

Desain dan Fabrikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Piko hidro dengan Sistem *Monitoring*

Sovia Rahmania Warda
D4 Teknik Desain dan Manufaktur
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia
soviarahmania@student.ppps.ac.id

George Endri Kusuma
D4 Teknik Permesinan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Surabaya, Indonesia
kusuma.george@ppns.ac.id

Abstrak— Energi merupakan kebutuhan primer masyarakat dalam menjalankan kebutuhannya sehari-hari. Namun, saat ini energi menjadi isu global yang harus dihadapi karena berdampak negatif menghasilkan emisi gas rumah kaca. Berdasarkan *outlook* energi Indonesia tahun 2021, potensi energi terbarukan sangat melimpah seperti, energi hidro sebesar 20.960 MW dan energi surya sebesar 6.379 MW. Indonesia memanfaatkan potensi alam seperti aliran irigasi dan panas matahari sebagai sumber energi baru terbarukan. Penelitian ini berisi perancangan dan pembangunan pembangkit listrik *hybrid* energi dengan menggabungkan potensi sumber daya air dan panas matahari menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan turbin jenis ulir dan panel surya tipe *monocrystalline*. Proses perancangan dan pengembangan produk menggunakan metode Ulrich, membandingkan 3 konsep produk, konsep pertama terpilih karena dianggap sesuai dengan kebutuhan diantaranya mudah difabrikasi, portabilitas baik, dan biaya lebih rendah dari produk *existing*. Hasil uji performa dilakukan pada saluran irigasi sungai dengan kecepatan aliran air 1,28 m/s, daya rata-rata yang dihasilkan turbin ulir sebesar 29.10 watt, dan daya rata-rata dari panel surya sebesar 24.95 watt. Kinerja dilengkapi dengan sistem *monitoring* jarak jauh melalui website untuk memantau tegangan, arus, dan frekuensi Total biaya produksi dalam membuat produk *hybrid* energi sebesar Rp9,534,284,00,-.

Kata Kunci—irigasi; panel surya; turbin ulir; ulrich; website

Abstract—Energy is the primary need of society in carrying out their daily needs. However, it is currently a global issue that must be faced because it has a negative impact on producing greenhouse gases. Based on Indonesia's energy outlook in 2021, the potential for renewable energy is very abundant, such as hydro energy of 20,960 MW and solar energy of 6,379 MW. Indonesia has natural potential such as an irrigation flow and solar as a renewable energy source. This research contains the design and construction of a hybrid energy power plant by combining solar energy and irrigation flow potential. This research uses a screw turbine and monocrystalline solar panel. The development process used the Ulrich method, comparing 3 product concepts, the first concept was chosen because it suited among others, easy to fabricate, has good portability, and lower costs than existing products. The results of performance tests with a water flow speed of 1.28 m/s, the average power produced by the screw turbine is 29.10 watts, and from solar panels is 24.95 watts. This product is equipped with a remote monitoring system via a website to unify the voltage current and frequency. The total cost of production is Rp9,534,284,00,-.

Keywords—irrigation; screw turbine; solar cell; ulrich; website

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan primer masyarakat dalam menjalankan kebutuhan sehari-hari. Namun, saat ini energi menjadi isu global yang harus dihadapi. Hal ini terjadi karena ketidakseimbangan antara kebutuhan dengan ketersediaan energi. Isu lainnya yang sedang terjadi di Indonesia adalah perubahan iklim akibat emisi gas rumah kaca. Hal ini terlihat dari kebijakan energi nasional (*energi mix*) sampai tahun 2025 yang menempatkan ketergantungan kepada energi fosil sangat sebesar yakni 85%. Dari data tersebut memberikan gambaran bahwa, sektor energi fosil menjadi salah satu penyumbang emisi global [1].

Energi yang bersumber dari fosil memiliki sifat terbatas, sehingga harus bijak menggunakannya. Perlu adanya pemanfaatan energi alternatif yang berasal dari sumber terbarukan dan ramah lingkungan, sehingga mampu mengurangi ketergantungan terhadap pembangkit listrik yang berasal dari fosil [2].

Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer. Berdasarkan *Outlook* Energi Indonesia Tahun 2021, potensi energi baru terbarukan dengan jenis energi surya sebesar 6.379 MW dan tenaga air sebesar 20.960 MW [3].

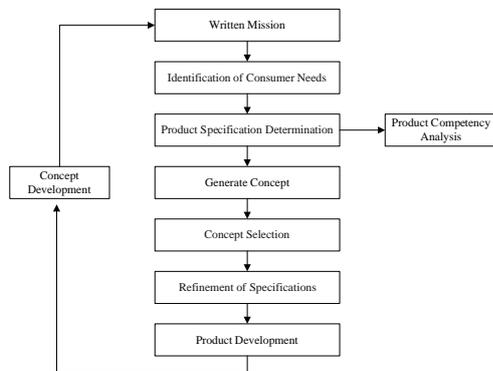
Melihat potensi sumber daya air yang sangat melimpah, Indonesia dapat memanfaatkan aliran sungai atau saluran irigasi sebagai alternatif energi baru terbarukan yang ramah lingkungan. Selain itu, Indonesia terletak di daerah khatulistiwa, sehingga memiliki intensitas penyinaran matahari yang baik sepanjang tahun. Kondisi penyinaran ini berpotensi untuk digunakan dalam pembangkitan listrik tenaga surya.

Penelitian ini akan merancang pembangkit listrik tenaga surya dan piko hidro menggunakan model *hybrid energy*. Pada pembangkit listrik tenaga piko hidro akan memanfaatkan turbin jenis ulir (*screw turbine*) yang mampu beroperasi pada *head rendah* dan memanfaatkan panel surya sebagai sumber pembangkit listrik tenaga surya. Pembangkit listrik ini nantinya diharapkan mampu menghasilkan produk yang ringan, dimensi serta material yang cocok untuk diaplikasikan di saluran irigasi yang memiliki kondisi berbeda-beda, serta dapat menghasilkan *output* energi listrik yang maksimal. Dalam produk ini juga

dilengkapi dengan sistem *monitoring* jarak jauh untuk memantau semua data-data yang terkait dengan penentuan *performance* sistem. Data tersebut dapat dipantau melalui *website*, sehingga pengoperasionalan produk dapat menjadi lebih mudah dan efisien.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Ulrich untuk mendapatkan desain terbaik sesuai kebutuhan. Dengan metode Ulrich, peneliti merancang tiga konsep desain dan membandingkan ketiga konsep tersebut. Proses selanjutnya akan dilakukan pemilihan konsep desain berdasarkan kriteria yang dibutuhkan untuk menentukan desain terbaik. Gambar 1 berikut adalah *Flowchart* Metode Ulrich.



Gambar 1. *Flowchart* Metode Ulrich

Proses pengembangan konsep menurut metode Ulrich meliputi kegiatan: menyusun daftar kebutuhan, menyusun konsep, memilih konsep, dan membuat produk [4].

A. Parameter Perhitungan Desain

Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai optimum, berdasarkan penelitian dari Chris Rorres yang dapat dihitung berdasarkan Tabel 1 Parameter Optimum *Archimedes Screw* Variasi Jumlah *Blade*.

TABEL 1 PARAMETER OPTIMUM *ARCHIMEDES SCREW* VARIASI JUMLAH *BLADE*

No. of blades 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

Perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan desain turbin ulir adalah sebagai berikut [5].

1. Diameter dalam turbin

$$R_i = \rho R_o \quad (1)$$

Keterangan:

R_i = jari-jari dalam
 ρ = rasio radius optimal
 R_o = jari-jari luar

2. Periode *Blade*

$$\Lambda = \frac{2\pi R_o \lambda}{K} \quad (2)$$

Keterangan:

Λ = *pitch ratio*
 K = sudut turbin

3. Number of *Blade*

$$m = \frac{L}{\Lambda} \quad (3)$$

Keterangan:

m = jumlah *blade*
 L = panjang turbin

4. Total Volume of *Blade*

$$V_t^* = \frac{1,52 R_o^3}{K} \quad (4)$$

$$V_{total} = V_t^* \times m$$

Keterangan:

V_t^* = volume air pada tiap ulir
 V_{total} = volume total air yang tertampung

5. Flow Volume

$$Q = V_w \times A \quad (5)$$

Keterangan:

V_w = kecepatan aliran air
 A = luas penampang

6. Hydrolisis Power

$$P = \rho \times Q \times g \times H \quad (6)$$

Keterangan:

P = daya hidrolis (kW)
 ρ = massa jenis fluida (Kg/m^3)
 g = gaya gravitasi (m^2/s)
 H = *head* (m)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyusunan Daftar Kebutuhan

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 [6]. Pada tahap ini, akan diketahui syarat dan harapan dari pengguna. Berikut Tabel II menjelaskan Daftar Kebutuhan Produk :

TABEL II DAFTAR KEBUTUHAN PRODUK

Daftar Kebutuhan Produk		
S/H	Komponen	Penanggung Jawab
S	1. Mampu memenuhi fungsi dengan baik.	1. Tim Desain & Manufaktur
S	2. <i>Frame</i> mampu menahan beban dari tekanan yang akan diterima.	2. Tim Desain
S	3. Panjang maksimum produk 1.5 meter.	3. Tim Desain
H	4. Mampu menghasilkan putaran <i>blade</i> dan dapat mentransmisikan putaran ke generator.	4. Tim Desain & Manufaktur
S	1. Dapat di fabrikasi	Tim Manufaktur
S	1. Mudah di bongkar dan pasang dengan mudah.	Tim Desain
S	2. Mudah dibawa dan ditempatkan.	
H	3. Dalam perakitan tidak memerlukan banyak alat/ <i>tools</i> .	
H	Bila terdapat kerusakan dapat diperbaiki untuk <i>part</i> yang dianggap kurang, sehingga tidak perlu mengganti banyak <i>part</i> yang tidak terlibat.	Tim Desain & Manufaktur
S	1. Produk dapat diintegrasikan kedalam <i>website</i> .	Tim Otomasi
H	2. Produk dapat di- <i>monitoring</i> secara <i>real-time</i> .	
H	1. Tidak menimbulkan polusi	Tim Desain
H	2. Tidak mengganggu/merusak ekosistem	
S	1. Biaya yang dikeluarkan lebih rendah dari produk <i>existing</i> , tetapi dapat memenuhi fungsi dengan baik.	Semua Tim
H	2. Dapat dipasarkan dengan harga yang terjangkau.	

Keterangan:
 S = Syarat
 H = Harapan

B. Konsep Desain Turbin

Dalam membuat konsep desain turbin, berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapatkan spesifikasi turbin ulir. Berikut Tabel III menunjukkan spesifikasi turbin :

TABEL III SPESIFIKASI TURBIN

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

Dimensi pada spesifikasi diatas merupakan parameter untuk dilanjutkan pada proses fabrikasi. Berikut adalah

perhitungan untuk mendapatkan desain dimensi yang optimal berdasarkan penelitian Chris Rorres:

1. Diameter Dalam

Diketahui:

$$\rho = 0.5358$$

$$R_o = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}$$

Didapat,

$$R_i = \rho R_o$$

$$= 0.5358 \times 0.12 \text{ m}$$

$$= 0.064 \text{ m}$$

2. Blade Period

Diketahui:

$$\pi = 3.14$$

$$R_o = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.1285$$

$$K = \tan 27^\circ = 0.50$$

Didapat,

$$\Lambda = \frac{2\pi R_o \lambda}{K}$$

$$= \frac{2(3.14) \times 0.12 \text{ m} \times 0.1285}{0.50}$$

$$= 0.193 \text{ m}$$

3. Jumlah *Blade*

Diketahui:

$$L = 80 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$\Lambda = 0.193 \text{ m} = 193 \text{ mm}$$

Didapat,

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

$$m = \frac{800}{193}$$

$$m = 4.1 \text{ buah}$$

Sehingga, dengan pembulatan keatas didapatkan jumlah *blade* sebanyak 4 buah.

4. Volume Total Air di Tiap Sudu

Diketahui:

$$R_o = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}$$

$$K = \tan 27^\circ = 0.50$$

Didapat,

$$V_t^* = \frac{1.52 R_o^3}{K}$$

$$V_t^* = \frac{1.52 (0.12 \text{ m})^3}{0.50}$$

$$V_t^* = 0.0052 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = V_t^* \times m$$

$$V_{total} = 0.0052 \text{ m}^3 \times 4$$

$$V_{total} = 0.021012 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 21.01 \text{ liter}$$

5. Volume Alir Irigasi

Diketahui:

$$L = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 30 \text{ cm} = 300\text{mm} \\
 V &= 1.28 \text{ m/s} \\
 A &= 0.3 \text{ m}^2 \\
 \text{Didapat,} \\
 A &= L \times D \\
 A &= 1000 \text{ mm} \times 300\text{mm} \\
 &= 300.000 \text{ mm}^2 = 0.3 \text{ m}^2 \\
 Q &= V \times A \\
 &= 1.28 \text{ m/s} \times 0.3 \text{ m}^2 \\
 &= 0.384 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

6. Daya Hidrolisis

Diketahui:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 0.384 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 0.5 \text{ m}$$

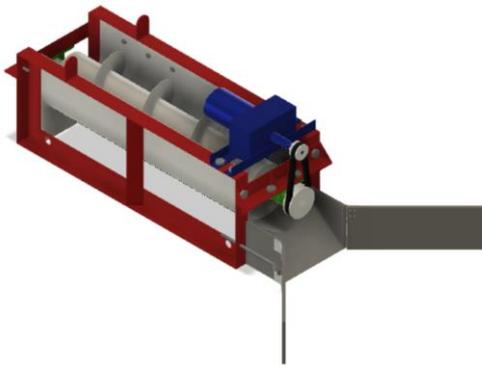
Didapat,

$$P = \rho \times Q \times g \times H$$

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.384 \text{ m}^3/\text{s} \times 9.81 \times 0.5 \text{ m}$$

$$P = 1.883 \text{ Watt} = 1.8 \text{ kW}$$

Desain turbin air yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Desain Turbin

C. Konsep Desain Komponen Atas

Berikut adalah beberapa konsep desain dari komponen diatas yang telah dibuat. Konsep desain yang pertama dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Desain Konsep Pertama

Konsep desain yang kedua dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Konsep Kedua

Konsep desain ketiga dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Konsep Ketiga

Konsep desain yang telah dibuat memiliki komponen pendukung yang berbeda-beda yang dapat dilihat pada Tabel IV di bawah ini:

TABEL IV PERBEDAAN KONSEP DESAIN

	Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
Bentuk penampang	Persegi panjang	Segi-6	Lingkaran
Jumlah komponen	4	8	6
Minimal stress (MPa)	3.06E-08	4.19 E-08	3.26 E-08
Maximal stress (MPa)	4.251	5.526	4.393
Minimal safety factor	15	15	15
Stress analysis results	safe	safe	safe
Dimensi (mm)	344 x 310 x 850	592 x 344 x 548	1015 x 463 x 562
Berat (kg)	30	39	31
Material	ASTM A36	ASTM A36	ASTM A36
Proses fabrikasi	3 Langkah	3 Langkah	4 Langkah
Estimasi harga	Rp6,984,284	Rp8,774,727.50	Rp9,372,907.50

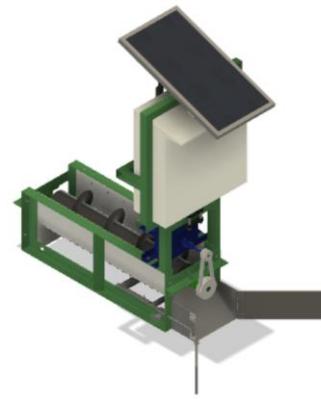
D. Penentuan Konsep Desain

Proses penentuan konsep desain akan menggunakan model matriks penilaian konsep. Dari 3 konsep desain tersebut akan dipilih konsep terbaik melalui tahap pemilihan konsep dengan menganalisis setiap kriteria pemilihan yaitu fabrikasi, portabilitas, dan biaya. Setelah dideskripsikan masing-masing konsep desain berdasarkan kriteria sesuai daftar kebutuhan, akan dilanjutkan pada matriks penilaian dengan hasil dapat dilihat pada Tabel V di bawah ini:

TABLE V MATRIKS PENILAIAN KONSEP

Matriks Konsep Penilaian											
Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep Produk									
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Referensi			
		Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor		
Fabrikasi	25%	5	0,5	4	0,4	4	0,4	3	0,3		
Portabilitas	35%	4	0,8	3	0,6	3	0,6	3	0,6		
Estimasi Biaya	40%	5	1,5	4	1,2	3	0,9	3	0,9		
Total		14	4,75	11	3,75	9	3	8	2,6		
Relative Value (%)		31,5	31,7	24,7	24,8	23,3	22,8	20,5	20,7		
Ranking		1		2		3		4			
Continue?	Ya/Tidak	Ya		Tidak		Tidak		-			

Berdasarkan Tabel V di atas, konsep desain yang mendapat peringkat terbaik adalah konsep desain 1. Konsep desain 1 dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar. 5 Konsep Desain Terpilih

E. Proses Fabrikasi

Proses fabrikasi untuk membuat pembangkit listrik tenaga hybrid energi ini meliputi proses *drawing*, *cutting plate*, *plate drawing*, *welding*, *rolling*, *drilling*, *bending*, dan *coating*. Adapun komponen atau bagian genset yang memerlukan proses fabrikasi adalah sebagai berikut :

- 1) *Blade*
- 2) *Shaft*
- 3) *Housing*
- 4) *Frames*
- 5) *Water collector*
- 6) *Stand panel box*
- 7) *Solar panel stand*
- 8) *Upper and lower component connector*

Pembuatan produk pembangkit listrik tenaga hybrid, membutuhkan waktu total 86 jam dengan total 8 tahapan proses. Tahapan setelah proses fabrikasi komponen produk selesai adalah proses perakitan dan pengecatan. Tahap ini merupakan tahap akhir pembuatan pembangkit listrik tenaga hybrid ini. Hasil pembuatan produk dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini :



Gambar 6. Hasil Proses Fabrikasi

F. Uji Performasi

Pengujian kinerja dilakukan di area saluran irigasi Jl. Mentaraman, Penarukan, Kec. Kepanjen, Kabupaten Malang, Jawa Timur 65163. Uji kinerja dilakukan pada kecepatan aliran air rata-rata 1,28 m/s dan kedalaman sungai 500 mm. Pengujian

ini dilakukan untuk mengetahui fungsi turbin yang dapat diterapkan dan untuk mengetahui hasil kinerja energi listrik yang dapat dihasilkan.

Data hasil uji kinerja dari pembangkit listrik pikohidro yang dihasilkan dari turbin ulir dapat dilihat pada Tabel VI berikut ini.

TABLE VI HASIL UJI PERFORMASI TURBIN ULIR TANPA BEBAN

Jam	Rpm Turbin	Rpm Generator	Power (watt)
09.00	250	345	25,67
10.00	247	340	26,44
11.00	249	343	26,53
12.00	256	353	32,98
13.00	258	357	34,61
14.00	244	336	28,42

Berdasarkan Tabel VI, enam kali percobaan dilakukan pada rentang waktu 09.00 – 14.00, rata-rata rpm turbin 251 rpm, rpm generator 346 rpm, dan daya yang dihasilkan 29.10 watt.

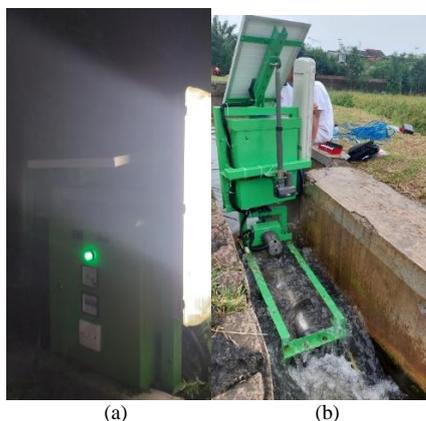
Hasil pengujian panel surya tanpa pembebanan dapat dilihat pada Tabel VII di bawah ini.

TABLE VII HASIL UJI PERFORMASI SOLAR PANEL TANPA BEBAN

Jam	V (volt)	I (ampere)	P (watt)
09.00	11.5	1.81	20,89
10.00	11.8	1.82	21,54
11.00	12.5	1.88	23,51
12.00	12.8	2.16	27,71
13.00	12.7	2.32	29,55
14.00	12.3	2.15	26,54

Pada Tabel VII telah dilakukan enam kali percobaan pada rentang pukul 09.00 – 14.00, tegangan rata-rata yang dihasilkan adalah 12.2 volt, arus rata-rata 2,02 ampere, dan daya rata-rata 24,95 watt.

Pembangkit listrik *hybrid* ini mampu menyalakan beban lampu TL 9 watt. Proses uji kinerja dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.

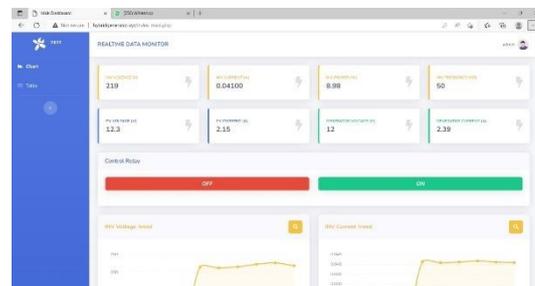


Gambar 7. (a) Uji Coba Lampu
(b) Uji Coba Kinerja

G. Integrasi Website

Salah satu keistimewaan dari produk pembangkit listrik energi *hybrid* adalah dapat diintegrasikan ke dalam *website* dalam bentuk proses *monitoring* yang disebut *monitoring*. Pemantauan situs diperoleh dari pengukuran arus dan tegangan panel surya, generator turbin air, dan inverter.

Hasil integrasi *website* dapat diakses pada link <http://www.hybridgenerator.xyz/>. Cara kerja *website* adalah admin harus *login* terlebih dahulu dengan memasukkan *user id* dan *password*. Gambar 9 berikut adalah tampilan utama *website*.



Gambar 8. Tampilan Utama

H. Biaya Produksi

Biaya produksi disini adalah total biaya yang dikeluarkan untuk membuat pembangkit listrik energi *hybrid*. Rincian biaya dapat dilihat pada Tabel VIII di bawah ini:

TABEL VIII BIAYA TOTAL

No.	Cost	Total (Rp)
1.	Biaya bahan baku	5,884,284.00
2.	Biaya tenaga kerja	1,000,000.00
3.	Biaya <i>overhead</i>	2,650,000.00
Total		9,534,284.00,-

Total biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk pembangkit listrik *hybrid* energi ini Rp. 9,534,284.00,-.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam proses perancangan dan pengembangan produk menggunakan metode Ulrich. Penelitian ini menghasilkan tiga konsep. Konsep pertama terpilih karena dianggap sesuai dengan kriteria: mudah difabrikasi, portabilitas baik, dan biaya lebih rendah dari produk existing. Perancangan desain pembangkit listrik *hybrid* portabel menggunakan *software* Autodesk Fusion360. Desain pembangkit listrik memiliki dimensi total 900 mm x 600 mm x 1320 mm. Material yang digunakan dalam perancangan produk pembangkit listrik menggunakan *stainless steel* dan besi. Hasil uji performa yang didapat pada sungai dengan kecepatan aliran air 1,28 m/s, daya rata-rata yang dihasilkan turbin ulir sebesar 29.10 watt dan rata-rata daya dari panel surya sebesar 24.95 watt.

2. Proses fabrikasi yang dibutuhkan dalam pembuatan pembangkit listrik *hybrid* portabel terdiri dari 8 tahapan. Tahapan pertama adalah pembuatan *blade*, tahapan kedua adalah pembuatan poros, tahapan ketiga adalah *assembly blade* & poros utama, tahapan keempat adalah pembuatan, tahapan kelima adalah pembuatan *frame*, tahapan keenam adalah pembuatan kolektor air, tahapan ketujuh adalah pembuatan komponen atas, dan tahapan kedelapan adalah perakitan. Total waktu yang dibutuhkan untuk membuat produk pembangkit listrik *hybrid* energi sejumlah 86 jam. Peralatan yang diperlukan meliputi mesin *bending*, mesin *roll*, *laser cutting*, mesin bubut, las, dan mesin *cutting*.

3. Perencanaan biaya yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan harga pokok produksi didapatkan, biaya bahan baku sebesar Rp5,884,284. Biaya tenaga kerja langsung sebesar Rp1,000,000. Biaya *overhead* dibutuhkan Rp2,650,000.00

Total biaya yang diperlukan dalam pembuatan pembangkit listrik *hybrid* portabel sebesar Rp9,534,284.00,-.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daniel Rohi, & Jandy E.Luik. (2013). *Kesadaran Masyarakat Surabaya untuk Memiliki Gaya Hidup Ramah Lingkungan "Green Living" Melalui Menghemat Penggunaan Energi Listrik*. **Scientific Repository of Petra Christian University**.
- [2] Juwito, A. F., Pramonohadi, S., & Haryono, T. (2012). *Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya*. **Semesta Teknik**, Vol.15, No.1, pp.22–34.
- [3] Nasional, S. J. D. E. (2019). **Outlook Energi Indonesia 2019**. Dewan Energi Nasional, Indonesia.
- [4] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). **Product Design and Development**. New York: Mcgraw-hill.
- [5] Rorres, C. (2000). *The Turn of the Screw: Optimal Design of an Archimedes Screw*. **Journal of Hydraulic Engineering**, Vol.126, No.1, pp.72–80.
- [6] Batan, I. M. L. (2012). **Desain Produk (Edisi 1)**. Guna Widya, Surabaya