



RANCANG BANGUN PEMANFAATAN ALIRAN TANDON AIR GEDUNG BERTINGKAT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK MIKRO HIDRO

Soraya Barus¹, Solly Aryza², Pristisal Wibowo³, Siti Anisah⁴, Hamdani⁵
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
dwipermata72@gmail.com

ABSTRACT

The irrigation system in multi-storey buildings only has an automatic filling system for the water reservoir, the water flow from this reservoir is less than optimal in its utilization. Utilization of reservoir water output is a source of electrical energy that is easily utilized as renewable energy in micro-hydro power plants as an alternative solution to reduce the financing of monthly electricity payments. From the results of research and understanding, therefore the authors make a prototype micro hydro power plant by utilizing the reservoir water output in a multi-storey building. From the measurement results, the scale of comparison between the prototype and its original form is 1: 5. From the testing of the tool, the results obtained from a height of 1.5 meters with a water discharge of $59,865 \text{ cm}^3/\text{s}$ or $59,865 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ capable of turning a water turbine that has been coupled with a DC generator of electrical energy generated by the generator is a voltage of 11.56 volts with a current of 0.05 A and the charging time for the lithium-ion battery is 2.5 hours or 2.5 hours and the length of time using the battery to load (lights) is for 2, 4 hours or 2.4 hour. From the measurement results, the water pressure is 15,000 Pa or 0.15 bar, the water flow velocity is 5.29 m / s. The power generated from the prototype PLTMH 0.5 Watt.

Keywords: Design, Utilization of reservoir water output, PLTMH

PENDAHULUAN

Bangunan bertingkat berkembang dengan pesat, mulai dari perhotelan, perumahan, pertokoan, perkantoran dan lain sebagainya. Setiap lantai pada gedung ini minimal memiliki 1 kamar mandi ataupun beberapa wastafle, sehingga tidak bisa di pungkiri untuk kebutuhan air pada bangunan bertingkat sangatlah besar, banyak biaya yang harus di bayar karena kurang adanya pemanfaatan sumber energi pada area bangunan bertingkat. Sistem pengairan pada bangunan bertingkat hanya memiliki sistem pengisian otomatis pada tandon air, dari tandon langsung di salurkan ke kran-kran bak mandi ataupun wastafle pada setiap lantai gedungnya, pada aliran air dari tandon ini kurang optimal dalam pemanfaatannya (S. Aryza et al., 2018).

Energi dari aliran air pada tandon tersebut dapat di dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik, dengan membuat sistem pembangkit listrik mikrohidro (pltmh), dengan pemasangan turbin generator pada pipa saluran air di pipa bawah tandon, sehingga energi yang ada pada aliran tandon tidak terbuang sia-sia. Turbin generator yang berputar menghasilkan aliran listrik selanjutnya di alirkan ke modul control charger untuk mengisi baterai dan dari baterai di salurkan ke beban (yang sebelum nya sudah dihitung maksimal beban yang dapat digunakan, dan beban apa yang akan di gunakan). Dari sistem ini baterai akan mengisi jika kran terbuka dan turbin berputar, disaat kran tertutup batrai tidak mengisi, sistem ini dapat digunakan di bangunan manapun yang menggunakan aliran kran air, intensitas penggunaan air pada rumah bertingkat lebih sedikit berbeda dengan perhotelan, walau intensitas tersebut berbeda dan daya yang akan di dapat juga berbeda namun dapat berfungsi untuk menghemat pengeluaran listrik (Khairunnisa et al., 2017).

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka dari itu penulis menggunakan rancangan *prototype* pemanfaatan aliran tandon air gedung bertingkat sebagai pembangkit listrik mikro hidro (Solly Aryza et al., 2018).



TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini penulis mendapatkan beberapa referensi penelitian terdahulu, berikut penelitian terdahulu yaitu:

Tabel 1 Penelitian Terdahulu

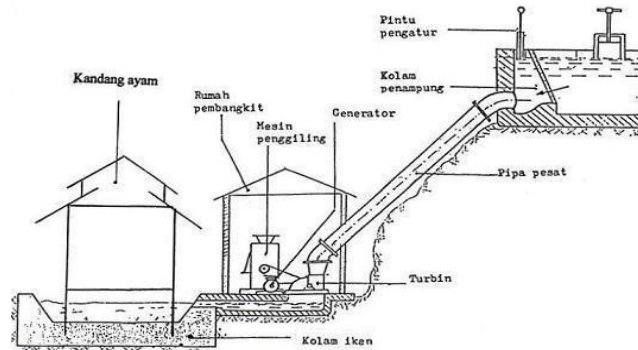
No	Peneliti	Judul penelitian	Kelemahan
1	Ardianto (2018)	Rancang Bangun Pembangkit Listrik MikroHidro Sebagai Media Praktikum Perancangan Pembangkit Listrik Terbaharukan	Perancangan <i>prototype</i> PLTMH ini menggunakan turbin jenis turbin pelton, tidak ada baterai untuk penyimpanan tegangan.
2	Dannaezar, Hanny Hosiana Tumbelaka, Heri Saptono Warpindyasmoro (2020)	Pemanfaatan Aliran Air Dari Tandon Air Atas RumahTangga Sebagai Pembangkit Energi Listrik	Pada perencanaan pemanfaatan aliran air untuk Pembangkit Energi Listrik ini, adalah penggunaan generator piko hidro pada pipa di rumah tangga.
3	David Setiawan Wie (2018)	Perencanaan Dan Implementasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	Perencanaan Dan Implementasi Prototype PLTMH ini meliputi beberapa desain yaitu; desain Prototype PLTMH, desain panel kontrol Prototype PLTMH, perencanaan tempat air (tandon), turbin air, generator, baterai, kontrol tegangan dan beban, dan menggunakan DC Chopper tipe Buck mengubah tegangan nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih rendah.

Prototype

Prototype merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengexpresikan suatu benda nyata maupun benda yang dalam proses perencanaan. *Prototype* adalah alat peraga yang mirip dari produk yang akan dibangun (*look like models*). Secara jelas menggambarkan bentuk produk dan penampilan produk atau benda baik dengan skala yang diperbesar 1:1,

atau diperkecil lagi untuk menunjukkan benda yang tidak dapat secara langsung dibangun atau dicoba. (Sunardi, 2017).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)



Gambar 1 Desain PLTMH

Pembangkit listrik energi air skala mikro atau pembangkit listrik tenaga mikrohidro semakin populer sebagai alternatif sumber energi, terutama untuk wilayah yang terpencil. Sistem pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini bisa dilakukan di aliran sungai kecil dan tidak perlu menggunakan bak penampung yang besar, sehingga tidak menimbulkan dampak terhadap lingkungan itu sangat kecil. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini dapat digunakan langsung sebagai penggerak mesin atau juga dapat digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Instalasi pembangkit listrik dengan tenaga mikrohidro biasa disebut sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, atau disingkat menjadi PLTMH. Daya yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah antara 5 kW hingga 100 kW. (Nugroho & Sallata, 2015).

Beberapa keuntungan yang kita dapat dari penggunaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah sebagai berikut:

- Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis yang lain, pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
- Memiliki bentuk konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di wilayah terpencil atau pedesaan dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit latihan.
- Tidak menimbulkan pencemaran
- Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.

Sebuah skema PLTMH diperlukan dua hal yaitu adalah debit air dan ketinggian jatuhan air (*head*) untuk menghasilkan tenaga listrik yang dapat kita manfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Daya yang masuk (P_{gross}) merupakan penjumlahan dari daya yang dihasilkan (P_{net}) ditambah dengan faktor kehilangan energy (loss) dalam bentuk suara atau panas. Daya yang dihasilkan merupakan perkalian dari daya yang masuk dikalikan dengan efisiensi konversi (E_o). (Nugroho & Sallata, 2015).

$$(2.1) \quad P_{net} = P_{gross} \times E_o \text{ kWatt}$$

Dimana:

P_{net} : adalah daya yang dihasilkan

P_{gross} : adalah daya yang masuk

E_o : adalah efisiensi konveksi

Daya kotor adalah *head* kotor (H_{gross}) yang dikalikan dengan debit air (Q) dan juga dikalikan dengan sebuah faktor gravitasi ($g = 9.8$), sehingga persamaan dasar dari



pembangkit listrik adalah :

$$P_{net} = g \times H_{gross} \times Q \times E_o \text{ kWatt} \quad (2.3)$$

Dimana :

- P_{net} : adalah daya yang dihasilkan
 g : adalah faktor gravitasi 9,8 m/s
 H_{gross} : adalah ketinggian jatuh (m)
 Q : adalah debit air (m^3/s)
 E_o : adalah efisiensi konveksi

Pembangkit listrik tenaga air skala mikro memiliki prinsip yang memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya mengalir untuk menggerakkan generator kemudian dari generator menghasilkan energi listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah metode konversi energi yang berasal dari ketinggian jatuh air dan aliran atau energi potensial menjadi bentuk energi mekanik dan energi listrik. (AKBAR, 2018). Beberapa komponen yang digunakan untuk pembuatan PLTA skala mikrohidro baik itu komponen utama maupun bangunan penunjang sebagai berikut :

1. Dam/Bendungan Pengalih (*intake*). Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ke dalam sebuah bak pengendap.
2. Bak Pengendap (*Settling Basin*). Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.
3. Saluran Pembawa (*Headrace*). Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.
4. Bak penenang (*Forebay*). Bak penenang berada di ujung saluran pembawa yang berfungsi untuk mecegah turbulensi air sebelum diterjunkan melalui pipa pesat
5. Pipa Pesat (*Penstock*). *Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin.
6. Turbin berfungsi untuk mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis.
7. Pipa Hisap (*draft tube*). Pipa hisap berfungsi untuk menghisap air, mengembalikan tekanan aliran yang masih tinggi ke tekanan atmosfer.
8. Generator berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis. i)Panel kontrol. Panel kontrol berfungsi untuk menstabilkan tegangan.
9. Pengalih Beban (*Ballast load*). Pengalih beban berfungsi sebagai beban sekunder (*dummy*) ketika beban konsumen mengalami penurunan. Kinerja pengalih beban ini diatur oleh panel kontrol. (Ardianto, 2018).

Tangki Air/ Tandon Air

Tangki atau tandon adalah tempat air yang terbatas sehingga elevasi muka air di dalam tangki akan berfluktuasi atau naik-turun secara signifikan. Fluktuasi muka air ini mengubah tekanan yang dibutuhkan oleh pompa untuk mengisi tangki tersebut, atau mengubah tekanan yang tersedia dalam jaringan. Dalam matematis, sumur dapat dianggap sebagai tangki atau tandon, apabila setelah dilakukan pengambilan air dari sumur tersebut ternyata ketinggian pada muka air dalam sumur akan turun. (Triatmadja, 2019)

Untuk mengisi air ke dalam tandon biasanya digunakan pompa air yang bekerja secara otomatis. Pompa air ini dihubungkan ke tandon yang digunakan untuk menampung air. Alat otomatis yang dipasang di tandon air di lantai atas akan bekerja mengaktifkan



pompa air saat air dalam tandon mencapai batas minimal tertentu. Begitu level air di tandon turun mencapai level minimal ini maka pompa air langsung bekerja dan terjadilah proses pengisian hingga tandonnya penuh. Demikianlah proses pengisian ini berlangsung terus secara otomatis dan kita tidak perlu pusing memikirkan hal ini. (Gunawan A. W., 2010)

Pada penelitian ini penulis menggunakan wadah toples sebagai tandon air atau tempat menampung air. Tujuan dari tandon air ini adalah untuk menyuplay putaran di generator. Jika, tandon air tidak mengeluarkan air maka generator akan mati dan baterai tidak akan mengecap.

Turbin Air

Turbin air adalah bagian terpenting dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Pada turbin air aliran air diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar rotor. Pemilihan desain atau tipe ideal turbin untuk kondisi tertentu tergantung pada karakteristik lokasi khususnya beda ketinggian dan debit air tersedia. Semua tipe turbin mempunyai karakteristik kecepatan dan kekuatan yang akan berputar paling efisien pada kombinasi beda tinggi dan debit tertentu. Turbin juga dibedakan berdasarkan cara kerjanya, yaitu turbin impulse atau turbin reaksi. Turbin impulse adalah turbin yang mengubah seluruh energi air menjadi energi kinetik yang akan memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir.

Generator

Generator listrik memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Generator dan motor punya banyak kesamaan, tetapi motor adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik.

Pada 1831-1832 Michael Faraday menemukan bahwa perbedaan potensial dihasilkan antara ujung-ujung konduktor listrik yang bergerak tegak lurus terhadap medan magnet. Arus yang diinduksi langsung di bawah magnet akan mengalir kembali ke bagian cakram di luar pengaruh medan magnet. Arus balik itu membatasi tenaga yang dialirkan ke kawat penghantar dan menginduksi panas yang dihasilkan cakram tembaga. (Ardianto, 2018).

Mycro Hydro Generator

Mycro Hydro Generator merupakan peralatan energi mekanik yang mengubah potensi konversi dari energi air ke energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan berupa arus listrik 12 volt DC dengan kapasitas maksimum 10 watt, yang berukuran diameter 4,5 cm, dan lebar 3 cm.

XH-M603 Pengisian Modul Kontrol 12-24V Penyimpanan Baterai Lithium Charger Control Switch

Modul *Control Charger* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengimpan arus searah (DC) yang disalurkan ke baterai dan disuplay ke beban. Modul *Control Carger* ini melindungi dari kerusakan yang di akibatkan oleh dua hal, yaitu:

1. Pengisian berlebihan (overcharging *power off*, otomatis menghentikan pengisian baterai jika sudah penuh)
2. Pengurasan baterai berlebihan (*overdischarge protection – auto power on*, otomatis baterai sudah *low bat*).



Baterai

Baterai adalah perangkat yang dapat mengonversi energi kimia yang terkandung pada bahan aktif komponen penyusun baterai menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron dan penurunan bilangan oksidasi, sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron dan penambahan bilangan oksidasi. Terdapat dua klasifikasi jenis baterai, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. (Satriady, Alamsyah, Saad, & Hidayat, 2016).

Untuk menghitung lama pengisian baterai (Td) dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Daya baterai} = V \times Ah$$

Dimana:

Wh: Daya baterai dalam satuan Hour (Wh)

V: Tegangan pada baterai satuan volt (V)

Ih: Arus jam dalam satuan Ampere hour (Ah)

$$VA = \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus generator (A)}$$

Dimana :

VA: Kapasitas pada generator (VA)

V: Tegangan dalam satuan volt (V)

A: Arus pada generator (A)

$$Td = \text{Daya baterai} \div VA$$

Dimana :

Td : Lama pengisian baterai dalam satuan hour (h)

Wh: Daya baterai dalam satuan Hour (Wh)

VA: Kapasitas pada generator (VA)

Menghitung Debit Air

$$\text{Debit air (Q)} = \frac{\text{Volume cairan}}{\text{Waktu aliran}} = \frac{V}{t}$$

Dimana:

Q = Debit air (m³/s)

V = Volume air (m³)

T = Waktu aliran (s)

Kecepatan Aliran Air

$$V = C \sqrt{2 \times g \times h}$$

Dimana :

C = Koefisien air (0,98)

g = Gravitasi Bumi 9,81 m/s

h= Jarak lubang dari permukaan air (meter). (Wie, 2018) Tekanan Aliran Air

$$P_h = \rho \times g \times h$$

Dimana :

P_h : Tekanan Air dalam satuan Pascal (Pa atau N/m²)

ρ : Massa jenis air dalam satuan kilo gram per meter kubik (kg/m³)

g : Gravitasi bumi konstan (10 m/s)

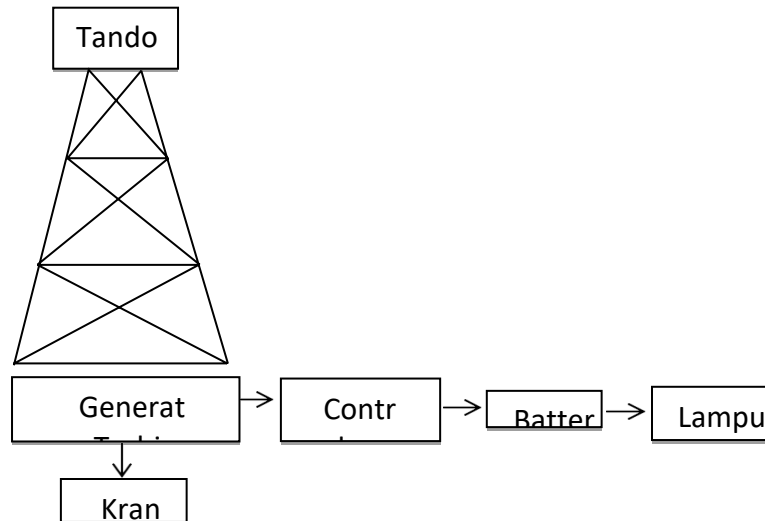
h : Ketinggian permukaan air dalam satuan meter (m)

(Dinata, Wijaya, & Suartika, 2020).

METODE PENELITIAN

Blok Diaram Penelitian

Pada gambar 2 menunjukkan diagram line *prototype* PLTMH



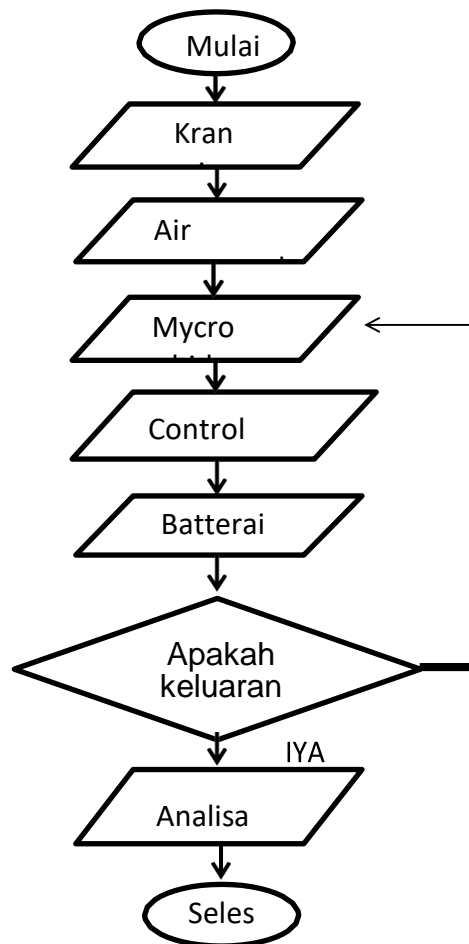
Gambar 2. Blok Diagram Prototype PLTMH

Penjelasan dan fungsi dari masing – masing blok adalah sebagai berikut :

1. Blok Tandon air merupakan wadah air yang berupa toples berukuran tinggi 32cm, diameter atas 16 cm, diameter bawah 13 cm maka secara sistematis volume toples tersebut $21,201 \text{ cm}^3$ atau 21,20 liter. Saat melakukan pengujian toples tersebut diisi air sebanyak 25 liter untuk mensimulasikan tandon sebagai rujukan perancangan selanjutnya.
2. Blok Kran air berfungsi untuk mengeluarkan air dari tandon air dan untuk mengontrol keluarnya air yang dikeluarkan.
3. Blok Generator turbin air berfungsi sebagai alat yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik dari putaran mekanis dengan arus keluaran 12 volt DC dan kapasitas maksimum 10 watt, yang berukuran diameter 4,5 cm, lebar 3 cm.
4. Blok Modul Control Charger berfungsi pemutus jika pengecasan baterai sudah penuh, gunanya agar baterai tidak rusak. Jadi, jika baterai sudah penuh tidak akan terjadi pengecasan.
5. Blok Baterai merupakan sebagai sebuah tempat penyimpanan sementara energi listrik yang dihasilkan oleh generator, setelah baterai diisi oleh generator baterai tersebut digunakan untuk mensuplai kebutuhan listrik atau beban.
6. Blok Beban berfungsi sebagai konsumsi listrik setelah atau selama baterai terisi. Beban listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Miko Hidro berupa satu buah lampu LED berukuran 12 Volt DC dengan kapasitas 10 Watt).

Flowchart Prototype PLTMH

Pada gambar 3 menunjukkan flowchart *prototype* PLTMH



Gambar 3. Flowchart Prototype PLTMH

Kran air dibuka sehingga aliran air melewati pipa dan jatuh pada ketinggian tertentu (energi potensial) sehingga memberikan tekanan pada *mycro hydro generator*. *Mycro hydro generator* yang diberi tekanan akan berputar searah jarum jam (energi kinetik) dan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator dari induksi elektromagnetik. Setelah menjadi energi listrik, kemudian dihantarkan oleh kabel menuju *control charger* sebagai pengisian pada baterai dan baterai disalurkan ke beban (lampu LED) sebagai tujuan akhir dari pembangkit listrik. Jika keluaran tidak 12VDC maka kembali ke *mycro hydro generator*, jika iya keluaran 12VDC maka melakukan analisa data alat dan selesai.

HASIL PENELITIAN

Data Perancangan PLTMH

Pada tabel 2 ini menunjukkan hasil Data Data Perancangan PLTMH, berikut tabel Data Perancangan PLTMH adalah :

Tabel 2 Data Perancangan PLTMH

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Volume tandon	25	Liter
2	Tinggi	1,5	Meter



3	Debit air	59,865	cm^3/s
4	Mikro hidro Generator	12	Volt DC
5	Lampu LED	12	Volt DC
6	Waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir	363	Detik
7	Besi batang	12	Mili
8	Besi batang	5	Mili
9	Kran air	$\frac{3}{4}$	Inci

Pengukuran Tegangan dan Arus Pada Ketinggian 1,5 meter

Pada tabel 3 ini menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus pada ketinggian 1,5 meter, berikut tabel Data Perancangan PLTMH adalah :

Tabel 3 Pengukuran Tegangan dan Arus Pada Ketinggian 1,5 m

Kondisi Tandon	Volume(liter)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
Full	25	11,56	0,05
Medium	14	11,06	0,04
Low	8	9,88	0,03

Pengukuran Debit Air

Dalam pembuatan pembangkit listrik mikrohidro ini di buat skala prototipe PLTMH. Sistem pengairan mikrohidro ini dibuat dengan skala prototipe dengan menggunakan wadah toples yang berbentuk kerucut terpancung berukuran tinggi 32,8 cm, jari-jari besar 16 cm, dan jari-jari kecil 13 cm secara matematis didapat volume sebesar $21.731 cm^3$. Generator turbin menghasilkan arus listrik 12 volt DC dengan kapasitas maksimum 10 watt, yang berukuran 4,5 cm, lebar 3 cm. Dan diketahui waktu air mengalir adalah 6 menit 3 detik atau diubah menjadi detik adalah 363 detik. Setelah diketahui volume dari tandon air dan waktu aliran yang dibutuhkan, maka dapat dihitung debit air sebagai berikut :

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{21.731 cm^3}{363 s}$$

$$Q = 59,865 cm^3/s$$

$$Q = 59,865 cm^3/s$$

$$= 59,865 \times 10^{-6} m^3/s$$

Jadi debit air yang didapat dari perhitungan rumus volume pada toples adalah $59,865 cm^3/s$ atau $59,865 \times 10^{-6} m^3/s$. Sedangkan debit air yang didapat dari volume air yang sudah tertera pada toples 25 liter atau $25.000 cm^3$ adalah :



$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{V}{t} \\
 Q &= \frac{25.000 \text{ cm}^3}{363 \text{ s}} \\
 Q &= 68,870 \text{ cm}^3 / \text{s} \\
 Q &= 68,870 \text{ cm}^3 / \text{s} \\
 Q &= 68,870 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} \\
 &= \frac{68,870 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}}{25.000 \text{ cm}^3} \\
 &= \frac{68,870 \text{ cm}^3 / \text{s}}{21.731 \text{ cm}^3}
 \end{aligned}$$

Jadi debit air yang didapat dari volume 25.000 cm^3 adalah terdapat selisih antara debit air hasil volume dengan dapat diketahui menggunakan Rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ error} &= \frac{\text{debit air teori} - \text{debit air praktek}}{\text{debit air teori}} \times 100 \\
 &= \frac{59,865 \text{ cm}^3 / \text{s} - 68,870 \text{ cm}^3 / \text{s}}{59,865 \text{ cm}^3 / \text{s}} \times 100 \\
 &= \frac{-9,005 \text{ cm}^3 / \text{s}}{59,865 \text{ cm}^3 / \text{s}} \times 100 \\
 &= -15\%
 \end{aligned}$$

Pengukuran daya PLTMH secara teoritis

Diketahui debit air $59,865 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$ dengan ketinggian 1,5 m, maka dapat diperoleh daya PLTMH sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= Q \times H \times g \times \text{Eff} \\
 P &= 59,865 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} \times 1,5 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} / \text{s} \times 0,6 \\
 P &= 0,000528 \text{ kWatt} = 0,5 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Pengukuran daya PLTMH

Pengukuran daya PLTMH ini berdasarkan data yang di ambil langsung dari percobaan dari *prototype* PLTMH

Tabel 4 Pengukuran Daya

Kondisi Tandon	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
Full	11,56	0,05	0,57
Medium	11,06	0,04	0,44
Low	9,88	0,03	0,29

Dari hasil yang di peroleh maka dapat dihitung nilai rata-rata daya yang dihasilkan yaitu 0,43 watt. Maka persen error PLTMH adalah 14 %.



Pengukuran Kecepatan Aliran Air Tandon

$$V = C\sqrt{2 \times g \times h}$$

$$V = 0,98 \sqrt{2 \times 9,8 \frac{m}{s} \times 1,5 \text{ meter}}$$

$$V = 0,98 \times 5,4 \text{ m/s}$$

Diketahui tinggi lubang dari permukaan air adalah 1,5 meter maka kecepatan aliran air tandon dapat diperoleh sebagai berikut :

Pengukuran Tekanan pada Aliran Air Tandon

Pada pengukuran ini dilakukan pengujian terhadap tekanan pada aliran air tandon yang diketahui ketinggian permukaan air tandon adalah 1,5 meter maka kecepatan aliran air tandon dapat diperoleh sebagai berikut :

$$P_h = \rho \times g \times h$$

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s} \times 1,5 \text{ meter}$$

$$P_h = 15.000 \text{ Pa} = 0,15 \text{ bar}$$

Pengujian Lama Pengisian Baterai Lithium-ion

Untuk mendapatkan hasil lama pengisian baterai lithium-ion dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Daya baterai} = V \times Ah$$

$$\text{Daya baterai} = 12 \text{ Volt} \times 2 \text{ Ah}$$

$$\text{Daya baterai} = 24 \text{ Wh}$$

Jadi hasil yang didapat dari perhitungan diatas daya baterai yang digunakan adalah 24Wh

$$VA = \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus generator (A)}$$

$$VA = 12 \text{ V} \times 0,8 \text{ A}$$

$$VA = 9,6 \text{ VA}$$

Jadi hasil yang didapat dari perhitungan diatas VA atau kapasitas dari generator yang digunakan adalah

$$Td = \text{Daya baterai} \div VA$$

$$Td = 24 \text{ Wh} \div 9,6 \text{ VA}$$

$$Td = 2,5 \text{ h}$$

Setelah menghitung daya baterai dan kapasitas dari generator, maka hasil yang didapat untuk menghitung lama pengisian baterai dari perhitungan diatas adalah selama 2,5 h. Sedangkan untuk menghitung lama pemakaian daya baterai terhadap beban (lampu) dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Lama pemakaian} = \frac{\text{Daya baterai (Wh)}}{\text{Daya beban (Wh)}}$$

$$\text{Lama pemakaian} = \frac{24 \text{ Wh}}{10 \text{ Wh}}$$

Jadi hasil lama pemakaian daya baterai terhadap beban (lampu) adalah selama 2,4 h.

KESIMPULAN

Perancangan *prototype* PLTMH dengan debit air sebesar $59,865 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan tinggi jatuh air (*head*) 1,5 meter dari atas turbin. Tinggi jatuh air mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh generator, semakin tinggi jatuh air (*head*) maka semakin besar tegangan yang di hasilkan. Kecepatan aliran air $5,29 \text{ m/s}$, dan tekanan aliran air sebesar 15.000Pa atau 0,15 bar. Besaran energi listrik yang dihasilkan oleh generator adalah



tegangan sebesar 11,56 volt, arus sebesar 0,05 A. Daya yang dihasilkan pada PLTMH sebesar 0,5 watt pada ketinggian 1,5 meter. Besarnya daya yang dihasilkan oleh pembangkit di pengaruhi oleh debit air dan tinggi jatuh air. Lama pengisian pada baterai lithium-ion adalah selama 2,5 jam atau 2,5 hour dan lama pemakaian daya baterai terhadap beban (lampu) adalah selama 2,4 jam atau 2,4 hour. Berdasarkan prototype yang dihasilkan beban yang digunakan adalah lampu LED DC, dengan komposisi daya sebesar 10 Watt 12V. Berdasarkan prototype PLTMH yang dibuat komponen pada generator yang digunakan adalah jenis *mycro hydro generator* 12V DC.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryza, S., Irwanto, M., Khairunizam, W., Lubis, Z., Putri, M., Ramadhan, A., Hulu, F. N., Wibowo, P., Novalianda, S., & Rahim, R. (2018). An Effect Sensitivity Harmonics Of Rotor Induction Motors Based On Fuzzy Logic. *International Journal Of Engineering And Technology(Uae)*, 7(2.13 Special Issue 13), 418–420. <https://doi.org/10.14419/Ijet.V7i2.13.16936>
- Aryza, Solly, Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 300(1), 12067. <http://stacks.iop.org/1757-899x/300/I=1/A=012067>
- Khairunnisa, I., Suprayogi, & Tri Ayodha Ajiwiguna. (2017). Pemanfaatan Modul Termoelektrik Sebagai Pemanas Untuk Alat Penetas Telur Sederhana. *E-Proceeding Of Engineering*, 4(1), 769–777.
- Akbar, T. A. (2018). *Analisa Pengaruh Ketinggian Dan Debit Air Terhadap Output Energi Listrik Yang Dihasilkan Pada Pembangkit Mikrohidro (Pltmh) Desa Girikerto*. Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
- Ardianto. (2018). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Mikrohidro Sebagai Media Praktikum Perancangan Pembangkit Listrik Terbarukan*. Medan: Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi.
- Bensardi. (2019). Analisis Prestasi Turbin Francis Pada Plta Karebbe. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Dinata, P. A., Wijaya, I. A., & Suartika, I. M. (2020). Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Pada Prototype Pembangkit Listriktenaga Mikro Hidro (Pltmh) Dengan menggunakan Turbin Crossflow. *Jurnal Spektrum*.
- Endro, C. P. (T.Thn.). *Tugas Makalah Pompa*. Dipetik April 25, 2020, Dari Academia.Edu: https://www.academia.edu/22695122/Tugas_Makalah_Pompa
- Fe'l, M. N., K, A., & Irzal. (2016). Rancang Bangun Simulasi Turbin Air Cross Flow Design Simulation Water Cross Flow Turbine. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*.
- Glanz, N. (T.Thn.). *Makalah Ptmh*. Dipetik April 13, 2020, Dari Academia.Edu: https://www.academia.edu/8652291/Makalah_Pltmh
- Gunawan, A. W. (2010). *Hypnotherapy For Children Cara Mudah Dan Efektif Menerapi Anak*. Jakarta: Pt Gramedia Pustaka Utama Kompas Gramdia Building.
- Gunawan, A., Oktafeni, A., & Khabzli, W. (2013). Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh). *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 202-206.
- Hetharia, M., Lewerissa, Y. J., & Matapere, R. (2020). Analisis Ukuran Sabuk Untuk Turbin Cross Flow pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) 30 Kva. *Jurnal Voering*.
- Juliana, I. P., Weking, A. I., & Jasa, L. (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*.



- Kasim, A., & Paramyta Is, N. (2015). Mikrohidro Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Ilmiah Tekno*, 67-76.
- Muttaqin, S. (T.Thn.). *Analisa Karakteristik Generator Dan Motor Dc*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nugroho, H. Y., & Sallata, M. K. (2015). *Pltmh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro)*. Yogyakarta: Cv. Andi Offset.
- Nurbaya, C. B., Yulianti, L., & Sutopo. (2019). Penguasaan Konsepfluida Dinamis Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Inkuiri Dalam Stem. *Jurnal Pendidikan*, 510-515.
- Putra, D. M., Junus, M., & Hadiwiyatno. (2019). Rancang Bangun Pendeteksi Penghalang Dan Gps Tracker Untuk Penyandang Tunanetra Menggunakan Sarung Tangan Berbasis Microcontroller. *Jurnal Jartel*.
- Putra, T. D., & Prasetyo, A. (2018). Pengaruh Sudu Hydrofoil Naca 9407 Terhadap Efisiensi Turbin Aliran Silang (Cross-Flow) Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh). 12-19.
- Saputra, W. N., Despa, D., Soedjarwanto, N., & Samosir, A. S. (2016). Prototype Generator Dc Dengan Penggerak Tenaga Angin. *Universitas Lampung*, 2.
- Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, A. H., & Hidayat, S. (2016). Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai Lifepo4. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 43-48.
- Sunardi, I. A. (2017). *Pembuatan Prototype Pembangkit Listrik*. Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.
- Triatmadja, R. (2019). *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan*. Yogyakarta: Gadjra Mada University Press.
- Wie, D. S. (2018). Perencanaan Dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh). *Jurnal Teknik Elektro*, 31-36