

DESIGN MINI HYDROELECTRIC GENERATOR

Vincentius Bram Armunanto^{1*}, Elphin Hastanu², Masdin Nahajing Junuding³, Muhammad Rifqi Faizal⁴, Ridho Noer Rahardjo⁵, Tri Wahyudi⁶, Agustinus Wisnu Endro Aji⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: bram.armunanto@atmi.ac.id

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik serta menipisnya cadangan bahan bakar fosil, sehingga keadaan memaksa manusia untuk mencari energi alternatif (renewable energy) yang dapat meminimalisir penggunaan bahan bakar minyak bumi. Pembangkit listrik tenaga air menjadi sumber energi yang berpotensi besar untuk dikembangkan, demi mengurangi dampak polusi. Pemanfaatan konfersi energi air, dapat menggunakan kincir atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu aliran air di sungai dan air terjun. Turbin kinetik merupakan salah satu turbin yang memanfaatkan potensi energi kinetik dari kecepatan aliran air arus bawah. Arus air menumbuk blade turbin yang akan memutar runner, selanjutnya runner akan memutar poros yang kemudian akan diteruskan ke beban melalui pulley, pulley meneruskan gerak rotasi menuju Generator DC. Generator menghasilkan listrik yang akan di teruskan pada komponen listrik, sehingga menghasilkan output listrik yang stabil dan dapat langsung digunakan.

Jenis dan ukuran blade menentukan kecepatan tangensial yang memutar roda turbin. Jenis blade seperti datar, radius, serta radius tertutup merupakan sebagian bentuk blade yang memiliki nilai koefisien drag yang tinggi. Semakin besar nilai koefisien drag yang dimiliki oleh sebuah blade maka semakin besar kemampuannya untuk memanfaatkan tenaga air yang menghantamnya. Mini Hydroelectric Generator menjadi solusi dan mewujudkan pembangkit listrik dalam skala kecil.

Kata kunci: aliran air, arus listrik, energi alternatif, pembangkit listrik tenaga air

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri menuntut adanya inovasi dan efisiensi proses pengerjaan dan pembuatan suatu produk. Pembuatan alat atau mesin diusahakan dan diarahkan untuk tetap menjaga pelestarian lingkungan. Penggunaan bahan bakar fosil perlu dibatasi karena persediaan terbatas disamping menimbulkan polusi dan residu yang tidak ramah lingkungan. Indonesia adalah negara kepulauan di garis khatulistiwa yang memiliki iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi. Kebutuhan air selalu terpenuhi dengan adanya danau, bendungan, waduk, dan sungai yang dapat dimanfaatkan potensinya. Sebagai contoh, aliran sungai dapat dimanfaatkan untuk menjadi sumber energi terbarukan, dengan mengubah energi gerak aliran air untuk menggerakkan generator yang menghasilkan sumber energi listrik.

Mini Hydroelectric Generator menjadi bukti inovasi sebuah desain alat yang portable, efisien, mudah digunakan, dan ramah lingkungan. Sistem kerja dari *Mini Hydroelectric Generator* adalah memanfaatkan aliran air untuk menggerakkan *blade* yang akan memutar poros generator pada kecepatan tertentu untuk menghasilkan arus listrik yang cukup untuk menghidupkan beberapa lampu penerangan jalan. *Design Mini Hydroelectric Generator*, diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif solusi alat penghasil listrik diluar bahan bakar fosil, sehingga dapat mewujudkan lingkungan tanpa polusi udara. Proses pembuatan dan perakitan relatif mudah dan tidak memerlukan biaya yang tinggi.

2. METODOLOGI

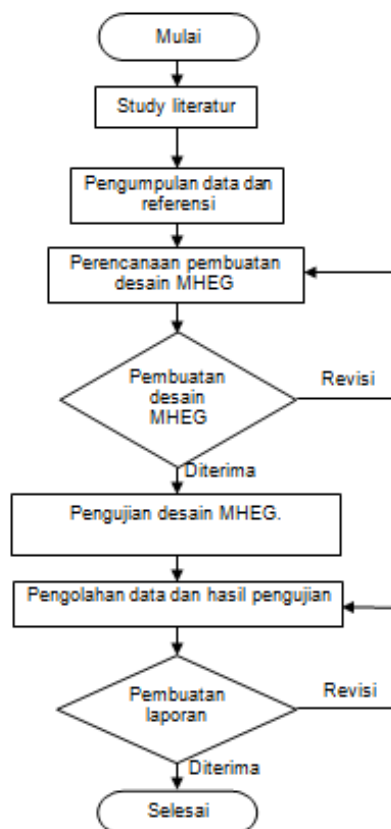
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

2.1. Metode Penelitian

Metode penelitian pada Perancangan *Design Mini Hydroelectric Generator* menggunakan analisa dari metode penelitian kuantitatif yang yang didahului dengan metode penelitian kualitatif. Alur pengerjaan dimulai urutan proses *flowchart* mempertimbangkan unsur-unsur penelitian yang dibahas secara kualitatif untuk kemudian diubah menjadi kuantitatif dengan melibatkan *scoring* pada morfologi desain, memperhitungkan konstruksi desain, dan memperhitungkan anggaran pada desain.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada flowchart di gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

2.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan penelitian pada aliran sungai, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan batasan masalah dan identifikasi masalah.

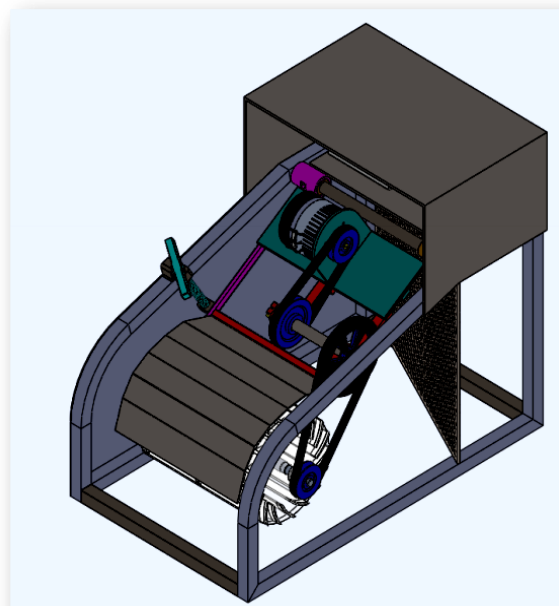
2.2.2 Penentuan Matriks Kebutuhan

Matriks kebutuhan didasarkan pada kebutuhan yang menjadi dasar perakitan suatu desain. Pemilihan alat dan bahan menjadi pertimbangan perancangan *Design Mini Hydroelectric Generator*.

2.2.3 Pemilihan Alat dan Bahan

- 1) Menggunakan Generator DC berkapasitas 500 Watt.
- 2) Poros dibuat dengan bahan AISI 1045.

- 3) *Frame* dibuat dengan bahan AISI 1045.
- 4) *Cover Luar* dibuat dengan bahan *Sheet metal* AISI 1045.
- 5) *Stand Generator DC* dibuat dengan bahan *Sheet metal* AISI 1045.
- 6) Pengujian menggunakan *Software Solidwork*.
- 7) Pembuatan desain menggunakan *Solidwork*.



Gambar 2. Assembly Design Mini Hydroelectric Generator

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kapasitas desain yang akan di buat, sehingga menghasilkan desain yang kuat.

3.1. Perhitungan Aliran Air

Aliran air digunakan sebagai sumber energi. Perhitungan aliran air digunakan untuk mendapatkan besar debit aliran air sebagai sumber energi. Untuk mendapatkan besaran debit aliran air, diketahui lebar aliran air (l) = 7,05380577 ft; kedalaman aliran air (h) = 1,31233596 ft; jarak aliran air (s) = 3,93700787 ft; waktu aliran air (t) = 8 sekon dengan besaran koefisien = 0,85.

$$Q = l \times h \times \left[\frac{s}{t} \right] \times k$$

$$Q = 7,05380577 \times 1,31233596 \times \left[\frac{3,93700787}{8} \right] \times 0,85$$

$$Q = 3,872253206 \text{ cfs}$$

Jadi, hasil perhitungan debit aliran sungai sebesar 3,872253206 cfs.

3.2. Perhitungan Putaran Poros Turbin

Aliran air memutar turbin dan menghasilkan putaran poros turbin. Perhitungan putaran poros turbin digunakan untuk menentukan angka putaran poros turbin berdasarkan

aliran fluida. Untuk mendapatkan besaran Putaran poros turbin, diketahui diameter turbin (D_1) = 0,656167979 ft dengan jarak pancaran aliran fluida (H) = 1,47637795 ft.

$$n = \left[\frac{862}{D_1} \right] \times \frac{H}{2}$$

$$n = \left[\frac{862}{0,656167979} \right] \times \frac{1,47637795}{2}$$

$$n = 1939,5 \text{ rpm}$$

Jadi hasil perhitungan putaran poros turbin sebesar 1939,5 rpm.

3.3. Perhitungan Perubahan Putaran Pulley

Belt dan *pulley* digunakan sebagai penyalur gerak rotasi dari turbin menuju generator DC. Perhitungan perubahan putaran *pulley* digunakan untuk mendapatkan besar perubahan putaran dari turbin menuju Generator DC.

3.3.1 Perhitungan Putaran Pulley 2

Untuk mendapatkan besaran putaran *pulley* 2, diketahui angka putaran dari turbin atau *pulley* 1 (n_1) = 1939,5 rpm dengan diameter pulley 1 (D_1)= 63 mm dan diameter pulley 2 (D_2)= 140 mm, maka :

$$n_2 = \frac{n_1 \times D_1}{D_2}$$

$$n_2 = \frac{1939,5 \times 63}{140}$$

$$n_2 = 872,775 \text{ rpm}$$

Jadi hasil perhitungan putaran *pulley* 2 sebesar 872,775 rpm.

3.3.2 Perhitungan Putaran Pulley 3

Untuk mendapatkan besaran putaran *pulley* 3, diketahui angka putaran dari *pulley* 2 (n_2) = 872,775 rpm dengan diameter *pulley* 2 (D_2)= 140 mm dan diameter *pulley* 3 (D_3)= 90 mm serta pemasangan *pulley* 2 dan *pulley* 3 berada pada satu poros yang sama, maka :

$$n_3 = n_2$$

$$n_3 = 872,775 \text{ rpm}$$

Jadi hasil perhitungan putaran *pulley* 3 sebesar 872,775 rpm.

3.3.3 Perhitungan Putaran Pulley 4

Untuk mendapatkan besaran putaran *pulley* 4, diketahui angka putaran dari turbin (n_3) = 872,775 rpm dengan diameter pulley 3 (D_3)= 90 mm dan diameter pulley 4 (D_4)= 63 mm, maka :

$$n_3 \times D_3 = n_4 \times D_4$$

$$n_4 = \frac{n_3 \times D_3}{D_4}$$

$$n_4 = \frac{872,775 \times 90}{63}$$

$$n_4 = 1246,82143 \text{ rpm}$$

Jadi hasil perhitungan putaran *pulley* 4 sebesar 1246,82143 rpm.

3.4. Perhitungan EMF Generator DC

Generator DC digunakan sebagai penghasil energi listrik yang diperoleh dari gerak rotasi rotor yang terhubung dengan *pulley*. Perhitungan EMF generator digunakan untuk mendapatkan besar voltase yang dihasilkan berdasarkan putaran rotor generator DC. Untuk mendapatkan besaran EMF Generator, diketahui putaran rotor (n) = 1246,82143 rpm; jumlah kutub generator DC (P) = 4 dengan nilai fluks magnetik (ϕ) = 1.

$$\text{EMF generator} = \frac{\phi \cdot P \cdot n}{60} \text{ volt}$$

$$\text{EMF} = \frac{1.4 \cdot 1246,82143}{60}$$

$$\text{EMF} = 83,12142867 \text{ Volt}$$

Jadi hasil perhitungan EMF Generator DC sebesar 83,12142867 Volt.

3.5. Perhitungan Accu

Accu digunakan sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan dari Generator DC. Perhitungan *Accu* digunakan untuk mengetahui angka kuat arus *accu* (A), waktu ketahanan *accu* (T_1), waktu pengisian *accu* (T_2) serta menentukan daya *charger accu* yang dibutuhkan (P_{cg}).

3.5.1 Perhitungan Kuat Arus Accu

Untuk mendapatkan besaran kuat arus *accu*, diketahui besar beban *accu* (W) = 100 Watt dengan voltase *accu* (V) = 12 Volt, maka :

$$\text{Kuat arus } \textit{accu} (I) = \frac{W}{V}$$

$$\text{Kuat arus } \textit{accu} (I) = \frac{100}{12}$$

$$\text{Kuat arus } \textit{accu} (I) = 8,33 \text{ Ampere}$$

Jadi hasil perhitungan kuat arus *accu* sebesar 8,33 Ampere.

3.5.2 Perhitungan Waktu Ketahanan Accu

Untuk menentukan durasi waktu ketahanan *accu*, diketahui angka kapasitas *accu* (Ka) = 120 Ah dengan kuat arus *accu* (I) = 8,33 Ampere dan faktor diefisiensi *accu* (Fd) = 3 jam, maka :

$$T_1 = \left[\frac{K_a}{I} \right] - F_d$$

$$T_1 = \left[\frac{120}{8,33} \right] - 3$$

$$T_1 = 11,406 \text{ jam}$$

$$T_1 = 11 \text{ jam } 24 \text{ menit } 21,6 \text{ detik}$$

Jadi hasil perhitungan waktu ketahanan *accu* sebesar 11 jam 24 menit 21,6 detik.

3.5.3 Perhitungan Waktu Pengisian *Accu*

Untuk menentukan durasi waktu pengisian *accu*, diketahui angka kapasitas *accu* (K_a) = 120 Ah dengan kuat arus pengisian *accu* (I_2) = 12 Ampere, maka :

$$T_2 = \frac{K_a}{(I_2 + 20\%I_2)}$$

$$T_2 = \frac{120}{(12 + 20\%.12)}$$

$$T_2 = 8,33 \text{ jam}$$

Jadi hasil perhitungan waktu pengisian *accu* sebesar 8,33 jam.

3.5.4 Perhitungan Daya *Charger Accu*

Untuk menentukan daya *charger accu* yang dibutuhkan, diketahui besar EMF generator DC (EMF) = 83,12142867 Volt dengan kuat arus pengisian *accu* (I_2) = 12 Ampere, maka :

$$P_{cg} = I_2 \cdot EMF$$

$$P_{cg} = 12 \cdot 83,12142867$$

$$P_{cg} = 997,457144 \text{ Watt}$$

Jadi hasil perhitungan daya *charger accu* sebesar 997,457144 Watt.

3.6. Perhitungan *Inverter*

Inverter digunakan sebagai pengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Perhitungan *Inverter* digunakan untuk mendapatkan besar kuat arus yang dihasilkan pada arus listrik searah (DC) dan arus listrik bolak-balik (AC).

3.6.1 Perhitungan Kuat Arus listrik DC *Inverter*

Untuk mendapatkan besaran kuat arus listrik DC *inverter*, diketahui besar voltase arus listrik DC (V_{DC}) = 12 Volt dengan besar beban listrik DC (W_{DC}) = 100 Watt dan nilai efisiensi (μ) = 0,96; maka :

$$\text{Kuat arus DC } (I_{DC})$$

$$12V \cdot I_{DC} \cdot 0,96 = 100 \text{ Watt}$$

$$I_{DC} = 8,681 \text{ Ampere}$$

Jadi hasil perhitungan kuat arus listrik searah *inverter* sebesar 8,681 Ampere.

3.6.2 Perhitungan Kuat Arus listrik AC *Inverter*

Untuk mendapatkan besaran kuat arus listrik AC *inverter*, diketahui besar voltase arus listrik AC (V_{AC}) = 220 Volt dengan besar beban listrik AC (W_{AC}) = 100 Watt, maka :

Kuat arus AC (I_{AC})

$$220V \cdot I_{AC} = 100 \text{ Watt}$$

$$I_{AC} = 0,45 \text{ Ampere}$$

Jadi hasil perhitungan kuat arus listrik searah *inverter* sebesar 0,45 Ampere.

3.7 Anggaran Biaya

Perancangan *Design Mini Hydroelectric Generator* membutuhkan dana kurang lebih Rp3.845.000,00

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian perancangan "*Design Mini Hydroelectric Generator*" dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan *Design Mini Hydroelectric Generator* memanfaatkan media aliran fluida berupa aliran sungai.
2. Dimensi alat 725 mm x 439 mm x 600 mm, dimensi blade $\varnothing$ 200 x 280 mm dengan tebal blade 3 mm, kapasitas generator DC 500 Watt, output daya sebesar 100 Watt.
3. Alat sederhana, portable, dan ekonomis.

4.2. Saran

Dari kesimpulan yang diperoleh, saran untuk pengembangan Perancangan *Design Mini Hydroelectric Generator* adalah sebagai berikut:

1. Rancangan bisa dikembangkan pada segi rangka dan *cover* supaya lebih *modern* untuk meningkatkan daya tarik *customer*.
2. Pengembangan pada bagian filter supaya fluida dapat menggerakkan turbin secara maksimal.
3. Pengembangan pada penyetel tinggi rendahnya turbin agar bisa menyesuaikan aliran fluida yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Rukmana, Muhammad Maskyur. (2017). *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kedalaman Dan Ketinggian Debit Air Sungai*. 8. 40-44. Diakses dari <https://core.ac.uk/download/pdf/279544839.pdf>
- Arie.(2017, 21 Oktober). *Cara menghitung arus Power Inverter DC to AC*. Diakses dari <https://arinka87.blogspot.com/2017/10/inverter-dc-to-ac.html?m=1>
- Arif Gunawan, Aeisco Oktafeni, Wahyu Khabzli. (2013). *Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. 10. 202-206. Diakses dari <https://media.neliti.com/media/publications/127894-ID-pemantauan-pembangkit-listrik-tenaga-mik.pdf>
- Dea Novitasari, Yulita.(2018). *Perhitungan Ulang Transmisi Sabuk dan Puli Serta Pemilihan Altenator Pada Kinetic Flywheel Conversion 1 (KFC 1) Untuk Memaksimalkan Kerja Alat di Terminal BBM Surabaya Group – Pertamina Perak*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Fitrah Alamsyah, Didik Notosudjono, Hastono Soebagia. (2017). *Studi Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air Ubrug Sukabumi*. Bogor : Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik - Universitas Pakuan

- Nur Fauziyah.(2017). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Turbin Crossflow Menggunakan Generator DC Magnet Permanen*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November
- Prihartarto, Danang.(2008). *Turbin Aliran Silang Dengan Jumlah Sudu 16 Untuk Pembangkit Listrik*. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
- Sintong, Amir Hamzah. (2017). *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air Kapasitas 5 kW Di Desa Siabu Kabupaten Kampar Riau*. 4. 1-12. Diakses dari <file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/189117-ID-desain-pembangkit-listrik-tenaga-air.pdf>
- Soalfismat.(2021, 9 April). *Contoh soal fluks magnetik & GGL induksi dan pembahasan*. Diakses dari <https://www.google.com/amp/s/soalfismat.com/contoh-soal-fluks-magnet-ggl-induksi-dan-pembahasan/amp/>
- Solarcell.(2015, 05 April). *Cara Mengetahui Kapasitas Baterai / Aki / Accu / Battery*. Diakses dari <https://pusatsolarcell.blogspot.com/2015/04/cara-mengetahui-kapasitas-baterai-aki.html?m=1>
- Sri Sukamta, Adhi Kusmantoro. (2013). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur*. 5. 58-63. Diakses dari <https://media.neliti.com/media/publications/133843-ID-perencanaan-pembangkit-listrik-tenaga-mi.pdf>
- Wan Novri Saputra, Dikpride Despa, Noer Sodjarwanto, Ahmad Saudi Samosir. 2016. *Prototype Generator DC Dengan Penggerak Tenaga Angin*. Bandar Lampung : Universitas Lampung
- Zunelfi.(2012, 16 Juni). *Perhitungan Lama Waktu Pemakaian / Pengisian Aki*. Diakses dari <https://www.zoelradio.com/2012/06/perhitungan-lama-waktu.html?m=1>