, turbine, ulrich.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah Negara luas dengan kekayaan alam yang terbentang dari Sabang sampai Merauke. Populasi penduduk Indonesia meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2015, Indonesia memiliki sekitar 255,6 juta jiwa penduduk dan pada tahun 2030 diproyeksikan mencapai 294,1 juta jiwa. Seiring bertumbuhnya populasi, maka semakin banyak pula kebutuhan konsumsi energi listrik yang harus disalurkan ke tiap pengguna. Kebutuhan listrik di Indonesia pada tahun 2015 sebesar 910 kWh dan meningkat sebesar 1084 kWh pada tahun 2019. Sumber energi listrik yang digunakan saat ini masih bergantung pada sumber energi terbatas khususnya batu bara yang mencapai 61%. Sedangkan Indonesia memiliki banyak sumber energi terbarukan (*renewable energy*) seperti pemanfaatan sungai maupun saluran irigasi. Menurut Direktur Andritz Hydro, Josef M. Ullmer (15/3/2019) menyatakan bahwa utilisasi potensi tenaga air menjadi tenaga listrik kurang dari 7%, padahal potensi PLTA di seluruh Indonesia mencapai 75.000 MW. Kurangnya pemanfaatan dari sumber daya air menjadi tenaga listrik diarenakan lokasi potensi dan kebutuhan yang berbeda.

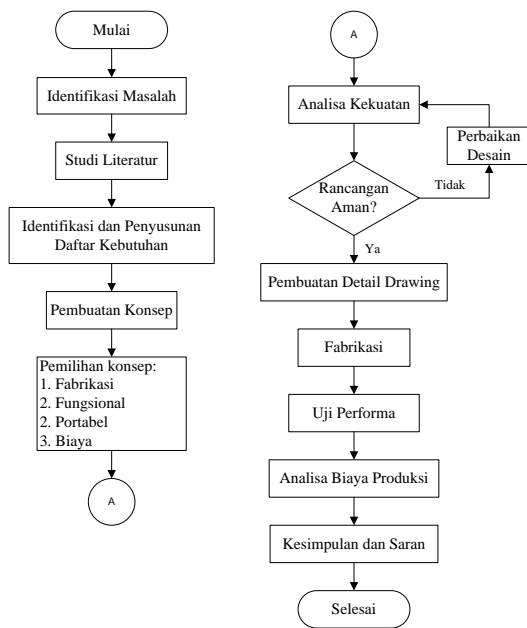
Indonesia merupakan Negara agraris yang mana mayoritas masyarakatnya bermata pencaharian pada sektor pertanian dan Indonesia juga memiliki sungai di berbagai daerah. Hubungan sawah dengan sungai tidak terlepas dari adanya

saluran irigasi, karena saluran irigasi berfungsi sebagai penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang irigasi. Dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber air sungai dan irigasi yang ada, seharusnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif bagi masyarakat sekitar. Potensi energi listrik dari saluran irigasi dapat dimanfaatkan dengan pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Dari berbagai macam jenis turbin, ada salah satu jenis turbin yang mampu beroperasi pada *head* rendah, yaitu turbin ulir (*screw turbine*). Keunggulan dari turbin ulir ini adalah dapat dioperasikan pada *head* rendah, aliran air yang tidak terlalu deras, perawatan mudah, dan *fish friendly*. Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini akan merancang dan membuat turbin ulir portabel yang dapat mengubah sudut tertentu pada turbin serta memiliki dimensi yang cocok untuk diaplikasikan di saluran irigasi yang memiliki kondisi berbeda-beda dan mudah untuk diaplikasikan. Selain itu juga, penelitian ini akan mengakumulasi HPP (harga pokok produksi).

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode Ulrich dalam proses pengerjaannya agar mendapatkan desain terbaik sesuai kebutuhan. Menurut Zahro (2019) dalam penelitiannya yang berjudul Desain Dan Fabrikasi Underwater Turbine Portable Dengan Model Turbin Savonius menggunakan

metode Ulrich untuk membandingkan 3 konsep desain dan diseleksi menjadi 1 konsep desain berdasarkan kriteria yang dibutuhkan agar dapat membantu penulis menentukan desain terbaik yang sesuai dengan penelitiannya, yang kemudian diwujudkan dengan cara difabrikasi. Penelitian rancang bangun turbin ulir portabel ini akan menggunakan metode Ulrich untuk proses pemilihan desain konsep terbaiknya. Menurut Ulrich dan Eppinge (2005), proses pengembangan konsep sesuai metode Ulrich mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut : Identifikasi kebutuhan, Penyusunan konsep, Pemilihan konsep, Pembuatan Alat. Berikut gambar 2.1 adalah diagram alur untuk tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 2. 1 Diagram Alur Tahapan Penelitian

Parameter-parameter untuk mendapatkan desain Archimedes screw yang optimum dapat dihitung berdasarkan perhitungan yang diberikan oleh Chris Rorres seperti pada tabel 2.1 di bawah.

Tabel 2. 1 Parameter Optimum Archimedes Screw Menurut Chris Rorres

No of blade N	Optimal radius ratio ρ^*	Optimal pitch ratio λ^*	Optimal volume per turn ratio $\lambda^*v(N, \rho^*, \lambda^*)$	Optimal volume ratio $v(N, \rho^*, \lambda^*)$
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	0.5353	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	0.3092	0.0802	0.2592

Perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan desain turbin ulir adalah sebagai berikut.

1. Diameter dalam
 $R_i = \rho R_o$
 Dimana :
 R_i = jari-jari dalam
 ρ = rasio radius optimal
 R_o = jari-jari luar
2. Periode blade

$$\Lambda = \frac{2\pi R_o \lambda}{K}$$
 Dimana :
 λ = pitch ratio
 K = sudut turbin
3. Jumlah blade

$$m = \frac{L}{\Lambda}$$
 Dimana :
 m = jumlah blade
 L = panjang turbin
4. Volume total pada blade

$$Vt^* = \frac{1,52 R_o^3}{K}$$
 $V_{total} = Vt^* \times m$
 Dimana :
 Vt^* = volume air pada tiap ulir
 V_{total} = volume total air yang tertampung
5. Daya hidrolis
 $P = \rho \times Q \times g \times H$
 Dimana:
 P = Daya hidrolis (kW)
 ρ = Massa jenis fluida (Kg/m³)
 g = Gaya gravitasi (m²/s)
 H = Head (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Daftar Kebutuhan Produk

Penyusunan daftar kebutuhan dilakukan untuk membantu dalam mendapatkan spesifikasi produk dengan harapan produk yang dibuat sesuai dengan kebutuhan, fungsi dan dapat menyempurnakan produk yang akan dibuat nantinya. Uraian daripada kebutuhan ini akan dikelompokkan menjadi beberapa kriteria seperti pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Daftar Kebutuhan Produk

Daftar Kebutuhan Produk			
Aspek	S/H	Komponen	Penanggung Jawab
Aspek Teknik	S	Dapat memenuhi fungsi dengan baik	Tim Desain dan Tim Manufaktur
	S	Frame mampu menahan beban dari tekanan yang akan diterima	Tim Desain
	H	Panjang maksimum produk 1 meter	Tim Desain
Aspek Manufaktur	S	Dapat difabrikasi	Tim Manufaktur
	S	Pengerjaan sesuai dimensi dan detail drawing yang telah direncanakan	
Aspek Perakitan	S	Mudah dirakit	Tim Desain
	S	Mudah dibawa dan ditempatkan	
Aspek Perawatan	S	Mudah dibongkar dan dipasang	Tim Desain dan Tim Manufaktur
	H	Bila ada kerusakan mudah diperbaiki	
Aspek Lingkungan	H	Tidak menimbulkan polusi	Tim Desain
Aspek Ekonomi	S	Biaya yang dikeluarkan rendah	Semua Tim
	H	Dapat dipasarkan dengan harga yang terjangkau	

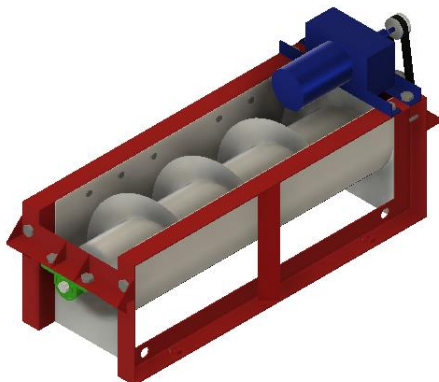
3.2 Konsep Desain Turbin

Pada proses penelitian ini, dikarenakan menggunakan metode Ulrich maka, diperlukan 3 alternatif konsep desain sebagai pembanding. Berikut tabel 3.2 menunjukkan spesifikasi dari penelitian turbin ulir ini.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Turbin

Parameter	Value
Panjang turbin	80 cm
Diameter luar	24 cm
Diameter dalam	12 cm
Tebal sudu <i>screw</i>	0,2 cm
Jarak setiap sudu <i>screw</i>	19 cm
Jumlah sudu <i>screw</i>	1 buah
Jumlah lilitan <i>screw</i>	4 buah

Setelah spesifikasi turbin didapatkan maka, dapat didesain sebuah turbin seperti yang terlihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Desain Turbin

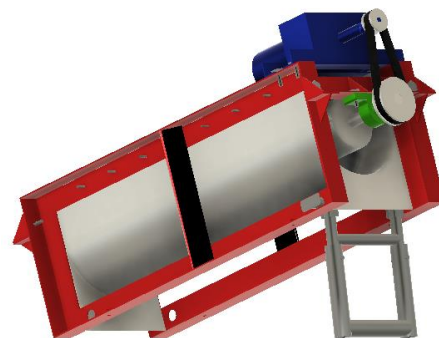
Konsep desain turbin ini bermateriakan stainless steel 304 pada *Archimedes screw* dan pada *housing*-nya agar tekanan yang didapatkan dapat dengan mudah memutar ulir dan agar berat turbin

ringan untuk dibawa. Sedangkan, untuk *frame*-nya menggunakan profil L besi ukuran 50x50x3 mm. Pada desain ini, hamper semua komponennya mudah dilepas dan dipasang kembali karena semua komponen atau *part* tidak disambung dengan las melainkan disambung menggunakan mur dan baut dalam perakitannya. Konsep ini juga dilengkapi jalur pasak yang ada pada bagian bawah *frame*, sehingga dapat mengantisipasi hanyut ketika aliran air tinggi atau deras. Total dimensi dari turbin ini adalah 1050x344x320 mm.

Pada penelitian ini, yang menjadi pembeda dari konsep adalah mekanisme kerja untuk perubahan sudut dari turbin ulir portabel ini. Berikut beberapa konsep mekanisme kerja untuk perubahan sudut turbin dari pengembangan beberapa pemikiran yang telah dikembangkan.

3.2.1. Konsep Mekanisme 1

Konsep mekanisme 1 pada gambar 3.2 ini memiliki 3 tingkatan ketinggian yaitu, rendah, sedang, dan tinggi. Konsep ini memiliki berat total sebesar 50,83 kg berdasarkan analisa software dan tiap komponen dari turbin dapat dilepas dan dipasang dengan total 15 komponen, 24 mur dan baut, dan 2 buah dynabolt. Konsep 1 ini memiliki dimensi mekanisme dengan panjang 289 mm dan lebar 238 mm pada posisi paling rendah. konsep 1 ini dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 2 Konsep 1



Gambar 3. 3 Desain Konsep Mekanisme 1

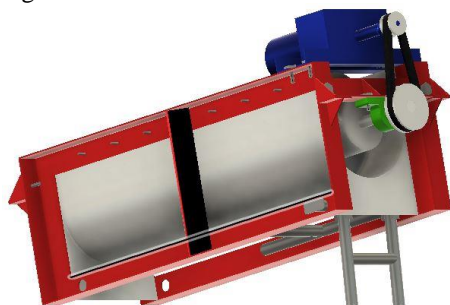
Estimasi biaya yang akan dikeluarkan untuk konsep 1 sebesar Rp. 5.797.000. Rincian dari estimasi biaya ini dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 3 Estimasi Biaya Konsep 1

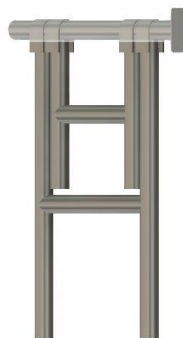
Konsep 1					
No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	plat stainless 2 mm	1.5	lembar	1,368,000.00	2,052,000.00
2	pipa stainless	1	meter	900,000.00	900,000.00
3	plat siku 50x50x3 mm	7	meter	30,000.00	210,000.00
4	pipa hollow bulat 1"	1	meter	35,000.00	35,000.00
5	pipa hollow bulat 1 1/2"	1	meter	40,000.00	40,000.00
6	pillow block ucp 205	2	buah	45,000.00	90,000.00
7	pulley aluminium 2"	1	buah	20,000.00	20,000.00
8	pulley aluminium 4"	1	buah	30,000.00	30,000.00
9	v-belt A25	1	buah	30,000.00	30,000.00
10	generator dc	1	buah	650,000.00	650,000.00
11	baut dan mur M8	12	buah	1,500.00	18,000.00
12	baut dan mur M5	12	buah	1,000.00	12,000.00
13	dynabolt M5	2	buah	5,000.00	10,000.00
14	jasa potong plat	7	jam	50,000.00	350,000.00
15	jasa las	10	jam	120,000.00	1,200,000.00
16	jasa rolling plat	1	benda	150,000.00	150,000.00
Total					5,797,000.00

3.2.2. Konsep Mekanisme 2

Konsep mekanisme 2 pada gambar 3.4 ini memiliki 2 tingkatan ketinggian yaitu, rendah, dan tinggi. Konsep ini memiliki berat total sebesar 50,80 kg berdasarkan analisa software dan tiap komponen dari turbin dapat dilepas dan dipasang dengan total 15 komponen, dan 24 mur dan baut. Konsep 2 ini memiliki dimensi mekanisme yang berbeda yaitu, panjang 237 mm dengan lebar 245 mm dan panjang 437 mm dengan lebar 225 mm. konsep 2 ini dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 4 Konsep 2



Gambar 3. 5 Desain Konsep Mekanisme 2

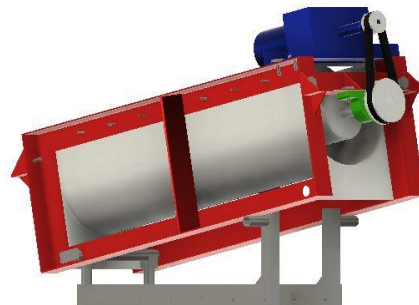
Estimasi biaya yang akan dikeluarkan untuk konsep 2 sebesar Rp. 5.792.000. Rincian dari estimasi biaya ini dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 4 Estimasi Biaya Konsep 2

Konsep 2					
No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	plat stainless 2 mm	1.5	lembar	1,368,000.00	2,052,000.00
2	pipa stainless	1	meter	900,000.00	900,000.00
3	plat siku 50x50x3 mm	7	meter	30,000.00	210,000.00
4	pipa hollow bulat 1 1/2"	2	meter	40,000.00	80,000.00
5	pillow block ucp 205	2	buah	45,000.00	90,000.00
6	pulley aluminium 2"	1	buah	20,000.00	20,000.00
7	pulley aluminium 4"	1	buah	30,000.00	30,000.00
8	v-belt A25	1	buah	30,000.00	30,000.00
9	generator dc	1	buah	650,000.00	650,000.00
10	baut dan mur M8	12	buah	1,500.00	18,000.00
11	baut dan mur M5	12	buah	1,000.00	12,000.00
12	jasa potong plat	7	jam	50,000.00	350,000.00
13	jasa las	10	jam	120,000.00	1,200,000.00
16	jasa rolling plat	1	benda	150,000.00	150,000.00
Total					5,792,000.00

3.2.3. Konsep Mekanisme 3

Konsep mekanisme 3 pada gambar 3.6 ini memiliki berbagai tingkatan ketinggian. Konsep ini memiliki berat total sebesar 53,77 kg berdasarkan analisa software dan tiap komponen dari turbin dapat dilepas dan dipasang dengan total 16 komponen, 24 mur dan baut dan 4 buah dynabolt. Konsep 3 ini memiliki dimensi mekanisme dengan panjang 600 mm, lebar 231 mm dan tinggi 223 mm. konsep 3 ini dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3. 6 Konsep 3



Gambar 3. 7 Desain Konsep Mekanisme 3

Estimasi biaya yang akan dikeluarkan untuk konsep 3 sebesar Rp. 5.832.000. Rincian dari estimasi biaya ini dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 5 Estimasi Biaya Konsep 3

No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	plat stainless 2 mm	1.5	lembar	1,368,000.00	2,052,000.00
2	pipa stainless	1	meter	900,000.00	900,000.00
3	plat siku 50x50x3 mm	8	meter	30,000.00	240,000.00
4	pipa hollow bulat	1	kg	35,000.00	35,000.00
5	pipa hollow persegi	1	kg	35,000.00	35,000.00
6	pillow block ucp 205	2	buah	45,000.00	90,000.00
7	pulley aluminium 2"	1	buah	20,000.00	20,000.00
8	pulley aluminium 4"	1	buah	30,000.00	30,000.00
9	v-belt A25	1	buah	30,000.00	30,000.00
10	generator dc	1	buah	650,000.00	650,000.00
11	baut dan mur M8	12	buah	1,500.00	18,000.00
12	baut dan mur M5	12	buah	1,000.00	12,000.00
13	dynabolt M5	4	buah	5,000.00	20,000.00
14	jasa potong plat	7	jam	50,000.00	350,000.00
15	jasa las	10	jam	120,000.00	1,200,000.00
16	jasa rolling plat	1	benda	150,000.00	150,000.00
Total					5,832,000.00

3.3 Pemilihan Konsep

Setelah melakukan ulasan dari beberapa konsep berdasarkan kriteria penilaian, langkah selanjutnya adalah menggunakan matrik penilaian guna memberikan penilaian dan kesimpulan konsep yang terpilih dan akan dilanjutkan ke proses fabrikasi. Produk referensi sebagai pembanding pada penelitian ini adalah produk yang telah diteliti oleh Fatimatus Zahro. Berikut tabel 3.7 mengenai ulasan matrik penilaian konsep.

Tabel 3. 6 Ulasan Matrik Penilaian Konsep

kriteria seleksi	bobot %	keterangan
proses fabrikasi	15%	Porsi 15% karena proses fabrikasi dapat mempengaruhi waktu dan biaya yang akan digunakan.
fungsional	30%	Porsi 30% karena diharapkan produk dapat diaplikasikan di berbagai macam tipe irigasi dan segala komponennya dapat berfungsi dengan baik.
portability	15%	Porsi 15% karena diharapkan produk ini dapat dengan mudah dibongkar dan dipasang, serta mudah disimpan maupun diaplikasikan di lapangan
estimasi biaya	40%	Porsi 40% karena diharapkan produk yang dibuat mengeluarkan biaya yang sekecil mungkin tanpa mengurangi aspek yang lain.

Berikut tabel 3.8 merupakan tabel matrik penilaian konsep.

Tabel 3. 7 Matrik Penilaian Konsep

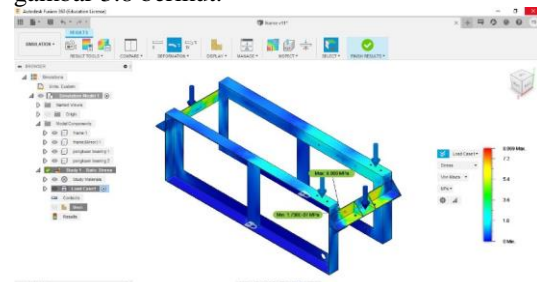
kriteria seleksi	bobot	konsep produk							
		konsep 1		konsep 2		konsep 3		referensi	
		rate	skor	rate	skor	rate	skor	rate	skor
proses fabrikasi	15%	4	0.6	4	0.6	3	0.45	3	0.45
fungsional	30%	5	1.5	4	1.2	3	0.9	3	0.9
portability	15%	4	0.6	4	0.6	3	0.45	3	0.45
estimasi biaya	40%	5	2	5	2	5	2	3	1.2
total bobot	100%								
nilai absolut		18	4.7	17	4.4	14	3.8	12	3
nilai relatif (%)		31.03	31.76	29.31	29.73	24.14	25.68	20.69	20.27

Berdasarkan hasil matrik penilaian konsep di atas, dapat disimpulkan bahwa konsep yang

terpilih adalah konsep 1, karena penilaian dalam segi fungsional dan biaya mendapatkan nilai 5 yang berarti jauh lebih baik dari produk referensi atau produk *existing*. Dari segi fungsional, konsep 1 jauh lebih baik karena konsep tersebut minimalis dan memiliki 3 tingkatan untuk mengubah sudut turbin ulir. Sedangkan estimasi biaya didapatkan harga yang telah diakumulasi sebesar Rp. 5.797.000 dan jauh lebih baik dari produk referensi sebesar Rp. 14.267.332.

3.4 Analisa Stress

Analisa *stress* merupakan tahap analisa pada suatu komponen untuk mengetahui kekuatan atau kelayakan pada suatu komponen tersebut, dengan harapan dapat meminimalisir kesalahan. *Frame* merupakan komponen penting sebagai penopang dan sebagai pondasi dari turbin, oleh karena itu sangat diperlukan analisa kekuatan agar dapat diketahui kelayakan frame saat diaplikasikan. Proses analisa *stress* menggunakan software Autodesk Fusion360 yang dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3. 8 Hasil Analisa Stress

Berdasarkan proses analisa di atas, didapatkan nilai maksimum stress sebesar 8.069 MPa dan nilai minimumnya sebesar 1.736e-07 MPa. Sedangkan material yang digunakan pada komponen frame adalah ASTM A36 yang memiliki nilai *yield strength* sebesar 250 MPa. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai dari analisa stress frame telah memenuhi syarat yaitu 8.069 MPa < 250 MPa. Sehingga dapat dikatakan bahwa perancangan frame tersebut aman.

3.5 Fabrikasi

Fabrikasi adalah suatu rangkaian pekerjaan dalam pembuatan sebuah komponen atau alat melalui beberapa tahapan dan yang nantinya dilanjut dengan perakitan (*assembly*) sehingga, terbentuklah alat secara keseluruhan sesuai dengan yang telah direncanakan. Berikut adalah tahapan-tahapan dari fabrikasi.

3.5.1 Tahap Pembuatan Archimedes Screw

Dalam pembuatan *Archimedes screw* (gambar 3.9), terdapat 3 langkah yaitu, langkah pertama adalah pembuatan poros utama, langkah kedua adalah pembuatan *screw flight* atau *blade* turbin, dan langkah ketiga adalah penarikan *blade* dan penyambungan dengan poros utama

menggunakan las. Dibutuhkan kepresisian yang cukup tinggi pada tahap ini dikarenakan komponen ini merupakan komponen utama pada turbin yang akan menerima tekanan yang datang sehingga dapat berputar dan memutar generator.



Gambar 3. 9 Archimedes Screw

3.5.2 Tahap Pembuatan Housing

Housing atau rumah Archimedes screw (gambar 3.10) dalam pembuatannya menggunakan mesin *roll bending*. Material dari komponen ini adalah stainless steel.



Gambar 3. 10 Housing

3.5.3 Tahap Pembuatan Frame

Frame (gambar 3.11) menggunakan plat L besi ukuran 50x50x3 mm dalam pembuatannya. Plat L dipotong sesuai dengan ukuran yang direncanakan dan dilakukan pengeboran sesuai dengan titik yang direncanakan.



Gambar 3. 11 Frame

3.5.4 Tahap Pembuatan Mekanisme

Mekanisme (gambar 3.12) menggunakan material pipa hollow stainless steel yang dipotong sesuai dimensi yang telah ditentukan.

Lalu pipa tersebut diberi lubang sebagai jalur dynabolt atau komponen pengganjal.



Gambar 3. 12 Mekanisme

3.5.5 Tahap Perakitan

Tahap perakitan merupakan tahap penggabungan dari beberapa komponen atau *part* yang telah disiapkan sebelumnya. Dikarenakan turbin ini direncanakan untuk mudah dibongkar dan dipasang, maka dalam penggabungan tiap komponen akan menggunakan baut dan mur. Gambar 3.13 menunjukkan turbin setelah dirakit.



Gambar 3. 13 Turbin Setelah Dirakit

3.6 Uji Performa

Pengujian performa dilakukan di saluran irigasi daerah Kabupaten Jember. Berdasarkan data aliran air yang telah diambil seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.9 maka, pengujian dapat dilakukan di daerah Ajung, Kabupaten Jember.

Tabel 3. 8 Spesifikasi Irigasi

Percobaan ke-	Kecepatan Aliran (m/s)		
	Lingkungan/Kelurahan/Desa		
	Antirogo	Ajung	Kranjangan
1.	0,90	0,82	0,90
2.	0,87	0,84	0,87
3.	0,88	0,85	0,86
4.	0,83	0,85	0,89
5.	0,85	0,87	0,81
Rata-rata (m/s)	0,87	0,85	0,87
Rata-rata total (m/s)	0,86		

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah turbin dapat diaplikasikan dan apakah dapat

bekerja sesuai dengan fungsinya. Data hasil uji performasi dapat dilihat pada tabel 3.10 dan gambar 3.14 berikut.

Tabel 3. 9 Data Hasil Uji Performasi

Beban	RPM Turbin	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)
Tanpa Beban	257,8	357,3	69,7	0,56
Lampu DC LED 12V 6W	159,8	76,7	8,5	0,11



(a) (b)



(c) (d)

Gambar 3. 14 (a) Rpm Turbin, (b) Rpm Generator, (c) Tegangan Listrik, (d) Arus Listrik

Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui putaran turbin sebesar 257,8 rpm dan generator dapat menghasilkan putaran sebesar 357,3 rpm, serta dapat menyalakan lampu yang memiliki daya sebesar 6 Watt 12 Volt seperti pada gambar 3.15 berikut.



Gambar 3. 15 Uji Coba Menggunakan Lampu

Dari data di atas dapat diketahui besaran daya yang dihasilkan oleh generator dan efisiensi daya yang dihasilkan oleh turbin menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P_{\text{pengujian}} = V_P \times I_P$$

$$P_{\text{pengujian}} = 69,7 \times 0,56$$

$$P_{\text{pengujian}} = 39,03 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{39,03}{951,6} \times 100\% = 4,10\%$$

Diketahui daya yang dihasilkan sebesar 39,03 watt dan daya hidrolis sebesar 951,6 watt. Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan efisiensi daya yang dihasilkan oleh turbin ulir portabel ini sebesar 4,10%.

3.7 Harga Pokok Produksi (HPP)

Dalam pembuatan turbin ulir portabel ini didapatkan biaya-biaya mulai dari biaya bahan baku, biaya *overhead* dan biaya tenaga kerja. Dengan terperinci biaya-biaya tersebut maka, dapat diketahui biaya keseluruhan yang dikeluarkan selama proses produksi berlangsung.

3.7.1 Biaya Bahan Baku

Biaya bahan baku merupakan biaya bahan atau komponen yang diperlukan selama produksi sampai alat atau produk tersebut siap digunakan. Berikut tabel 3.11 mengenai rincian bahan baku.

Tabel 3. 10 Biaya Bahan Baku

Biaya Baku					
No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	plat stainless 2 mm	1.5	lembar	1,368,000.00	2,052,000.00
2	pipa stainless	1	meter	900,000.00	900,000.00
3	stainless pejal	1	meter	30,000.00	30,000.00
4	plat siku 50x50x3 mm	7	meter	28,000.00	196,000.00
5	pipa hollow bulat 1"	1	meter	35,000.00	35,000.00
6	pipa hollow bulat 1 1/2"	1	meter	40,000.00	40,000.00
7	pillow block ucp 205	2	buah	45,000.00	90,000.00
8	pulley aluminium 2"	1	buah	20,000.00	20,000.00
9	pulley aluminium 4"	1	buah	30,000.00	30,000.00
10	v-belt A25	1	buah	20,000.00	20,000.00
11	generator dc	1	buah	650,000.00	650,000.00
12	baut dan mur M8	12	buah	1,500.00	18,000.00
13	baut dan mur M5	12	buah	1,000.00	12,000.00
14	dynabolt M5	2	buah	2,000.00	4,000.00
15	cat	1	kaleng	60,000.00	60,000.00
Total					4,093,000.00

3.7.2 Biaya Overhead

Biaya *overhead* adalah biaya yang dikeluarkan selain biaya bahan baku dan biaya tenaga kerja langsung. Biaya *overhead* meliputi biaya mesin dan peralatan yang menunjang saat proses produksi berlangsung. Berikut tabel 3.12 menunjukkan biaya *overhead*.

Tabel 3. 11 *Biaya Overhead*

Biaya Overhead					
No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	bubut	2	benda	-	50,000.00
2	roll bending	1	benda	-	150,000.00
3	las	5	hari	-	300,000.00
Total					500,000.00

3.7.3 Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya tenaga kerja merupakan biaya tenaga kerja yang terlibat dalam produksi turbin ulir portabel. Tenaga kerja yang terlibat dalam pengerjaan ini ada 2 orang, tenaga ahli dan *helper*. Tabel 3.13 menunjukkan biaya tenaga kerja dalam pembuatan turbin ulir portabel.

Tabel 3. 12 *Biaya tenaga Kerja Langsung*

Biaya Tenaga Kerja Langsung					
No.	Uraian	Kuantitas	Satuan	Harga satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	tenaga ahli	5	hari	-	500,000.00
2	helper	5	hari	-	250,000.00
Total					750,000.00

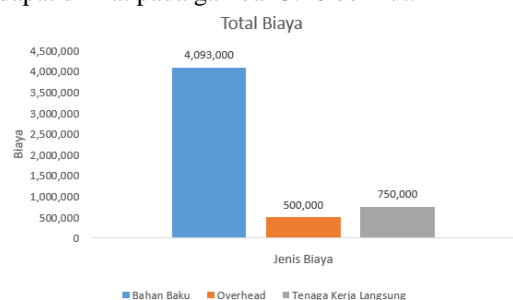
3.7.4 Total Biaya

Berdasarkan perincian biaya-biaya di atas, didapatkan total biaya yang dikeluarkan untuk produksi turbin ulir portabel ini. Berikut tabel 4.14 mengenai total biaya keseluruhan.

Tabel 3. 13 *Total Biaya*

Uraian	Jumlah (Rp)
Biaya Bahan Baku	4,093,000.00
Biaya Overhead	500,000.00
Biaya Tenaga Kerja Langsung	750,000.00
Total	5,343,000.00

Perbandingan biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi sebuah turbin ulir portabel ini dapat dilihat pada gambar 3.16 berikut.



Gambar 3. 16 *Diagram Perbandingan Biaya*

Berdasarkan gambar diagram tersebut dapat diketahui total biaya untuk bahan baku sebesar Rp. 4.093.000, biaya overhead sebesar Rp. 500.000, dan biaya tenaga kerja langsung sebesar

Rp. 750.000, sehingga total biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi turbin ulir portabel ini sebesar Rp. 5.343.000.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada perancangan turbin ulir portabel dibantu dengan *software* Autodesk Fusion360 dan Solidwork. Material yang digunakan pada perancangan turbin ini dipilih 2 jenis material, yaitu material stainless steel yang digunakan untuk *Archimedes screw* dan *housing*-nya karena dibutuhkan material yang cukup ringan agar dapat memaksimalkan putaran yang terjadi akibat tekanan yang datang dan meminimalisir terjadinya korosi, sedangkan material besi digunakan pada bagian *frame*-nya untuk memperkokoh posisi turbin.
2. Ada beberapa tahapan dalam pembuatan turbin ulir portabel. Tahapan pertama adalah pembuatan *Archimedes screw*. Pada tahapan ini, hal yang perlu diperhatikan adalah saat pembuatan lempengan dan saat penarikan karena dibutuhkan kepresisian yang cukup tinggi. Tahapan kedua adalah pembuatan *housing* menggunakan *roll bending*. Tahapan ketiga adalah pembuatan *frame* dan tahapan terakhir adalah pembuatan mekanismenya.
3. Harga pokok produksi didapatkan perhitungan beberapa biaya, diantaranya ada biaya bahan baku sebesar Rp. 4.093.000, lalu ada biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp. 750.000, dan ada biaya *overhead* sebesar Rp. 500.000. Sehingga didapatkan total biaya untuk pembuatan turbin ulir portabel ini sebesar Rp. 5.343.000. Sedangkan pada estimasi biaya pada penelitian ini sebesar Rp. 5.797.000.

5. PUSTAKA

Juliana, I. P., 2018. Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 17, no. 3.

Made Agus T. S., dkk., 2019. Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedes Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 18, No. 1.

Maulana, M. I., 2019. Experimental Study on the Effect of Flow rate on the Performance of Two-Blade Archimedes Screw Turbine. *Journal of*

Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences.

PPN/BAPPENAS, K., 2018. *Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045 Hasil SUPAS 2015*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

Rorres, C., 2000. The Turn of the Screw: Optimal Design of an Archimedes Screw. *Journal of Hydraulic Engineering*, January.

Sularso dan Kiyokatsu S., 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Surbakti, F. C., 2014. Manufacturing Screw Turbin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro (PLTMH). *Skripsi*.

Ulrich K. T. & Eppinger S. D., 2012. *Product Design and Development, Fifth Edition*. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.

Zahro, S. F., 2019. Desain dan Fabrikasi Underwater Turbine Portable Dengan Model Turbin Savonius. *Tugas Akhir Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*.