

RANCANG BANGUN PEMANFAATAN SINAR MATAHARI DAN MENGGALI POTENSI AIR SUNGAI SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK UNTUK DAERAH TERPENCIL

Ruly Apriyanto, Ikrima Alfi

*Program Studi SI Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi Dan Elektro
Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta
E-mail : Rulygauco@gmail.com*

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik di Indonesia masih belum mencukupi sebagai contoh masih banyak daerah-daerah yang tidak mampu dijangkau oleh jaringan listrik PLN. Sampai dengan Oktober tahun 2017, rasio kelistrikan (electrification ratio) di Indonesia baru sebesar 71%. Artinya masih ada 29% dari rakyat Indonesia yang masih belum memiliki atau menikmati fasilitas listrik, permasalahan seperti ini sering kita dapatkan pada daerah terpencil dan kita ketahui bersama bahwa aktivitas kehidupan kita saat ini sangat bergantung dengan teknologi yang sumber energinya bergantung pada energi listrik. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang sebuah sistem pembangkit listrik yang bisa dimanfaatkan masyarakat secara mandiri. Dan memaksimalkan potensi energi terbarukan khususnya pada aliran air sungai dan panas matahari. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan prinsip archimedes dan penggunaan turbin pelton undershoot serta penambahan solar panel dengan posisi horisontal yaitu menghadap matahari secara langsung yang mana prinsip archimedes digunakan untuk menopang beban komponen alat pembangkit di atas air dan dapat menyesuaikan tinggi permukaan air sungai sehingga pembangkit dapat berputar dengan baik. Sedangkan untuk turbin air sendiri berkerja dengan memaksimalkan debit aliran air yang akan mendorong turbin sehingga berputar dengan maksimal. Untuk panel surya digunakan untuk menangkap intensitas cahaya matahari yang berada pada aliran sungai energi listrik yang didapatkan kemudian akan di simpan ke dalam aki 12 VDC energi yang disimpan dalam aki kemudian akan di konversi oleh inverter menjadi AC 220 volt. Dari hasil penelitian pembuatan dan ujicoba yang dilakukan pada aliran sungai krasak diketahui kecepatan aliran sungai sebesar 1,10 m/s dan data debit aliran sungai sebesar 2,75 m³/s. Serta pada pengoprasian PLTMH dapat menghasilkan energi sebesar 30,33 watt dan pada hasil pengujian solar cell 10 WP dengan model pemasangan horisontal menghasilkan daya keluaran sebesar 2,91 W dan jika di kalkulasikan energi yang dapat dihasilkan solar cell dalam 1 hari selama 6 jam sebesar 13,2 Wh. Pada perhitungan efisiensi turbin jenis undershoot mempunyai nilai efisiensi sebesar 12 % sedangkan pada pembangkit listrik tenaga air mempunyai nilai efisiensi sebesar 10 % dan pada pembangkit listrik solar cell dengan ukuran 10 Wp menghasilkan nilai efisiensi sebesar 14 %.

Kata kunci : Energi terbarukan, Archimedes, PLTMH, Solar Cell.

1. PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber air bagi kehidupan yang ada di bumi. Baik manusia, hewan dan tumbuhan, semua makhluk hidup memerlukan air untuk dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Sungai mengalir dari hulu ke hilir bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Di Indonesia terdapat banyak sekali sungai-sungai besar maupun kecil yang terdapat di berbagai daerah. Hal ini merupakan peluang yang bagus untuk pengembangan energi listrik di daerah khususnya daerah yang belum terjangkau energi listrik. Pembangkit listrik mikro hidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala di bawah 100 kW. Banyak daerah pedesaan di Indonesia yang dekat

dengan aliran sungai yang memadai untuk pembangkit listrik pada skala yang demikian

Pembangkit listrik tenaga Mikrohidro dan solar panel ini adalah salah satu pembangkit listrik yang cukup sederhana dibandingkan dengan lainnya yang dimana menggabungkan potensi dari energi air dan potensi dari energi matahari untuk mengubah menjadi (energi kinetik Mikrohidro) yang dihasilkan dari putaran turbin air, ada beberapa bagian pada pembangkit listrik tenaga Mikrohidro ini salah satunya terdapat turbin jenis implus (*Pelton*) dan pentingnya penggunaan sistem pelton pada sistem pembangkit ini sangat berpengaruh pada daya listrik yang keluar dari alat pembangkit tersebut. Adapun satu masalah yang muncul pada penggunaan Mikrohidro ini adalah energi yang dihasilkan berubah

ubah tergantung pada musim dan lingkungan hal ini sangat dirasakan pada daerah dimana musim kemarau yang ekstrim mengakibatkan sumber air yang seharusnya digunakan untuk energi penggerak kincir tak dapat difungsikan dengan baik.

Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem untuk mengatur arus air agar rotasi putaran kincir yang dihasilkan dan apabila terjadi kekeringan pada sungai dapat teratasi. Dari masalah diatas penulis berupaya untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dipadukan dengan sistem Panel Surya dengan sistem apung yang dimana akan memanfaatkan potensi energi air dan potensi energi panas matahari yang berada pada sungai.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian PLTMH

Pembangkit listrik tenaga Mikrohidro berasal dari kata mikro dan hidro, mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik dengan menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik kecil yang memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu serta instalasi. Pembangkit listrik kecil yang dapat menggunakan tenaga air dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan/head (dalam meter) dan jumlah debit airnya (m³/detik). Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggian dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. PLTMH umumnya merupakan pembangkit listrik jenis run of river dimana head diperoleh tidak dengan cara membangun bendungan besar, melainkan dengan mengalihkan aliran air sungai ke satu sisi dari sungai tersebut selanjutnya mengalirkannya lagi ke sungai pada suatu tempat dimana beda tinggi yang diperlukan sudah diperoleh, pembangkit listrik tenaga air dibawah 100 kW digolongkan sebagai PLTMH.

2.2 Aliran Air Sungai

Aliran sungai yang layak untuk dijadikan sebagai sumber energi penggerak pada mikro hidro adalah aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun (perennial Stream) dengan debit musim kemarau dan musim penghujan yang relatif stabil atau tidak fluktuatif. Untuk Mikrohidro, sungai yang digunakan adalah aliran sungai ordo 1 (anak sungai paling pertama) yang berada pada hulu DAS. Das sendiri merupakan kepanjangan dari daerah aliran sungai yang dimana banyak terletak didaerah Indonesia. Di pihak lain, anak-anak sungai yang mengalir dari puncak gunung sangat banyak, sehingga mempunyai prospek untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga Mikrohidro

Teori yang mendasari pengukuran debit adalah teori yang dikemukakan oleh darcy, yaitu volume air didapat dari hasil kali antara kecepatan aliran dengan luas penampang yang dialiri.

$$Q = v \cdot A \quad (2.1)$$

Dimana :

Q = debit aliran
v = kecepatan aliran
A = luas penampang

Pada umumnya pengukuran debit air dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu :

1. Pengukuran debit secara langsung yaitu :
Volumetric Method

Dilakukan pada sungai kecil, memakai beban yang sudah diketahui volumenya kemudian mengukur waktu yang diperlukan air untuk memenuhi bejana.

$$Q = \frac{V}{T} \quad (2.2)$$

Dimana :

Q = debit air
V = volume air
T = waktu

2. Pengukuran Menggunakan Metode Current Meter
Prinsip kerja dari metode ini adalah mengukur besar kecepatan arus berdasarkan jumlah putaran kipas pada alat

$$V = a + b \cdot N \quad (2.3)$$

Dimana :

v = kecepatan aliran
a,b = konstanta
N = jumlah putaran kipas

Selain itu parameter luas penampang sungai (A) juga digunakan untuk menghitung debit, dimana Sedangkan untuk mencari nilai N adalah

$$N = \frac{\text{Jumlah Putaran}}{\text{Waktu}} \quad (2.4)$$

3. Pengukuran dengan menggunakan Metode Float
Pengukuran dengan cara ini hanya untuk menaksir secara kasar, karena hanya meliputi kecepatan aliran di permukaan rumus :

$$v = \frac{S}{t} \quad (2.5)$$

Dimana :

v = kecepatan rata-rata aliran
s = jarak
t = waktu

2.3 Potensi Energi Panas di Indonesia

Energi (daya) merupakan syarat utama untuk melakukan pekerjaan atau kegiatan meliputi listrik, energi mekanik, energi elektromagnetik, energi kimia, energi nuklir dan panas. Sumber energi ada beberapa macam antara lain: minyak, gas bumi, dan batu bara. Energi listrik merupakan salah bentuk energi pokok yang dibutuhkan dan dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lain seperti energi mekanik, energi panas, dan lain-lain. Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas ± 2 juta km² adalah sebesar 5,10 mW atau 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 gWp yang didistribusikan. Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya:

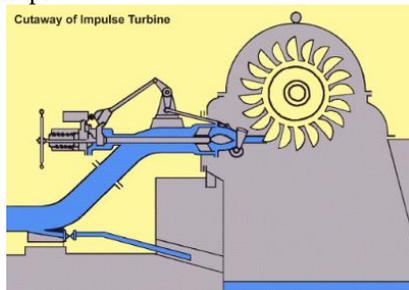
1. Sumber energi yang mudah didapatkan.
2. Ramah lingkungan.
3. Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis.
4. Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah.
5. Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai.

2.4 Jenis Turbin

Turbin adalah bagian terpenting dari unit Mikrohidro. Pada turbin air diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar rotor (kincir). Dengan belt, (pulley) pada rotor dihubungkan dengan puli pada generator yang akan mengubah putaran yang akan dihasilkan menjadi energi listrik. Jumlah daya listrik yang diperoleh sangat tergantung pada debit air dan beda ketinggian lokasi. Pemilihan desain atau tipe ideal turbin untuk kondisi tertentu tergantung pada kondisi tertentu tergantung pada karakteristik lokasi khususnya beda tinggi 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 dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu turbin reaksi dan turbin implus

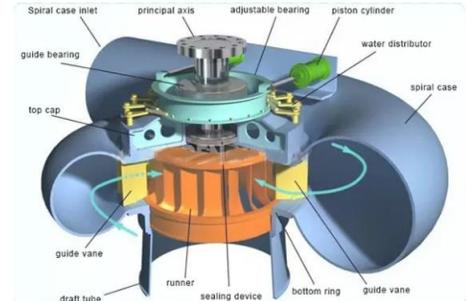
a. Turbin Implus



Gambar 2.1 : Turbin Implus

Turbin implus adalah turbin yang mengubah seluruh energi air menjadi energi kinetik yang akan memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir.

b. Turbin Reaksi



Gambar 2.2 : Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang mengubah energi air secara langsung menjadi energi puntir.

2.5 Alternator

Pada dasarnya listrik merupakan kondisi dari partikel subatomik tertentu, seperti elektron dan proton yang menyebabkan penarikan dan penolakan di antaranya dengan landasan itu biasanya penghasil listrik menggunakan suatu energi guna di konversikan menjadi energi listrik, pada Alternator juga terjadi demikian dimana Alternator merupakan peralatan elektromekanis yang mampu mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik.

2.6 Macam-Macam Poros

Poros untuk meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanan sebagai berikut ini :

1. Poros Transmisi

Poros ini mendapat beban puntir murni atau puntir yang lentur. Daya yang ditransmisikan kepada poros melalui kopling, roda gigi, puli atau sabuk dan spoket rantai.

2. Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin dimana beban utama berupa puntiran, disebut dengan spindel. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukuran harus kecil. Besarnya deformasi yang disebabkan oleh momen puntir pada poros harus dibatasi juga. Untuk poros yang dipasang dalam kondisi kerja normal, besarnya defeksi puntiran dibatasi sampai dengan 0,25 atau 0,3 derajat. Untuk mengetahui diameter poros yang diperlukan. Maka harus dihitung rencana daya rencana yaitu dengan :

$$Pd = fc \times P \text{ (Kw)} \quad (2.6)$$

Dimana :

- Pd = daya yang direncanakan (kW)
- Fc = faktor koreksi
- P = daya yang akan di transmisikan

2..7 Archimedes

Menurut Archimedes, “jika sebuah benda diam terendam seluruhnya di dalam sebuah fluida, atau mengapung sedemikian sehingga hanya sebagian saja yang terendam, gaya fluida resultan yang bekerja pada benda itu disebut dengan gaya apung (*bouyant force*)”. Sebuah gaya netto ke arah atas terjadi karena tekanan meningkat dengan kedalaman dan gaya-gaya tekan yang bekerja dari bawah lebih besar dari pada gaya-gaya yang bekerja dari atas. Gaya ini dapat ditentukan dengan pendekatan yang sama seperti yang digunakan pada bagian sebelumnya mengenai gaya-gaya pada permukaan lengkung.

Sebuah benda berbentuk sembarang yang memiliki volume V, yang terendam pada sebuah fluida dimana benda tersebut diselubungi dalam sebuah kotak (*parallel epipedum*) dan menggambarkan sebuah benda bebas pada kotak tersebut dengan benda yang telah dipisahkan. Gaya apung pada benda-benda yang terendam dan mengapung. Persamaan gaya apung dapat dinyatakan sebagai berikut :

maka persamaan untuk gaya apung adalah sebagai berikut :

$$F_b = \gamma \times V \quad (2.7)$$

Dimana :

γ = berat jenis fluida (kN/m^2)

V = volume benda (m^3)

2.8 Faktor pengisi

Faktor pengisi (fill factor, FF) merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimum dan tegangan open circuit (Voc) dan arus short circuit (Isc). Energi cahaya yang diterima oleh sel surya dapat dirubah menjadi energi listrik semakin besar energi cahaya yang diserap maka semakin besar energi listrik yang dapat dihasilkan. Maka konversi energi inipun memiliki nilai efisiensi di dalamnya. Efisiensi keluaran maksimum (η) didefinisikan sebagai prosentase keluaran daya optimum terhadap energi cahaya yang digunakan yang ditulis sebagai:

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_{radiansi} \times A} \quad (2.8)$$

Dimana :

η = Nilai Efisiensi Solar Cell (%)

Iradiansi = Daya yang mampu diserap pada luas penampang (W/m^2)

A = Luas Penampang Solar Cell (m^2)

2.9 Gaya

Gaya adalah tarikan atau dorongan yang terjadi terhadap suatu benda. Gaya bisa menyebabkan perubahan posisi, gerak atau perubahan bentuk pada benda. Gaya termasuk ke dalam besaran Vektor, karena mempunyai nilai dan arah. Sebuah Gaya disimbolkan dengan huruf F (Force) dan Satuan Gaya dalam SI (Satuan Internasional) yaitu Newton, disingkat dengan N. Pengukuran gaya bisa dilakukan dengan alat yang disebut dengan dinamometer atau neraca pegas. Untuk melakukan sebuah gaya diperlukan usaha (Tenaga), semakin besar gaya yang hendak dilakukan, maka semakin besar pula Usaha (tenaga) yang harus dikeluarkan.

gaya tarik bumi yang bekerja pada suatu benda. Gaya berat termasuk dalam besaran vektor karena mempunyai nilai dan arah yang menuju pusat bumi. Satuan gaya berat adalah newton (N). persamaan gaya berat atau berat benda dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$W = m \cdot g \quad (2.9)$$

Dimana :

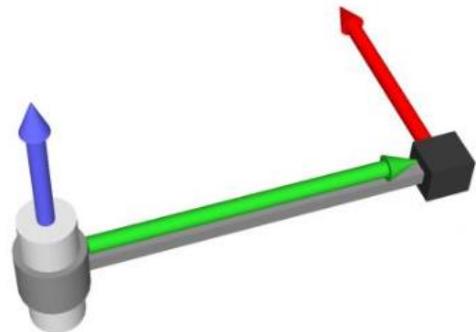
w = berat benda (N)

m = Massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi bumi = 9,81 m/s².

2.10 Torsi

Pengertian Momen Gaya(torsi)-Dalam gerak rotasi, penyebab berputarnya benda merupakan momen gaya atau torsi. Momen gaya atau torsi sama dengan gaya pada gerak translasi. Momen gaya (torsi) adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi. Besarnya momen gaya (torsi) tergantung pada gaya yang dikeluarkan serta jarak antara sumbu putaran dan letak gaya. Apabila Anda ingin membuat sebuah benda berotasi, Anda harus memberikan momen gaya pada benda tersebut. Torsi disebut juga momen gaya dan merupakan besaran vektor. Untuk memahami momen gaya anda dapat melakukan hal berikut ini.



Gambar 2.3 : Torsi Sudut Putaran

Apabila gaya F yang bekerja pada benda membentuk sudut tertentu dengan lengan gayanya (r) maka akan berubah menjadi.

$$T = f \cdot r \cdot \sin \theta \quad (2.10)$$

Dimana :

T = torsi gerak roda (N/m)

F = gaya (N)

r = lengan yang mengalami gaya (m)

θ = sudut gerak gaya

2.11 Kecepatan Angular

Pengertian dari kecepatan sudut adalah besar nya sudut juring lingkaran yang terbentuk oleh lintasan suatu titik yang bergerak melingkar per satuan waktu. Lalu kecepatan sudut disebut juga dengan kecepatan angular. Benda yang bergerak pada lintasannya akan membentuk sudut tertentu dari posisi awal benda diam. Perubahan sudut ini mengikuti arah gerak benda pada lintasan tersebut. Perubahan sudut gerak benda akan bernilai positif jika gerak benda berlawanan dengan arah putaran jam. Dalam melakukan satu putaran penuh, sudut yang ditempuh adalah 360° atau $2 \text{ rad } \pi$ dalam waktu T sekon, dengan T adalah periode dan n adalah putaran rata-rata. Hubungan antara putaran kecepatan angular dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.11)$$

dimana :

ω : kecepatan sudut (rad/s)

π : Konstanta lingkaran (3,14)

n : Putaran rata-rata roda Turbin (Rpm)

2.12 Turbin

Turbin sering kali disebut sebagai komponen utama atau paling penting dalam bagian sistem mikrohidro dimensi utama pada turbin ukuran pada jenis runner dalam turbin terdapat 2 bagian utama yaitu bila bila dan ukuran putaran pada runner pada ukuran turbin akan mempengaruhi. Jet yang mengeluarkan baling-baling pemukul nosel terpasang pada pinggiran roda yang berputar. Karena laju perubahan momentum sudut dan gerakan baling-baling, pekerjaan dilakukan pada pelari (pendorong) oleh fluida dan, dengan demikian, energi ditransfer. Karena energi fluida yang direduksi untuk melewati runner sepenuhnya kinetik, maka kecepatan absolut di outlet lebih dari kecepatan absolut di inlet (kecepatan jet). Selanjutnya, tekanan fluida adalah atmosfer di seluruh dan kecepatan relatif adalah konstan kecuali untuk sedikit pengurangan karena gesekan. nilai efisiensi pada turbin maupun nilai efisiensi pada generator dapat dinyatakan sebagai berikut :

a. Untuk mengetahui efisiensi dari turbin dapat dituliskan sebagai berikut :

(2.12)

$$\eta_o = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta_o = \frac{T \cdot \omega}{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q} \times 100 \%$$

Dimana :

η_o = nilai efisiensi turbin

T = Torsi (N/m)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

ρ = massa jenis air 1000 kg/m^3

g = gravitasi bumi $9,81 \text{ m/s}^2$

H = jatuhnya air jenis turbin under shoot $0,1 \text{ m}$

Q = debit aliran air

b. Untuk mengetahui efisiensi generator dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\eta_{gen} = \frac{P_e}{P_{out}} \times 100 \% \quad (2.13)$$

$$\eta_{gen} = \frac{V \cdot I}{T \cdot \omega} \times 100 \%$$

Dimana :

V = Voltage output dari generator

I = Arus output dari generator

T = Torsi (N/m)

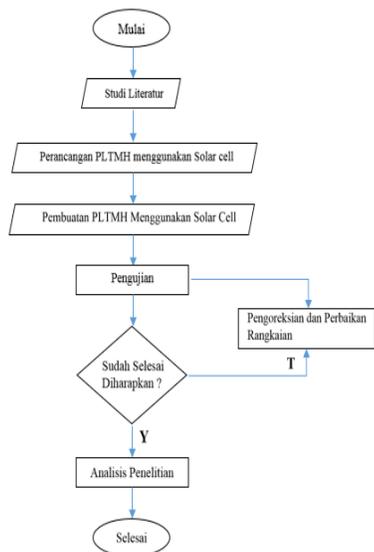
ω = Kecepatan angular (rad/s)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah melalui studi literatur, studi diskusi, perancangan mekanik dan elektrik, pengujian sistem kemudian melakukan analisis terhadap hasil pengujian sistem tersebut.

3.1 Langkah Penelitian

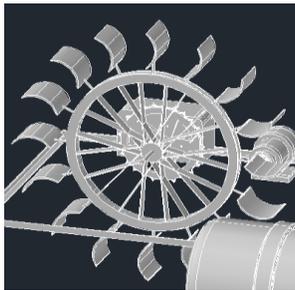
Melakukan analisis terhadap hasil dari system yang telah dilakukan pengujian. Melakukan evaluasi terhadap hasil dari penelitian. Diagram penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 3.1 : Diagram alir panelitian

3.2 Alat dan Bahan

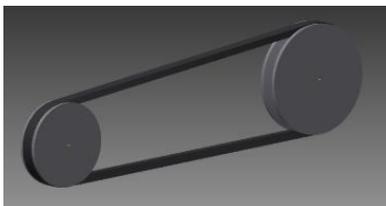
a. Turbin Pelton



Gambar 3.2 : Pelton Undershoot

Pada design turbin sendiri peneliti masih menggunakan turbin air seperti pada umumnya yang berbentuk bulat dan memiliki sudu-sudu yang berfungsi sebagai penampang yang mana akan digunakan sebagai penampang tekanan air sehingga turbin dapat berputar dengan maksimal. Dalam perancangan turbin peneliti menggunakan 13 sudu

b. Pully dan V-belt



Gambar 3.3 : Pully dan V-belt

Pully sendiri merupakan salah satu dari sistem transmisi mekanik yang sering dipakai pada Mikrohidro. Puli ini juga digunakan untuk merubah kecepatan putar antara satu poros dengan poros yang lainnya.

c. Alternator



Gambar 3.4 : Alternator

Alternator biasanya digunakan sebagai salah satu komponen yang terdapat pada mobil yang memiliki fungsi sebagai pembangkit listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik yang ada pada kendaraan seperti menyalakan AC, Memutar radio tape dan lampu lampu mobil.

d. Volt Amper Digital



Gambar 3.5 : Volt Amper Digital

Alat ini di lengkapi dengan pengukuran voltmeter dan ampermeter dalam satu display sehingga mudah dalam pembacaan tegangan pada accu. Dalam alat ini dilengkapi dengan dual warna yaitu warna merah untuk tegangan dan warna biru untuk arus dari accu. Peneliti menggunakan alat ini untuk mengetahui tegangan dan arus pada accu saat melakukan pengisian ke accu.

e. Sel Surya



Gambar 3.6 : Sel Surya

Pada karakterisasi sel surya yang akan digunakan peneliti adalah model Sunlite, panel surya ini memiliki *maximum power (P_{max})* sebesar 10 W, *maximum voltage (V_{mp})* sebesar 18,36 V, dan *maximum current (I_{mp})* sebesar 0,54 A. Penggunaan sel surya ini pada prototype yang akan peneliti buat yaitu sebagai penyerap panas matahari yang berada pada sungai tersebut yang dimana kita ketahui bahwa pada dasarnya sungai sendiri memiliki ruang terbuka sehingga cahaya matahari dapat melakukan kontak langsung ke air sungai.

f. Solar Control Charger



Gambar 3.7 : Solar Control Charger

Alat ini memiliki fungsi yang pada dasarnya ditujukan untuk melindungi baterai. Baterai 12V umumnya di *charge* pada tegangan 14-14,7V sementara panel surya 12V umumnya memiliki tegangan *output* 16-21V. Beda potensial yang terlalu besar antara panel surya dengan baterai dapat menyebabkan kerusakan pada baterai, sehingga dibutuhkan suatu rangkaian elektronik untuk mengatasi masalah tersebut. Tahap pertama yang dilakukan adalah dengan mengubah tegangan *output* dari panel surya menjadi 13,8V. Setelah mendapatkan tegangan yang sesuai dengan pengisian baterai 12V, tahap selanjutnya adalah pengontrolan pengisian baterai.

g. Baterai



Gambar 3.8 : Baterai aki 12 volt

Accumulator atau yang biasa disebut dengan accu adalah media penyimpanan pasokan listrik yang dihasilkan oleh alternator, pada accu dan alternator merupakan bagian penting dan saling berhubungan. Pada prototype ini peneliti menggunakan accu merek GS astra dengan kapasitas 12V DC 5Ah.

h. Pelampung



Gambar 3.9 : Baterai aki 12 volt

Dalam pembuatan pembangkit listrik ini sendiri menggunakan media turbin air yang terapung. Adapun pelampung yang peneliti gunakan adalah derigen minyak yang mempunyai ukuran volume sampai dengan 20 liter. dengan menghitung gaya apung masing-masing dari setiap derigen air, kemudian dibandingkan dengan total berat keseluruhan alat atau komponen maka akan ditemukan hasil yang akan menjadi acuan untuk pelampung tersebut

i. Multimeter



Gambar 3.10 : Multimeter

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya nilai voltage yang diterima solar cell

terhadap panas matahari dan membaca nilai voltage aki ketika melakukan pengisian energi listrik.

j. Tachometer

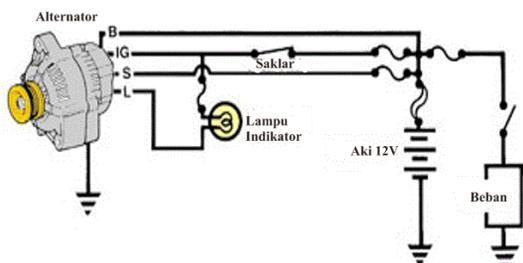


Gambar 3.11 : Tachometer

Alat ini digunakan untuk mengukur putaran dari turbin dan putaran dari alternator dalam satuan Rpm. Data Rpm tersebut akan dimasukkan kedalam data pembangkit mikrohidro.

3.3 Rancangan Kelistrikan PLTMH

Dalam sistem PLMTH ini dapat dilihat ada beberapa bagian pada sistem kelistrikan alternator. Fungsi dari alternator sendiri yaitu untuk membangkitkan energi listrik dari energi kinetik yang dihasilkan oleh turbin air akibat adanya gaya dorong air sungai terhadap bilah-bilah sehingga menghasilkan energi putar yang kemudian di konverensi oleh alternator sehingga menghasilkan energi listrik DC. Rancangan kelistrikan Alternator dapat dilihat pada gambar 4.1.

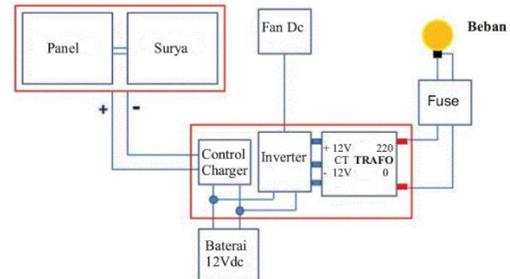


Gambar 3.12 Rancangan Kelistrikan Alternator

3.4 Rancangan Kelistrikan Solar Cell

Dalam sistem Sel Surya ini dapat dilihat ada beberapa bagian pada sistem catu daya ini. Fungsi dari panel surya sendiri yaitu untuk menyerap

intensitas cahaya matahari yang berada pada sungai yang kita ketahui bahwa sungai adalah suatu daerah yang terbuka sehingga potensi energi matahari dapat digunakan secara maksimal untuk diubah menjadi energi listrik.



Gambar 3.13 Rancangan Kelistrikan Panel Surya

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Purwarupa

Pada pembangkit listrik Prototype ini menggunakan metode gaya archimedes yaitu membuat alat pembangkit dapat mengapung diatas air seperti gaya mengapung pada kapal laut, tujuan membuat alat ini mengapung guna memaksimalkan putaran air pada turbin. Objek penelitian sendiri merupakan aliran air sungai yang mana masih banyak orang yang belum memaksimalkan potensi energi yang ada pada aliran air sungai. Pada pembangkit ini menggabungkan antara pembangkit terbarukan yaitu pembangkit listrik tenaga mikrohidro dan pembangkit listrik tenaga panas matahari yang dimana hasil konversi energi dari masing-masing pembangkit disimpan ke dalam aki dan kemudian akan diubah dari energi DC ke AC dengan menggunakan converter. Untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro peneliti menggunakan turbin jenis Pelton dengan mengandalkan energi putaran air Undershoot yang mengandalkan aliran putaran bawah. Berikut ini adalah purwarupa yang ditunjukkan pada Gambar 4.1



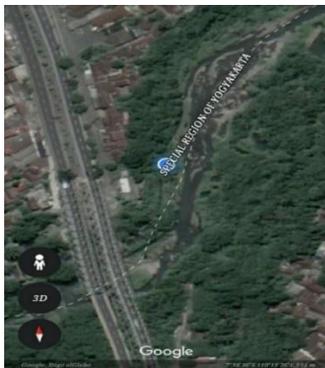
Gambar 4.1 : Purwarupa Alat

4.2 Hasil Pengujian dan Analisa

4.2.1 Lokasi Penelitian

Sungai Krasak terletak dikelurahan Wonokerto, kecamatan Turi kabupaten Sleman

Yogyakarta. Sekaligus menjadi daerah perbatasan antara warga Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Sekaligus juga menjadi perbatasan antara Kabupaten Magelang dan Sleman, Yogyakarta. Di lokasi Sungai Krasak tersebut memiliki banyak potensi diantaranya potensi aliran sungai serta kualitas air yang masih jernih dan potensi batu alam yang baik. Perjalanan menuju sungai Krasak ini dapat ditempuh dengan kendaraan pribadi atau kendaraan umum. Dengan kendaraan pribadi lokasi dapat dicapai dengan perjalanan sekitar 50 menit dari kota Yogyakarta. Sungai Krasak yang terletak pada koordinat 7°38'36" lintang selatan 110°19'26" E 945m bujur timur ini berada pada ketinggian sekitar 2500 m di atas permukaan laut.



Gambar 4.1 : Lokasi Sungai Krasak

4.2.2 Daerah Aliran dan Debit Air Sungai

Sungai Krasak berhulu utama yang berada di gunung Merapi kabupaten Sleman, setelah mengalir ke bawah (selatan). Sungai ini bergabung juga dengan anak-anak sungai Progo. Pola aliran anak-anak sungainya berbentuk radial, dan bermuara di sungai utama (Sungai Progo) yang memanjang dari arah utara ke selatan. Di bagian hilir, alur Sungai Progo berbelok-belok (meandering), dan di dekat muara banyak terdapat endapan yang berupa delta sungai. Teknik pengukuran debit yang dilakukan peneliti ialah teknik pengukuran langsung ke lapangan yaitu dengan cara melakukan metode (*Floating method*). Hasil dari pengambilan data air dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil data Pengukuran Sungai Krasak

No	Kedalaman (m)	Jarak Pengamatan (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
1.	0,5 meter	10 meter	9,63 detik	1,03 m/s
2.	0,5 meter	10 meter	9,11 detik	1,09 m/s
3.	0,5 meter	10 meter	9,40 detik	1,06 m/s
4.	0,5 meter	10 meter	8,98 detik	1,11 m/s
5.	0,5 meter	10 meter	9,09 detik	1,10 m/s
6.	0,5 meter	10 meter	8,64 detik	1,15 m/s
7.	0,5 meter	10 meter	8,78 detik	1,14 m/s
8.	0,5 meter	10 meter	9,20 detik	1,08 m/s
9.	0,5 meter	10 meter	8,46 detik	1,18 m/s
10.	0,5 meter	10 meter	8,77 detik	1,14 m/s
Rata-Rata	0,5 meter	10 meter	9,06 detik	1,10 m/s

Data Perhitungan pengukuran sungai krasak :

a. Data Kecepatan aliran sungai yang didapatkan :

$$v = \frac{S}{t}$$

$$= \frac{10 \text{ m}}{9,06 \text{ s}}$$

$$= 1,10 \text{ m/s}$$

b. Data Debit Aliran Air Sungai yang didapatkan:

$$A = I \times d$$

$$= 5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$$

$$= 2,5 \text{ m}^2$$

$$Q = v \times A$$

$$= 1,10 \text{ m/s} \times 2,5 \text{ m}^2$$

$$= 2,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.3 Perhitungan Daya Rencana PLTMH

Dari spesifikasi alternator yang peneliti gunakan, peneliti menggunakan alternator dengan merek daihatsu karena dari segi harga lebih murah dan mudah untuk didapatkan dibandingkan dengan alternator lainnya. Adapun spesifikasi dari data alternator ini adalah arus maksimum bisa mencapai 35 Ampere dan $V = 12 \text{ Voltage}$. Untuk mengetahui daya alternator dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

Perkiraan Daya yang di hasilkan turbin jenis pelton :

$$P = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot n_T \quad (4.3)$$

Sehingga didapatkan data sebagai berikut :

$$P = 1,10 \cdot 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 0,7$$

$$P = 754,3 \text{ W}$$

$$P = 0,75 \text{ KW}$$

Sedangkan daya rencana dapat dihitung dengan :

$$Pd = fc \times P \quad (4.4)$$

Sehingga daya rencana adalah :

$$Pd = 1,2 \times 754,3 \text{ Watt}$$

$$Pd = 905 \text{ Watt}$$

$$Pd = 905 = 0,905 \text{ kW}$$

4.2.4 Analisis perhitungan Pelampung

Dalam perencanaan pembuatan pembangkit listrik alternatif metode yang peneliti gunakan dengan metode mengapung yang digunakan adalah beberapa derigen. Adapun pelampung yang digunakan adalah derigen yang mempunyai ukuran volume 20 liter untuk mencari nilai gaya pelampung digunakan rumus usaha dan gaya apung yaitu :

$$W = m \times g$$

Maka :

$$W_{\text{beban}} = 42,11 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ = 413,10 \text{ kg m/s}^2$$

$$W_{\text{beban}} = 413,10 \text{ N}$$

Dimana : F_B = gaya apung (N)

γ = berat jenis air (kN/m³)

V = volume galon (m³)

diketahui $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$

V = volume dari derigen m³

Maka

$$F_B \text{ 1 derigen} = 9,81 \text{ kN/m}^3 \times 0,02 \text{ m}^3 \text{ Derigen} \\ = 0,1962 \text{ kN} \\ = 196,2 \text{ N}$$

$$F_B \text{ 2 derigen} = 196,2 \text{ N} \times 2 \text{ Derigen} \\ = 392,4 \text{ N}$$

$$F_B \text{ 3 derigen} = 196,2 \text{ kN} \times 3 \text{ Derigen} \\ = 588,6 \text{ N}$$

4.2.5 Perhitungan Efisiensi Turbin

Turbin yang merupakan bagian paling penting dalam pembuatan dari unit pembangkit listrik tenaga mikrohidro dimensi dari bentuk turbin akan mempengaruhi putaran runner dimana untuk mengetahui performa atau efisiensi dari turbin dapat diketahui dengan cara mencari nilai momen torsi turbin dan kecepatan angular dibagi dengan daya air yang mengalir yaitu sebagai berikut :

$$\eta_o = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta_o = \frac{T \cdot \omega}{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q} \times 100 \%$$

$$= \frac{323}{2697} \times 100 \% = 12 \%$$

4.2.6 Analisis Data Pengujian PLTMH

Pada uji coba pembangkit listrik alternatif ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan pembuktian bahwa konstruksi pada mesin-mesin penggerak dari turbin air dapat memutar alternator dengan baik dan menghasilkan tegangan. Sesuai dengan yang diharapkan dan dari tegangan DC yang

dihasilkan. Pada data penelitian yang akan disajikan berdasarkan pada hasil pengujian pembangkit listrik alternatif hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 5.4**

Tabel 4.2 Data Pengujian PLTMH

No	Kecepatan Alternator	Tegangan Alternator	Arus Alternator	Daya Alternator
1.	734 Rpm	12,76 Volt	2,1 Ampere	26,76 W
2.	750 Rpm	12,82 Volt	2,2 Ampere	28,20 W
3.	784 Rpm	12,93 Volt	2,3 Ampere	29,73 W
4.	814 Rpm	12,90 Volt	2,4 Ampere	30,96 W
5.	787 Rpm	12,84 Volt	2,3 Ampere	29,53 W
6.	750 Rpm	12,82 Volt	2,2 Ampere	28,20 W
7.	816 Rpm	12,95 Volt	2,4 Ampere	31,08 W
8.	826 Rpm	13,10 Volt	2,6 Ampere	34,06 W
9.	819 Rpm	12,97 Volt	2,4 Ampere	31,12 W
10.	824 Rpm	13,07 Volt	2,6 Ampere	33,98 W
Rata-Rata	790 Rpm	12,91 Volt	2,35 Ampere	30,33 W

1. Daya yang dikeluarkan oleh listrik yang diperoleh untuk pembangkit listrik alternatif dengan menggunakan jumlah sudu berjumlah 13 adalah :

$$P = V \times I$$

$$= 12,91 \text{ volt} \times 2,35 \text{ Ampere} \\ = 30,33 \text{ Watt}$$

2. Energi yang dikeluarkan pembangkit listrik dalam perjamnya adalah :

$$W = P \times t$$

$$= 30,33 \text{ Watt} \times 1 \text{ jam} \\ = 30,33 \text{ Watt/jam}$$

3. Sedangkan untuk efisiensi dari generator sebagai berikut :

$$\eta_{gen} = \frac{P_e}{P_{out}} \times 100 \%$$

$$= \frac{V \cdot I}{T \cdot \omega} \times 100 \%$$

$$= \frac{12,91 \times 2,35}{3,92 \times 82,64} = \frac{30,33}{323} \times 100 \% = 10 \%$$

4. Dalam pengujian beban listrik lampu 20 watt, lamanya lampu dapat menyala adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$W = 30,33 \text{ Watt/jam}$$

$$\text{Beban} = 20 \text{ Watt}$$

$$t = \frac{30,33 \text{ Watt/jam}}{20 \text{ watt}}$$

$$t = 1,5 \text{ jam}$$

4.2.7 Analisis Data Pengujian Sel Surya

Pengujian Sel Surya dilakukan pada bulan Mei 2019 dengan menggunakan Panel Surya 10WP dan kemudian menjemur Modul Panel Surya pada pagi hari dengan posisi Tegak lurus ke atas hal ini

bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut datang matahari dan juga seberapa besar pengaruh sudut tersebut cara pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.2 : Lokasi Sungai Krasak

1. Perhitungan Efisiensi Solar Cell

Nilai efisien dari solar cell yang akan digunakan dengan melihat spesifikasi dari Solar Cell yang akan digunakan. Berdasarkan rumus perhitungan dalam mencari nilai efisien Solar Cell yang akan dihasilkan adalah sebagai berikut:

Dari spesifikasi panel surya yang telah diketahui nilai tersebut adalah :

$$\begin{aligned} P_{mx} &= 10 \text{ Wat per } hours \\ \text{Iradiansi} &= 1000 \text{ Watt/ } m^2 \\ A &= 0,32 \times 0,22 \text{ m} \\ &= 0,07 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka nilai efisiensi dari Solar Cell yang diberikan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{max}}{\text{Iradiansi} \times A} \\ &= \frac{10}{1000 \times 0,07} \\ &= 14,28 \% \end{aligned}$$

Efisiensi dari panel Solar Cell yang akan diimplementasikan pada perancangan skala mikro untuk pengisian aki motor sebesar 14,28 %

2. Hasil Pengujian

Pengambilan data untuk satu arah sel surya dilakukan selama 6 jam tergantung dari kondisi alam, bila hujan tiba pengambilan data akan dihentikan. Sedangkan pencatatan data dilakukan secara manual yang dimana akan dilakukan setiap 30 menit sekali. Waktu mulai pengambilan data akan dilakukan pada pukul 08.00 pagi dan berakhir pada 13.30. hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel

Tabel 4.3 Pengukuran Solar Sell

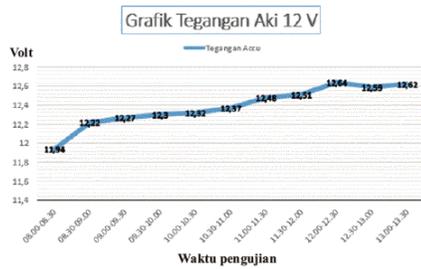
Waktu	Tegangan	Tegangan Accu	Arus	Daya
08.00-08.30	12,01 V	11,94 V	0,10 A	1,20 W
08.30-09.00	12,11 V	12,22 V	0,12 A	1,45 W
09.00-09.30	12,34 V	12,27 V	0,13 A	1,60 W
09.30-10.00	12,38 V	12,30 V	0,14 A	1,73 W
10.00-10.30	12,39 V	12,32 V	0,18 A	2,32 W
10.30-11.00	12,44 V	12,37 V	0,19 A	2,36 W
11.00-11.30	12,46 V	12,48 V	0,19 A	2,36 W
11.30-12.00	12,45 V	12,51 V	0,19 A	2,36 W
12.00-12.30	12,57 V	12,64 V	0,26 A	3,26 W
12.30-13.00	12,51 V	12,59 V	0,13 A	1,62 W
13.00-13.30	12,10 V	12,62 V	0,12 A	1,46 W
Rata-Rata	12,38 V	12,38 V	0,15 A	2,19 W

Dari hasil penelitian didapatkan data tegangan dan arus yang diukur tidak stabil terlihat pada pukul 12:30 tegangan dan arus terbesar terukur pada waktu tersebut, sedangkan pada pukul 13:30 menghasilkan tegangan dan arus terendah. Hal ini terjadi karena beberapa faktor alam yaitu intensitas kontak cahaya matahari terhadap solar cell, cuaca didaerah uji coba dan beberapa faktor lainnya. Sehingga berdasarkan grafik waktunya sebagaimana digambarkan pada grafik berikut telah diketahui masing-masing indikator yaitu daya yang dihasilkan, pada sungai, tegangan pada solar cell, arus yang masuk dari solar cell ke baterai dan nilai tegangan baterai tersebut.



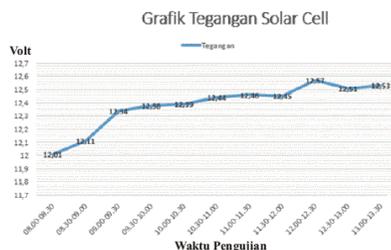
Gambar 4.3 : Grafik Daya

Nilai daya yang dihasilkan cenderung rendah sehingga perlu beberapa waktu guna dapat mengisi baterai hingga batas tegangan maksimum. Nilai daya tertinggi terletak pada pada pukul 12.30 yaitu sebesar 3,26 watt sehingga dari rata-rata pengukuran daya yang diperoleh adalah sebesar 2,9 watt.



Gambar 4.4 : Grafik Tegangan aki 12v

Pada gambar grafik tegangan aki yang diperoleh dari pengukuran tersebut. Nilai yang terukur cenderung fluktuatif rendah. Hal ini dikarenakan nilai daya yang dihasilkan oleh solar cell cukup rendah dan tak stabil. Oleh karena itu dalam hal melakukan proses pengisian energi listrik ke aki cenderung lama karena beberapa faktor demikian.



Gambar 4.5 : Grafik Tegangan solar cell

Sedangkan pada grafik tegangan telah diketahui nilai tegangan maksimum yang diperoleh solar cell pada pukul 12:30 yaitu sebesar 12,57 Volt dan nilai arus terendah terjadi pada pukul 13:30 hal ini dipengaruhi oleh radiasi matahari, faktor lingkungan dan cuaca yang terjadi pada waktu tersebut cenderung lebih rendah dibandingkan dengan hari-hari lainnya.

Setelah melakukan penelitian telah diketahui dari hasil pengujian solar cell yang digunakan untuk mengisi aki menggunakan solar control charger yang dihubungkan ke aki 12Vdc. Dari data diatas perlu diketahui daya rata-rata yang diserap oleh aki sebesar 2,19 Watt dengan menghasilkan arus solar cell rata-rata senilai 0,15 Ampere. Data diatas merupakan pengujian solar cell yang dilakukan mulai pukul 08.00 sampai dengan 13.30 siang Sehingga dari data tersebut perlu diketahui bahwa, besarnya energi yang diperoleh dalam melakukan pengujian pada tanggal 18-05-2019 dari pengisian energi pada waktu 08.00 sampai dengan 13.30 tersebut adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= P \times t \\
 &= 2,19 \times 6 \text{ jam} \\
 &= 13,2 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan dalam penelitian ini :

- Pada tugas akhir ini telah dilakukan pengujian sistem PLTMH dan Solar cell dengan menggunakan turbin model under shoot di sungai krasak dengan data kecepatan aliran sungai sebesar 1,10 m/s sedangkan untuk data debit aliran sungai yang didapatkan sebesar 2,75 m³/s.
- Pada pengoperasian model sistem PLTMH didapatkan tegangan rata-rata yang dapat dikeluarkan oleh alternator sebesar 12,91 watt dengan kecepatan rata-rata putaran alternator sebesar 790 Rpm. Pembangkit ini dapat menghasilkan energi sebesar 30,33 watt/jam. Sehingga apabila energi yang didapatkan digunakan untuk mengalirkan ke beban lampu 20 watt maka lampu akan bisa menyala selama 1,5 jam.
- Dari hasil pengujian pada panel surya 10 WP, dengan model pemasangan kemiringan horisontal atau menghadap tegak lurus ke matahari menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 12,38V dan arus rata-rata sebesar 0,15A. sehingga menghasilkan daya keluaran sebesar 2,19 W dan jika dikalkulasikan energi yang didapatkan solar cell dalam 1 hari selama 6 jam sebesar 13,2 Wh.
- Pada perhitungan efisiensi turbin jenis undershoot mempunyai nilai efisiensi sebesar 12 % sedangkan pada pembangkit listrik tenaga air mempunyai nilai efisiensi sebesar 10 % dan pada pembangkit listrik solar cell dengan ukuran 10 Wp menghasilkan nilai efisiensi sebesar 14 %.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian yang selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Pada alternator sebelum digunakan sebaiknya dimodifikasi gulungannya menjadi lebih kecil agar dapat bekerja dengan baik menghasilkan listrik meskipun putaran dari turbin kecil.
- Pembuatan sudu sudu turbin sebaiknya dilakukan dengan model yang lebih baik. Agar dapat memaksimalkan daya dorong air meskipun debit air kecil dapat berputar dengan baik dan optimal.
- Penggunaan kabel yang sesuai dengan spesifikasi agar tidak terjadi panas yang berlebihan pada kabel sesuai dengan proses distribusi tegangan dan arus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andi Eko, P (2017) *Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Sebagai Sumber Listrik Tenaga Terbarukan dengan Pemanfaatan Aliran Air dari Pompa Air Rumah Tangga*, Skripsi, S.T., Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta
- [2] Dedek Lamputra, S(2017) *Rancang Bangun Alat Uji Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Silang*, Skripsi, S.T., Universitas Lampung, Bandar Lampung
- [3] Hariyanto, R (2014), *Rancang Bangun Prototype Mikro Hidro Menggunakan Turbin Type Cross Flow*, Skripsi, S.Si., Universitas Negeri Jakarta, Jakarta
- [4] Kurniawan, A(2015) *Rancang Bangun Pemanfaatan Tenaga Mikrohidro Dengan Metode Elemen Hingga Berdasarkan Posisi dan Bentuk Sudu Screw Pump*, Skripsi,S.T.,Universitas Bengkulu, Bengkulu
- [5] Kudeng, M(2015), *Rancang Bangun Pemanfaatan Mikrohidro Untuk Membangun Desa Mandiri Energi* Penelitian Kehutanan Wallacea Vol 4(1), 71 – 80.
- [6] Agung, N dan Zanuri M.,(2008), *Ilmu Pengetahuan Alam Terpadu*, Jakarta : Gramedia Widiasara Indonesia
- [7] Bima, I (2012), *Analisa Kincir Air Tipe Sudu Datar Dengan Variasi Sistem Aliran Fluida*, Skripsi, S.T., Universitas brawijaya, Malang
- [8] Bodo, I (2008), *Karakterisasi Daya Turbin Pelton Mikro Dalam Variasi Bentuk Sudu*, Skripsi, S.T., Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- [9] Timotius, C (2009), *Perancangan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Skripsi, S.T., Universitas Indonesia, Jakarta