

DESAIN DAN IMPLEMENTASI MODUL PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO PADA RUMAH DENGAN POMPA PENYIMPANAN ENERGI

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MICROHYDRO ELECTRICITY ENERGY WITH PUMPED STORAGE

Gorbi Prasetya¹, Sony Sumaryo², Cahyantari Ekaputri³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹Gorbil@students.telkomuniversity.ac.id, ²Sony@telkomuniversity.ac.id,

³cahyantarie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah energi listrik yang dihasilkan dengan menggunakan energi air yang bergerak mengubah energi potensial air menjadi energi listrik. Turbin air digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis poros yang akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.

Dalam Tugas Akhir kali ini telah dilakukan perancangan dan implementasi Pembangkit listrik *Micro Hydro Pumped Storage* dengan metode pembangkitan energi yang identik dengan *hydroelectric plant* pada sebuah *Solar Home* yang digunakan sebagai penyimpan daya bantuan. Penyimpanan air dilakukan dengan cara memompa air dari tempat penyimpanan air yang lebih rendah menuju tempat penyimpanan air yang berada di tempat yang lebih tinggi menggunakan daya berlebih yang dihasilkan oleh PV. Pada saat beban listrik sebuah rumah terlalu besar atau baterai tidak sanggup untuk menyuplai daya yang cukup ke beban, maka *Pumped Storage* akan membuka keran sehingga air dapat mengalir dari tempat penyimpanan yang tinggi menuju tempat penyimpanan yang lebih rendah sehingga dapat menjadi sebuah pembangkit listrik tenaga air yang digunakan untuk menghasilkan daya listrik bantuan

Kata kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Air, HydroElectric plant, Energy Storage, PLTMH

Abstract

Hydro electric power plant is a current energy which has been generated from a water movement (called as water potential energy), water potential energy is used to give an input to water turbine. Water potential energy will give an input to the water turbine and will make a rotor from water turbine rotate to create current energy.

In this final project the writer will will design and implement a micro hydro electric pumped storage with a metode who identic with a hydroelectric plant in the smart home, it used as a backup power in the smart home. a lower place storage will send the water to a higher storage with a PV power. When the electrical load is over than PV can be give or when the battery can't supply enough energy to the load, then pumped storage will opened and start working to produce an extra energy from a higher place of storage to the lower place of storage for smart home.

Key word kunci: pumped storage HydroElectric plant, Energy Storage, PLTMH

1. Pendahuluan

Menurunnya pasokan energi listrik di berbagai wilayah terpencil merupakan suatu masalah yang harus diselesaikan di Indonesia. Menurunnya sumber daya alam tenaga listrik tenaga konvensional merupakan penyebab menurunnya pasokan energi listrik tenaga konvensional. Seperti halnya di kota Bali masyarakat diminta untuk menghemat penggunaan energi listrik konvensional. [1]

Pada tugas akhir ini telah dirancang dan dibuat Modul pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada rumah dengan pompa penyimpanan energi. Pompa penyimpanan yang digunakan merupakan toren air yang digunakan untuk menyimpan air sebagai sumber energi yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Air dikirim dari tempat penyimpanan bawah ke tempat penyimpanan atas, kemudian air pada tempat penyimpanan atas dikirim ke tempat penampungan bawah melalui turbin dan generator, air kemudian disimpan pada tempat penyimpanan bawah dan kemudian dikirim kembali pada saat energi PV berlebih.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1. Jenis Pembangkit Listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salahsatu pembangkit yang memanfaatkan aliran air untuk diubah menjadi energi listrik Pembangkit listrik ini bekerja dengan cara merubah energi air yang mengalir (dari bendungan atau air terjun) menjadi energi mekanik (dengan bantuan turbin air) dan dari energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator). Pembangkit listrik tenaga air dibagi menjadi tiga golongan seperti pada tabel dibawah.

No	Jenis	Daya kapasitas
1.	PLTA	>5 MW (5.000kW).
2.	PLTM	100kW < PLTM< 5.000 kW
3.	PLTMH	<100kW

Tabel II. 1 Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air [2]

Daya listrik yang dibangkitkan dapat dihitung menggunakan pendekatan rumus :

$$P = 9,8 Q X H X \eta_t x \eta_g \quad (kW) [2]$$

Dimana :

P = Daya yang dihasilkan (kW)

Q = Debit air dalam (m³/detik)

H = Tinggi terjun (m)

η_t = Efisiensi turbin (%)

η_g = Efisiensi Generator (%)

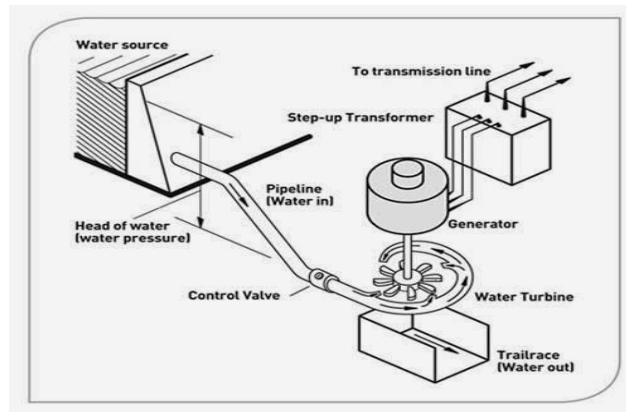
pada penelitian ini daya yang masuk ke baterai harus besar dari daya baterai yang keluar menuju beban lampu pada suatu rumah, hal ini bertujuan untuk menjaga lampu tetap hidup pada saat sistem pengisian daya baterai dan baterai dapat terisi pada saat yang bersamaan.

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit listrik mikrohidro adalah pembangkit listrik dihasilkan oleh generator listrik DC atau AC. Mikrohidro berasal dari kata *micro* yang berarti kecil dan *hydro* artinya air, arti keseluruhan adalah pembangkitan listrik daya kecil yang digerakkan oleh tenaga air. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai untuk menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik [3].

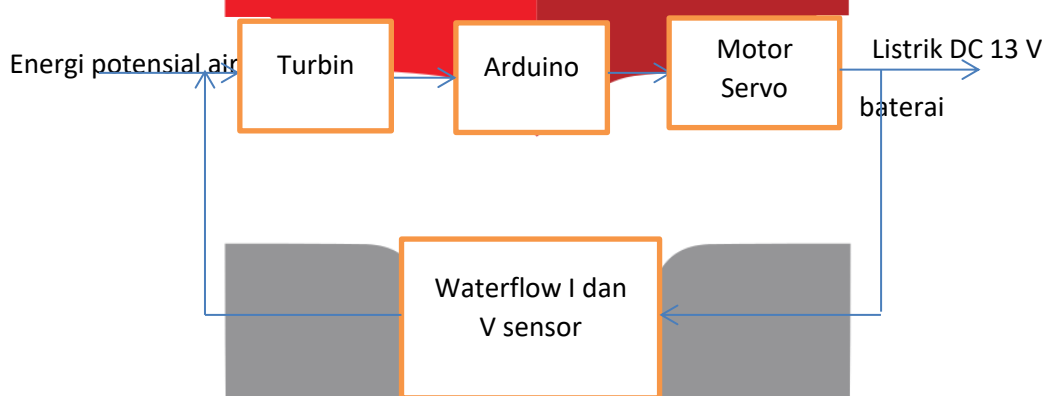
Pembangkit tenaga listrik mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini berfungsi untuk memutar poros

turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik.



Gambar 2. Proses kerja PLTMH [3]

2.3. Blok Diagram Sistem Keseluruhan

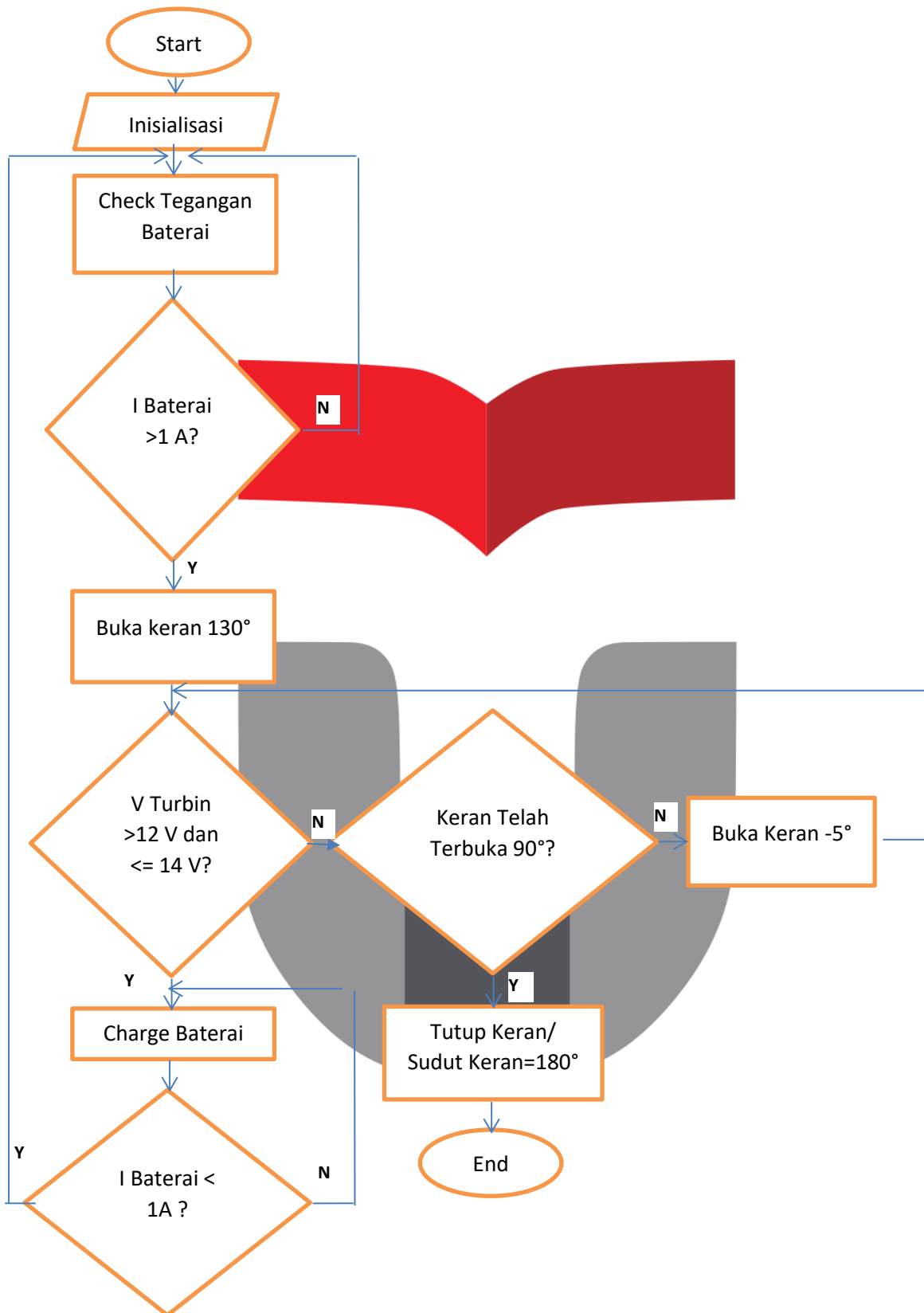


Gambar 1. Blok Diagram Sistem Keseluruhan.

Berdasarkan diagram blok diatas energi potensial air diatur melalui arduino, yang digunakan untuk mengatur sudut motor servo yang bertujuan sebagai pengatur tingkat pembukaan dari keran pembuka penampungan air dibagian atas, waterflow sensor membaca I dan V dari energi potensial air, kemudian waterflow sensor akan mengirim balik hasil dari energi potensial air yang kemudian dibaca kembali oleh arduino sehingga arduino dapat mengontrol kembali sudut motor servo untuk mengatur debit air yang diperlukan. Water flow sensor terus membaca dan mengirim sinyal menuju arduino untuk mengatur besar sudut motor servo agar dapat menghasilkan debit air yang diperlukan sehingga dapat menghasilkan tegangan yang sesuai, yaitu sebesar besar dari 12V dan kurang dari sama dengan 14 Volt. Apabila tegangan telah mencukupi maka sistem diteruskan untuk pengisian baterai.

Berdasarkan diagram blok diatas energi potensial air diatur melalui arduino, yang digunakan untuk mengatur sudut motor servo yang bertujuan sebagai pengatur tingkat pembukaan dari keran pembuka penampungan air dibagian atas, waterflow sensor membaca I dan V dari energi potensial air, kemudian waterflow sensor mengirim balik hasil dari energi potensial air yang kemudian dibaca kembali oleh arduino sehingga arduino dapat mengontrol kembali sudut motor servo untuk mengatur debit air yang diperlukan. Water flow sensor terus membaca dan mengirim sinyal menuju arduino untuk mengatur besar sudut motor servo agar dapat menghasilkan debit air yang diperlukan sehingga dapat menghasilkan tegangan yang sesuai, yaitu sebesar besar dari 12V dan kurang dari sama dengan 14 Volt. Apabila tegangan telah mencukupi maka sistem diteruskan untuk pengisian baterai.

Gambar 2. Flowchart Keseluruhan Sistem



Gambar 2. Flowchart Keseluruhan Sistem

3. Hasil Pengujian dan Analisis

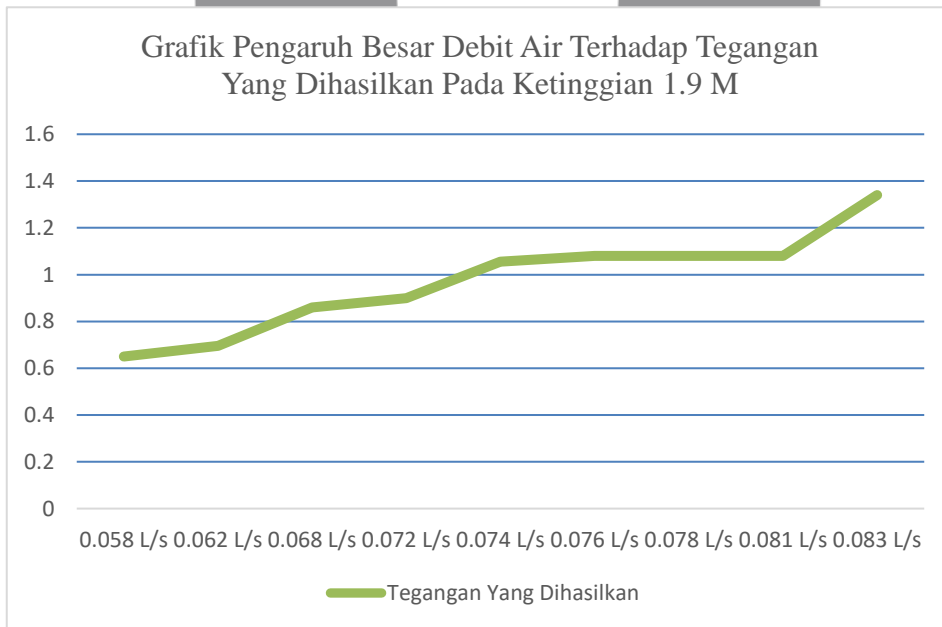
3.1. Pengujian Pada ketinggian 1,9M dan 5,3M Tanpa Terhubung Baterai

Pada pengujian pertama keran dibuka dengan sembilan tahap pembukaan tanpa terhubung dengan beban (Aki 12V). pada kondisi awal keran di buka sebesar 130° sudut keran dikurangi sebesar 5° sampai keran berada pada posisi terbuka secara sempurna (90°). Pada pengujian ini besar debit air, sudut keran dan besar tegangan yang di hasilkan di ukur pada dua ketinggian yang berbeda.

Ketinggian 1.9M

Tegangan Turbin (V)	Jumlah debit air (L/s)	Sudut Keran (°)	Daya(watt) $P= \text{Pair} \times Q \times H \times g \times \text{Effturbin}$
0.65 V	0.045 L/s	130°	0.62 watt
0.695 V	0.047 L/s	125°	0.65 watt
0.86 V	0.05 L/s	120°	0.69 watt
0.9 V	0.052 L/s	115°	0.72 watt
1.055 V	0.054 L/s	110°	0.75 watt
1.08 V	0.056 L/s	105°	0.78 watt
1.08 V	0.056 L/s	100°	0.78 watt
1.08 V	0.056 L/s	95°	0.78 watt
1.34 V	0.057 L/s	90°	0.79 watt

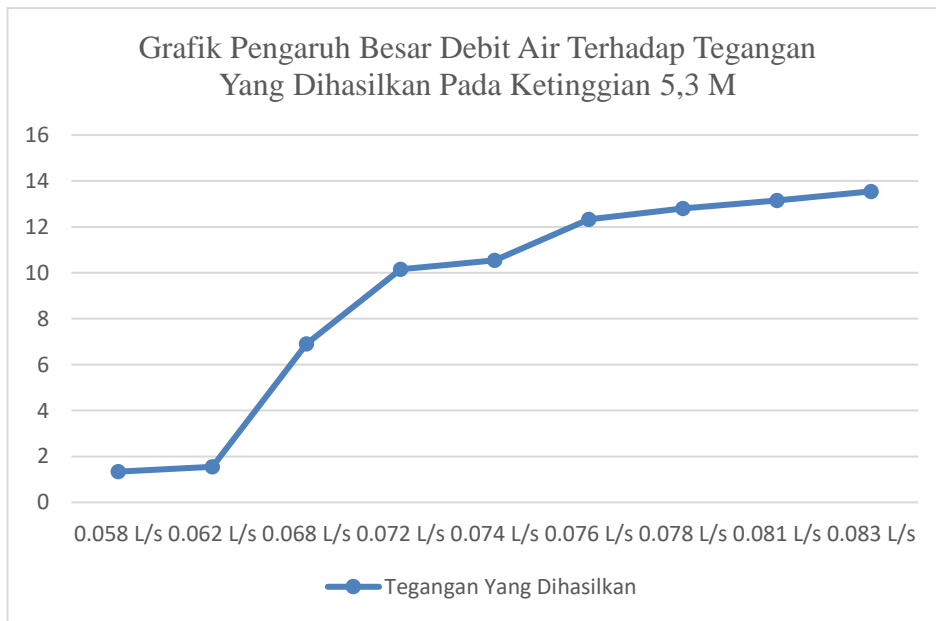
Tabel 3.1 A Ketinggian 1.9 M



Grafik 3.1 Grafik Tegangan Terhadap Debit Air Ketinggian 1,9

Tegangan Turbin (V)	Jumlah debit air (L/s)	Sudut Keran (°)	Daya (watt) $P= \text{Pair} \times Q \times H \times g \times \text{Effturbin}$
1.42	0.058 L/s	130°	2.26 watt
1.545	0.062 L/s	125°	2.41 watt
6.9	0.068 L/s	120°	2.65 watt
10.15	0.072 L/s	115°	2.80 watt
10.55	0.074 L/s	110°	2.88 watt
12.33	0.076 L/s	105°	2.96 watt
12.8	0.078 L/s	100°	3.04 watt
13.15	0.081 L/s	95°	3.15 watt
13.55	0.083 L/s	90°	3.23 watt

Tabel 3.1 B Ketinggian 5.3 M



Grafik 3.1 Grafik Tegangan Terhadap Debit Air Ketinggian 5.3

Dari dua ketinggian yang berbeda ini maka dapat diketahui bahwa ketinggian air mempengaruhi besar debit air yang didapat dan mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan.

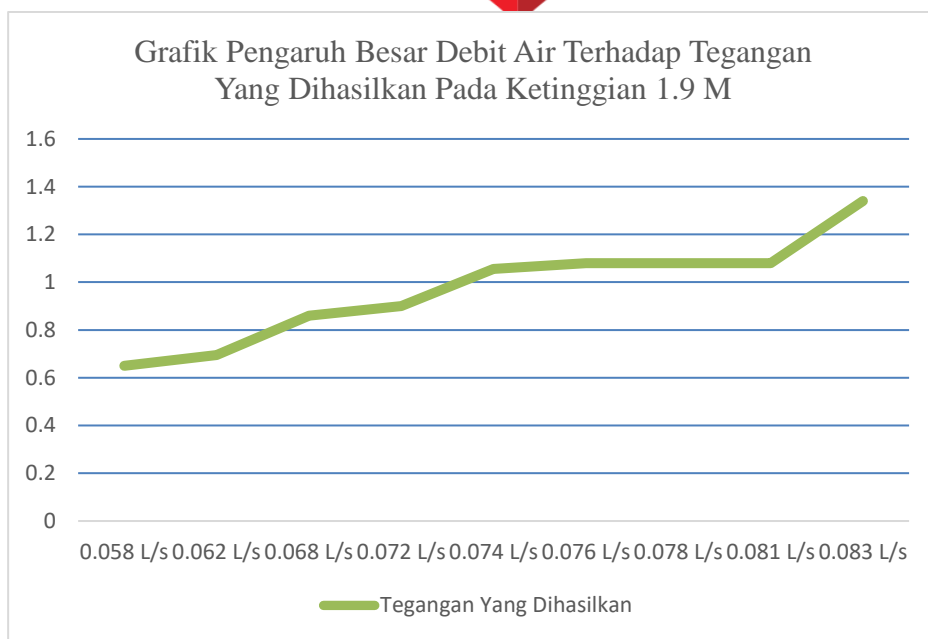
3.2. Pengujian pada ketinggian 1.9 m dan 5,3 m terhubung dengan baterai.

Pada pengujian pertama keran dibuka dengan sembilan tahap pembukaan tanpa terhubung dengan beban (Aki 12V). pada kondisi awal keran dibuka sebesar 130° sudut keran dikurangi sebesar 5° sampai keran berada pada posisi terbuka secara sempurna (90°). Pada pengujian ini besar debit air, sudut keran dan besar tegangan yang di hasilkan di ukur pada dua ketinggian yang berbeda.

Ketinggian 1.9M

Tegangan Turbin (V)	Jumlah debit air (L/s)	Sudut Keran (°)	Daya(watt) $P= \rho \times Q \times H \times g \times \text{Eff}_{\text{turbin}}$
0.65 V	0.045 L/s	130°	0.62 watt
0.695 V	0.047 L/s	125°	0.65 watt
0.86 V	0.05 L/s	120°	0.69 watt
0.9 V	0.052 L/s	115°	0.72 watt
1.055 V	0.054 L/s	110°	0.75 watt
1.08 V	0.056 L/s	105°	0.78 watt
1.08 V	0.056 L/s	100°	0.78 watt
1.08 V	0.056 L/s	95°	0.78 watt
1.34 V	0.057 L/s	90°	0.79 watt

Tabel 3.1 A Ketinggian 1.9 M



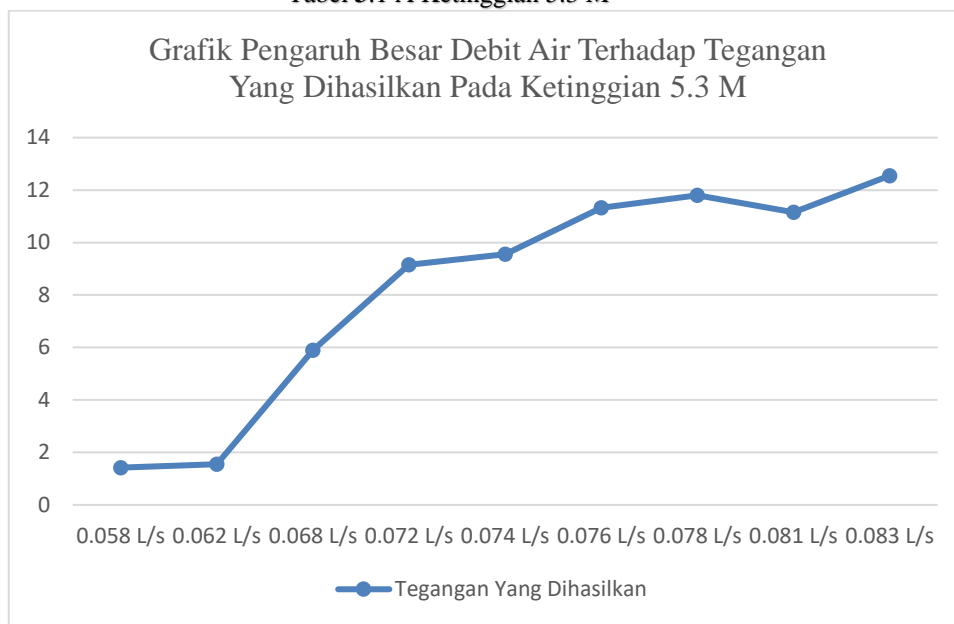
Grafik 3.1 Grafik Tegangan Terhadap Debit Air Ketinggian 1.9M

Ketinggian 5,3 M

Tegangan Turbin (V)	Jumlah debit air (L/s)	Sudut Keran (°)	Daya (watt) $P= \rho \times Q \times H \times g \times \text{Eff}_{\text{turbin}}$
1.42	0.058 L/s	130°	2.26 watt
1.545	0.062 L/s	125°	2.41 watt

5.9	0.068 L/s	120°	2.65 watt
9.15	0.072 L/s	115°	2.80 watt
9.55	0.074 L/s	110°	2.88 watt
11.33	0.076 L/s	105°	2.96 watt
11.8	0.078 L/s	100°	3.04 watt
11.15	0.081 L/s	95°	3.15 watt
12.55	0.083 L/s	90°	3.23 watt

Tabel 3.1 A Ketinggian 5.3 M



Grafik 3.1 Grafik Tegangan Terhadap Debit Air Ketinggian 5.3

Dari dua ketinggian yang berbeda ini maka dapat diketahui bahwa ketinggian air mempengaruhi besar debit air yang didapat dan mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan. Tegangan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro turun pada saat sistem melakukan pengisian baterai. Hal ini disebabkan oleh hambatan dalam pada baterai pada saat sistem melakukan pengisian baterai.

3.3. Hitungan matematis besar debit air dan pengaruh ketinggian terhadap besar daya yang dihasilkan

Hitungan matematis debit air dan daya listrik yang di hasilkan.

Pengujian:

Pengujian menggunakan satu buah baskom dengan volume sebesar 12.276 dm³ keran di buka penuh kemudian dilakukan pengisian baskom dan diukur waktu pengisian baskom sampai terisi penuh sehingga didapat waktu pengisian baskom sampai terisi penuh selama 128.5 detik.

Maka diketahui:

V=12.276 dm³

t= 128.5 s

$$V=Q \times T$$

$$Q = 12.276 : 128.5 = 0.095 \text{ L/s}$$

Maka daya yang didapat

$$P = \rho \times Q \times H \times \text{Eff} \times g$$

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{0.095 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} \times 5.3 \text{ meter} \times 0.75 \times 9.81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$= 3.704 \text{ watt}$$

Jika pada pengukuran debit air pada saat keran terbuka penuh menggunakan *water flow* sensor didapat $Q = 0.083 \text{ L/s}$

$$\text{Maka di dapat : } P = \rho \times Q \times H \times \text{Eff} \times g$$

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{0.083 \text{ m}^3}{1000 \text{ s}} \times 5.3 \text{ meter} \times 0.75 \times 9.81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$= 3.230 \text{ watt}$$

Dari perhitungan tersebut maka didapat perbandingan debit air menggunakan hitungan matematis dengan menggunakan *waterflow* sensor adalah $0.095 \text{ L/s} / 0.083 \text{ L/s}$ (perhitungan secara matematis) : 0.083 L/s (perhitungan menggunakan *waterflow* sensor) = $1 : 0.87$ sedangkan perbandingan daya yang dihasilkan adalah 3.704 watt (perhitungan secara matematis) : 3.23 watt (perhitungan menggunakan *waterflow* sensor) dari data tersebut maka di dapat selisih perhitungan secara matematis dengan menggunakan *waterflow* sensor sebesar 13%.

Dari rumus tersebut di dapat bahwa ketinggian air berbanding lurus dengan besar daya energi listrik yang di hasilkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa desain dan implementasi modul pembangkit listrik mikrohidro pada rumah dengan pompa penyimpanan energi ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian pada ketinggian 5.3 M dan 1.9 M tanpa terhubung dengan baterai memiliki tegangan maksimal sebesar 13.55 V pada ketinggian 5.3 M dan 1.34 V pada ketinggian 1.9 M. Debit air maksimal yang dapat diperoleh pada ketinggian 5.3 M adalah 300 L/H dan pada ketinggian 1.9 M sebesar 205 L/H.
2. Pengujian pada ketinggian 5.3 M dan 1.9 M terhubung dengan baterai memiliki tegangan maksimal sebesar 12.55 V pada ketinggian 5.3 M dan 1.34 V pada ketinggian 1.9 M. Debit air maksimal yang dapat diperoleh pada ketinggian 5.3 M adalah 300 L/H dan pada ketinggian 1.9 M sebesar 205 L/H.
3. Pada pengujian sistem otomatis pembangkit listrik tenaga mikrohidro keran air akan tertutup saat tegangan baterai kurang dari sama dengan 6 V dan akan membuka pada saat tegangan besar dari sama dengan 11 V.
4. Besar debit air yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan yang sesuai sebesar 300 L/H sehingga dengan menggunakan tandon air sebesar 1050 L maka air akan habis pada waktu 3.5 jam.
5. Dari pengujian yang telah dilakukan menggunakan pembangkit listrik tenaga mikrohidro, jumlah debit air yang diperlukan untuk melakukan pengisian baterai minimal 300 L/H sehingga besar volume air yang berada pada tempat penyimpanan minimal memiliki kapasitas volume air sebesar 5400 L. Besar volume air sebesar 5400 L digunakan untuk sistem pengisian baterai selama 18 jam tanpa adanya bantuan dari energi pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi sebagai alat mengisi air ke tempat penyimpanan, hal ini di sebabkan waktu efektif dari panel surya untuk melakukan sistem pengisian air berada pada jam 10.00 – 17.00.

5. Saran

Untuk pengembangan penelitian sebelumnya, pembuatan sistem disarankan untuk :

1. Penambahan panel surya atau penambahan daya panel surya sangat di perlukan untuk penelitian ini, penambahan panel surya bertujuan untuk penambahan jumlah volume air yang dapat di simpan bertambah lagi.
2. Penambahan jumlah tandon yang digunakan diperlukan hal ini bertujuan untuk lebih mengoptimalkan jam kerja dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro.
3. Peninjauan kembali kinerja dari generator turbin air seperti apa yang dapat menghasilkan tegangan yang optimal.
4. Peninjauan kembali kinerja mesin pengiriman air supaya jumlah debit air yang dikirim sama dengan jumlah debit air yang di buang.
5. Dibutuhkan keakuratan sensor arus dan tegangan yang tepat agar dapat meminimalisasikan error pada sistem ini.



Daftar Pustaka

- [1] Kapanlagi.com, “pasokan listrik mulai berkurang Bali diminta berhemat,” merdeka,20februari2008.[Online].Available: <https://www.merdeka.com/uang/pasokan-listrik-mulai-berkurang-bali-diminta-berhemat-paooptv.html>. [Diakses 24 mei 2017].
- [2] A. R. Putra, A. H. Fadilah, B. E. S. Putra, M. A. Banifade dan T. A. Pratama, “PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR,” 29 2013. [Online]. Available: http://www.academia.edu/6251469/MAKALAH_PLTA.
- [3] A.I.Ansori,Februari2014.[Online].Available: <http://insyaansori.blogspot.co.id/2014/02/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html?m=0>.
- [4] S.K.CHOUDHARY, “RobustFeedbackControlAnalysisofMagneticLevitationSystem,” pp. 285-291, 2014.
- [5] M. Hypiusová dan J. Osuský, “PID CONTROLLER DESIGN FOR MAGNETIC LEVITATION MODEL,” pp. 1-7, 2013.
- [6] K. Zhou dan J. C. Doyle, “Essential Of Robust Control,” dalam *Essential Of Robust Control*, New Jersey, Tom Robbins, 1998, pp. 129-147.
- [7] R. Borsuk, “Magnetic Levitation : Reid Borsuk,” 2014. [Online]. Available: <http://www.reidb.net>.