



Modifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Portabel Tipe *Cross Flow Turbine*

Budi Triyono^a, Dibyo Setiawan^{a,*}, Muhammad Fattan Karwansyah^a

^aJurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 29 Mei 2024

Diterima setelah direvisi 03 Juni 2024

Disetujui 06 Juni 2024

Kata kunci:

Modifikasi

PLTPH Portabel

Turbin *Cross Flow*

Abstract—Hydroelectric power principally utilizes the kinetic energy of water flow that has a certain height. Hydroelectric power plants can be grouped based on the power produced. PLTPH produces less than 5 kW of power so that the turbine construction and installation are simpler in operation. In 2021, a portable PLTPH prototype with a cross-flow type was created and then developed in 2022. Several weaknesses were still found in the PLTPH, so the output power has not been achieved. Modifications are carried out aimed at correcting weaknesses to obtain more efficient results, easier to install. Technical design approach method, with stages including previous design studies, design modifications, manufacturing, and installation of a series of units. Modified components include the turbine housing, nozzle, and outlet using PVC plates and pipes, positioning of the bearing housing, and turbine runner. Discussion of the modification results is carried out to prepare for testing the performance of the modified turbine. The modification results obtained dimensions of 226 mm in length, 240 mm in width, and 310 mm in height which were made using PVC plates and pipes and 3D printing using PLA and PETG plastic materials.

Intisari—PLTA prinsipnya memanfaatkan energi kinetik aliran air yang memiliki ketinggian tertentu. PLTA dapat dikelompokkan berdasarkan daya yang dihasilkan. PLTPH menghasilkan daya kurang dari 5 kW sehingga konstruksi dan instalasi turbin lebih sederhana dalam pengoperasiannya. Tahun 2021 telah dibuat prototipe PLTPH portabel dengan tipe cross-flow kemudian dikembangkan tahun 2022. PLTPH masih ditemukan beberapa kelemahan, sehingga daya luaran belum tercapai. Modifikasi dilakukan bertujuan memperbaiki kelemahan untuk memperoleh hasil yang lebih efisien, mudah dipasang. Metode pendekatan rancangan teknis, dengan tahapan meliputi kajian rancangan terdahulu, modifikasi rancangan, manufaktur dan pemasangan rangkaian unit. Komponen yang dimodifikasi meliputi rumah turbin, nosel, dan saluran keluar menggunakan plat dan pipa PVC, penempatan rumah bearing, runner turbin. Pembahasan hasil modifikasi dilakukan untuk mempersiapkan pengujian kinerja turbin yang telah dimodifikasi. Hasil modifikasi diperoleh dimensi panjang 226 mm, lebar 240 mm, dan tinggi 310 mm yang dibuat menggunakan pelat dan pipa PVC dan 3D Printing yang menggunakan bahan plastik PLA dan PETG.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dapat meningkat sebagai akibat dari kemajuan teknologi dan peningkatan populasi [1]. Listrik merupakan salah satu sumber energi yang paling sering digunakan. Sebagian besar listrik yang digunakan oleh masyarakat umum yang dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar minyak dan batu bara yang tidak dapat diperbarui dan sangat berpolusi [2]. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik

Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memprioritaskan penggunaan energi terbarukan dengan target paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050 [3]. Salah satunya pembangkit listrik tenaga air (PLTA) menggunakan air untuk menghasilkan listrik sebagai salah satu metode untuk melakukannya[4]. PLTA pada dasarnya memanfaatkan energi kinetik aliran air yang berasal dari energi potensial air yang ada di hulu atau penampungan seperti danau dan bendungan yang memiliki

* Corresponding Author:

E-mail:dibyo.setiawan@polban.ac.id (Dibyo Setiawan)

ketinggian tertentu [5]. Sudu-sudu turbin yang berputar mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik [6]. Turbin dihubungkan dengan poros sehingga dapat menggerakkan generator sampai menghasilkan energi listrik [7]. PLTA dapat di kelompokkan berdasarkan daya yang dihasilkan, salah satunya yaitu piko hidro atau biasa disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) [8]. PLTPH menghasilkan daya kurang dari 5 kW sehingga konstruksi dan instalasi dari turbin ini lebih sederhana dalam pengoprasianya [9].

Kegiatan *outdoor* pada saat ini marak dikalangan masyarakat terutama di kaula muda. Banyak manfaat yang didapat dengan kegiatan *outdoor*, salah satunya lingkungan yang hijau juga telah terbukti dapat menurunkan tingkat stres dan kelelahan mental, serta memperbaiki konsentrasi [10]. Dalam melakukan kegiatan *outdoor* diperlukan alat penunjang yang memerlukan energi listrik dalam penggunaannya seperti mengisi daya gaway, *powerbank*, senter, lampu penerangan dan sebagainya. Estimasi kebutuhan daya saat berkemah untuk empat orang selama satu hari adalah 120 Wh. Keterbatasan sumber daya listrik menjadikan PLTPH *Portable* menjadi solusi dapat menghasilkan sumber daya listrik dengan memanfaatkan debit dan *head* yang kecil [11]. Prototipe *cross flow* pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH) portabel telah dibuat oleh Dzulfikri (2021) [12]. PLTPH dimaksudkan untuk menghasilkan tenaga listrik 12 W dengan debit yang diperlukan sebesar 0,00437 m³/s atau 4,37 l/s dan head sebesar 4 m untuk memenuhi kebutuhan daya kegiatan di lingkungan alam., prototipe ini disempurnakan kembali oleh Bella [13] dengan meodifikasi rumah turbin, mempertebal *runner*, membuat penyangga tubin.

PLTPH yang dibuat tersebut masih ditemukan beberapa kekurangan seperti bahan yang digunakan untuk membuat rumah turbin belum cukup kuat karena ada kebocoran pada *nozzle* dan rumah *bearing* atau celah pada poros, rangkaian litrik pada tahap pengujian belum optimal sehingga belum diketahui keluaran daya listrik sesuai target, selain itu pengujian belum dapat dilaksanakan dengan *head* target hingga 4 meter. Sebagai bagian dari tugas akhir ini, perangkat PLTPH portabel akan dimodifikasi untuk mencapai daya keluaran yang lebih andal dan memenuhi target keluaran yang diharapkan sebesar 12W dengan *head* 4 meter. Berdasarkan masalah yang ada pada latar belakang, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dikaji adalah membuat prototipe untuk mengatasi kekurangan PLTPH sebelumnya, dapat diuji dengan Head 4 meter, dan mengeluarkan daya listrik 12 W. Tujuan dari tugas akhir ini adalah modifikasi PLTPH portabel. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan keandalan dan kemudahan pemasangan, meningkatkan efisiensi, dan menghasilkan daya keluaran sesuai dengan target rancangan yaitu 12 W daya elektrik.

2. Metodologi

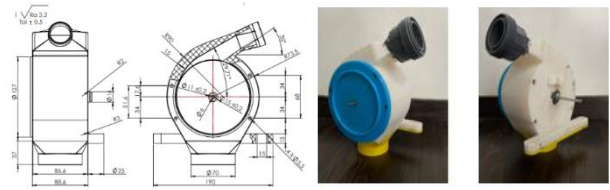
Bahan yang digunakan untuk dasar dilakukannya modifikasi adalah spesifikasi terdahulu yang telah dilakukan oleh Triyono dkk (2024), berikut merupakan hasil rancangan teknis turbin *crossflow* portabel terdahulu:

Tabel 1. Hasil rancangan eksisting

No	Deskripsi	Spesifikasi
1	daya yang dihasilkan	20,13 w (daya mekanik)
2	dimensi alat	p=266,63 mm, l=190 mm, t= 226,88 mm
3	berat alat	1,30 kg
4	material yang digunakan	plastik PLA
5	generator yang digunakan	-
6	transmisi yang digunakan	kopling ø11×25 mm
7	jenis baut dan mur	

baut 1 m5×120, baut m5×12, baut inbus m3×8

Rancangan tersebut telah terealisasi konstruksi fisik unit turbin *crossflow*, berikut merupakan hasil manufaktur yang telah di buat.



Gambar 1. Konstruksi Fisik Turbin Crossflow Portabel eksisting

Rancangan yang telah dibuat telah melalui kajian optimasi menggunakan pendekatan kalkulasi segitiga kecepatan, berikut hasil kalkulasi yang telah di susun:

Tabel 2. Rekapitulasi hasil rancangan terdahulu berdasarkan segitiga kecepatan

No	Perhitungan	Notasi	Nilai	Satuan
1	debit air	Q	0,0044	m ³ /s
2	daya air hidrolis	P _h	172,2	W
3	panjang sudu	L	0,0569	m
4	luas radial penampang sudu	LD ₁	0,58	m ²
5	diameter luar sudu	D ₁	0,1016	m
6	diamater dalam sudu	D ₂	0,0678	m
7	kecepatan putaran	N	777	Rpm
8	kecepatan spesifik	N _s	44	Rpm
9	kecepatan absolut air masuk	V ₁	8,68	m/s
10	luas penampang nosel	A	503,2	mm ²
11	tebal semburan nosel	S ₀	0,0088	m
12	sudut nosel	α ₁	16°	Derajat
13	sudut busur	β	30°	Derajat
14	jarak antar sudu	t	0,017	m
15	jumlah sudu	n	18	-
16	jari-jari kelengkungan sudu	ρ	0,0165	m
17	lebar sudu radial	a	0,0173	m

Selanjutnya terkait metode modifikasi yang dilakukan pada kegiatan ini menggunakan pendekatan yang sama yaitu rancangan teknis, dimana dilakukan iterasi dalam rangka perbaikan desain sebelumnya untuk mencapai luaran tertentu. Adapun kegiatan yang dilakukan dalam modifikasi rancangan dengan rincian sebagai berikut:

- Konsepsi rancangan modifikasi alat;
- Pengadaan Komponen Standard;
- Menyusun gambar kerja;
- Menyusun gambar rincian komponen;
- Manufaktur Komponen;
- Perakitan Komponen;
- Komponen Alat dan Perakitan;
- Penerbitan Spesifikasi alat

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perhitungan Modifikasi

Perangkat PLTPH portabel ini dibuat untuk memberikan daya output sebesar 12W berdasarkan kajian kalkulasi yang menghasilkan daya desain sebesar 12W. Kalkulasi debit menunjukkan bahwa debit yang bervariasi juga diperlukan untuk mencapai output 12W dengan perubahan head 1m, 2m, 3m, dan 4m. Debit minimum pada head 4 m adalah 0,00044 m³/s dan

debit maksimum pada head 1 m adalah 0,0175 m³/s. Adapun Rekapitulasi hasil rancangan sesuai Tabel 3:

Tabel 3. Rekapitulasi hasil kalkulasi rancangan modifikasi berdasarkan segitiga

kecepatan				
No.	Perhitungan	Notasi	Nilai	Satuan
1	debit air	Q	0,0044	m ³ /s
2	daya hidrolis air	P _h	172,7	W
3	kecepatan absolut luar awal	V ₁	8,68	m/s
4	kecepatan tangensial luar awal	u ₁	4,125	m/s
5	kecepatan relatif luar awal	w ₁	5,953	m/s
6	kecepatan tangensial dalam	u ₂	6,2	m/s
7	kecepatan absolut dalam	V ₁ '	9,33	m/s
8	kecepatan relatif dalam	w ₂	6,33	m/s
9	kecepatan absolut luar akhir	V ₂	4,13	m/s
10	kecepatan relatif luar akhir	w ₂	5,834	m/s
11	luas penampang nozel	A	503,2	mm ²
12	daya efektif turbin	P _e	22,59	W

3.2 Pengadaan Komponen Standard

Tabel 4 di bawah ini memberikan informasi spesifikasi komponen standard yang digunakan untuk modifikasi alat PLTPH portabel berdasarkan tabel pembelian komponen standard.

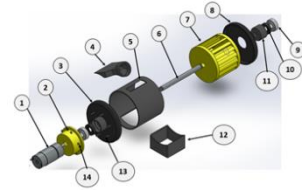
Tabel 4. Rekapitulasi komponen standard

No	Komponen	Spesifikasi	Gambar
1	generator DC	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe XD – 37GB555 • Kecepatan putaran 500 rpm • Tegangan 12V • Arus listrik 1 ampere • Diameter body = 37 mm • Diameter poros = 6 mm • Diameter leher = 12 mm • Panjang total = 105 mm • Panjang body = 77 mm • Panjang poros = 14,5 mm 	
2	poros	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan = SS304 • Diameter = 12 mm • Panjang = 138 mm 	
3	bantalan	<ul style="list-style-type: none"> • Kode = NKN 6201 2RS • Bahan = Bearing Steel • Diameter Dalam = 12 mm • Diameter Luar = 32 mm • Tebal = 10 mm 	
4	oil seal	<ul style="list-style-type: none"> • Kode = 12X30-7 • Bahan = • Diameter Dalam = 12 mm • Diameter Luar = 30 mm • Tebal = 7 mm 	
5	baut	Baut M3, panjang 10 mm	
6	baut inbus	Baut inbus M5, panjang 50 mm	
7	sneep ring	Sneep Ring 12 mm	

3.3 Gambar Kerja

Gambar kerja akan dibuat untuk semua komponen modifikasi PLTPH portabel ketika komponen standar telah dibeli. Gambar kerja digunakan

untuk merancang alat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Dengan menggunakan program desain dari Solidwork, desain keseluruhan untuk prosedur berikut, pembuatan alat, dan perakitan hingga selesai. Gambar 2 dibawah ini memberikan gambaran umum penempatan komponen pada Alat PLTPH Portable yang telah dimodifikasi secara desain.



Gambar 2. Konsepsi modifikasi Turbin Crossflow Portabel

Tabel 5. Keterangan konsepsi modifikasi Turbin Crossflow Portabel

No	Deskripsi	No	Deskripsi
1.	generator	8.	tutup turbin 2
2.	adaptor generator	9.	bearing
3.	tutup turbin 1	10.	oil seal
4.	saluran nosel	11.	rumah bearing
5.	rumah turbin	12.	saluran keluar
6.	poros	13.	baut m3 countersink
7.	runner turbin	14.	mur m3

3.4 Gambar Komponen PLTPH

Alat PLTPH *portable* ini terdiri dari beberapa bagian antara lain rumah turbin, runner turbin, penutup turbin, rumah bantalan, adaptor generator, poros, generator DC dan bantalan. Selanjutnya komponen-komponen tersebut dirangkai menjadi alat PLTPH portabel dengan dimensi keseluruhan alat PLTPH portabel: panjang 226 mm, lebar 120 mm, tinggi 160 mm.



Gambar 3. Modifikasi detail rancangan komponen turbin crossflow portabel

Berdasarkan gambar 3 diuraikan analisis desain konstruksi unit turbin crossflow adalah sebagai berikut:

3.4.1 Perancangan Rumah Turbin dan Nosel

Rumah turbin adalah komponen dasar dari *runner* turbin, dan dimensi rumah turbin disesuaikan dengan ukuran *runner* turbin yang telah di kalkulasi sebelumnya. Komponen nosel berfungsi sebagai pengarah masuknya air, meningkatkan tekanan air dan memungkinkan air yang masuk untuk memutar *runner* turbin. Dimensi nosel dirancang sesuai kalkulasi yang telah dilakukan. Rumah turbin terbuat dari pipa PVC dimensi diameter 4 inchi yang dipotong sesuai kebutuhan dengan lebar 81mm, dan nosel dibuat dengan pipa PVC dimensi diameter 2 inchi karena pipa tersebut yang mendekati luas dimensi nosel yang telah ditentukan.

3.4.2 Perancangan Runner Turbin

Runner turbin memiliki kegunaan sebagai komponen untuk mengubah energi hidrolis atau tekanan air yang masuk dikonversi menjadi energi mekanik. Dimensi runner turbin berdasarkan kalkulasi yang telah dilakukan, dengan dimensi diameter 4 inci atau 101 mm, dan lebar 81 mm. Runner dibuat menggunakan mesin 3D printing dengan bahan plastik PETG.

3.4.3 Penutup Turbin

Penutup turbin merupakan bagian yang melindungi generator dari percikan air, dimana dimensi tutup turbin dengan diameter 122 mm, dan lebar 13 mm. Komponen ini menggunakan tutup pipa PVC atau dop PVC, yang di pangkas sesuai kebutuhan rancangan, setelah itu diberi lubang ukuran 32 mm untuk pengelasan dengan rumah bantalan.

3.4.4 Perancangan Rumah Bantalan

Rumah bantalan merupakan komponen yang berfungsi sebagai tempat bantalan dan seal, dimana dimensi rumah bantalan dengan diameter 36 mm, dan lebar 32 mm. Komponen ini menggunakan PVC solid yang akan dibubut sesuai kebutuhan untuk tempat seal dan bantalan, selanjutnya rumah bantalan akan dilas ke tutup turbin.

3.4.5 Perancangan Adaptor Generator

Adaptor generator merupakan komponen yang berfungsi sebagai tempat dipasang generator, generator akan dibuat ke dudukan generator dan selanjutnya Adaptor generator akan di pasang ke tutup turbin. Adaptor generator dibuat menggunakan 3D Printing dengan filamen PLA.

3.5 Pengadaan Komponen Standard

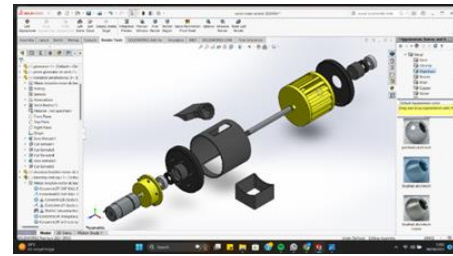
Alat PLTPH portable ini terdiri dari beberapa bagian antara lain rumah turbin, runner turbin, penutup turbin, rumah bantalan, adaptor generator, poros, generator DC dan bantalan. Selanjutnya komponen-komponen tersebut dirangkai menjadi alat PLTPH portable dengan dimensi keseluruhan alat PLTPH portabel: panjang 226 mm, lebar 120 mm, tinggi 160 mm.

3.6 Pembuatan Komponen dengan Mesin 3D Printing

Perancangan komponen dibuat dalam aplikasi solidworks dan dicetak 3D. Jumlah komponen yang akan di buat menggunakan mesin 3D printing ada 2, yaitu runner turbin dan adaptor generator. Proses pembuatan beberapa komponen dilakukan sebagai berikut.

3.6.1 Menyiapkan desain 3D pada aplikasi Solidworks

Untuk memastikan bahwa semua bentuk sesuai keinginan, program solidworks memeriksa desain 3D kembali. Selain itu, file .stl digunakan untuk menyimpan file komponen yang akan diproduksi melalui pencetakan 3D.



Gambar 4. Desain rancangan modifikasi turbin crossflow portabel

3.6.2 Menentukan lokasi komponen dan parameter gcode (slicing)

Gunakan aplikasi CURA untuk menjalankan 3D printing. Ada pengaturan yang digunakan untuk mengatur komponen mana yang akan dicetak. Penerapan gcode (slicing) yaitu pengaturan yang digunakan untuk proses pencetakan sebagai berikut:

Tabel 6. Parameter gcode (slicing)

No	Deskripsi Pengaturan	Nilai
1.	<i>layer height</i>	0,12 mm
2.	<i>wall thickness</i>	1,28 mm
3.	<i>nozzel temperature</i>	215 C
4.	<i>bed temperature</i>	60 C
5.	<i>top/bottom thickness</i>	1,2 mm
6.	<i>infill pattern</i>	Gyroid
7.	<i>infill density</i>	40%
8.	<i>print speed</i>	40 mm/s
9.	<i>infill speed</i>	40 mm/s

Adapun parameter khusus dalam pembuatan gcode (slicing), parameter tersebut adalah support dan raft. Support ditambahkan selama proses pencetakan untuk mendukung komponen yang menggantung. Raft adalah elemen dasar untuk membuat lapisan pertama, yang melekat pada alas sebelum mencetak komponen. dan untuk pencetakan runner turbin dan adaptor generator menggunakan parameter khusus tersebut.

3.6.3 Proses pembuatan gcode (slicing) dan penyimpanan file.

Membuka program CURA dan memasukkan file komponen yang diubah dalam bentuk.stl untuk menentukan pengaturan pencetakan menghasilkan pembuatan gcode (slicing). Tergantung parameter yang digunakan saat komponen dipilih. Terapkan prosedur pemotongan setelah memodifikasi parameter yang berlaku, prosedur pemotongan digunakan untuk menghitung berat komponen, jumlah filamen yang akan digunakan, dan durasi proses pembuatan. Sepotong setiap komponen cetakan 3D ditunjukkan di bawah ini.

3.6.3.1 Runner Turbin

Pembuatan *runner* membutuhkan waktu total 48 jam, dengan berat total 220gram dan membutuhkan filamen sepanjang 90meter menggunakan filament PETG.

3.6.3.2 *Adaptor Generator*

Proses pembuatan adaptor generator membutuhkan waktu total 11 jam 10 menit, berat total 52gram dan membutuhkan panjang filamen 17.56 meter menggunakan filamen PLA.

3.6.3.3 *Menyiapkan peralatan pencetakan 3D dan input file komponen.*

Memilih printer yang akan digunakan berikutnya ketika prosedur pemotongan selesai. Saat printer siap, gunakan tombol cetak untuk mulai print.

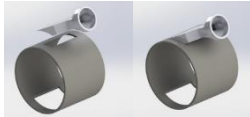
3.6.3.4 *Proses mencetak Desain 3D.*

Pada proses pencetakan harus diperhatikan keluaran filamen, dimana filamen akan keluar secara otomatis saat temperatur pada nozzle sesuai dengan parameter yang ditentukan dan jenis filamen tersebut.

3.7 *Perakitan Komponen*

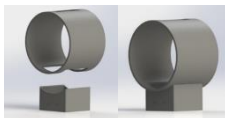
Prosedur perakitan semua komponen ini mengikuti produksi semua komponen dan ketersediaan semua komponen standar sesuai kebutuhan. Berikut adalah penjelasan tentang bagaimana semua komponen ini disatukan.

- a. Menyiapkan semua komponen yang sesuai *assembly* rancangan
- b. Lakukan pengelasan pada bagian berikut nozzle dan rumah turbin.



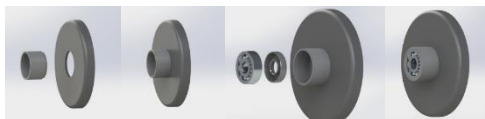
Gambar 7. *Sub-Assembly 1*

- c. Selanjutnya lakukan pengelasan pada lakukan pengelasan saluran keluar pada rumah turbin.



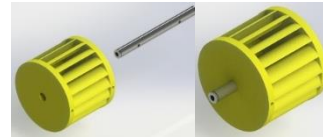
Gambar 8. *Sub-Assembly 2*

- d. Lakukan pengelasan rumah bantalan dengan tutup rumah turbin, setelah pengelasan selesai pasang seal dan bantalan.



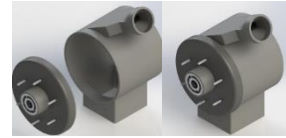
Gambar 9. *Sub-Assembly 3*

- e. Langkah selanjutnya pasang poros pada runner turbin, lalu pasang baut inbus sebagai pengikat poros pada runner turbin.



Gambar 10. *Sub-Assembly 4*

- f. Pasangkan salah satu tutup turbin ke rumah turbin.



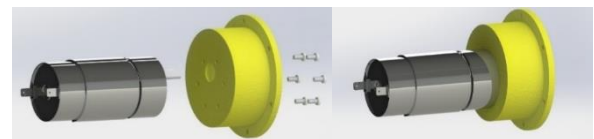
Gambar 11. *Sub-Assembly 5*

- g. Pasangkan runner turbin ke dalam rumah turbin, serta poros terhadap seal dan bantalan.



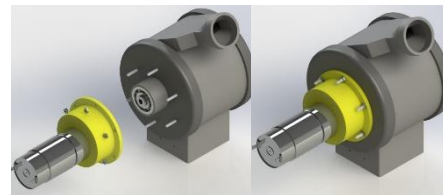
Gambar 12. *Sub-Assembly 6*

- i. Langkah selanjutnya adalah hubungkan adaptor generator dan kencangkan adaptor dengan baut.



Gambar 14. *Sub-Assembly 8*

- j. Setelah adaptor generator terpasang, hubungkan adaptor tersebut dengan rumah turbin.



Gambar 15. *Sub-Assembly 9*

3.8 Komponen Alat dan Assembly Alat

Mengikuti proses yang dijelaskan sebelumnya pada sub bab ini, pembuatan komponen alat portabel PLTPH menggunakan mesin bubut dan mesin cetak 3D. Hasil pembuatan memiliki dimensi yang baik sesuai dengan gambar kerja, namun beberapa komponen ukuran tidak presisi karena hasil mesin 3D *printing*. Maka akan dilakukan proses *machining* sehingga ukuran sesuai dengan dimensi yang diharapkan. Berikut hasil dari pembuatan komponen.



Gambar 16. Manufaktur komponen berdasarkan hasil rancangan modifikasi



Gambar 17. Konstruksi fisik turbin *crossflow* portabel hasil modifikasi

3.9 Spesifikasi Alat

Gambaran umum tentang komponen utama dan spesifikasi teknis perangkat diperoleh berdasarkan modifikasi yang dilakukan dan proses pembuatan perubahan PLTPH portabel.

Tabel 7. Spesifikasi modifikasi PLTPH portabel

No.	Keterangan	Spesifikasi
1	dimensi alat	Panjang 226, Lebar 240 dan Tinggi 310 mm
2	berat alat	1,622 Kg
3	material yang digunakan	PVC, PLA, PETG
4	jenis baut dan mur	M3, <i>inbus</i> M5, M8

Semua informasi spesifikasi untuk bagian-bagian yang digunakan untuk membuat perangkat PLTPH tipe *cross flow* portabel disertakan dalam *bill of material*.

Tabel 8. *Bill of material*

No	Komponen	Bahan	Jumlah	Dimensi
1	generator	Steel STD	1	Motor DC 12 V, 15 W, dan 500 rpm
2	poros	Stainless Steel	1	Ø 13 X 138 mm
3	baut	304	1	M3 X 10 mm
4	mur		1	M3 X 2 mm
5	seal oil	NBR	2	Ø 30 X 7 mm
6	bantalan	Baja		Ø 32 X 10 mm
7	rumah turbin	PVC	1	Ø101 X 81 mm
8	tutup turbin		2	Ø 116 X 13 mm
9	runner turbin	PETG	1	Ø 103 X 81 mm
10	adaptor generator	PLA	1	Ø 75 X 29 mm

4. Simpulan

Kegiatan modifikasi PLTPH portabel yang dilakukan meliputi perancangan ulang dan pembuatan rumah turbin, nosel dan saluran keluar air menggunakan pelat dan pipa PVC yang kemudian dilas menggunakan las PVC menghasilkan konstruksi yang lebih kokoh dibandingkan alat sebelumnya. Selain itu, dengan menggunakan pelat dan pipa PVC yang dapat dengan mudah ditemukan di pasaran maka dapat mengurangi waktu dan biaya produksi. Dimensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) portabel tipe *cross flow* hasil modifikasi adalah panjang 226 mm, lebar 240 mm, dan tinggi 310 mm. Bobot keseluruhan PLTPH yang dimodifikasi beserta generator sangat ringan yaitu hanya 1,6 kg. PLTPH yang telah dimodifikasi tersebut siap dilakukan pengujian dan diperkirakan pada head 3 sampai 4 meter akan dapat menghasilkan daya mekanik hingga 50 watt dan daya listrik sebesar 20 watt. Adapun pembahasan terkait pengujian kinerja prototipe PLTPH disusun terpisah di artikel lainnya.

Referensi

- [1] G. Ghifari Nasution and M. I. Dzaky, “Rancangan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Sebagai Sumber Energi Di Desa Kelapa Patih Jaya Provinsi Riau,” *Mach. J. Teknol. Terap.*, vol. 4, no. 1, p. 2023, 2023.
- [2] Peraturan Presiden Republik Indonesia, “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional,” Jakarta, 2017. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/68772>
- [3] G. A. Widyaningsih, “U p p p n 22 t 2017 r u e n,” vol. 4, no. 1, pp. 139–152, 2017.
- [4] D. Setiawan, L. Ode, and M. F. Sorimuda, “Perancangan dan Optimasi Desain Turbin Francis Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro di Bendungan Jatibarang Kota Semarang .,” *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 20–28, 2019, doi: <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v9i3.1152>.
- [5] H. Suropto *et al.*, “Analisis Kecepatan Masuk Sudut Runner Turbin Cross flow dengan Simulasi CFD,” *J. Aptek*, no. 1, pp. 39–44, 2020, [Online]. Available: <https://journal.upi.ac.id/index.php/aptek/article/view/131>
- [6] Haryadi, Sugianto, Prasetyo, and D. Setiawan, “Experimental and Numerical Study on Conical Gravitational Water Vortex Turbine with 3D Runner,” *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2024, doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.114.2.114>.
- [7] D. Setiawan, Y. A. Rahman, H. M. Ardi, J. Jakariya, D. Kurnia, and A. Nugraha, “Pelatihan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada program Innovation and Investment for Inclusive Sustainable Economic Development,” *KACANEGARA J. Pengabd. pada Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 243–252, 2023, doi: 10.28989/kacanegara.v6i2.1515.
- [8] H. Haryadi, A. Mahmudi, S. Sugianto, and D. Setiawan, “Studi Pengaruh Debit Dan Jumlah Tingkat Helical Runner Terhadap Efisiensi Turbin Vorteks PLTPH,” *J. Crankshaft, J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 9–20, 2023, doi: <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v6i2.10876>.

-
- [9] H. Haryadi, A. Mahmudi, S. Sugianto, and D. Setiawan, “Studi Pengaruh Debit dan Jenis Runner Terhadap Efisiensi Turbin Vorteks PLTPH,” *J. Permadi Perancangan, Manufaktur, Mater. dan Energi*, vol. 5, no. 2, pp. 66–77, 2023, doi: 10.52005/permadi.v5i2.121.
- [10] C. Fannon, “a Study of Exercise Environment and Its Effect on Changes in Mood: Indoors Vs Outdoors,” *a Study Exerc. Environ. Its Eff. Chang. Mood Indoors Vs Outdoors*, 2015.
- [11] B. Triyono, Haryadi, and P. Nurega, “Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Head Rendah dan Portable,” *Jur. Tek. Mesin*, no. 2008, pp. 172–177, 2014, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/425>
- [12] B. Triyono, M. A. Yudrika, and D. Setiawan, “Simulasi Turbin Portabel Jenis Cross Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH),” *J. Crankshaft, J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v7i1.11975>.
- [13] B. Triyono, B. M. M. Suseno, H. Haryadi, V. Wuwung, and D. Setiawan, “Studi Peningkatan Performa Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Dengan Modifikasi Konstruksi Turbin Crossflow Portabel,” *Majamecha*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <http://ejurnal.unim.ac.id/index.php/majamecha/issue/archive>