



Rancang Bangun Portable Micro Hydro dengan Pelton Turbine Karisma Tri Agung L.¹, Hanifah Nur Kumala N¹, Budi Artono^{1*}

¹Politeknik Negeri Madiun

*Email Penulis: budiartono@pnm.ac.id

(Artikel diterima: April 2023, direvisi: Mei 2023)

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam. PLTMH juga termasuk dalam pembangkit yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah apapun. Energi listrik merupakan salah satu hal yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia bahkan dalam kehidupan primer masyarakat Indonesia. Dengan memanfaatkan sumber energi air yaitu dengan mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Turbin yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator. Kemudian generator akan menghasilkan energi listrik. Kemudian dirancangkanlah sebuah pembangkit listrik portable dengan model turbin pelton. Perancangan pembangkit listrik portable dengan model turbin pelton menggunakan jumlah variasi sudu 7,6 dan 4 dengan jari jari sudu sebesar 10,75 cm dan ketebalan 20 mm. Pembangkit listrik portable menggunakan generator DC 12 Volt dan daya maksimal 10 Watt. Pengujian daya, kecepatan, dan energi dilakukan pada tahap pengujian berbeban. Pada pengujian yang dilakukan dengan variabel pengukuran berupa debit potensial air. Dari semua percobaan berhasil charging dan mengisi baterai. Diperoleh putaran minimum turbin berbeban dengan variasi sudu 4 sebanyak 438 rpm pada debit 1.6×10^{-4} (m^3/s) dan daya 1.5 Watt. Sedangkan putaran maksimal turbin berbeban dengan variasi sudu 7 sebanyak 1492 rpm pada debit 3.3×10^{-4} (m^3/s) dan daya 3,64 Watt.

Kata kunci: Mikro hidro, Portable, Turbin Pelton

I. PENDAHULUAN

Sumber energi bertenaga air atau hydro power yang mulai berkembang adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro dapat menghasilkan tenaga listrik sebesar 100kW ke bawah. Di beberapa daerah di Indonesia telah mengimplementasikan teknologi ini.

Di alam bebas sangatlah sulit untuk mendapatkan pasokan energi listrik untuk charging smartphone. Tentu itu akan sangat mengganggu kegiatan di alam bebas. Pengguna smartphone Indonesia juga bertumbuh pesat. Lembaga riset digital marketing Emarketer memperkirakan pada 2018 jumlah pengguna aktif smartphone di Indonesia lebih dari 100 juta orang (<https://kominfo.go.id>). Otomatis dengan angka pengguna handphone di Indonesia yang lebih dari 100 juta orang maka penggunaan listrik untuk charging smartphone juga meningkat pesat, serta daya tahan baterai handphone yang mayoritas hanya bertahan tidak lebih dari 2

hari akan sangat mengganggu kegiatan berpetualang di alam bebas

Dari berbagai latar belakang dan permasalahan yang dijelaskan diatas maka penulis bermaksud membuat tugas akhir "Rancang Bangun Portable Micro Hydro Dengan Pelton Turbine". Turbin yang akan digunakan adalah turbin pelton. Perancangan pembuatan rangka dan turbin akan digunakan sebagai bahan praktikum dan pembelajaran oleh mahasiswa Program Studi Teknik Listrik. Diharapkan dapat menambah pengetahuan, serta agar dengan adanya alat ini masyarakat dapat memanfaatkan aliran air di alam bebas untuk menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan tanpa membutuhkan infrastruktur tertentu yang dapat digunakan dalam keadaan darurat serta mudah dibawa dengan praktis.

II. METODOLOGI

A. Perancangan Turbin menggunakan rumus dari pelton turbine

Rumus penentuan dimensi turbin pelton :

Kecepatan mutlak jet dapat dihitung dengan persamaan (Einsering, M, 1994):

$$c1 = Kc \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Hn}$$

$$c1 = 0,98 \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,50}$$

$$= 5,31 \text{ m/s}$$

Diameter jet optimal

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot c1}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 80}{3,14 \times 5,31}}$$

$$= 4,3 \text{ cm}$$

Kecepatan keliling optimal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Einsering, M, 1994) :

$$U1 = ku \sqrt{2 \cdot g \cdot Hn}$$

$$U1 = 0,45 \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,50}$$

$$= 2,44 \text{ m/s}$$

Diameter lingkaran tusuk

$$Dlt = \frac{60 \cdot U1 \cdot i}{\pi \cdot nG}$$

$$Dlt = \frac{60 \times 2,44 \times 1}{3,14 \times 500}$$

$$= 9,3 \text{ cm}$$

Jumlah mangkok

$$Z = 5,4 \sqrt{dlt/d}$$

$$Z = 5,4 \sqrt{93/43d} = 6,54$$

$$= 7 \text{ buah}$$

Lebar mangkok

$$B = 2,5 \cdot d$$

$$= 2,5 \times 4,3$$

$$= 10,75 \text{ cm}$$

Tinggi mangkok

$$h = 2,1 \cdot d$$

$$= 2,1 \times 4,3$$

$$= 9,03 \text{ cm}$$

Lebar bukaan mangkok

$$a = 1,2 \cdot d$$

$$a = 1,2 \times 4,3$$

$$= 5,16 \text{ cm}$$

Kedalaman mangkok

$$t = 0,9 \cdot d$$

$$= 0,9 \times 4,3$$

$$= 3,87 \text{ cm}$$

Keliling lingkaran

$$k = \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 27,36$$

$$= 85,9 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar sudu} = \frac{\text{keliling lingkaran}}{\text{jumlah sudu}}$$

$$= \frac{85,9}{7}$$

$$= 12,2 \text{ cm.}$$

B. Diagram Kerja Alat

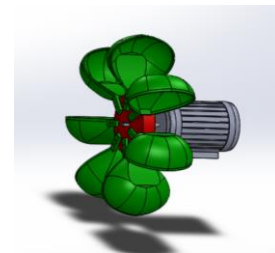
Diagram kerja alat adalah sistem kerja keseluruhan dari sistem pembangkit listrik portable dengan model turbin pelton adalah :



Gambar 1. Diagram kerja alat dari Rancang Bangun Portable micro hydro dengan pelton turbine

C. Desain Alat

Gambar adalah desain “Rancang Bangun Portable micro hydro dengan pelton turbine” sesuai dengan hitungan rumus pada dasar teori.



Gambar 2. Desain Turbin pelton

III. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Pembuatan Turbin

Hasil dari Rancang Bangun Portable micro hydro dengan pelton turbine yang telah dilaksanakan. Turbin pelton yang dirancang dengan material pembuatan berupa polylactic acid menggunakan 3D printer.



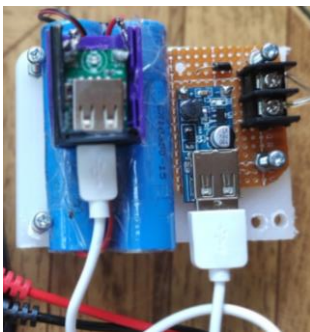
Gambar 3. Hasil Pembuatan Turbin pelton

Setelah turbin dicetak pada mesin 3D printer maka tahap selanjutnya yaitu membuat kerangka untuk turbin agar dapat menopang turbin dan generator.



Gambar 4. Hasil Pembuatan Rangka

Selanjutnya setelah modifikasi turbin dan generator selesai dirangkai, langkah selanjutnya yaitu membuat kontroller untuk sistem charging handphone. Dimana dalam kontroller ini menggunakan modul penaik tegangan dan modul charger.



Gambar 5. Pembuatan kontrol daya

Kemudian modifikasi turbin dan generator dapat dirangkai dengan kontroller charging. Setelah semuanya dirangkai menjadi satu maka langkah selanjutnya adalah memasukan di box guna melindungi dari air.

B. Pengujian debit air

Pengujian debit air diperlukan sebagai parameter penggunaan air untuk memutar turbin. Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengujian dengan dibantu adanya flowmeter yang terpasang pada air yang mengalir melewati keran. pengujian dilakukan dengan lebar bukaan keran air yang berbeda. Debit air dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = (v)/(t)$$

dimana:

- Q = debit air (m³/s)
- v = volume air (m³), dan
- t = waktu (s)

Berikut hasil pengujian debit air :

Tabel 1 Data pengujian debit air

NO	Pembukaan valve %	Volume air (m ³)	Waktu (s)	Debit Air (m ³ /s)
1	100	0.02	60	0.00033
2	75	0.02	80	0.00025
3	50	0.02	120	0.00016

C. Hasil pengujian daya, kecepatan, dan energi

Pengujian daya, kecepatan, dan energi dilakukan pada dua tahap yaitu pengujian terkopel generator dan pengujian dengan beban dengan variasi blade 7,6 dan 4.

1. Pengujian Turbin

Pengujian turbin dengan energi air dilakukan dengan kran air untuk mengontrol jumlah debit air yang keluar untuk memutar turbin. jarak kran dengan turbin berjarak 20 cm kecepatan putar akan diukur dengan 3 variabel debit air.

1.1. Pengujian Turbin dengan Variasi Blade 7

Pada pengujian kali ini turbin yang diujikan dengan variasi jumlah blade 7 dengan pengaturan sudut pemasangan 51,4°. Luas permukaan pada turbin sebesar 90,71 cm²



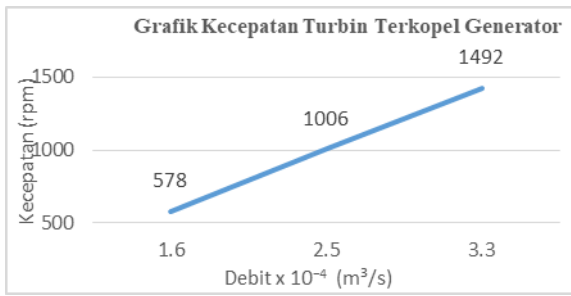
Gambar 6. Pengujian turbin variasi blade 7

a. Pengujian Terkopel Generator

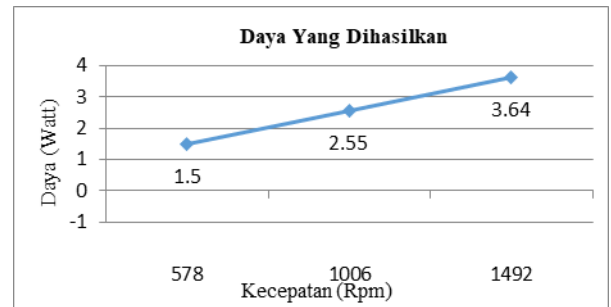
Pengujian ini dilakukan ketika turbin dalam keadaan terkopel dengan generator tetapi tidak berbeban. Parameter yang di lihat adalah debit air (m³/s), kecepatan pada turbin (RPM), tegangan yang di dihasilkan (V).

Tabel 2. Data pengujian turbin terkopel generator variasi blade 7

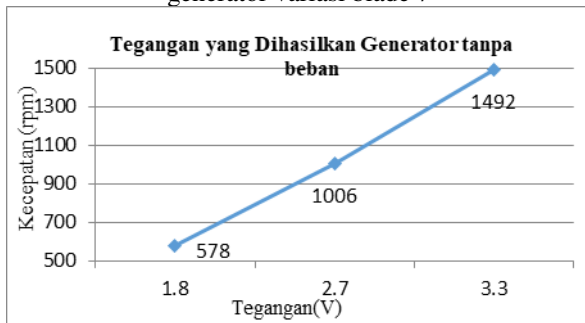
NO	Debit Air x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Kecepatan (RPM)	Tegangan (V)
1	1.6	578.8	1.8
2	2.5	1006	2,67
3	3.3	1492	3.3



Gambar 7. Grafik kecepatan turbin dengan terkopel dengan generator variasi blade 7



Gambar 10 Grafik daya yang dihasilkan generator dengan beban variasi blade 7



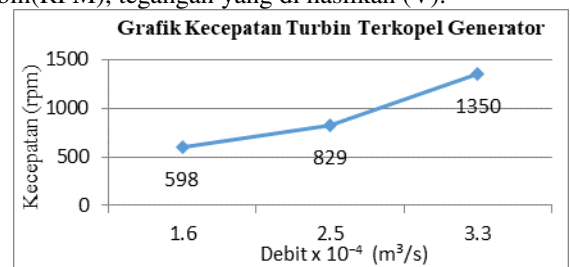
Gambar 8. Grafik daya yang dihasilkan generator dengan beban pada turbin dua kali perhitungan ideal di air

1.2. Pengujian Turbin dengan Variasi Blade 6

Pada pengujian kali ini turbin yang diujikan dengan variasi jumlah blade 6 dengan pengaturan sudut pemasangan 60°. Luas permukaan pada turbin sebesar 90,71 cm².

a. Pengujian Terkopel Generator

Pengujian ini dilakukan ketika turbin dalam keadaan terkopel dengan generator tetapi tidak berbeban. Parameter yang di lihat adalah debit air (m³/s), kecepatan pada turbin (RPM), tegangan yang di dihasilkan (V).



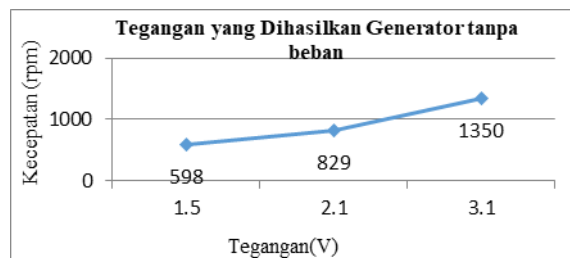
Gambar 11 Grafik kecepatan turbin terkopel generator variasi blade 6

b. Pengujian Terkopel Generator dan Beban Daya

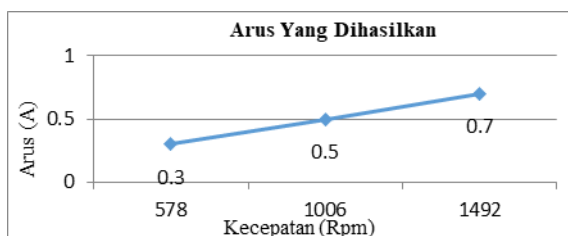
Pengujian ini dilakukan ketika turbin dalam keadaan terkopel dengan generator berbeban. Beban yang digunakan adalah rangkaian charging yang telah di buat. Parameter yang di lihat adalah debit air (m³/s), kecepatan pada turbin (RPM), tegangan yang di dihasilkan (V), Arus yang di hasilkan (A), dan daya (watt).

Tabel 3 Data Pengujian turbin terkopel generator bebeban blade 7

NO	Debit Air x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Kec.Turbin (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	1.6	578	5.0	0.3	1.5
2	2.5	1006	5.1	0.5	2.55
3	3.3	1492	5.2	0.7	3.64



Gambar 12 Grafik tegangan yang dihasilkan generator tanpa beban variasi blade 6



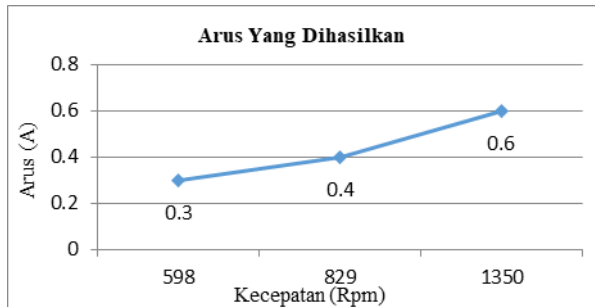
Gambar 9. Grafik arus yang dihasilkan generator dengan beban variasi blade 7

b. Pengujian Terkopel Generator dan Beban Daya

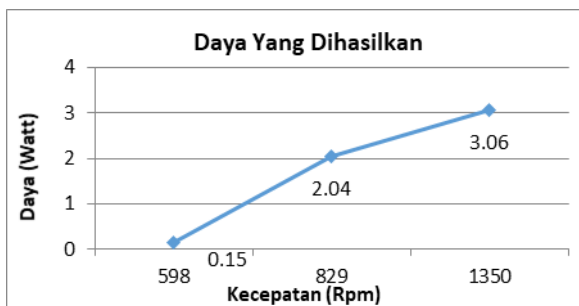
Pengujian ini dilakukan ketika turbin dalam keadaan terkopel dengan generator berbeban. Beban yang digunakan adalah rangkaian charging yang telah di buat. Parameter yang di lihat adalah debit air (m³/s), kecepatan pada turbin (RPM), tegangan yang di dihasilkan (V), Arus yang di hasilkan (A), dan daya (watt).

Tabel 4 Data Pengujian turbin terkopel generator berbeban blade 6

NO	Debit Air x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Kecepatan (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (watt)
1	1.6	598	5.0	0.3	1.5
2	2.5	829	5.1	0.4	2.04
3	3.3	1350	5.1	0.6	3.06



Gambar 13 Grafik arus yang dihasilkan generator dengan beban variasi blade 6



Gambar 14 Grafik daya yang dihasilkan generator dengan beban variasi blade 6

1.3. Pengujian Turbin dengan Variasi Blade 4

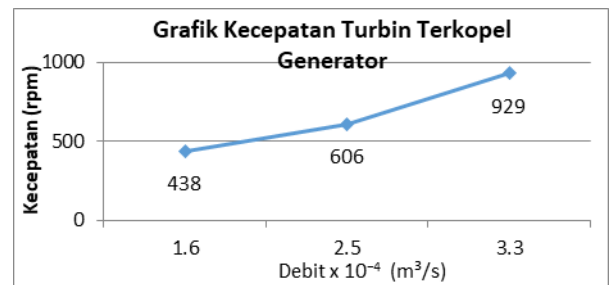
Pada pengujian kali ini turbin yang diujikan dengan variasi jumlah blade 4 dengan pengaturan sudut pemasangan 90°. Luas permukaan pada turbin sebesar 90,71 cm².

a. Pengujian Terkopel Generator

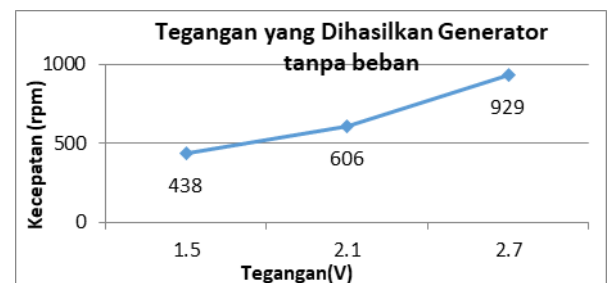
Pengujian ini dilakukan ketika turbin dalam keadaan terkopel dengan generator tetapi tidak berbeban. Parameter yang di lihat adalah debit air (m³/s), kecepatan pada turbin(RPM), tegangan yang di hasilkan (V).

Tabel 5 Data pengujian turbin terkopel generator variasi blade 4

NO	Debit Air x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Kecepatan (RPM)	Tegangan (V)
1	1.6	438	0.7
2	2.5	606	2.1
3	3.3	929	2.7



Gambar 15 Grafik kecepatan turbin terkopel dengan generator variasi blade 4



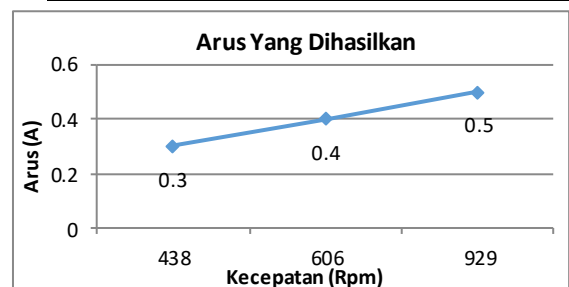
Gambar 16 Grafik tegangan yang dihasilkan generator tanpa beban variasi blade 4

b. Pengujian Terkopel Generator dan Beban Daya

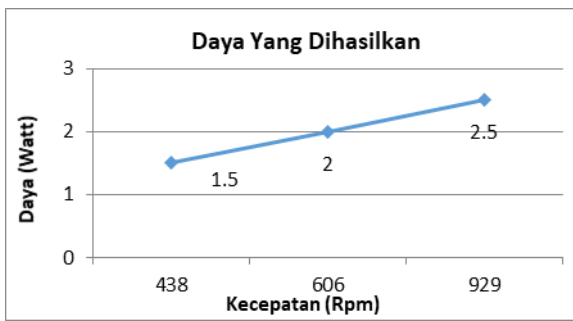
Pengujian ini dilakukan ketika turbin dalam keadaan terkopel dengan generator berbeban. Beban yang digunakan adalah rangkaian charging yang telah di buat. Parameter yang di lihat adalah debit air (m³/s), kecepatan pada turbin(RPM), tegangan yang di hasilkan (V), Arus yang di hasilkan (A), dan daya (watt).

Tabel 6 Data pengujian turbin terkopel generator bebeban blade 4

NO	Debit Air x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Kec.Turbin (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	1.6	438	5.0	0.3	1.5
2	2.5	606	5.0	0.4	2.0
3	3.3	929	5.0	0.5	2.5



Gambar 17 Grafik arus yang dihasilkan generator dengan beban variasi blade 4



Gambar 18 Grafik daya yang dihasilkan generator dengan beban variasi blade 4

1.4. Pengujian Kestabilan tegangan charging

Pengujian kestabilan tegangan saat charging diperlukan untuk mengetahui kestabilan tegangan saat charging serta kelayakan saat alat digunakan. Pengujian dilakukan saat baterai kosong sampai terisi penuh. Proses charging sendiri merupakan tujuan akhir diciptakannya alat ini. Parameter yang dilihat adalah debit air (m^3/s), kecepatan pada turbin (RPM), tegangan yang dihasilkan saat baterai kosong (V awal) dan tegangan yang di hasilkan saat baterai penuh (V akhir). Berikut tabel pengujian kestabilan tegangan pada rangkaian saat charging :

Tabel 7 Data pengujian kestabilan tegangan charging pada blade 7

Debit Air x 10^{-4} (m^3/s)	RPM	V (Awal)	V (Akhir)	Keterangan
1.6	578	5.1	5.0	Stabil
2.5	1006	5.1	5.2	Stabil
3.3	1492	5.0	5.2	Stabil

Tabel 8 Data pengujian kestabilan tegangan charging pada blade 6

Debit Air x 10^{-4} (m^3/s)	RPM	V (Awal)	V (Akhir)	Keterangan
1.6	598	5.2	5.1	Stabil
2.5	829	5.0	5.1	Stabil
3.3	1350	5.1	5.0	Stabil

Tabel 9 Data pengujian kestabilan tegangan charging pada blade 4

Debit Air x 10^{-4} (m^3/s)	RPM	V (Awal)	V (Akhir)	Keterangan
1.6	438	5.2	5.0	Stabil
2.5	606	5.0	5.2	Stabil
3.3	929	5.0	5.1	Stabil

2. Pembahasan

Berdasarkan tabel 2 dan gambar grafik 8 dapat diketahui bahwa ketika turbin hanya terkopel dengan generator tanpa diberi beban maka arus belum dihasilkan karena tidak ada hambatan. Sebaliknya, pada tabel 3 dan gambar grafik 9 dapat dilihat ketika diberi beban maka arus sudah keluar. Ketika arus telah keluar maka dapat dihitung nilai dari daya yang dihasilkan oleh generator.

Turbin yang paling maksimal digunakan untuk pembangkit listrik portable dengan pelton turbine adalah dengan model variasi jumlah blade 7 dibandingkan dengan kinerja turbin dengan variasi jumlah blade 6 dan 4, karena pada debit air yang sama 3.3×10^{-4} (m^3/s) kecepatan model turbin variasi jumlah blade 7 mencapai 1492 rpm dan daya mencapai 3.64 Watt dan berhasil mengisi baterai, sedangkan pada turbin dengan variasi jumlah blade 6 mencapai 1350 rpm dan daya mencapai 3.06 Watt dan berhasil mengisi baterai, serta pada turbin dengan variasi jumlah blade 4 mencapai 438 rpm dan daya mencapai 1.5 Watt berhasil mengisi baterai. Tegangan berbeban yang dihasilkan relatif sama karena sudah dipasang modul DC step up 09 – 5.0 V, yang berarti generator hanya membutuhkan 0.9 Volt dc keatas untuk bisa menaikkan menjadi 5 Volt DC. Beberapa faktor ini mempengaruhi daya yang di hasilkan oleh pembangkit :

a. Faktor penggunaan generator

Generator yang digunakan memiliki efisiensi yang rendah, merujuk dari data sheet pada putaran 360-480 itu sudah mengeluarkan tegangan 12 Volt dan daya 10 Watt, tetapi pada percobaan yang dilakukan pada putaran 1492 rpm tanpa beban generator hanya menghasilkan 3,19 Volt, dan pada saat diberi beban pada putaran 1492 generator menghasilkan 5,2 Volt setelah dipasang modul DC step up dan daya sebesar 3,64 Watt.

b. Faktor perancangan turbin

Perancangan turbin yang baik mempengaruhi efisiensi alat yang telah direncanakan sehingga mendekati nilai yang diharapkan.

c. Faktor lapangan

Tata letak serta jarak nozzle dengan turbin sangat mempengaruhi efisiensi putaran turbin.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada perangkat Floating Microhydro Portable, maka dapat diambil kesimpulan :

- 1) Turbin pelton yang digunakan yaitu berjumlah variasi 7,6 dan 4 sudu dengan diameter sudu 10,75 cm, dengan ketebalan 20 mm.
- 2) Semakin besar debit air yang jatuh maka energi listrik yang dihasilkan dari Micro hydro Portable juga akan semakin besar dan putaran turbin akan semakin cepat.

- 3) Semakin banyak jumlah variasi blade yang digunakan maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan
- 4) Pada pengujian Micro hydro Portable tanpa beban dapat menghasilkan tegangan listrik paling besar 3,2 volt dengan kecepatan turbin berputar 1492 rpm.
- 5) Pada pengujian Micro hydro Portable menggunakan beban charging dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 5,2 Volt dan arus sebesar 0,7 Ampere pada putaran 1492 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aida Syarif, Lety Trisnaliani, dan Dimas M Furqon. (2019). The Design Of Pelton Turbine Micro Hydro Power Plant Prototype. Research, 1-6.
- [2] Puspita Ayu Armi, S. (2019). Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. jurnal Terapan, 28 – 32.
- [3] Septa Eka Lesmana, Lela Kalsum, and Tri Widagdo. (2019). A Micro Hydro Pelton Turbine Prototype (Review of the effect of water. Journal of Physics, 1-8.
- [4] Simamora, M. S. (2009). Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton. Research, 1-9.
- [5] Paryatmo, Wibowo. 2007. Turbin Air. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [6] Muhammad Agus Sahbana, Agus Suyatno.2018. “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Sebagai Charger Smartphone” Universitas Widyagama Malang