

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO DI DESA PENDEM, KEC. JUNREJO, KOTA BATU

Muhammad Ilham Romadhon¹, Widodo Pudji Muljanto², Ni Putu Agustini³

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

¹maadoo120@gmail.com ²widodo_pm@lecturer.itn.ac.id ³ni_putu_agustini@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan tenaga surya (PLTS) merupakan bagian dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang potensial untuk dikembangkan di daerah yang memiliki sumber daya alam yang cukup. Desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu, merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi aliran air dan sinar matahari yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) yang diintegrasikan dengan PLTS, memanfaatkan aliran air sungai dan sinar matahari untuk memenuhi kebutuhan listrik sehari-hari. Penerapan EBT akan dilakukan di Sanggar Latar Ssni Winarto dengan pembangunan pembangkit listrik hybrid Pikohidro dan PLTS. Pikohidro sebagai sumber energi utama yang akan memanfaatkan aliran sungai setempat. Debit air, Head atau tinggi jatuh air mempengaruhi penerapan generator, turbin maupun pipa yang digunakan rata-rata debit 0,0103m³/s serta Head / Tinggi jatuh air 10,6m maka daya yang dihasilkan yaitu 695 Watt maka generator yang digunakan yaitu 1000 Watt. Kemudian Jenis turbin yang dipakai jenis cross flow, dengan diameter penstock 7,3 cm, tebal penstock 2 mm, dan kecepatan aliran 2,4 m/s. Pengujian pikohidro selama 5 hari didapat hasil rata rata arus dan daya yang dihasilkan oleh Pikohidro dengan kondisi debit air yang beragam.

Kata Kunci — Pikohidro, energi terbarukan, Crossflow, Penstock

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini, masih banyak wilayah yang mungkin dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga air yang belum tersentuh salah satunya di Desa Ngijo ini. Daerah ini memiliki ketinggian yang sangat rendah di bawah 2,5 m. Pemanfaatan wilayah-wilayah ini untuk menghasilkan listrik dapat membantu memenuhi meningkatnya minat terhadap energi terbarukan.[1]

Seperti diketahui bersama bahwa Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan sumber energi yang berasal dari alam, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

PLTA merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial air yang dikonversi menjadi energi listrik dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik.. [2], [3] Kapasitas PLTA dengan daya di bawah 5kW dikategorikan sebagai Pikohidro. Turbin dan generator sangat mempengaruhi efisiensi konversi energi sumber daya air menjadi sumber daya listrik dengan menggunakan pikohidro pembangkit listrik dengan model pikohidro yang saat ini mulai dikembangkan merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan aliran skala kecil[4]. Pembangkit listrik ini menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya, seperti saluran irigasi sawah, sungai di sekitar rumah, atau air terjun alami dengan memanfaatkan ketinggian air terjun (head), dan besarnya debit air[5].

Namun untuk memenuhi energi yang dibutuhkan pada sebuah rumah sederhana tersebut maka dari itu digunakan sistem hybrid yang merupakan Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan konsep menggabungkan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada.

Dalam hal ini bertujuan agar kedua pembangkit tersebut dapat menghasilkan energi listrik secara maksimal selama 24 jam, baik dalam musim kemarau maupun musim penghujan maka dari itu untuk mempermudah pemantauan dan pengoperasiannya maka ditambahkan sistem SCADA.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini akan merancang sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) yang akan di *hybrid* menggunakan PLTS dengan memanfaatkan aliran air sungai dan sinar matahari yang ada di lingkungan sekitar, yang nantinya akan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sehari-hari. Penelitian ini dilakukan di Desa Pendem, Kec. Junerjo, Kota Batu tepatnya berada di Sanggar Latar Seni Winarto Ekram.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan pada referensi pendahuluan yang ada ditemui beberapa permasalahan :

1. Berapa potensi energi yang dikonversikan energi listrik pada lokasi penelitian ?
2. Bagaimana menentukan dimensi pipa pesat (penstock) ?
3. Bagaimana menentukan jenis turbin air yang sesuai dengan kondisi di lapangan ?
4. Bagaimana menentukan kapasitas generator yang sesuai dengan potensi energi air yang ada ?

C. Tujuan Penelitian

Dari penjelasan rumusan masalah sebelumnya, maka dapat dibuat tujuan dari penelitian yaitu melakukan perancangan PLTPh untuk menentukan potensi energi listrik yang dapat dihasilkan, dimensi pipa pesat (*penstock*), jenis turbin air yang sesuai, dan kapasitas generator yang tepat berdasarkan kondisi lapangan di lokasi penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPh)

Menurut *thesis* pada Silvester Sandy Asmara Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro adalah suatu pembangkit yang dapat menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW dan dapat diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik berskala kecil. Prinsip pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin dan generator. Pembangkit listrik tenaga air skala piko pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran sungai. Aliran air ini selanjutnya menggerakkan turbin, lalu turbin menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik.[1]. Turbin dan generator sangat mempengaruhi efisiensi konversi energi sumber daya air menjadi sumber daya listrik dengan menggunakan pikohidro pembangkit listrik dengan model pikohidro yang saat ini mulai dikembangkan merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan aliran skala kecil[2]. Pembangkit listrik ini menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya, seperti saluran irigasi sawah, sungai di sekitar rumah, atau air terjun alami dengan memanfaatkan ketinggian air terjun (*head*), dan besarnya debit air[3]. Aliran ini selanjutnya menggerakkan turbin, lalu turbin menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik[4].

Secara teknis, PikoHidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu di salurkan dengan ketinggian melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*power house*). Di rumah instalasi, air tersebut akan menumbuk sehingga turbin berputar, turbin tersebut akan menghasilkan energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Putaran poros turbin ini akan memutar generator sehingga sehingga menghasilkan energi listrik. Berikut persamaan daya potensi air yang digunakan pada pikohidro dan dapat dilihat pada persamaan (1)

$$P = g \cdot \rho \cdot \eta_{TG} \cdot Q \cdot H \quad (1)$$

P = Dalam kilowatt (kW)

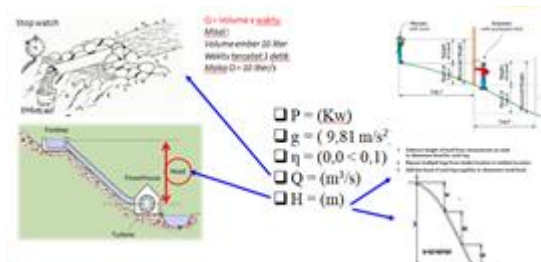
g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

ρ = Masa jenis air (1000 kg/m³)

η = efisiensi generator turbin (0,0<1,0)

Q = Debit air (m³/s)

H = *Head* atau jatuh air (m)



Gambar 1. Mencari daya, debit, dan head atau jatuh air pada Pikohidro

Untuk mengetahui besar energi yang dihasilkan selama 24 jam, maka dapat dilihat persamaan :

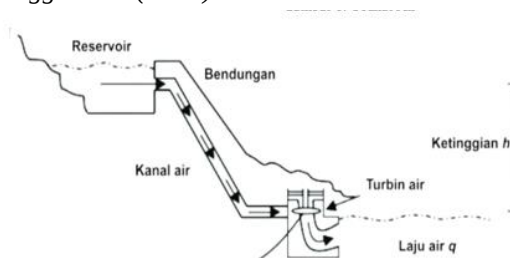
$$\text{Energi} = \text{Daya} \times 24 \text{ Jam} \quad (2)$$

Dimana :

CF = Capacity Factor (Rasio antara energi yang dihasilkan pembangkit)

Daya = Daya yang dihasilkan Pikohidro

B. Tinggi Jatuh (Head)



Gambar 2. Tinggi Jatuh (Head)

Head adalah beda ketinggian vertikal dimana air jatuh. Agar pengukuran head lebih akurat seharusnya digunakanlah Theodolite, tetapi dalam penelitian ini beda ketinggian dilakukan dengan cara sederhana menggunakan selang air.

C. Debit air

Debit air adalah besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir melewati suatu penampang melintang per satuan waktu. Satuan debit air umumnya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m³/s) atau liter per detik (L/s). Debit air dapat diukur menggunakan berbagai metode, antara lain :

Persamaan debit air juga didapat : $Q = V/t$ (3)

Ket :

Q = Debit air (m^3/s)

t = waktu (s)

V = Luas penampang aliran (m/s)

D. Pipa Pusat (Penstock)

Untuk membawa air dari bak penenang ke turbin diperlukan pipa yang mampu menahan tekanan yang cukup tinggi, pipa ini disebut juga pipa pesat. Dasar perancangan pipa pesat ini adalah sama dengan perencanaan tangki dan vessel (bejana tekan); akan tetapi karena governor kontrol dan katup operasi turbin dapat mengakibatkan tekanan tiba tiba seperti water hammer maka perencanaannya perlu diperhatikan. Apabila jarak antara bak penenang dan turbin pendek, pipa pesat yang digunakan satu batang pipa untuk satu turbin. Sedangkan untuk pembangkit yang mempunyai head yang tinggi atau jarak antara turbin dan bak penenang panjang maka digunakan satu batang pipa khusus untuk melayani beberapa turbin [5]. Ada beberapa jenis dan bahan pipa pesat yaitu:

Perancangan Penstock dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : [6]

1. Diameter penstock (d)

$$d = 0.72 * Q^{0.5} \quad (4)$$

dimana :

d = Diameter penstock (m)

Q = Debit (m^3/s)

2. Tebal Penstock (t)

$$t = \frac{(p * g * H) * r * 1000}{q} \quad (5)$$

Dimana :

p = Massa jenis air (ton/m^3)

g = Percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

H = Tinggi (m)

r = Tegangan material pipa (ton/m^3)

3. Kecepatan aliran pada penstock (v)

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} \quad (6)$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran (m/s)

d = Diameter penstock (m)

E. Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. Sebagian besar energi listrik yang dipergunakan oleh konsumen untuk kebutuhan sehari-hari dihasilkan oleh

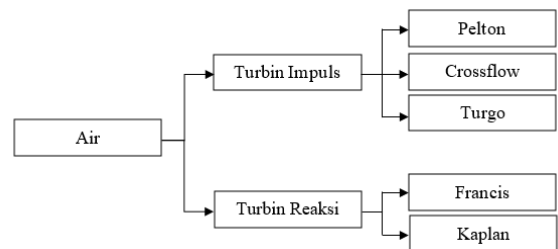
generator sinkron fasa banyak (*polyphase*) yang ada di pusat pembangkit tenaga listrik. [7]



Gambar 3. Generator

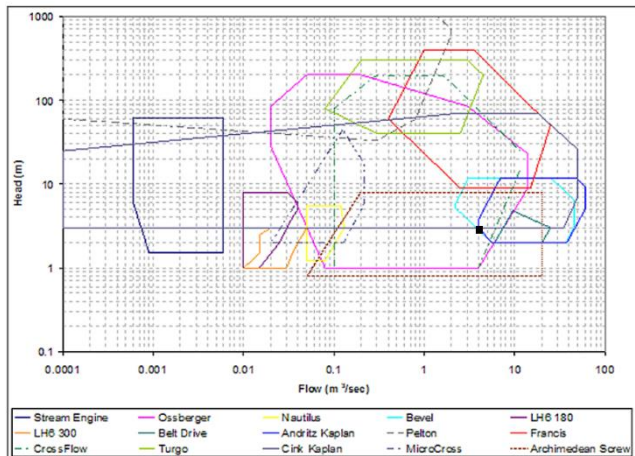
F. Turbin Air

Turbin air dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (wheel), dengan sudu (blade, bucket atau vane) pada sekeliling tepi-tepinnya, yang diletakkan pada poros horizontal. Turbin air berarti Turbin dengan media kerja air, disamping ada juga Turbin angin dengan media kerja angin. [8] Berdasarkan jurnal “*Development of hydro impulse turbines and new opportunities*” bahwa berbagai macam jenis turbin air telah dikembangkan untuk mengakomodasi kebutuhan spesifik atau kondisi sungai yang tersedia. Dua jenis yang berbeda adalah turbin reaksi dan impuls.



Gambar 4. Klasifikasi Turbin Air

Secara umum, turbin reaksi (misalnya Kaplan, Francis atau Archimedes Screw) digunakan di lokasi yang tidak bergunung-gunung dengan menggunakan *head* yang relatif rendah dan laju aliran yang tinggi (kecuali mesin Francis yang kadang-kadang digunakan pada *head* yang tinggi dan laju alir yang relatif rendah. aplikasi). Turbin impuls (misalnya Pelton, Turgo atau Cross-flow), sebaliknya, dikembangkan untuk aplikasi *head* sedang hingga tinggi dan laju aliran rendah. Kisaran indikatif dari berbagai turbin dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 5. Diagram Aplikasi Berbagai Jenis Turbin Terhadap

tetapi garis batas wilayah tertentu dapat bervariasi tergantung pada pabrikan tertentu. Dua turbin impuls, Pelton dan Turgo, memiliki banyak kesamaan karena keduanya memanfaatkan momentum aliran yang tersedia dalam debit air berkecepatan tinggi. Oleh karena itu, desain injektor yang identik dapat digunakan pada kedua turbin dan permasalahan analisis aliran secara keseluruhan sangat mirip turbin adalah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana mempunyai satu bagian yang bergerak, yaitu "rakitan bilah rotor atau runner". [9]

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi:

1. Turbin Impuls

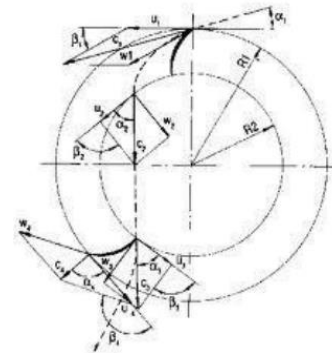
Turbin Impuls Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle*. Air keluar *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari *nozzle* tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudut jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contoh turbin impuls adalah Turbin Pelton, Turbin Crossflow, Turbin Turgo.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat

berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air.[10]Turbin Air Cross Flow

Banki turbine atau turbin aliran silang adalah merupakan jenis turbin atmosphere radial flow, yaitu turbin aliran radial yang daerah kerjanya pada tekanan atmosfer, sehingga akan mudah dalam perakitannya karena tidak membutuhkan seal-seal kedap udara. Bantalan tidak mengalami kontak secara langsung dengan air, sehingga mudah untuk diberikan pelumasan dan tidak memerlukan seal penutup.



Gambar 6. Segitiga Kecepatan pada Blade

Bila debit air sebesar Q dan tinggi terjunan adalah H , maka kecepatan air di sudut terluar adalah :

$$V = C\sqrt{2gH} \text{ dimana } C : \text{konstanta}$$

Kecepatan tangesil sudut dihitung dengan $U = V \cos \alpha$ dimana α : sudut masuk air. Nilai efisiensi dihitung dengan persamaan :

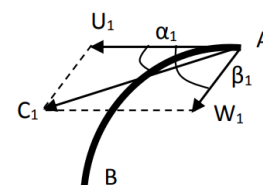
$$\eta = \frac{2C^2 U_1}{V_1} (1 + \phi) \left(\cos \alpha_1 - \frac{U_1}{V_1} \right) \quad (7)$$

dimana ϕ : perbandingan kecepatan tangensial masuk dan keluar sudut. Efisiensi maksimum diperoleh :

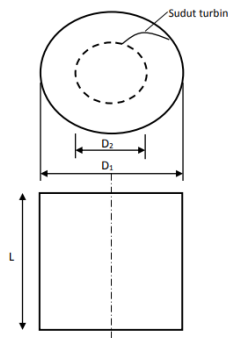
$$U_1 = \frac{V_1 \cos \alpha_1}{2} \quad (8)$$

Setelah dihitung secara teoritis diperoleh $C=0,98$; $\alpha_1 = 10^\circ$; $\phi = 0.98$;

$\eta_{\text{maks}} = 0.878$. Maka kelengkungan sudut :



Gambar 7. Sketsa Segitiga Kecepatan Sudut

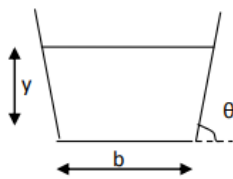


Gambar 8. Kelengkungan Sudut

Kecepatan putar turbin dihitung dengan persamaan :

$$\eta = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60U_1}{2D_1} (rpm) \quad (9)$$

Jumlah sudut ditentukan dengan :



Gambar 9. Ccanal Air

$$N = \frac{\pi D_1}{t} \quad (10)$$

Bila penampang power canal berupa trapesium maka luas penampang adalah : $A = y(b + y \cos \theta)$

Diameter *hydraulic* dihitung dengan persamaan :

$$D_H = \frac{2A}{b + \frac{2y}{\sin \theta}} = 2R_h \quad (11)$$

Bila saluran dengan panjang L dan sudut kemiringan ϕ maka :

$$S_H = \tan \phi = \frac{hf}{L} \quad (12)$$

Laju aliran air persatuan waktu (debit) ditentukan dengan persamaan :

$$Q = AV = \frac{R_h^{2/3} S_b^{1/2}}{n} A \quad (13)$$

G. Baterai

Baterai atau aki adalah salah satu komponen utama dari pembangkit listrik tenaga surya dimana baterai memegang peran yang penting untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh PV. Pada siang hari, PV menghasilkan energi matahari kemudian akan disimpan ke baterai.

Baterai merupakan penyimpan energi listrik dari panel surya pada saat siang hari dan digunakan pada saat malam hari ketika panel surya sudah tidak menghasilkan energi

listrik. Prinsip kerja baterai akan mengisi (*charge*) atau mengosongkan (*discharge*) energi listrik tergantung dari terik matahari yang dihasilkan oleh modul surya.

Ada beberapa jenis baterai yang dapat digunakan untuk PLTS yaitu baterai asam timbal, baterai lithium ion, baterai berbasis nikel dan baterai flow, dari masing masing baterai ini memiliki karakteristiknya sendiri



Gambar 10. Baterai

Kapasitas baterai adalah kemampuan seberapa lama baterai dapat memberikan aliran listrik ke beban yang dinyatakan dalam satuan Wh (*Watt hour*). Cara perhitungan total kapasitas baterai pada penelitian kali ini didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Cb = \frac{ET}{DOD} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

Cb = Kapasitas Baterai (Wh)

ET = Energi Total (Wh)

DOD = Deep of Discharge

Jumlah baterai yang digunakan
 $= \frac{\text{total kapasitas baterai}}{\text{baterai yang digunakan}}$

Dimana :

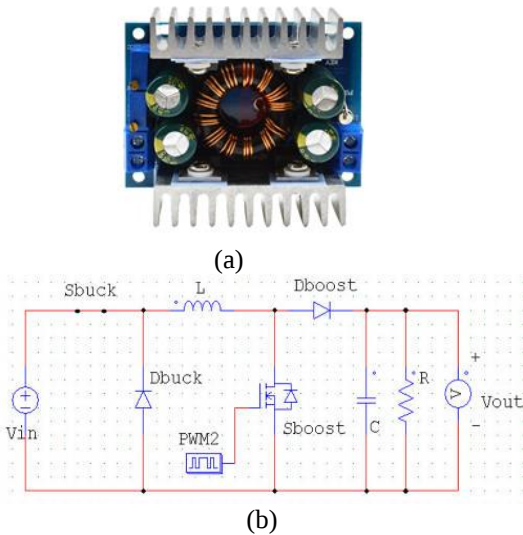
Total Kapasitas Baterai (Wh)

Baterai yang digunakan (Wh)

H. Modul Boost Konverter

Modul ini merupakan sebuah sistem konversi energi yang banyak digunakan pada energi baru terbarukan untuk mengoptimalkan pengambilan daya dari sumber energi yang dihasilkan, supaya dapat menyesuaikan dengan beban atau mengkonversi daya agar sesuai dengan kondisi lingkungan yang setiap saat selalu berubah.

Dengan nilai tegangan masukan berada di bawah nilai tegangan yang diinginkan, maka rangkaian beroperasi pada boost konverter. MOSFET (*metal-oxide-semiconductor field-effect transistor*) pada Sboost akan memperoleh sinyal switching dari PWM 2. Sedangkan MOSFET Sbuck memperoleh sinyal switching pada PWM 1 dengan memiliki nilai duty cycle (D) sama dengan 1 dan selalu menyala/on (close)[14]. Sehingga nilai tegangan keluaran dapat dikontrol oleh MOSFET Sboost untuk dinaikkan tegangannya sesuai keinginan.



Gambar 11. (a) Boost Konverter, (b) Rangkaian Boost Konverter

I. Solar Charge Controller

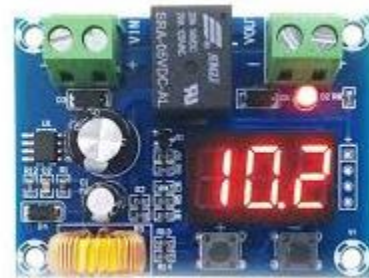
Suatu perangkat elektronika yang dipakai pada sistem pembangkit listrik untuk mengatur arus dan tegangan dalam sistem pengisian baterai, baik energi yang masuk dan keluar dari baterai akan di *charge* daya-nya oleh pembangkit listrik. Fungsi dari adanya alat ini pada pembangkit listrik adalah untuk melindungi baterai dari resiko terjadinya *overcharging* (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) atau *overdischarging*, sehingga kinerja dari baterai dapat dipastikan tetap efisien dan optimal dalam sistem pengisian daya dari pembangkit tersebut. Untuk cara kerjanya bisa dilihat pada gambar yaitu sebuah panel surya masuk pada terminal input *solar charge controller*, kemudian output dari *solar charge controller* yang sudah di stabilkan menuju ke baterai untuk sistem pengecasan dan juga bisa langsung digunakan pada beban yang menggunakan listrik DC. Sedangkan untuk port USB nya bisa digunakan sebagai pengisian daya handphone atau laptop.



Gambar 12. SCC

J. LVD (Low Voltage Disconnect)

LVD (Low Voltage Disconnect) adalah perangkat yang dirancang untuk melindungi baterai dari kerusakan akibat pengosongan yang berlebihan. Alat ini secara otomatis memutuskan beban ketika tegangan baterai turun di bawah ambang batas tertentu, memastikan baterai tidak rusak dan memperpanjang umur pakai baterai.



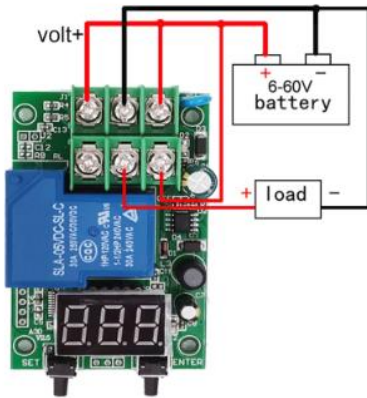
Gambar 13. Low Voltage Disconnect

LVD adalah tipe LVD yang dapat bekerja dengan rentang tegangan antara 6 hingga 36 volt. Ini berarti LVD ini bisa digunakan pada berbagai jenis sistem dengan tegangan nominal yang berada dalam rentang tersebut, seperti sistem 12V, 24V. Fungsi utama LVD meliputi:

1. **Perlindungan Baterai** : Memutuskan beban secara otomatis ketika tegangan baterai turun di bawah level aman untuk mencegah kerusakan permanen pada baterai.
2. **Pengatur Tegangan** : Pengguna dapat mengatur tegangan ambang batas di mana LVD akan memutuskan beban, sesuai kebutuhan spesifik sistem.
3. **Indikator Status** : Biasanya dilengkapi dengan indikator LED atau tampilan lain yang menunjukkan status operasi, seperti kondisi terhubung atau terputus.
4. **Kompabilitas** : Dapat digunakan pada berbagai sistem tenaga surya, sistem backup daya, atau aplikasi lain yang menggunakan baterai dalam rentang tegangan tersebut.

Dengan menggunakan LVD sistem dapat dioperasikan dengan lebih aman dan efisien, karena memastikan baterai tidak akan habis di bawah level yang dapat menyebabkan kerusakan atau mengurangi umur pakai baterai.

K. HVD (High Voltage Disconnect)



Gambar 14. High Voltage Disconnect

HVD (High Voltage Disconnect) adalah perangkat yang berfungsi untuk melindungi perangkat elektronik dan baterai dari tegangan berlebih. HVD akan memutuskan hubungan ke beban jika tegangan melebihi ambang batas yang telah ditentukan, mencegah kerusakan yang disebabkan oleh over-voltage. Fungsi dan Fitur HVD 6-60V yaitu :

1. Proteksi Tegangan Tinggi: HVD ini secara otomatis memutuskan hubungan ke beban ketika tegangan sistem melebihi batas yang aman, mencegah kerusakan pada perangkat elektronik.
2. Rentang Tegangan: Dapat diatur untuk bekerja pada sistem dengan tegangan antara 6 hingga 36 volt.
3. Pengaturan Ambang Batas: Pengguna dapat mengatur batas atas tegangan di mana HVD akan memutuskan beban.
4. Indikator LED: Dilengkapi dengan LED yang menunjukkan status operasional seperti 'load on' atau 'disconnect'.
5. Keamanan Tambahan: Melindungi perangkat dari kerusakan yang disebabkan oleh tegangan berlebih, yang bisa terjadi karena lonjakan listrik atau kesalahan pengaturan.

L. Bearing

Bearing, atau yang sering disebut juga sebagai bantalan atau guling, adalah sebuah komponen mesin yang digunakan untuk mengurangi gesekan antara dua permukaan yang bergerak relatif satu sama lain. Biasanya, bearing digunakan untuk mendukung atau memandu poros rotasi, roda, atau bagian mesin lainnya agar dapat berputar dengan lancar.

Fungsi utama bearing adalah untuk mendukung beban dan memungkinkan pergerakan relatif antara dua bagian mesin yang berputar satu sama lain. Mereka membantu mengurangi gesekan antara permukaan yang bergerak, sehingga mengurangi keausan dan panas yang dihasilkan selama operasi.

Bearing umumnya terdiri dari dua bagian utama: bagian luar (biasanya disebut sebagai luaran atau race luar) dan bagian dalam (biasanya disebut sebagai dalam atau race dalam). Di antara kedua bagian ini, elemen bergulir seperti bola, rol, atau jarum ditempatkan untuk memfasilitasi gerakan relatif.

M. Pulley dan V Belt

Pulley dan V-belt adalah dua komponen yang sering digunakan bersama-sama dalam mesin dan sistem penggerak untuk mentransfer daya dari satu bagian mesin ke bagian lainnya.

V-belt adalah sabuk yang digunakan untuk mentransfer daya dari satu pulley ke pulley lainnya. Sabuk ini memiliki penampang melintang berbentuk V, yang cocok dengan lekukan pulley yang sesuai. Ketika sabuk ditempatkan di antara dua pulley, daya dari satu pulley dapat ditransfer ke pulley lainnya melalui gaya gesekan antara sabuk dan pulley. V-belt sering digunakan dalam mesin-mesin seperti mesin penggerak mobil, mesin industri, dan mesin pemotong rumput.

Pulley adalah mekanisme sederhana yang terdiri dari sebuah roda berputar di sekitar porosnya yang disebut sumbu. Pulley digunakan untuk mengubah arah dan/atau kekuatan sebuah tali atau kabel. Dengan menggulung tali atau kabel di sekitar roda, pulley memungkinkan kita untuk mengangkat atau memindahkan beban dengan lebih mudah. Pulley dapat berupa pulley tetap yang terpasang secara permanen, atau pulley bergerak yang dapat berputar di sekitar sumbu.

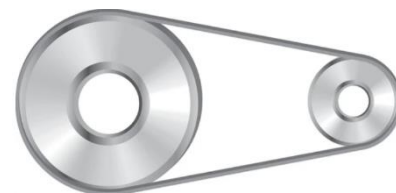
Kombinasi pulley dan V-belt sering digunakan dalam sistem penggerak untuk memindahkan putaran dari satu komponen mesin ke komponen lainnya dengan efisiensi yang tinggi dan dengan sedikit gesekan.

Pada hasil data yang didapat dari percobaan turbin dan generator maka didapat dengan persamaan :

$$\text{Rasio gear} : \text{rpm}_{\text{Generator}} / \text{rpm}_{\text{turbin}} \quad (15)$$

$$\text{Rasio gear} : 583 / 599$$

$$\text{Rasio gear} : 0.97 (1:1)$$



Gambar 15. Pulley dan belt

III. SIAPKAN KERTAS ANDA SEBELUM MEMBERI GAYA / POLA

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu tepatnya di Sanggar Latar Seni Winarto Ekram dengan titik koordinat -

7.903126152481745,112.57797585870104. Pengambilan data ini dapat berupa data primer dan sekunder, data primer dapat diperoleh dengan mengumpulkan data-data langsung di lapangan sedangkan data sekunder diperoleh berdasarkan data-data teknis (Data primer) maupun literatur.



Gambar 16. Sanggar Latar Seni Winarto Ekram

Tentukan singkatan dan akronim pada saat pertama kali digunakan dalam teks. Singkatan seperti IEEE, SI, MKS, CGS, sc, dc, dan rms tidak harus didefinisikan. Jangan gunakan singkatan dalam judul atau heading kecuali jika tidak dapat dihindari.

B. Data Beban

Tabel 1 Data Beban

Nama Perangkat	Jenis	Jumlah
Generator DC 1000 W	1000 W	1
Turbin air	Turbin crossflow	1
Solar Charge Controller	Max 50 Ampere	1
Baterai	TAG 12V	1
Pipa 2.5"	PVC	8
Pulley 4"		1
Pulley 4"		1
Flange 2.5"	PVC	1
Block Bearing	Bearing	2
Papan	kayu	1
Modul Buck Konverter	Max 40 Ampere	1
LVD		1
HVD		1
MCB DC	50 A	1
Kabel DC	2*4mm	50 M
Stud Dioda	50A	1

C. Perancangan Penelitian

Deskripsi dari sistem yang ada pada penelitian ini adalah membahas tentang perancangan sistem pikohidro yang akan diterapkan di Sanggar seni dengan menggunakan pembangkit *hybrid* energi baru terbarukan yaitu panel surya dan pikohidro yang saling terhubung satu sama lain untuk mengurangi penggunaan listrik PLN. Penelitian ini bertujuan

membantu para penggiat seni tari untuk melanjutkan aktivitas mereka tanpa terkendala tidak adanya listrik yang mengalir pada lokasi sanggar seni tersebut.

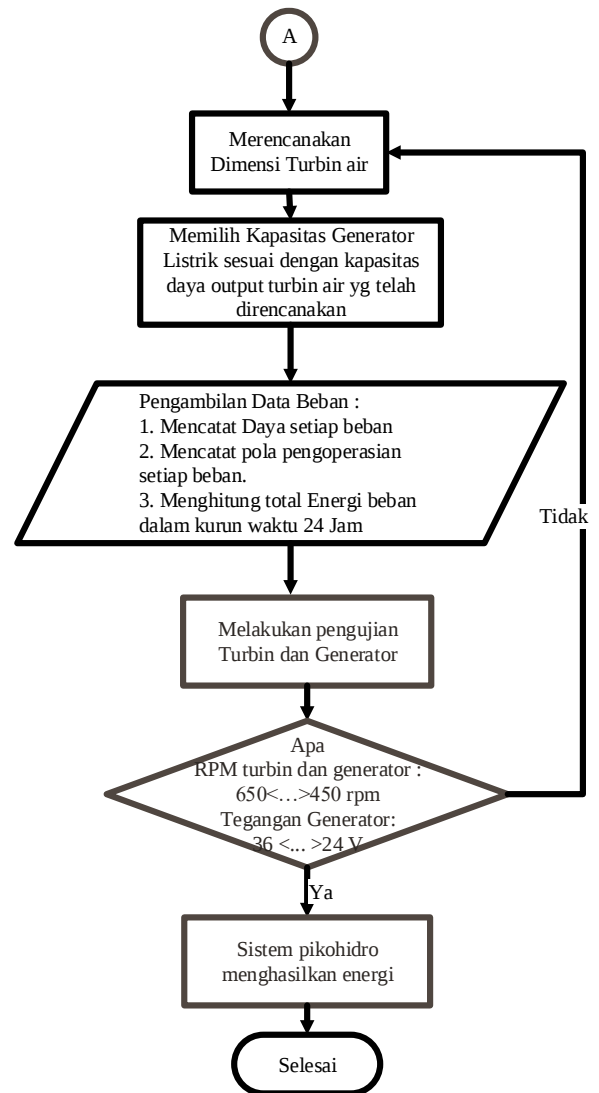
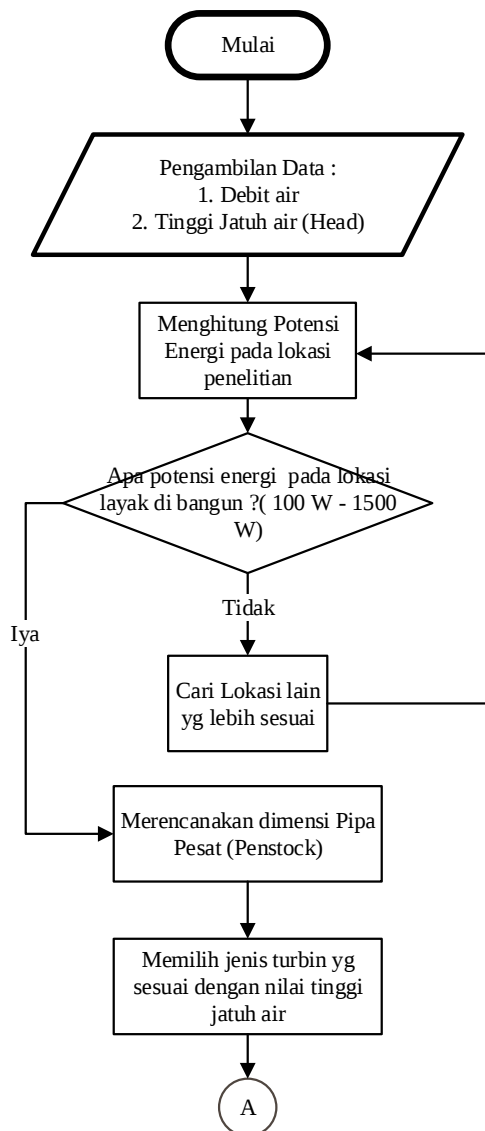
Dengan menggunakan energi kinetik air untuk menggerakkan turbin crossflow sehingga turbin berputar dan menggerakkan *pulley* yang telah dikalibrasikan dengan generator sehingga generator menghasilkan energi listrik DC. Setelah itu energi yang dihasilkan generator kan dialirkan menuju SCC terlebih dahulu dengan tujuan sebagai pengatur *supply* pengisi daya yang akan dikirimkan menuju baterai sehingga tidak terjadi kondisi *overvoltage* maupun *overcharge*. Setelah energi baterai cukup terpenuhi akan dikirimkan menuju inverter untuk dirubah dari DC menuju AC lalu baru bisa digunakan untuk beban yang ada pada sanggar seni.

D. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pembangkit listrik tenaga air ini bisa menghasilkan daya listrik secara maksimal sepanjang hari, tergantung pada cuaca kapasitas energi yang dapat dibangkitkan dapat berbeda.
- dengan memanfaatkan energi air ini memungkinkan untuk menyuplai energi secara 24 jam dan stabil

E. Flowchart Sistem

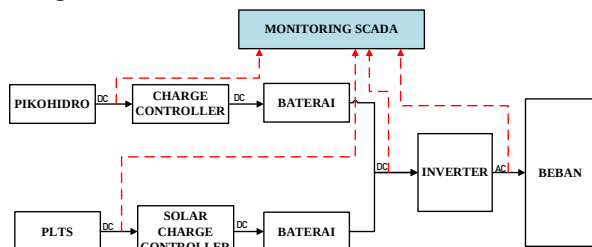


Gambar 17. Flowchart sistem pikohidro

Pada gambar 17 terdapat Flowchart yang menggambarkan alur proses perencanaan pembangkit listrik tenaga air (PLTA). berikut adalah penjelasannya:

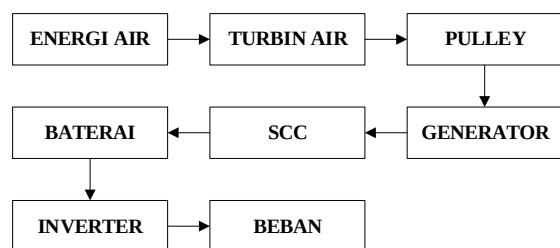
Dimulai dengan pengambilan data debit air dan tinggi jatuh air di lokasi yang akan dibangun pikohidro. Selanjutnya, dihitung potensi energi yang dapat dihasilkan di lokasi tersebut. Jika potensi energi yang dihasilkan berada dalam rentang 100 hingga 1500 Watt, maka dilanjutkan dengan perencanaan dimensi turbin air, pemilihan kapasitas generator listrik yang sesuai, dan perencanaan dimensi pipa pesat. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap turbin dan generator untuk memastikan bahwa putaran per menit (RPM) turbin dan generator berada dalam rentang 450 rpm hingga 650 rpm dan tegangan generator mencapai rentang 24 V hingga 36 V. Jika semua parameter memenuhi syarat, dan sistem pikohidro dapat memproduksi energi maka dinyatakan berhasil.

F. Diagram alat



Gambar 18. Diagram alat keseluruhan

Pada sistem kerja diagram blok diatas bekerja dengan cara masing-masing pembangkit mengirimkan daya menuju SCC lalu setelah dikontrol oleh SCC akan dikirimkan menuju baterai setelah itu dilanjutkan menuju inverter untuk dirubah dari tegangan DC menuju AC, dimana masing-masing output dari alat akan dimonitoring oleh scada.



Gambar 19. Block Diagram Pikohidro

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Penentuan Potensi Energi Air

Untuk penentuan pembuatan pikohidro diperlukan survey lokasi penelitian dengan menilai postensi suatu sungai apakah sesuai untuk dibangun pembangkit listrik tenaga pikohidro. Didapat data *Head* dan debit air dari hasil pengambilan data air menggunakan penampungan air pada wadah bervolume 15 L sehingga didapat data sebagai berikut :

Tabel 2. Pengukuran Debit Air

No	Jam (t)	Volume (L)	Durasi (t)
1	10.00	15 L	1.33 s
2	10.30	15 L	1.55 s
3	11.00	15 L	1.37 s
4	11.30	15 L	1.49 s
5	12.00	15 L	1.52 s

Sehingga dari data diatas diperoleh rata-rata debit 10.3 L/s. Dimana persamaan debit air adalah :

$$Q = V/t$$

$$Q = 15/1.45 = 10.3\text{L/s}$$

Dari data pengukuran tersebut bisa digunakan untuk mencari potensi daya air dari sungai dengan persamaan sebagai berikut :

Sehingga didapat data sebagai berikut dari survei yang telah dilakukan :

$$H : 10,6 \text{ m}$$

$$Q : 0.0103 \text{ m}^3/\text{s} (10.3\text{L/s})$$

$$g : 9.8$$

$$\eta : 65\% \text{ asumsi}$$

$$\rho : 1000$$

Dan didapat nilai potensi daya dari debit air sebagai berikut :

$$P = g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{tg}$$

$$P = 9.8 \cdot 0.0103 \cdot 10.6 \cdot 1000 \cdot 0.65$$

$$= 1069.9 \cdot 0.65$$

$$= 695 \text{ Watt}/0,695 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan potensi energi yang dihasilkan sebesar 0.695 kW.

B. Perhitungan Perencanaan Pipa Pusat (Penstock)

Pipa pesat (penstock) adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang (forebay tank). Perencanaan pipa pesat mencakup pemilihan material, diameter penstock, tebal dan jenis sambungan (coordination point). Diameter pipa pesat dipilih dengan pertimbangan keamanan, kemudahan proses pembuatan, ketersediaan material dan tingkat rugi-rugi (friction losses) seminimal mungkin. Ketebalan penstock dipilih untuk menahan tekanan hidrolik dan surge pressure yang dapat terjadi. Sehingga dilakukan perhitungan untuk perencanaan *Penstock* menggunakan persamaan berikut :

- Diameter penstock

Diamater penstock dipengaruhi oleh debit air yang di manfaatkan. Perhitungan diameter penstock menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d = 0.72 \cdot Q^{0.5}$$

$$d = 0.72 \cdot 0.0103^{0.5}$$

$$d = 0.72 \cdot 0.101$$

$$d = 0.073\text{m}$$

$$d = 7.3\text{cm}$$

- Tebal penstock

Tebal penstock dapat di hitung menggunakan Persamaan :

$$t = \frac{(0.997 \cdot 9.8 \cdot 10.6) \cdot 0.0365 \cdot 1000}{35126.4}$$

$$t = \frac{37.802}{35126.4}$$

$$t = 0.001076\text{m}$$

$$t = 1.76\text{mm}$$

$$t = 2\text{mm}$$

- Kecepatan aliran pada penstock (v)

Kecepatan aliran pada penstock dapat dihitung menggunakan persamaan

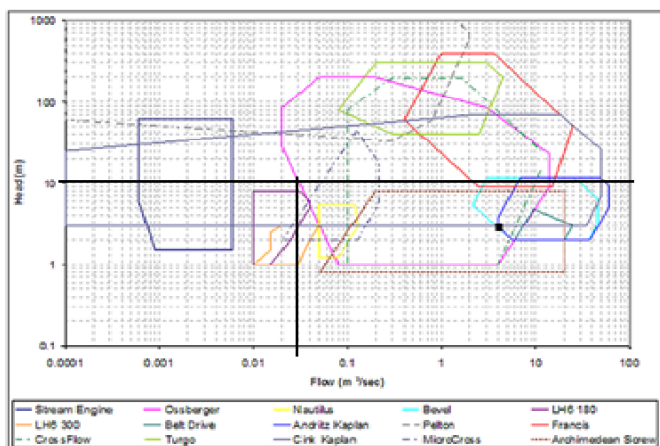
$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2}$$

$$v = \frac{4 * 0.0103}{\pi * 0.073^2}$$

$$v = 2.46 \text{ m/s}$$

C. Pemilihan Turbin

Pemilihan turbin ini berhubungan erat dengan jenis generator yang akan mengubah tenaga air menjadi listrik serta tinggi jatuh air dan debit air. Untuk tinggi jatuh air yang di peroleh dari hasil perhitungan itu setinggi 10.6 m dan debit air sebesar 0.0103 m³/s, dimana tinggi head yang di pakai untuk tubin crossflow ini 1<H<100(m), berdasarkan data head dan debit yang didapat maka dapat ditentukan jenis turbin apa yang dapat digunakan sebagaimana dapat dilihat pada gambar 20 :



Gambar 20. Pemilihan Turbin

D. Perancangan Dimensi Turbin Crossflow

1. Inleth width (b_o)

Hal ini sangat dipengaruhi oleh debit rencana, tinggi jatuh air dan diameter runner yang digunakan. Sehingga digunakan persamaan sebagai berikut :

$$b_o = \frac{1}{0.8 * D} * \frac{Q}{H_n^{0.5}}$$

$$b_o = \frac{1}{0.8 * 0.2} * \frac{0.0103}{9.964^{0.5}}$$

$$b_o = 0.02m$$

2. Rotor Speed (n)

Kecepatan turbin dapat ditentukan, yang mana kecepatan turbin air sangat dipengaruhi oleh tinggi efektif jatuh air dan diameter runner turbin. Maka ditentukan melalui persamaan berikut :

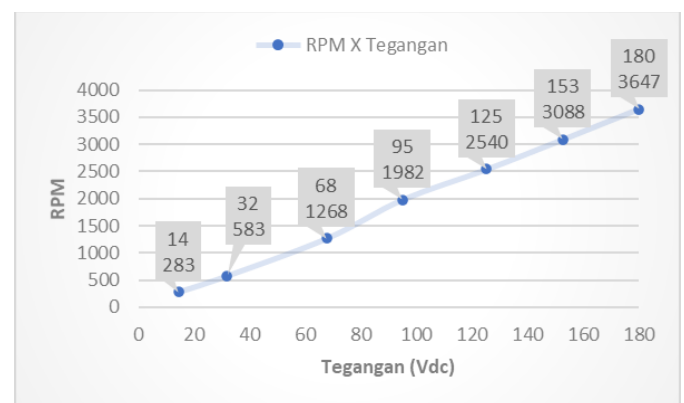
$$n = \frac{38}{d} * H_n^{0.5}$$

$$n = \frac{38}{0.1} * 9.964^{0.5}$$

$$n = 599.64$$

E. Percobaan Generator DC

Karena potensi energi yang didapat dari hasil perhitungan 0.878 kW maka digunakanlah Generator DC 1000W. Sehingga dilakukanlah percobaan pada generator sebagai berikut :



Gambar 21. Percobaan grafik generator

F. Rasio Gear

Pada hasil data yang didapat dari percobaan turbin dan generator maka didapat dengan persamaan :

$$\text{Rasio gear} : \text{rpm}_{\text{Generator}} / \text{rpm}_{\text{turbin}}$$

$$\text{Rasio gear} : 583 / 599$$

$$\text{Rasio gear} : 0.97 (1:1)$$

G. Proses Pengukuran Debit Dan Rpm Generator

Pada tahap pertama ini dilakukan proses pengukuran debit air menggunakan wadah berisi 15 L dan RPM generator menggunakan proximity sensor pada pembangkit listrik tenaga pikohidro selama 5 hari dari tanggal 23-27 juni 2024, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran dari jam 08.00-16.00 WIB. Untuk hasil pengukuran debit air dan rpm generator perhari dan rata-rata tegangan dalam 5 hari dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Debit Air dan RPM Generator
23 Juni 2024

Waktu (WIB)	Debit Air (m ³ /s)	Kecepatan Generator (RPM)
08.00	0,0109	582
09.00	0,0107	574
10.00	0,0103	550
11.00	0,0101	537
12.00	0,0103	552
13.00	0,0100	535
14.00	0,0101	538
15.00	0,0097	518
16.00	0,0104	555

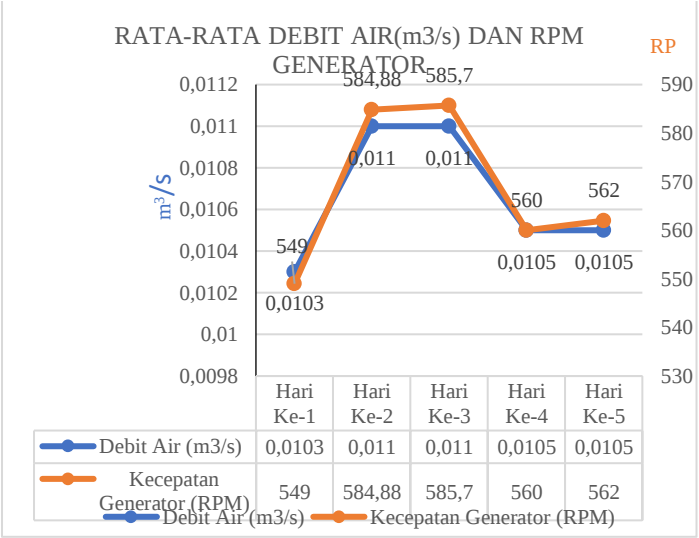
Tabel 4. Hasil Rata-Rata Pengukuran Debit Air Dan RPM Generator

Waktu (WIB)	Debit Air (m ³ /s)	Kecepatan Generator (RPM)
Hari Ke-1	0,0103	549
Hari Ke-2	0,0110	584,88
Hari Ke-3	0,0110	585,7
Hari Ke-4	0,0105	560
Hari Ke-5	0,0105	562

Tabel 4 di atas menunjukkan hasil pengukuran yang didapat pada 23 juni 2024 dengan variabel debit air, dan kecepatan generator dimana pengukuran dilakukan setiap jam, mulai pukul 08.00 hingga 16.00 WIB.

Sehingga diketahui debit air bervariasi antara 0,0097 m³/s hingga 0,0109 m³/s. Artinya, volume air yang mengalir setiap detiknya tidak selalu konstan. Dan diketahui kecepatan generator juga bervariasi, berkisar antara 518 RPM hingga 582 RPM. Kecepatan generator ini dipengaruhi oleh debit air yang masuk ke turbin. Semakin besar debit air, umumnya kecepatan generator akan semakin tinggi.

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa debit air dan kecepatan putar generator dari pembangkit mengalami penurunan dan kenaikan. Hal tersebut terdapat korelasi positif antara debit air dan kecepatan generator, di mana peningkatan debit air umumnya diikuti dengan peningkatan kecepatan turbin yang menggerakkan generator. Fluktuasi harian menunjukkan bahwa kecepatan generator cenderung menurun pada siang hingga sore hari, seiring dengan penurunan debit air. Sehingga didapatkan hasil grafik pada gambar 22 sebagai berikut:



Gambar 22. Rata-Rata Debit Air Dan Rpm Generator

Dari gambar 22 ersebut menunjukkan bahwa pada hari ke-2 dan ke-3, debit air mencapai nilai puncak sebesar 0,011 m³/s yang mengakibatkan peningkatan kecepatan generator hingga 585,7 RPM, sedangkan pada hari ke-1, ke-4, dan ke-5 debit air stabil di sekitar 0,0103 hingga 0,0105 m³/s dengan kecepatan generator yang berfluktuasi antara 549 RPM hingga 562 RPM.

H. Proses Pengukuran Tegangan Generator

Pada tahap pertama dilakukan proses pengukuran keluaran arus pada generator selama 4 hari dari tanggal 23-27 juni 2024, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran dari jam 08.00-16.00 WIB. Untuk contoh hasil pengukuran perharinya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Pengukuran Tegangan Generator 23 Juni 2024

Waktu (WIB)	Tegangan Picohidro (VDC)	Kecepatan Generator (RPM)
08.00	32	582
09.00	31	574
10.00	30	550
11.00	29	537
12.00	30	552
13.00	29	535
14.00	29	538
15.00	28	518
16.00	30	555

Tabel 5 di atas menunjukkan hasil pengukuran tegangan generator pada 23 juni 2024 yang dimana memiliki hubungan antara waktu, tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikrohidro (picohidro), dan kecepatan putaran generator. Pengukuran dilakukan setiap jam, mulai pukul 08.00 hingga 16.00 WIB.

Tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik picohidro bervariasi antara 28 Volt DC hingga 32 Volt DC.

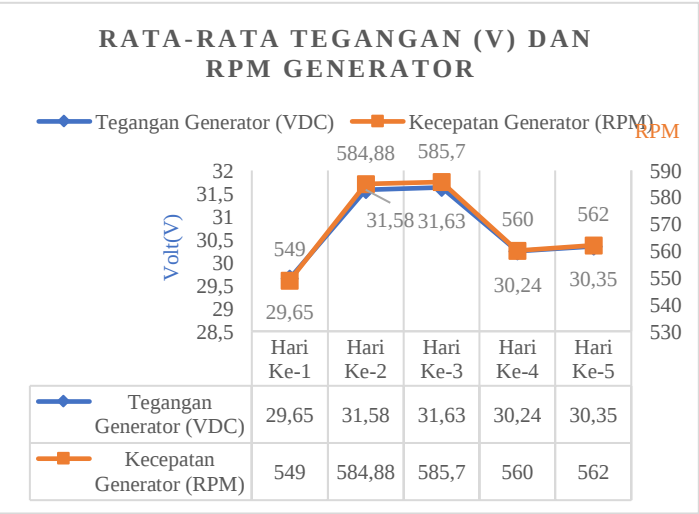
Tegangan ini merupakan tegangan searah (Direct Current) yang dihasilkan oleh generator.

Kecepatan putaran generator juga bervariasi, berkisar antara 518 RPM hingga 582 RPM. Kecepatan putaran ini menunjukkan seberapa cepat generator berputar untuk menghasilkan listrik.

Tabel 6. Hasil rata-rata pengukuran tegangan 23-27 juni 2024

Waktu (WIB)	Tegangan Generator (VDC)	Kecepatan Generator (RPM)
Hari Ke-1	29,65	549
Hari Ke-2	31,58	584,88
Hari Ke-3	31,63	585,7
Hari Ke-4	30,24	560
Hari Ke-5	30,35	562

Tabel 6 di atas menunjukkan hasil rata-rata pengukuran tegangan dan kecepatan generator pada suatu pembangkit listrik dalam kurun waktu lima hari. Pengukuran dilakukan setiap hari dengan interval masing-masing 1 jam pada setiap pengambilan datanya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan generator bervariasi antara 29,65 Volt DC hingga 31,63 Volt DC, sedangkan kecepatan generator berkisar antara 549 RPM hingga 585,7 RPM. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa keluaran tegangan generator dari pembangkit mengalami penurunan dan kenaikan. Hal tersebut terdapat korelasi positif antara debit air dan kecepatan generator, di mana peningkatan debit air umumnya diikuti dengan peningkatan kecepatan turbin yang menggerakkan generator. Fluktuasi harian menunjukkan bahwa kecepatan generator cenderung menurun pada siang hingga sore hari, seiring dengan penurunan debit air. sehingga didapatkan hasil grafik pada gambar 23 sebagai berikut:



Gambar 23. Grafik rata-rata Tegangan dan RPM Generator

Dari gambar 23 menunjukkan Grafik hubungan antara Tegangan Generator (VDC) dan Kecepatan Generator (RPM) selama lima hari, di mana tegangan meningkat dari 29,65 V pada hari pertama ke 31,63 V pada hari ketiga sebelum menurun menjadi 30,35 V pada hari kelima, sementara kecepatan generator naik dari 549 RPM ke 585,7 RPM sebelum stabil di sekitar 562 RPM.

I. Proses Pengukuran Arus Generator

Pada tahap pertama dilakukan proses pengukuran keluaran arus pada generator selama 5 hari dari tanggal 23-27 juni 2024, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran dari jam 08.00-16.00 WIB. Untuk hasil pengukuran dalam satu hari pada tanggal 23 juni 2024 dan rata-rata dalam 5 hari 23-27 Juni 2024 dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8 adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Pengukuran Arus Generator 23 Juni 2024

Waktu (WIB)	Arus Generator (A)	Kecepatan Generator (RPM)
08.00	11,8	582
09.00	12	574
10.00	12,9	550
11.00	13,7	537
12.00	13,1	552
13.00	14,2	535
14.00	14	538
15.00	14,5	518
16.00	12,8	555

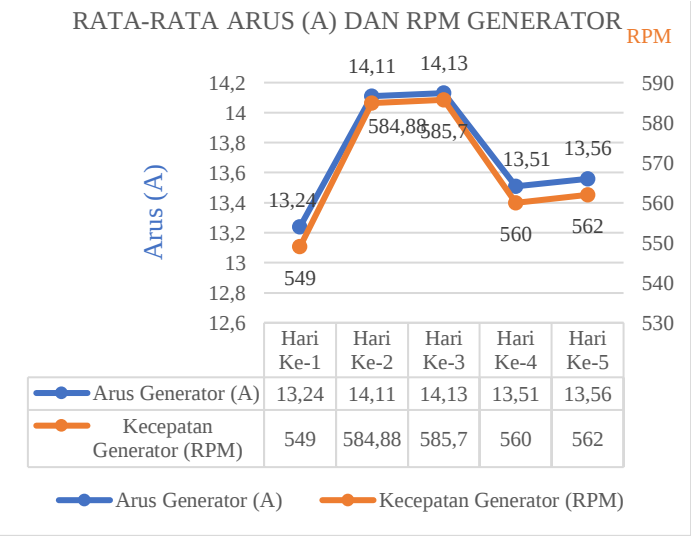
Tabel 7 di atas menunjukkan hasil pengukuran arus listrik yang dihasilkan oleh sebuah generator pada tanggal 23 Juni 2024. Pengukuran dilakukan setiap jam, mulai pukul 08.00 WIB hingga 16.00 WIB. Pengukuran dilakukan setiap jam dalam rentang waktu tersebut. Arus listrik yang dihasilkan oleh generator bervariasi antara 11,8 Ampere hingga 14,5 Ampere. Arus listrik ini menunjukkan besarnya aliran muatan listrik yang dihasilkan oleh generator. Kecepatan putaran generator juga bervariasi, berkisar antara 518 RPM hingga 582 RPM. Kecepatan putaran ini menunjukkan seberapa cepat generator berputar untuk menghasilkan energi listrik.

Tabel 8. Pengukuran Arus Generator 23 Juni 2024

Waktu (WIB)	Arus Generator (A)	Kecepatan Generator (RPM)
Hari Ke-1	13,24	549
Hari Ke-2	14,11	584,88
Hari Ke-3	14,13	585,7
Hari Ke-4	13,51	560
Hari Ke-5	13,56	562

Dari tabel 8 hasil pengukuran dapat dilihat bahwa keluaran arus dari pembangkit mengalami penurunan dan

kenaikan. Hal tersebut terdapat korelasi positif antara debit air dan kecepatan generator, di mana peningkatan debit air umumnya diikuti dengan peningkatan kecepatan turbin yang menggerakkan generator. Fluktuasi harian menunjukkan bahwa kecepatan generator cenderung menurun pada siang hingga sore hari, seiring dengan penurunan debit air. Sehingga didapatkan hasil grafik pada gambar 24 sebagai berikut:



Gambar 24. Grafik rata-rata daya

Dari gambar 24 menunjukkan bahwa berdasarkan data yang disajikan dalam grafik arus (A) dan kecepatan (RPM) generator selama lima hari peningkatan dan penurunan arus dan RPM: Pada hari ke-1, hari ke-2 Arus meningkat dari 13,24 A menjadi 14,11 A. RPM meningkat dari 549 menjadi 584,88. hari ke-2, hari ke-3 Arus sedikit meningkat dari 14,11 A menjadi 14,13 A. RPM meningkat dari 584,88 menjadi 585,7. hari ke-3, Hari Ke-4 Arus menurun dari 14,13 A menjadi 13,51 A. RPM menurun dari 585,7 menjadi 560. Hari Ke-4 ke Hari Ke-5 Arus meningkat sedikit dari 13,51 A menjadi 13,56 A. RPM meningkat dari 560 menjadi 562. Puncak Kinerja Arus dan RPM mencapai puncaknya pada Hari Ke-3 dengan nilai arus 14,13 A dan RPM 585,7. Ada konsistensi dalam peningkatan arus dan RPM dari Hari Ke-1 hingga Hari Ke-3, diikuti oleh penurunan pada Hari Ke-4, dan sedikit pemulihan pada Hari Ke-5. Fluktuasi ini disebabkan oleh pengaruh dari debit air yang mengalir yang berbeda-beda tiap waktunya.

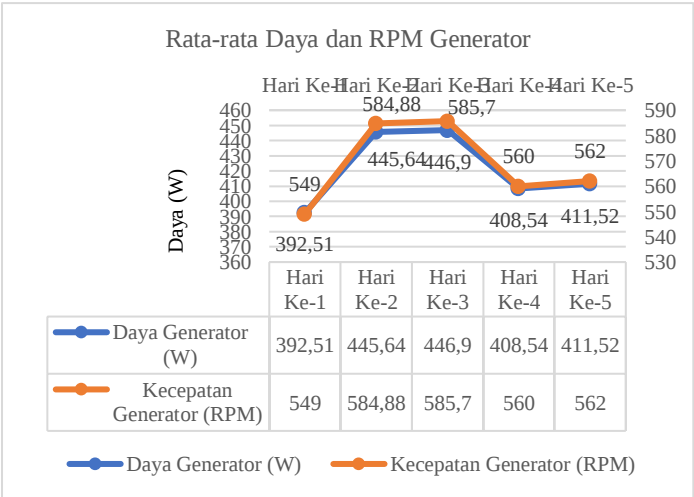
J. Proses Pengukuran Daya Generator

Pada tahap pertama dilakukan proses pengukuran keluaran daya pada generator selama 5 hari dari tanggal 23-27 juni 2024, dengan setiap harinya dilakukan pengukuran dari jam 08.00-16.00 WIB. Untuk contoh hasil pengukuran rata-rata dalam 5 hari dapat dilihat pada tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Pengukuran Arus Generator 23 Juni 2024

Waktu	Daya Generator (W)	Kecepatan Generator (RPM)
Hari Ke-1	392,51	549
Hari Ke-2	445,64	584,88
Hari Ke-3	446,90	585,7
Hari Ke-4	408,54	560
Hari Ke-5	411,52	562

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa keluaran daya dari pembangkit mengalami penurunan dan kenaikan, hal tersebut dipengaruhi oleh arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator sehingga didapatkan hasil grafik pada gambar 25 sebagai berikut:



Gambar 25. Grafik Rata-Rata Daya Dan RPM Generator

Dari gambar 25 di atas menunjukkan rata-rata daya (W) dan kecepatan (RPM) generator selama lima hari yang diambil berturut-turut pada jam 08.00-16.00. Sehingga diketahui pada Hari Ke-1 daya generator diperoleh 392,51 W dan Kecepatan Generator: 549 RPM, hari ke-2 diperoleh

Daya Generator: 445,64 W dan kecepatan generator: 584,88 RPM, hari ke-3 : Daya Generator: 446,9 W dan kecepatan generator: 585,7 RPM, Hari Ke-4: Daya Generator: 408,54 W dan kecepatan generator: 560 RPM terakhir pada hari ke-5: Daya Generator: 411,52 W dan Kecepatan Generator: 562 RPM. Grafik ini menunjukkan bahwa daya dan kecepatan generator mengalami fluktuasi selama lima hari. Terlihat adanya puncak pada hari ke-2 dan ke-3 untuk kedua parameter tersebut, kemudian mengalami penurunan pada hari ke-4 dan sedikit peningkatan kembali pada hari ke-5.

Hasil data grafik diatas merupakan hasil dari perkalian antara Tegangan dan arus yang diperoleh sehingga didapatkanlah nilai tersebut, dimana persamaan yang digunakan:

$$P = V \cdot I$$

Ket :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampe)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis yang dilakukan terhadap sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro di Desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro yang memanfaatkan aliran air sungai. Dengan tinggi jatuh air 10.6 meter, sistem ini dapat menghasilkan potensi energi sebesar 695 Watt menggunakan turbin crossflow berdasarkan kondisi lokasi pemasangan turbin dan generator DC berkapasitas 1000 Watt. Implementasi pembangkit listrik tenaga pikohidro yang menggunakan generator DC magnet permanen menghasilkan tegangan antara 28-32V, arus antara 12-13A, dan daya berkisar 390-450W dengan kecepatan putar generator antara 540-590 RPM dan debit air antara 0.0103 – 0.0110 m³/s menggunakan turbin dengan lebar 7.2 cm dan tebal 2 mm. Selama lima hari pengujian, sistem menunjukkan fluktuasi daya dan kecepatan generator, dengan puncak kinerja tercapai pada Hari Ke-2 dan Ke-3. *Saran*

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan efisiensi konversi energi dan optimasi sistem hybrid pikohidro dan PLTS. Penerapan teknologi tambahan seperti penyimpanan energi dapat membantu meningkatkan keandalan sistem. Penerapan di lokasi lain

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Asmara, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Di Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman," 2016.
- [2] Adlan, S. K. Saptomo, And Prastowo, "Pico Hydro Turbine Building Design Utilizing Irrigation Water Power: Cfd Simulation," *Iop Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, Vol. 871, No. 1, Pp. 1–14, 2021, Doi: 10.1088/1755-1315/871/1/012038.

- [3] S. Bandri, A. Premadi, And R. Andari, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (Pltph) Rumah Tangga," *J. Sains Dan Teknol.*, Vol. 21, No. 1, 2021.
- [4] A. D. Suprayogo, "Pembuatan Turbin Air Tipe Undershot Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (Pltph) Dengan Memanfaatkan Aliran Air Curug Gondoriyo Ngaliyan Semarang Barat," *Repository.Usm.Ac.Id*, 2020,
- [5] And K. N. S. Dandekar, M. M., *Water Power Engineering*. Vikas Publishing House, 1979.
- [6] I. N. Widiani, I. A. D. Giriantari, And I. N. Setiawan, "Perancangan Penstock (Pipa Pesat) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Banjar Dinas Mekarsari, Desa Panji, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng," 2020.
- [7] L. A. Aditya, "Analisis Perhitungan Npc – Coe Untuk Kelayakan Pembangunan Plts Off-Grid – Pltm Desa Sumberejo Batu," 2023.
- [8] A. Alamsah, "Analisa Kincir Air Tipe Floating Menggunakan Blade Angel Untuk Picohydro," 2022.
- [9] C. Abeykoon And T. Hantsch, "Design And Analysis Of A Kaplan Turbine Runner Wheel," *Proc. World Congr. Mech. Chem. Mater. Eng.*, Vol. 2011, Pp. 1–16, 2017, Doi: 10.11159/Httf17.151.
- [10] A. Amirudin, "Rancang Bangun Turbin Crossflow Sebagai Pembangkit Listrik Skala Pikohidro," 2022.

VII. BIODATA PENULIS



Muhammad Ilham Romadhon, lahir di Bogor, 23 Desember 1999. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 6 Malang tahun 2018. Setelah itu penulis mencari pengalaman bekerja selama 2 tahun lalu melanjutkan studi pada tahun 2020 di perguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Energi listrik. Akhir kata dari penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur yang sebanyak-banyaknya atas selesainya penelitian ini dengan judul "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Di Desa Pendem ,Kec. Junrejo,Kota Batu"