

# Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Tegangan Output pada Pengujian Turbin Pelton Prototipe PLTMH

Hamira<sup>1)\*</sup>, A. Irmayani Pawelloi<sup>2)</sup>, Rudy<sup>3)</sup>, Muh. Ilhamnur Halim<sup>4)</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare  
\*hamiraummufathanah@gmail.com,

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare  
airmayani@umpar.ac.id,

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare  
rudie Monk@gmail.com,

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare  
ilhamnurhalim27@gmail.com

## Abstrak

Energi merupakan kebutuhan vital bagi kelangsungan kehidupan manusia dan perkembangannya sangat cepat. Salah satu energi yang tidak menimbulkan polusi serta dapat dikonversikan kedalam bentuk energi lain yaitu energi listrik. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan melakukan eksperimen sudu turbin pelton dan jumlah sudu sebagai variabel independen dengan tujuan merancang prototype yang berhubungan dengan PLTMH dalam skala kecil guna menghasilkan listrik. Komponen utama PLTMH yaitu turbin pelton dan generator untuk pembangkit listriknya sedangkan mikrokontroler untuk debit air menggunakan arduino uno, sensor waterflow untuk mengukur kecepatan air, LCD 16x2 untuk menampilkan hasil pembacaan sensor water flow. Percobaan dilakukan sebanyak 3 kali menggunakan 6 macam jumlah sudu yang berbeda dengan mengamati pengaruh jumlah sudu terhadap tegangan, arus dan daya outputnya. Perancangan prototype menggunakan turbin air jenis pelton, di lakukan dan realisasikan dengan jumlah sudu 18 buah dimana jumlah sudu dan debit air akan mempengaruhi tegangan, arus, dan daya outputnya. Semakin banyak jumlah sudu atau semakin tinggi debit air yang digunakan, tegangan yang dihasilkan cenderung meningkat. Dimana nilai tertinggi yang didapatkan yaitu 15,1 volt dengan jumlah sudu 18 debit air 904 liter/jam.

**Keywords:** *pltmh, turbin pelton, sudu, tegangan output*

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan energi sangatlah cepat. Dapat kita ketahui bahwa energi sangatlah vital kebutuhannya bagi kelangsungan ekonomi sosial dan kemakmuran di negara tersebut. Adapun permasalahan yang dihadapi saat ini adalah menipisnya ketersediaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, seperti bahan bakar fosil yaitu batu bara dan minyak bumi, serta polusi yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara dan minyak bumi tersebut. Karena dapat merusak lapisan ozon dan mengakibatkan pemanasan global [1]. Untuk mengatasi hal itu alangkah lebih baik jika digunakan dan dikembangkan sumber energi yang dapat diperbaharui [2]. Di Indonesia kekayaan akan sumber energi tersebut begitu banyak, seperti energi air, namun seberapa jauh energi yang tersimpan itu sudah diolah, masih jauh dari target yang diharapkan. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak terbatas jumlahnya [3]. Pemanfaatan energi air sebagai sumber listrik sangat bermanfaat, terutama bagi daerah yang belum terjangkau aliran listrik tetapi memiliki sumber air yang besar. Hal ini sangat cocok dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) [4]. Pembangkit listrik tenaga air menggunakan turbin sebagai alat untuk mengkonversi potensi energi air menjadi energi mekanik untuk memutar generator yang nantinya akan menghasilkan listrik. PLTMH. Ada pun beberapa jenis turbin yang biasa di

gunakan salasanya turbin pelton [5]. Turbin pelton cocok digunakan untuk PLTMH ini. Sudu turbin pelton biasanya dibuat dari bahan aluminium atau stainless steel. Bagi masyarakat kebanyakan pembuatan sudu tersebut tentunya tidaklah mudah dan memakan banyak biaya. Oleh karena itu sudu turbin dapat dibuat dari bahan resin, sehingga pembuatannya menjadi lebih mudah dan tidak memakan banyak biaya [6]. Masyarakat akan dapat membuat sendiri, sehingga masyarakat dapat berswadaya energi listrik.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Pembangkit Listrik Tenaga Hidromikro (PLTMH)

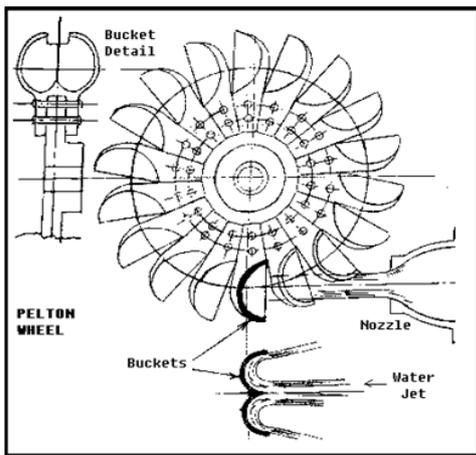
PLTMH adalah pembangkit listrik dengan skala kecil dimana sumber pemanfaatan energi air pada aliran sungai dan irigasi yang mengalir jatuh (head). Adapun prinsip kerja dari PLTMH adalah air yang jatuh (debit) meter per detik dan juga menggunakan pipa sebagai saluran mengalirnya air untuk menghasilkan energi listrik dalam skala kecil [7].

Pembangkit listrik mikrohidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala dibawah 100kW. PLTMH merupakan salah satu energi terbarukan yang ramah terhadap lingkungan karena memanfaatkan aliran air dalam skala kecil atau air yang jatuh dari ketinggian dengan debit air yang sesuai sehingga mampu menggerakkan turbin yang dihubungkan ke generator sehingga nantinya akan

menghasilkan energi listrik dalam skala kecil atau sesuai dengan debit air yang mengalir [8]

**B. Turbin Air**

Turbin air merupakan salah satu mesin yang mengkonversi energi gerak aliran air (fluida) menjadi suatu energi mekanis. Turbin memanfaatkan aliran air yang jatuh sehingga menyebabkan sudu pada turbin berputar dan rotor pada turbin juga berputar sehingga generator akan menghasilkan energi listrik. Dalam sistem pembangkit listrik tenaga air terdapat komponen penting yang merubah energi potensial menjadi energi mekanik sehingga menghasilkan energi listrik. Adapun komponen terpenting pada turbin yaitu sudu turbin. Peneliti menggunakan desain turbin sudu setengah lingkaran yang terdiri dari dua bagian utama yaitu nozzle dan runner. Nozzle merupakan bagian yang diam sedangkan runner yang bergerak. Runner dibuat melengkung seperti mangkuk di sekeliling roda. Sudu memiliki fungsi utama dalam memutar turbin dimana sudu akan menangkap energi kinetik yang dihasilkan air jatuh [9].



Gambar 1. Turbin Pleton

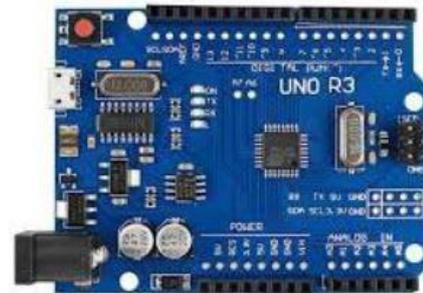
**C. Generator**

Generator yang sering disebut genset adalah perangkat yang berguna untuk menghasilkan energi listrik. Perangkat genset pada dasarnya terdiri atas dua piranti, yakni alternator atau generator dan engine. Alternator atau generator adalah gulungan atau kumparan dari tembaga yang terdiri atas rotor kumparan berputar dan stator yang berfungsi sebagai perangkat pembangkit listrik. Sementara, engine berupa perangkat mesin diesel yang berbahan bakar solar ataupun bensin yang mengemban tugas sebagai piranti pemutar. Dalam bidang ilmu fisika, secara sederhana dapat dideskripsikan bahwa engine bertugas memutar rotor pada generator sehingga tercipta medan magnet pada bagian kumparan stator generator. Medan magnet yang tercipta pada bagian stator selanjutnya berinteraksi dengan rotor yang berputar dan menghasilkan arus listrik sesuai dengan hukum Lorentz [10].

**D. Arduino Uno**

Arduino merupakan suatu board (papan) yang dilengkapi dengan mikrokontroler sebagai komponen

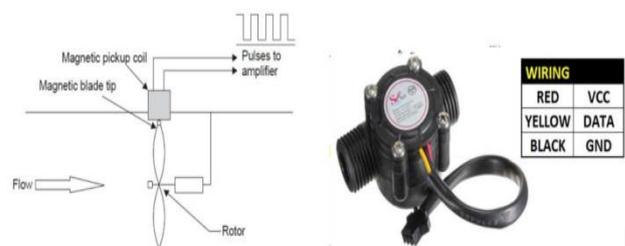
utama dari arduino. Arduino juga dilengkapi dengan pin input dan output untuk komunikasi dengan komponen-komponen lainnya. Arduino juga sebagai platform source (sumber terbuka) dan dapat diakses oleh semua pengguna, yang terdiri dari dua bagian utama yaitu hardware (perangkat keras) dan software (perangkat lunak) [11]. Kit arduino terdapat sebuah IC utama yang dikenal dengan mikrokontroler jenis AVR dari perusahaan atmel, kebanyakan pengguna arduino memilih jenis arduino uno R3 karena tipe ini dianggap memenuhi standar dalam pembuatan proyek sederhana dimana arduino uno R3 tidak terlalu banyak menggunakan daya dalam pengoperasiannya hanya membutuhkan tegangan sebesar 5-12 volt untuk bekerja akan tetapi disarankan menggunakan tegangan input 6-9 volt (rekomendasi) [12].



Gambar 2. Arduino Uno

**E. Sensor Water Flow**

Sensor water flow merupakan sensor yang dipakai untuk mengukur kecepatan air dalam pipa. Sensor ini bekerja dengan cara mengukur perbedaan waktu antara sinyal yang dihasilkan oleh pulsa air dengan waktu sesuai dengan sketch yang telah ditanamkan pada mikrokontroler. Pada sensor ini, impuls listrik yang dihasilkan oleh rotor yang terhubung ke pipa aliran air, akan berputar seiring dengan laju air yang melewatinya [13]. Sensor arus air atau water flow bekerja dengan menerima aliran arus air kemudian memutar kipas magnet lalu akan dikonversi dalam satuan air (Andikusuma dan Suteja). Sensor water flow juga digunakan untuk mengukur debit fluida, kebanyakan sensor waater flow dipasang pada pembangkit listrik skala kecil atau prototipe (PLTMH)[14].



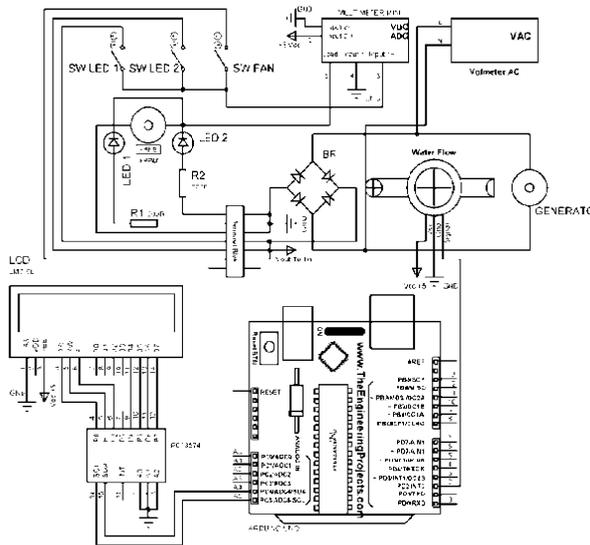
Gambar 3. Sensor Water Flow

**III. METODE PENELITIAN**

Penelitian yang di lakukan yaitu Research and Development. Jenis penelitian ini yaitu melakukan perancangan prototipe PLTMH dengan menggunakan

Turbin Pelton. Pengujian di lakukan dengan mengamati energi yang di hasilkan dengan melakukan perubahan jumlah sudu dan debit air. Dalam perancangannya, pengaruh jumlah sudu terhadap tegangan output pada pengujian turbin pelton dalam bentuk prototype, peneliti menyiapkan beberapa bahan dan peralatan diantaranya yaitu turbin pelton, generator, arduino uno, LCD, sensor water flow,pompa air, voltmeter mini, Beban Led dan Fan.

Perancangan pengaruh sudu turbin terhadap tegangan output pada perangkat keras rancang bangun prototype pembangkit listrik tenaga mikro hidro ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Prototype Pengujian Turbin

Komponen dan perangkat yang digunakan pada perancangan alat ini yaitu:

- Sensor water flow, perangkat ini berfungsi untuk mendeteksi kecepatan air yang mengalir.
- LCD 16x2 dan I2C, digunakan untuk menampilkan karakter hasil pembacaan sensor water flow yang telah di proses oleh arduino uno.
- Multimeter digital mini berfungsi untuk mengukur tegangan dan arus pada PLTMH.
- Fan 12V dan LED sebagai beban percobaan dari PLTMH.
- Switch toggle untuk memutus aliran listrik pada PLTMH atau sebagai sakelar ON/ OFF untuk menyalakan beban.
- Turbin pelton merupakan perangkat utama dari PLTMH untuk menangkap air sehingga rotor yang dihubungkan ke generator berputar
- Generator, piranti ini berfungsi untuk membangkitkan energi listrik dari turbin yang berputar.
- Diode kiprok, berfungsi untuk mengubah arus AC yang dihasilkan oleh generator menjadi arus DC.

Adapun tahapan yang di lakukan untuk pengujian alat. Pertama kita on kan, pembacaan debit air di tampilkan pada LCD, pastikan sensor dan multimeter mini bekerja dengan baik untuk mengukur tegangan dan arus yang di hasilkan

pada alat nantinya. Kemudian pada turbin kita pasang jumlah sudu yang sudah di tentukan.

Pengambilan data setiap sudu dilakukan dengan cara tiga kali pengambilan data. Pada percobaan pertama kita menggunakan 18 jumlah sudu dengan debit yang sudah di tentukan. Begitupun jumlah sudu berikutnya (16,14,12,10 dan 8). Pada percobaan ini debit air ditentukan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembangkit listrik mikrohidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala dibawah 100kW. PLTMH merupakan salah satu energi terbarukan yang ramah terhadap lingkungan karena memanfaatkan aliran air dalam skala kecil atau air yang jatuh dari ketinggian dengan debit air yang sesuai sehingga mampu menggerakkan turbin yang dihubungkan ke generator yang nantinya akan menghasilkan energi listrik.

Bentuk dari rancangan prototype PLTMH ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Prototype PLTMH

Alat ini menggunakan sensor water flow dan voltmeter mini untuk mengetahui kemampuan alat dalam melaksanakan fungsinya. Pengukuran dilakukan dengan mengukur kecepatan air dan tegangan yang di hasilkan dari generator yang di putar menggunakan turbin dengan jumlah sudu yang berbeda yaitu 18, 16, 14, 12, 10 dan 8. Pengujian di lakukan secara berulang-ulang sesuai jumlah sudu dan debit air yang telah di tentukan

Debit 904 l/j pada percobaan pertama, 816 l/j percobaan ke dua dan 760 l/j pada percobaan ke tiga. Karena tidak adanya sumber air, maka di gunakan alat bantu pompa untuk mengalirkan atau menyemprotkan air ke turbin. Turbin dihubungkan dengan generator menggunakan v-belt sehingga generator ikut berputar dan menghasilkan tegangan yang di tampilkan pada multimeter mini.

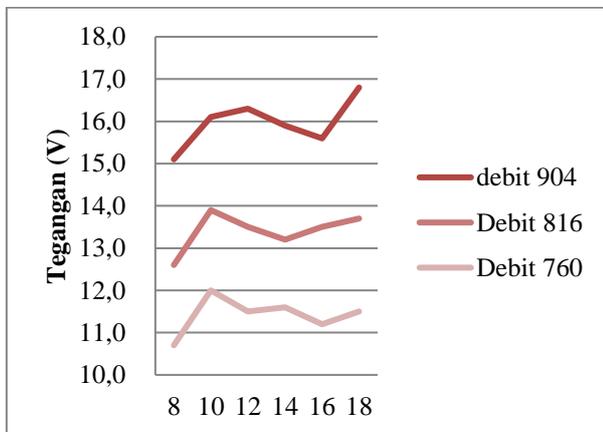
##### A. Pengukuran Tegangan Pada Turbin Pelton Tanpa Beban

Pengambilan data pada prototype PLTMH tanpa beban di lakukan untuk mendapatkan hasil debit air dan tegangan yang di hasilkan dari alat yang telah di buat yang di tampilkan pada LCD (debit air dalam satuan l/j) dan

multimeter mini (tegangan dan arus) kemudian di rata-ratakan seperti ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Pengambilan data PLTMH Tanpa Beban

Jumlah Sudu Turbin	Debit Air (l/h)	Tegangan (V)			Nilai Rata-rata
		Uji 1	Uji 2	Uji 3	
18	904	16,6	16,8	16,8	16,8
	816	13,5	13,8	13,8	13,7
	760	11,5	11,5	11,5	11,5
16	904	15,6	15,6	15,6	15,6
	816	13,8	13,2	13,5	13,5
	760	11,2	11,2	11,3	11,2
14	904	15,9	15,9	16,0	15,9
	816	13,0	13,3	13,4	13,2
	760	11,6	11,6	11,6	11,6
12	904	16,4	16,2	16,4	16,3
	816	13,4	13,6	13,6	13,5
	760	11,5	11,5	11,5	11,5
10	904	16,1	16,2	16,1	16,1
	816	14,0	13,8	14,0	13,9
	760	12,0	12,1	12,1	12,0
8	904	15,7	15,1	14,6	15,1
	816	12,6	12,6	12,6	12,6
	760	10,7	10,7	10,7	10,7



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Turbin Pelton Tanpa Beban.

Pada Gambar 6, grafik pengujian alat tanpa beban menunjukkan perubahan tegangan dari tiap jumlah sudu dan debit yang berbeda. Dimana pada debit 904 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 15.1 volt, nilai tertinggi di sudu 18 yaitu 16.8 volt. Pada debit 816 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 12.6 volt, nilai tertinggi di jumlah sudu 10 dengan nilai 13.9 volt. dan pada debit 760 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 10,7 volt kemudian tegangan tertinggi di jumlah sudu 10 dengan nilai 12,0 volt.

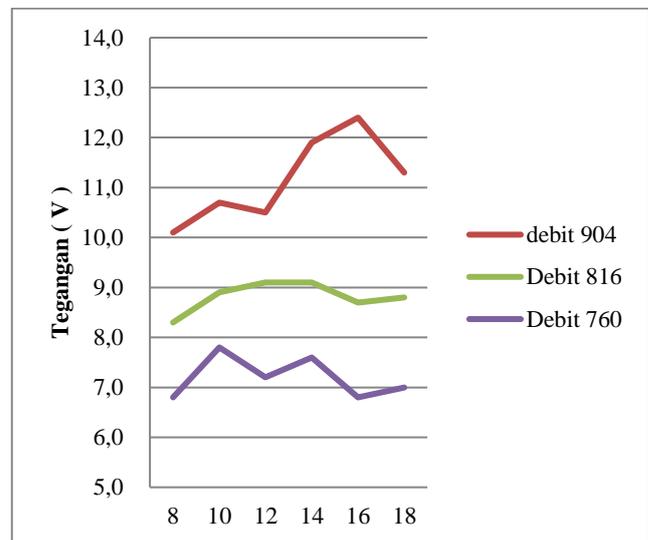
**B. Pengujian Prototipe PLTMH menggunakan beban Fan (kipas) dengan Jumlah Sudu 18,16,14,10 dan 8**

Pada pengambilan data prototype PLTMH menggunakan beban Fan (kipas) dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam melaksanakan fungsinya. Pengujian di lakukan untuk menampilkan hasil

pengukur debit air ,tegangan, arus dan daya yang di hasilkan menggunakan sensor waterflow dan alat ukur multimeter mini. Dari hasil pengujian di dapatkan data dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Pengujian PLTMH dengan Beban Fan

Jumlah Sudu Turbin	Debit Air (l/j)	Tegangan (V)		
		Uji 1	Uji 2	Uji 3
18	904	11,7	11,3	11,0
	816	8,9	8,8	8,7
	760	7,1	7,0	6,9
16	904	12,5	12,4	12,3
	816	8,7	8,7	8,8
	760	6,8	6,8	6,8
14	904	11,7	12,3	11,7
	816	9,0	9,2	9,1
	760	7,6	7,7	7,6
12	904	10,9	10,2	10,3
	816	9,2	9,1	9,0
	760	7,3	7,2	7,2
10	904	11,3	10,7	10,1
	816	9,0	8,9	8,9
	760	7,8	7,7	7,8
8	904	10,5	9,9	9,8
	816	8,3	8,2	8,5
	760	0,07	6,8	6,7



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Turbin Pelton menggunakan beban Fan

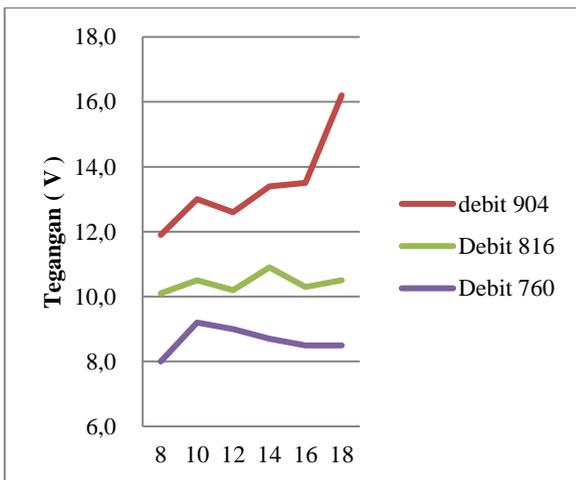
Pada Gambar 7, grafik pengujian alat menggunakan beban kipas (fan) menunjukkan adanya perubahan tegangan dari tiap jumlah sudu dan debit yang berbeda. Dimana pada debit 904 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 10,1 volt, nilai tertinggi di sudu 16 yaitu 12,4 volt . Pada debit 816 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 8,3 volt, nilai tertinggi di jumlah sudu 12 dan 14 dengan nilai 9.1 volt. dan pada debit 760 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 8,6 volt, kemudian tegangan tertinggi di jumlah sudu 10 dengan nilai 7,8 volt.

C. Pengujian Prototipe PLTMH Menggunakan Beban LED dengan Jumlah Sudu 18,16,14,10 dan 8

Pada pengujian alat PLTMH selanjutnya menggunakan beban LED, dilakukan 3 kali pengujian dimana jumlah sudu yang digunakan berbeda yaitu jumlah sudu 18,16,14,12,10 dan 8 dan debit Air yang berbeda yaitu 904 l/j, 816 l/j dan 760 l/j. Dari hasil pengujian di dapatkan data dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Pengujian PLTMH dengan Beban LED

Jumlah Sudu Turbin	Debit Air (l/j)	Tegangan (V)		
		Uji 1	Uji 2	Uji 3
18	904	16,7	16,2	15,7
	816	10,6	10,5	10,6
	760	8,4	8,7	8,5
16	904	14,1	13,7	13,8
	816	10,5	10,2	10,2
	760	8,8	8,5	8,4
14	904	13,1	13,6	13,5
	816	11,0	10,9	11,0
	760	8,8	8,7	8,6
12	904	13,0	12,9	11,9
	816	10,3	10,3	10,2
	760	9,1	9,1	9,0
10	904	13,1	12,9	13,0
	816	10,6	10,5	10,6
	760	9,1	9,3	9,4
8	904	12,0	11,9	11,9
	816	10,0	10,2	10,1
	760	8,1	8,0	8,1



Gambar 8. Hasil Pengujian Turbin Pelton menggunakan beban LED

Pengujian alat menggunakan beban LED menunjukkan adanya perubahan tegangan dari tiap jumlah sudu dan debit yang berbeda. Dimana pada debit 904 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 11,9 volt, nilai tertinggi di sudu 18 yaitu 16,2 volt . Pada debit 816 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 10,1 volt, nilai tertinggi di jumlah sudu 14 dengan nilai 10,9 volt. dan pada debit 760 l/j tegangan terendah di sudu 8 dengan nilai 8,0 volt, kemudian tegangan tertinggi di jumlah sudu 10 dengan nilai 9,2 volt.

V. KESIMPULAN

Perancangan prototype menggunakan turbin Pelton dapat di lakukan dan realisasikan. Dari hasil pengujian dapat di simpulkan bahwa jumlah sudu turbin khususnya pada turbin pelton sangat berpengaruh pada tegangan, dimana semakin banyak jumlah sudu yang di gunakan semakin tinggi tegangan yang dihasilkan. Pada pengujian turbin pelton menggunakan beban Fan, tegangan tertinggi pada debit air 904 l/j dengan jumlah sudu 16 dengan nilai tegangan 12,5 volt. Sedangkan pada beban LED tegangan tertinggi pada debit air 904 dengan jumlah sudu 18 dengan nilai tegangan 16,7 volt. Pada pengujian pengaruh jumlah sudu terhadap tegangan output pada turbin pelton dalam bentuk prototype ini masih kurang maksimal. Tegangan yang dihasilkan kurang stabil karena adanya rugi-rugi pada ketebalan sudu tidak sama, rugi-rugi pada poros, rugi-rugi pada pulley, v-belt dan tekanan air atau debit air yang keluar kurang stabil.

REFERENSI

- [1] D. Sumardiyanto & M. F. Hidayat, “Desain Kincir Air Sederhana Untuk Pembangkit Listrik Desa Sipayung, Kecamatan Sukajaya Kabupaten Bogor Jawa Barat,” *BERDIKARI*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [2] R. Sumiati, F. Fardinal, N. Nusyirwan, A. Adriansyah & R. Novrizal, “Pengujian Kincir Air Hidrokinetik Undershoot Di Irigasi Limau Manis Padang,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 1-5, 2019.
- [3] S. Y. Kalpikajati & S. Hermawan, “Hambatan Penerapan Kebijakan Energi Terbarukan di Indonesia,” *Batulis Civil Law Review*, vol. 3, no. 2, pp. 187-207, 2022.
- [4] A. Syarif, “Analisis Unjuk Kerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Pelton Sumber Daya Head Potensial,” *KINETIKA*, vol. 10, no. 2, pp. 1-8, 2019.
- [5] R. Noveadi, “Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton,” Skripsi, Politeknik Negeri Bengkalis. 2021.
- [6] N. A. Rahadian, H. Nasbey & S. Sunaryo, “Rancang Bangun Turbin Air Savonius Horizontal Axis Untuk Kecepatan Air Rendah. In Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal). 2023
- [7] J. Bayuanto, F. P. Winarta & E. P. Sari, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Desa Duku Ulu Kecamatan Curup Timur,” *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, vol. 2, no. 2, pp. 13-21, 2022
- [8] M. Hetharia, Y. J. Lewerissa & R. O. Y. Matapere, “Analisis Ukuran Sabuk untuk Turbin Cross Flow pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) 30 KVA,” *Jurnal Voering*, vol 5, no. 1, 2020, pp 7-14..
- [9] Y.A. Dewangga, N. Kholis, F. Baskoro & S. I. Haryudo, “Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 1, 2022, pp. 71-76.

- [10] I. G. W. Putra, A. I. Weking & L. Jasa, “Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, pp.385, 2018.
- [11] R. Tullah, S. Sutarman & A. H. Setyawan, “Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Pada Toko Tanaman Hias Yopi,” *Jurnal Sisfotek Global*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [12] R. Ridarmin, F. Fauzansyah, E. Elisawati & E. Prasetyo, “Prototype Robot Line Follower Arduino Uno Menggunakan 4 Sensor TCRT5000,” *Informatika*, vol. 11, no. 2, pp.17-23, 2019.
- [13] S. Ardhi, T. P. Gunawan, S. Tjandra & G. L. Dewi, “Penerapan Metode Regresi Linear dalam Pengembangan Pengukuran Aliran Air pada Sensor YF-S201,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 26, no. 01, pp. 10-21, 2023.
- [14] N. Alqisyah & I. Nirmala, “Rancang Bangun Prototype Smart Water Meter Pelanggan Air PDAM Berbasis IOT dan Android. Coding,” *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol.10, no. 02, pp. 227-236, 2022.