

## PROSES MANUFAKTUR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

**Fauzi Apriadi**

Diploma Tiga, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia  
Email : Fauziapriadiiii28@gmail.com

**Estu Prayogi**

Diploma Tiga, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia  
Email : estupray05@gmail.com

### ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan sesuatu pembangkit listrik berskala kecil dengan kapasitas pembangkitan tenaga listrik 1 s/ d 150 kW yang memakai tenaga air sebagai media penggerakannya, misal saluran irigasi, sungai ataupun air terjun alam, dengan metode menggunakan tinggi jatuhnya air (*head*) serta debit airnya ( $m^2/s$ ). Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengidentifikasi gambar dari mesin yang akan dibuat, apa saja yang dibutuhkan untuk membuat mesin tersebut, kemudian langkah selanjutnya adalah survey ketersediaan komponen dipasaran. Setelah semua komponen didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah membuat rangka, dan merakit komponen sesuai dengan metode DFMA. Setelah mesin selesai dibuat, kemudian mesin diuji coba kinerja, apakah sudah memenuhi target penelitian. Komponen utama dari mesin ini adalah rangka, turbin, dan corong masuk. Setelah mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro rakit sampai menjadi *prototype*, selanjutnya akan dilakukan uji fungsional untuk melihat fungsi pada mesin tersebut apakah berkerja dengan baik dan benar atau terdapat adanya suatu kendala pada mesin tersebut. Uji fungsional pada mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini dilakukan di laboratorium Universitas Pancasila. untuk pengujiannya yaitu putaran mekanik akan diubah menjadi energi listrik untuk menyalakan lampu.

**Kata kunci:** PLTMH, air, DFMA, pembangkit listrik, turbin.

### ABSTRACT

*A Micro Hydro Power Plant (PLTMH) is a small-scale power plant with a power generation capacity of 1 to 150 kW that uses water power as the driving medium, for example irrigation channels, rivers or natural waterfalls, by using the large head. and the water discharge ( $m^2/s$ ). The first step is to identify the image of the machine to be made, what is needed to make the machine, then the next step is to survey the availability of components on the market. After all the components are obtained, the next step is to make a frame, and assemble the components according to the DFMA method. After the machine is completed, then the machine is tested for performance, whether it has met the research target. The main components of this engine are the frame, turbine and intake manifold. After the raft micro-hydro power plant engine has become a prototype, then a functional test will be carried out to see whether the function on the machine is working properly or there is an obstacle in the machine. The functional test on this micro-hydro power plant was carried out at the Pancasila University lab. for the test, the mechanical rotation will be converted into electrical energy to turn on the lights.*

**Keywords:** PLTMH, water, DFMA, power plants, turbines.

## 1. PENDAHULUAN

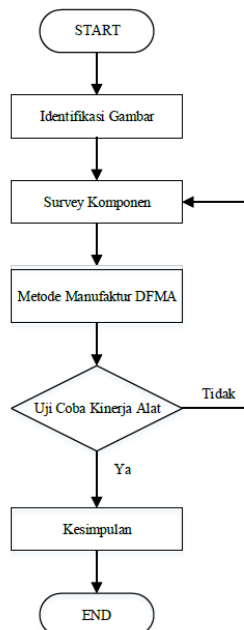
Di Indonesia kebutuhan tenaga listrik terus menjadi besar tiap tahunnya. Tingginya kebutuhan listrik ini yang wajib diatasi oleh Industri Listrik Negeri( PLN) selaku penyedia tenaga listrik di Indonesia.[1]. Banyak daerah pedesaan di Indonesia yang dekat dengan aliran sungai yang memadai untuk pembangkit listrik pada skala yang demikian. Diharapkan dengan memanfaatkan potensi yang ada di desa-desa tersebut dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri dalam mengantisipasi kenaikan biaya energi atau kesulitan jaringan listrik nasional untuk menjangkaunya[2]. Listrik sendiri bisa dihasilkan dari pemanfaatan sumber energi alam yang ramah area, baik berbentuk tenaga potensial air, angin, panas bumi, biogas, biomassa, gelombang laut serta yang lain.

Air ialah salah satu sumber tenaga yang sangat potensial buat dimanfaatkan bagaikan tenaga listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan sesuatu pembangkit listrik berskala kecil dengan kapasitas pembangkitan tenaga listrik 1 s/ d 150 kW yang memakai tenaga air bagaikan media penggeraknya, misal saluran irigasi, sungai ataupun air terjun alam, dengan metode menggunakan besar jatuhnya air (*head*) serta debit airnya ( $m^2/s$ )[3]. Bersumber pada latar belakang tersebut, hingga membuat riset yang bertajuk “Proses Manufaktur Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro“ dengan kapasitas sebesar 200Watt.

Tujuan dari proses penelitian ini ialah mengetahui bagaimana proses manufaktur dari rangka mesin, proses perakitan mesin, serta pengujian kinerja dan fungsional dari mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir ialah tahapan SOP (Standar Operasional Prosedur) yang digunakan dalam pembuatan mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Kedudukan diagram alir sangat berarti dalam proses pembuatan mesin ini. Diagram alir memastikan proses pembuatan mesin ini hendak berjalan mudah ataupun sulit[4]. Berikut merupakan Flowchart pembuatan mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang dapat dilihat pada gambar 1:



Gambar 1. Metode Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari setiap kegiatan yang terdapat pada diagram alir penelitian :

- a) Mulai (*Start*) Mengawali proses pembuatan.
- b) Identifikasi Gambar

Mengenali gambar rancangan secara perinci serta menguasai wujudnya secara kesekian– ulang dari foto yang telah di peroleh dari perancangan.

c) Survey komponen

Pada survey komponen dimana menyesuaikan hasil perancangan yang akan dibuat, sesuai dengan gambar hasil rancangan.

d) Metode Manufaktur DFMA

Pada riset ini memakai tata cara DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) untuk menyesuaikan perancangan perinci dengan proses penciptaan serta perakitan yang hendak dilakukan[5].

e) Uji coba Kinerja Alat

Dalam proses uji coba ini dimana perlengkapan yang telah dirakit hendak di uji untuk memastikan apakah pada transmisi dari komponen- komponen perlengkapan telah berjalan dengan baik serta cocok ataupun terdapat hambatan pada komponen-komponen tersebut.

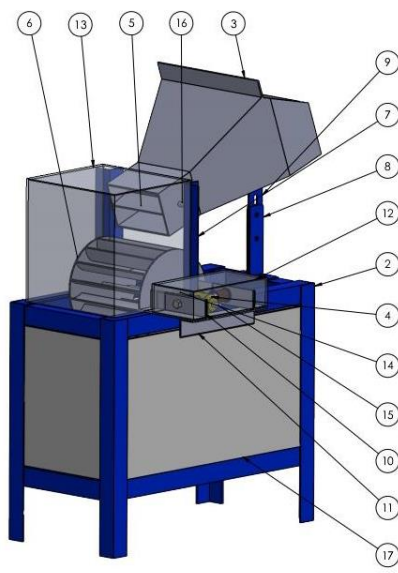
f) Kesimpulan

Hingga ditarik dari kesimpulan merakit komponen– komponen menjadi satu– kesatuan, dicoba pengujian kinerja mesin buat mengenali telah layakkah dipergunakan ataupun tidak dari mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

g) End

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Desain diperoleh dari hasil perancangan. Dari proses identifikasi desain hasil perancangan tersebut hendak menciptakan catatan bahan/ material serta komponen yang tertuang dalam BOM (*Bill Of Material*). Sehabis indentifikasi desain hasil perancangan diperoleh catatan kebutuhan bahan serta komponen di gambar 2. sebagai berikut :



NO.	Nama Komponen	Deskripsi	Jumlah
1.	Assembly Mesin	-	-
2.	Rangka	Besi Siku (Angle Bar)	1
3.	Corong Air	Serat Fiber	1
4.	Generator	-	1
5.	Kincir	Serat Fiber	1
6.	Penahan Corong Air 1	Besi Siku (Angle Bar)	2
7.	Penahan Corong Air 2	Besi Siku (Angle Bar)	2
8.	Penahan Corong Air 3	Besi Siku (Angle Bar)	1
9.	Penahan Generator 1	Besi Siku (Angle Bar)	2
10.	Penahan Generator 2	Besi Siku (Angle Bar)	1
11.	Penutup Generator	Serat Fiber	1
12.	Penutup Kincir	Serat Fiber	1
13.	Pillow Block	AS Ø 10 mm	2
14.	Poros 1	S45C	1
15.	Poros 2	S45C	1

Gambar 2. BOM

Adapun komponen dari mesin ini antara lain : rangka, corong air, generator, kincir, penahan corong air 1, penahan corong air 2, penahan corong air 3, penahan generator 1, penahan generator 2, penutup generator, penutup kincir, *pillowblock*, poros 1, poros 2. Dalam pembuatan perlengkapan mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini identifikasi komponen totalitas semacam pada tabel diatas kalau komponen yang terbuat merupakan rangka perlengkapan spesial komponen yang dibuat ini pula wajib di identifikasi apa saja bahan material serta dimensi yang dibutuhkan dalam pembuatan komponen ini. Ada pula material kebutuhan rangka yang telah di rencanakan ialah besi siku, besi ini

di anggap layak buat di pergunakan buat membuat rangka penopang komponen dari mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

### 3.1. Perhitungan Proses Pembuatan Mesin Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Setelah SOP dan OPC pada pembuatan alat mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro, terdapat beberapa juga perhitungan saat pengerjaan komponen-komponen sebagai berikut :

Dalam Proses Pembuatan Lubang pada tempat dudukan motor pada rangka mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro, parameter yang harus ditentukan sebagai berikut :

#### 1. Menghitung Pengeboran pada dudukan pillow block.

- a. Kecepatan Putar Mesin Bor[6] dihitung menggunakan persamaan 1:

$$\begin{aligned}n &= (cs \times 1000)/(\pi \times d) \\n &= (17 \times 1000)/(3,14 \times 12) \\n &= 17000/37,68 \\n &= 451,167 \text{ rpm}\end{aligned}\tag{1}$$

- b. Kecepatan Pemakanan dihitung menggunakan persamaan 2 :

$$\begin{aligned}F &= \text{Kecepatan Pemakanan (mm/menit)} \\n &= \text{Putaran mesin (rpm)} \\f &= \text{Pemakanan (mm)} \\F &= n \cdot f \\&= 451,167 \cdot 0,2 \text{ mm} \\&= 90,233 \text{ mm/menit.}\end{aligned}\tag{2}$$

- c. Waktu Pemesinan dihitung menggunakan persamaan 3:

$$\begin{aligned}t_m &= \text{Waktu Pemesinan (menit)} \\L &= \text{Jarak tempuh pisau (mm)} \quad d = \text{Diameter mata bor} \quad l = \text{Tebal benda Kerja} \\t_m &= L/F \\L &= 1 + 0,3 d \\L &= 50 + 0,3 \cdot 12 \\&= 53,6 \text{ mm.} \\t_m &= L/F \\&= 53,6/902,33 \\&= 0,059 \text{ menit.} \\&= 0,059 \text{ menit} \times 4 \text{ lubang} \\&= 0,236 \text{ menit.}\end{aligned}\tag{3}$$

### 3.2. Perencanaan Runner Turbin

- d. Diameter *Runner*

Ditentukan diameter runner dengan Lebar Diameter = 200 mm dan Panjang = 197 mm  
Geometri sudu[7]  
 $R1 = 100 \text{ mm}$   
 $R2 = 75 \text{ mm}$   
 $\beta1 = 30^\circ$   
 $\beta2 = 90^\circ$

- e. Faktor Koreksi (rencana) :  $k = 0,077$

Jarak[7] dihitung menggunakan persamaan 4.

$$\begin{aligned}c &= \sqrt{R1^2 + R2^2 - 2 \times R1 \times R2 \cos (\beta1 + \beta2)} \\c &= \sqrt{100^2 + 75^2 - 2 \times 100 \times 75 \cos (30^\circ + 90^\circ)} \\c &= 152,07 \text{ mm}\end{aligned}\tag{4}$$

- f. Sudut Epsilon Kecil ( $\varepsilon$ )[8] dihitung menggunakan persamaan 5.

$$\varepsilon = \arcsin \left( \frac{R_2 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{c} \right) \quad (5)$$

$$\varepsilon = \arcsin \left( \frac{75 \sin(30^\circ + 90^\circ)}{152.07} \right)$$

$$\varepsilon = 25,28^\circ$$

- g. Sudut Epsilon Besar ( $\xi$ )[8] dihitung menggunakan persamaan 6.

$$\xi = 180 - (\beta_1 + \beta_2 + \varepsilon) \quad (6)$$

$$\xi = 180 - (30^\circ + 90^\circ + 25,28^\circ)$$

$$\xi = 34,72^\circ$$

- h. Sudut Teta ( $\theta$ )[8] dihitung menggunakan persamaan 7.

$$\theta = \beta_1 + \beta_2 - (180 - 2 \times \xi) \quad (7)$$

$$\theta = 30^\circ + 90^\circ - (180 - 2 \times 34,72^\circ)$$

$$\theta = 9,44^\circ$$

- i. Lebar setengah sudu ( $d$ )[8] dihitung menggunakan persamaan 8.

$$d = R_1 \sin(\theta) 2 \sin(180^\circ - \xi) \quad (8)$$

$$d = 100 \sin(9,44^\circ) 2 \sin(180^\circ - 34,72^\circ)$$

$$d = 14,398 \text{ mm}$$

- j. Sudut jari-jari kelengkungan sudu ( $\delta$ )[8] dihitung menggunakan persamaan 9.

$$\delta = 180^\circ - 2(\beta_1 + \varepsilon) \quad (9)$$

$$\delta = 180^\circ - 2(30^\circ + 25,28^\circ)$$

$$\delta = 69,44^\circ$$

- k. Jari-jari kelengkungan sudu ( $rb$ )[8] dihitung menggunakan persamaan 10.

$$rb = d \cos(\beta_1 + \varepsilon) \quad (10)$$

$$rb = 14,398 \cos(30^\circ + 25,28^\circ)$$

$$rb = 25,279 \text{ mm}$$

- l. Jari-jari lingkaran rusuk ( $rp$ )[9] dihitung menggunakan persamaan 11.

$$rp = \sqrt{rb^2 + R_1^2 - 2 \times rb \times R_1 \cos(\beta_1)} \quad (11)$$

$$rp = \sqrt{25,279^2 + 100^2 - 2 \times 25,279 \times 100 \cos(30^\circ)}$$

$$rp = 79,124 \text{ mm}$$

- m. Jarak antar sudu[10] dihitung menggunakan persamaan 12.

$$t = k \times D_1 \sin(\beta_1) \quad (12)$$

$$t = 0,077 \times 200 \sin(30^\circ)$$

$$t = 30,8 \text{ mm}$$

- n. Jumlah sudu[10] dihitung menggunakan persamaan 13.

$$N = \pi \times D_1 t \quad (13)$$

$$N = 3,14 \times 200 \times 30,8$$

$$N = 20 \text{ buah}$$

### 3.3. Proses Pembuatan mesin

1. Rangka
  - a. Mempersiapkan alat dan bahan berupa mesin gerinda tangan, mesin las, meteran, penggores, dan adapun bahan yang di gunakan yaitu besi siku 4x 4mm.
  - b. Setelah mendapatkan alat dan bahan selanjutnya masuk ke proses pengukuran menggunakan roll meter dengan ukuran yang ingin di buat sesuai dengan hasil rancangan, dan setelah mendapatkan ukuran pada besi langkah selanjutnya memberikan penanda dengan menggunakan penggores pada setiap bagian yang ingin di potong.
  - c. Kemudian selanjutnya masuk proses pemotongan bahan, Pada proses pemotongan menggunakan alat mesin gerinda duduk.
  - d. Kemudian langkah selanjutnya adalah proses penyambungan setiap komponen rangka dimulai dari penyambungan besi memakai klem untuk pengikat dan proses pengelasan untuk menyambungkan menjadi satu - kesatuan yaitu bagian kaki rangka utama (kaki dan atas), bagian rangka bawah, bagian rangka dudukan bantalan poros, bagian roda ke kaki rangka, tabung, Pisau pencacah dan rangka bagian dudukan motor.
  - e. Kemudian langkah selanjutnya adalah proses meratakan dan menghaluskan setiap permukaan yang kasar yang ada di rangka yang sudah jadi seperti pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Rangka mesin

2. Turbin
  - a. Mempersiapkan alat dan bahan berupa kertas duplex, penggaris, pulpen, *cutter*, lem kertas, serat fiber, dan resin.
  - b. Setelah mendapatkan alat dan bahan selanjutnya masuk ke proses pengukuran menggunakan penggaris dengan ukuran yang ingin di buat sesuai dengan hasil rancangan, dan setelah mendapatkan ukuran pada besi langkah selanjutnya memberikan penanda dengan menggunakan pulpen pada setiap bagian yang ingin dibuat.
  - c. Kemudian selanjutnya masuk proses pemotongan bahan, Pada proses pemotongan menggunakan *cutter*.
  - d. Kemudian langkah selanjutnya adalah proses penyambungan setiap komponen turbin dimulai dari penyambungan baling baling turbin ke lingkaran turbin lalu di sambung menggunakan poros yang sudah di sediakan.
  - e. Kemudian jika sudah kering siapkan serat fiber dan resin,lalu aduk resin hingga merata,kemudian oleskan resin ke turbin lalu di dengan serat fiber oles sampai merata.
  - f. Jika sudah kering, lalu menghaluskan permukaan turbin menggunakan amplas. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Turbin

### 3. Corong Masuk

- a. Mempersiapkan alat dan bahan berupa kertas duplek, penggaris, pulpen, cutter, lem kertas, serat fiber, resin.
- b. Setelah mendapatkan alat dan bahan selanjutnya masuk ke proses pengukuran menggunakan penggaris dengan ukuran yang ingin di buat
- c. Kemudian selanjutnya masuk proses pemotongan bahan, Pada proses pemotongan menggunakan cutter
- d. Kemudian langkah selanjutnya adalah proses penyambungan setiap komponen
- e. Jika sudah mengering, mempersiapkan kembali serat fiber dan resin, kemudian aduk resin hingga merata, dan oleskan resin ke corong lalu di dengan serat fiber oles sampai merata.
- f. Kemudian jika sudah kering, lalu aluskan permukaan turbin menggunakan amplas. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Corong masuk

### 3.4 Proses Assembly Mesin

Pada proses *assembly* prototipe mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini yaitu menyatukan semua komponen mesin yang dibuat maupun yang dibeli menjadi satu kesatuan agar berjalan sesuai fungsinya. Adapun Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menyiapkan semua peralatan yang ingin digunakan untuk merakit komponen- komponen sistem pembangkit listrik.
2. Lalu kemudian memasang *pillow block*, dengan menggunakan baut ukuran 10 lalu dikencangkan dengan menggunakan kunci sok ukuran 10 sampai kencang.
3. Lalu memasang poros ke dalam *pillow block* dan kemudian dikunci menggunakan kunci L3.
4. Langkah selanjutnya adalah proses pemasangan generator pemasangan menggunakan baut 17 untuk mengencangkannya.
5. Untuk langkah selanjutnya adalah pemasangan *cover* bawah menggunakan fiber dan dikencangkan menggunakan baut skrup berukuran 8 untuk mengencangkannya.
6. Langkah selanjutnya adalah proses pemasangan corong masuk ke rangka yang sudah disediakan lalu dikencangkan agar tidak jatuh.
7. Untuk langkah selanjutnya adalah pemasangan *cover* atas untuk menutupi sudu tubun dan generator.
8. Setelah semua proses pemasangan dan perakitan selesai, maka hasil akhir dari mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Mesin Pembangkit listrik tenaga mikrohidro

Keunggulan manufaktur dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini salah satunya adalah menggunakan metode DFMA, dimana proses manufaktur yang dilakukan lebih efisien dalam waktu produksi, kemudian menekan biaya produksi seminimal mungkin tanpa mengurangi keamanan komponen. DFMA juga berfungsi untuk menentukan komponen dari mesin yang benar-benar dibutuhkan, sehingga nilai ekspektasi tinggi dapat tercapai melalui fungsi mesin yang maksimum dan biaya yang serendah mungkin. DFMA pun bisa digunakan untuk mempelajari proses dan produk pesaing dari sisi desain, kualitas, pemilihan material, komponen, proses produksi dan kemudian mengevaluasi perakitan dan/atau kesulitan manufaktur dalam merancang produk. Tidak ada kendala yang ditemui selama proses penelitian ini, mulai dari *start* hingga *end*.

### **3.4 Pengujian Fungsional Pada Mesin Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro**

Setelah mesin mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro rakit sampai menjadi Prototype, selanjutnya dilakukan uji fungsional untuk melihat fungsi pada mesin tersebut apakah berkerja dengan baik dan benar atau terdapat adanya suatu kendala pada mesin tersebut. Uji fungsional pada mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini dilakukan di laboratorium Universitas Pancasila. Untuk pengujiannya yaitu putaran mekanik akan diubah menjadi energi listrik untuk menyalakan lampu. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:



**Tabel 1. Hasil pengujian mesin**

- 1 Pembuatan pada mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro, dikarenakan pembuatan atau perakitan hanya sampai dengan prototipe ataupun mesinnya, sehingga untuk pengujian hanya sebatas kinerja atau hanya mengeluarkan aliran listrik untuk menyalakan lampu kecil. Untuk pengujian produk pada mesin ini dapat dikatakan kurang efektif dikarenakan ukuran generator agak kecil.
- 2 Turbin berputar secara baik dan normal serta mampu mentransmisikan putaran ke generator menggunakan magnet.
- 3 Uji kecepatan putar pada bagian poros pembangkit listrik dapat mengeluarkan aliran listrik yang bisa menghidupkan lampu kecil.
- 4 Setelah putaran direduksi, putaran pada komponen turbin dan generator mulai berfungsi dengan baik dan normal, karena mampu menghubungkan turbin dan generator menggunakan poros dan magnet yang lainnya, sehingga dapat mengeluarkan aliran listrik untuk menyalakan lampu kecil, sementara untuk kapasitasnya berkisar 200Watt.

#### **4. KESIMPULAN**

Komponen-komponen utama yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro antara lain adalah rangka, turbin, dan corong masuk. Proses perakitan pada mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini menggunakan las listrik untuk menyambungkan bagian rangka mesin, dan corong. Untuk dudukan generator dan *pillow block*-nya menggunakan baut dan mur. Hasil yang didapatkan setelah membuat mesin pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini adalah kinerja dari mesinnya berjalan sempurna, serta komponen-komponen dari mesin dapat bergerak dan berfungsi sebagaimana mestinya. Dari segi bentuk, mesin ini merupakan mock-up, dengan kapasitas sebesar 200Watt, sehingga bisa menyalakan beberapa buah lampu dalam proses pengujiannya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Y. Prabowo, S. Broto, dan G. Gata, (2019). "Pelatihan Pemanfaatan Saluran Irigasi Untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro Kepada Masyarakat Di Desa Pamijahan Gunung Bunder," Jurnal Sebatik,
- [2] E. Supriyanto, (2013) "Manufaktur dalam Dunia Teknik Industri," Ind. Elektro dan Penerbangan, vol. 3, no. 3, pp. 1-4.
- [3] Y. Nensi, 2020 " Peningkatan Produktivitas Produksi Headrest Tipe C.C Pada Proses Pemotongan Dengan Otomatisasi Mesin Pt. Duta Karya Mandiri", dalam Seminar Nasional Efisiensi Energi untuk Peningkatan Daya Saing Industri Manufaktur & Otomotif Nasional (SNEEMO), Jakarta
- [4] Kuchiki, A., & Tsuji, M. (2008). " The Flowchart Approach to Industrial Cluster Policy". <https://doi.org/10.1057/9780230589520>.
- [5] E. Appleton, (2008), " Product Design for Manufacture and Assembly Automation ", marcel deeker, er 6 pt).
- [6] S. Widarto, dkk, (2008) " Teknik Permesinan ". Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [7] A. Purnomo, (2014). "Perancangan Dan Pembuatan Struktur Mekanik Sistem Inspeksi Visi", Jurnal FEMA, vol. 2, no. 1, pp.53-59.
- [8] H. Purnama, (2013). " Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran", Jurnal teknik pomits, vol. 2, no. 2, pp. 37-39.

- [9] C. Anam, dkk, (2017). "Perancangan Generator 100 Watt Menggunakan Software Elektromagnetik Infolyca", Jurnal kinetik, vol. 2, no. 1, pp. 27-36.
- [10] Suwitno, dkk, (2017). " Perancangan Konverter DC ke DC untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Panel Solar Cell Menggunakan Teknologi Boost Converter ", Journal of Electrical Technology, Vol. 2, No. 3, pp. 10-24.