

Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik *Turbulent Whirlpool*

Ajis Dwi Pangestu¹, Nurwijayanti KN²

^{1,2}Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

Jl. Protokol Halim Perdanakusuma-Komplek Bandara Halim PK - Jakarta Timur

E-mail : Ajizdwipangestu@gmail.com¹, nurwijayanti_kn@yahoo.com²

ABSTRAK

Pemanfaatan energi listrik dapat menggunakan kincir air, sebagai salah satu alternative pembangkit listrik Tenaga Air yaitu dengan Teknik Turbulent Whirlpool Sistem Terapung merupakan suatu alat atau media dengan pembangkit listrik tenaga air yang bekerja bila adanya dorongan air menuju kincir air dan memutar generator yang telah ditransmisikan antara kincir air dengan generator, hal ini yang membuat dari energi mekanik menjadi energi listrik. Teknik Turbulent Whirlpool melakukan pengukuran sungai terlebih dahulu dengan lebar 1,5 m² dan kedalaman air rata-rata 0,51 m² maka luas penampang yang di dapat 0.76 m² dengan kecepatan aliran air rata-rata 32,33 m/s maka didapatkan debit air rata-rata sebesar 24,57 m³/s. Pada pengujian tegangan terhadap generator dibagi pada lima tahap pengujian dengan, hari pertama 1,75 Vdc, hari kedua 2,55 Vdc, hari ketiga 3,05 Vdc, hari keempat 1,90 Vdc dan hari kelima 2,01 Vdc. Maka hari ketiga aliran air yang paling baik karena menghasilkan tegangan yang paling tinggi yaitu 3,05 Vdc.

Kata Kunci : Tenaga Air, Turbin Air, Turbulent Whirlpool, Generator, Energi Listrik, Debit Air

ABSTRACT

Utilization of electrical energy can use waterwheels, as an alternative to hydroelectric power plants, namely the Turbulent Whirlpool Technique. The Floating System is a tool or medium for generating electricity that works when it pushes air towards the waterwheel and rotates a generator that is transmitted between the waterwheel and the generator. This is what makes mechanical energy into electrical energy. The Turbulent Whirlpool technique measures the river first with a width of 1.5 m² and an average water depth of 0.51 m then the cross-sectional area obtained is 0.762 with an average water flow velocity of 32.33 m/s, so the average water discharge is obtained 24.57 m³/s. In the mid-range test of the generator, it is divided into five stages of testing, the first day is 1.75 Vdc, the second day is 2.55 Vdc, the third day is 3.05 Vdc, the fourth day is 1.90 Vdc and the fifth day is 2.01 Vdc. Then the third day the water flow is the best because it produces the highest voltage, which is 3.05 Vdc.

Keywords: Water Power, Water Turbine, Turbulent Whirlpool, Generator, Electrical Energy, Water Discharge

1. PENDAHULUAN

Energi alternatif dari alam Indonesia yang dapat di manfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, salah satu adalah alternatif energi air. Air merupakan energi yang mudah didapat, air juga termasuk energi yang dapat di perbaharui atau tidak termakan oleh waktu. Pengubahan menjadi energi listrik dengan proses pengubahan energi air tersebut menjadi putaran mekanik motor dan selanjutnya memutar suatu alat yang di butuhkan sesuai dengan pemakaian.

Energi listrik tidak semata – mata dihasilkan langsung oleh alam, tetapi diperlukan sebuah alat yang dapat bekerja dan menghasilkan energi listrik secara baik, yang disebut konversi energi air. Alat yang dapat digunakan adalah turbin air.

Turbin air ini akan menangkap energi air dan menggerakkan generator yang nantinya akan menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari air. Namun, secara luas jenis-jenis pembangkit listrik tenaga air cukup banyak. contohnya seperti PLTA waduk, aliran danau, micro hidro bahkan adapula yang mengandalkan ombak air laut.

Terdapat beberapa sungai yang mempunyai aliran yang keluaran cukup stabil, sehingga debit aliran airnya dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik, besar daya yang didapat mulai dari skala puluhan sampai ribuan watt, tergantung debit air dan teknologi pembangkit yang digunakan. Pembangkit listrik Tenaga Piko Hidro Sistem Terapung merupakan suatu alat atau media dengan pembangkit listrik tenaga air.

2. METODOLOGI

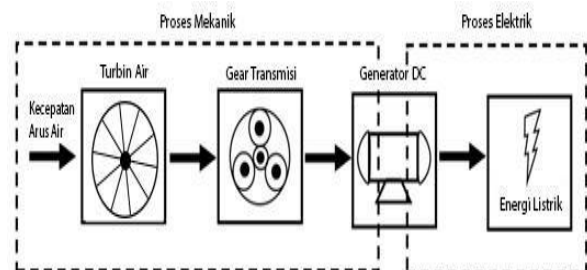
Mencari literatur, referensi dan pembahasan yang berhubungan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Turbulenz Whirlpool dan mensurvei langsung ke lapangan, untuk mencari arus dan debit air yang sesuai dengan alat Turbulenz Whirlpool agar tekanan pada air dapat menggerakkan turbin dan menghasilkan tenaga.

Merancang sistem kelistrikan agar Turbulenz Whirlpool dapat bekerja dengan baik dan semua peralatan pada Turbulenz Whirlpool dapat berfungsi maksimal.

3. LANDASAN TEORI

Definisi Pembangkit Listrik Tenaga Turbulenz Whirlpool (PLTTW)

PLTTW merupakan pembangkit listrik untuk skala kecil dengan debit air yang kecil. Air yang bisa digunakan untuk PLTTW harus mempunyai kapasitas aliran serta tinggi jatuh air tertentu, PLTTW menggunakan air pada irigasi dan sungai-sungai yang ada, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head, dalam m) dan kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*). Tinggi jatuh air dan kapasitas air berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan. Air yang mengalir kemudian dialirkan ke rumah pembangkit, kemudian air memutar turbin. Putaran poros turbin kemudian diteruskan ke generator sehingga menghasilkan listrik. PLTTW menghasilkan listrik dibawah 200 kw.



Gambar 1. Rancangan Simulasi Alat.

Prinsip kerja PLTTW memanfaatkan beda ketinggian serta jumlah air yang jatuh (debit) meter perdetik yang disalurkan melalui plat. Air yang mengalir kemudian menggerakkan turbin, turbin di hubungkan dengan generator. Generator inilah yang dapat menghasilkan daya listrik. Untuk putaran turbin diteruskan ke generator bisa menggunakan sambungan sabuk dan juga bisa menggunakan roda gigi. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini akan melalui sistem penyimpanan guna mendapat tegangan yang di sesuaikan kebutuhan. Kemudian listrik akan melewati jaringan transmisi rendah (JTR) untuk disalurkan ke rumah-rumah maupun lingkungan dengan

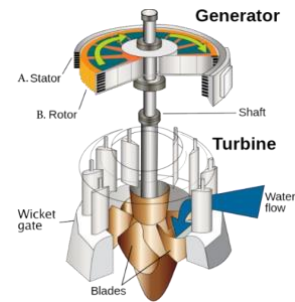
cara memasang pengaman (sekring). Untuk generator yang digunakan harus menyesuaikan dengan debit air yang tersedia. Generator yang tidak sesuai juga akan menyebabkan tingkat efisiensi rendah.

Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar turbin air. Turbin air merupakan suatu alat yang berputar karena adanya aliran air. Perputaran kincir ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik. Dengan demikian akan dihasilkan aliran listrik yang dapat di pakai untuk berbagai kebutuhan, yang pembuatannya paling banyak di tiru, yang bekerja memanfaatkannya, tinggi air jatuh H dan kapasitas air V . Tenaga air yang mengalir akan menumbuk sudu-sudu dari turbin air, sehingga turbin air menerima sejumlah gaya yang bekerja menyebabkan turbin air bergerak.

Pada proses kerja turbin air pembangkit listrik sampai pada pemakaian listrik terjadi beberapa perubahan energi. Pertama adalah perubahan energi potensial yang ada didalam aliran air menjadi energi mekanik (gerak) oleh kincir. Kedua energi mekanik ini akan memutar generator, akibat perputaran generator terjadilah lompatan elektron. Hal inilah yang menghasilkan arus listrik dan setiap kincir air mempunyai model yang berbeda serta unjuk kerjanya.

Turbin air

Turbin air merupakan mesin yang berputar diakibatkan oleh energi kinetik dan potensial dari aliran fluida. Fluida yang bergerak menjadikan blade pada turbin berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Perbedaan dasar antara turbin air awal dengan kincir air terletak pada komponen. Komponen pada turbin lebih optimal dan dapat memanfaatkan air dengan putaran lebih cepat serta dapat memanfaatkan head yang lebih tinggi. Komponen kincir lebih sederhana dengan biaya peralatan dan perawatan yang lebih murah. Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial dan kinetik menjadi energi mekanik. Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. Komponen-komponen utama pada turbin air terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang berputar pada sistem turbin air. Stator merupakan bagian yang diam pada turbin air, seperti gambar 2. dibawah ini :



Gambar 2. Turbin Air.

Berdasarkan bentuk turbin air dibagi atas turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri energi potensial, tekanan, kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle*. Air keluar melewati *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*). Contoh dari turbin impuls adalah turbin pelton, *cross-flow* dan *turgo*. Turbin Reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar.

Aliran Hidro Dinamik

Suatu air yang mengalir memiliki energi yang bisa digunakan untuk memutar turbin, karena itu pembangkit listrik tenaga air dibangun di sungaisungai dan di daerah pegunungan-pegunungan. Tenaga air tersebut dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu tenaga air dengan tekanan tinggi dan tenaga air dengan tekanan rendah.

Untuk menghitung daya turbin menggunakan rumus:

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_T \quad (1)$$

Dimana : P = daya turbin (kw)
 H = tinggi air jatuh (m)
 ρ = massa jenis air (kg/m^3)
 Q = Kapasitas Air (m^3/s)
 g = gaya gravitasi (m/s^2)

η_T = Effisiensi Turbin

Turbin merupakan salah satu mesin penggerak yang memanfaatkan aliran air untuk memutar roda turbin. Rotor merupakan bagian turbin yang berputar dan stator merupakan bagian yang tidak bergerak. Roda turbin ada didalam rumah turbin dan rodaturbin memutar poros yang diteruskan kegenerator.

Turbin memiliki sudu yang ada pada roda turbin dan fluida mengalir melalui celah-celah sudu. Roda turbin yang berputar massa jenis air (kg/ada gaya yang bekerja pada sudu. Adanya gaya itu karena terjadi perubahan momentum dari fluida yang mengalir di celah-celah sudu.

Potensi energi air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik.

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung.

Kecepatan Arus Air

Arus sungai adalah suatu aliran air yang mengalir dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah dan memanjang menuju laut. Berdasarkan letaknya yaitu hulu, tengah dan hilir (muara). Bagi para peneliti yang menarik dari aliran sungai adalah volume aliran yang mengalir pada suatu penampang persatuan waktu ($m^3/detik$) yang disebut dengan debit. Secara matematis debit dari penampang sungai dapat dinyatakan sebagai berikut ^[1].

$$Q = A \times v \quad (2)$$

Dimana :

- Q = Debit (m^3/s)
- A = Luas penampang (m^2)
- v = Kecepatan aliran rata – rata (m/s)

Rumus Perhitungan Debit Air

Debit Air

Dari persamaan (1) dan (2) bisa di dapatkan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = v \times A$$

(3)

Dimana :

- Q = Debit air [m^3/s]
- A = Luas penampang [m^2]
- v = Kecepatan air [m/s]

Luas penampang irigasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$A = l / d$$

(4)

Dimana :

- A = luas penampang [m^2]
- l = lebar irigasi [m]
- d = kedalaman rata rata irigasi [m]

Energi listrik

Energi listrik adalah energi yang disebabkan oleh mengalirnya muatan listrik dalam suatu rangkaian tertutup. Energi listrik dapat diubah menjadi berbagai bentuk energi yang lain. Sumber-sumber listrik seperti baterai yang dihasilkan oleh perubahan energi kimia dihasilkan energi listrik dan ada energi mekanik menjadi energi listrik, bahkan energi panas (kalor) menjadi energi listrik. Sumber-sumber listrik mempunyai kemampuan untuk mempertahankan beda potensial antara kedua kutubnya.

Untuk menghitung besarnya energi listrik yang dikeluarkan oleh sumber tegangan, dapat digunakan konsep beda potensial yaitu dengan persamaan berikut :

$$w = V.I.t \quad (5)$$

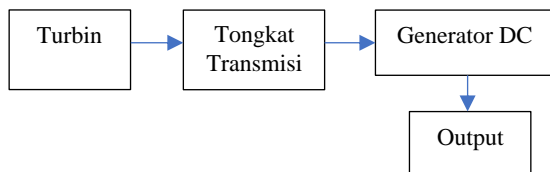
Dimana :

- W = Energi yang dikeluarkan sumber tegangan (J)
- V = Beda potensial (V)
- I = Kuat Arus (A)
- t = Waktu (s)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Blok diagram secara keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada gambar 3. Kincir

dengan generator dan akan berputar karena aliran air yang melewati sudu – sudu kincir sehingga generator berputar menghasilkan tegangan dan arus.



Gambar3.Blok Diagram Alat

Pada gambar 3. diatas Pembangkit listrik tenaga air ini memanfaatkan putarankincir air untuk menggerakkan sebuah generator. Untuk mengetahui tegangan dan arus yang dikeluarkan.

Sistem Kerja Alat

Kincir air dapat memutar dikarenakan adanya dorongan dari aliran air sungai dan mendorong turbin kincir air sehingga kincir air berputar serta poros juga akan ikut berputar. Putaran dari kincir air akan ditransmisikan oleh sistem transmisi dengan menggunakan tongkat transmisi sehingga tercipta putaran pada generator dan terjadilah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator dengan keluaran (output) arus bolak – balik.

Pembuatan Rangka Utama

Pada Pembuatan rangka utama ini dibuat menggunakan besi *hollow galvanis* dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 3.5 cm (persegi), dan tebal 1,60 mm. Pembuatan rangka utama dibentuk dengan tinggi 100 cm, lebar 42 cm, dan panjang 50 cm yang disusun seperti pada gambar 4.7 Rangka utama. Ukuran triplek dengan panjang 62 cm dan lebar 50 cm. Rangka utama ini berfungsi untuk menopang keseluruhan komponen alat.



Gambar4.Rangka Utama

Bodi/ Badan Alat

Pembuatan bodi/ badan alat yang berbahan dasar dengan menggunakan sebuah plat y ang berukuran panjang 150 cm dan lebar 90 cm, Kemudian di bentuk menyerupai tabung yang di letakan pada bagian dalam rangka utama. Karena lingkaran rangka berdiameter 42 cm maka otomatis plat akan memiliki diameter yang sama.



Gambar5.Bodi/ Badan Alat

Penopang Bantalan Bearing

Bantalan bearing dibuat guna melancarkan gerak tongkat transmisi sekaligus sebagai pengunci dari bagian dalam dari plat yang telah di bentuk menyerupai tabung dan juga sebagai dudukan dari generator. Bantalan ini berdiameter luar 42 cm dan diameter dalam (bearing) 12cm



Gambar6.Penopang Bantalan Bearing

Sistem Transmisi

Sistem transmisi dibentuk agar gerakan dari turbin air dapat menggerakkan generator. Lihat pada gambar 4.10 selain sebagai sistem transmisi juga sebagai penguat rangka dan badan pada alat pembangkit listrik ini.



Gambar7.Sistem Transmisi

Pengaplikasian Alat

Pengaplikasian alat adalah hasil akhir dari pembuatan alat Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik *Turbulent whirlpool* dan setelah dilakukan perancangan dan pembuatan alat, alat siap untuk di uji coba dan di analisa.



Gambar8.Keseluruhan Alat

Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan teknik *Turbulent Whirlpool*

Pengujian pada penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan teknik *Turbulent Whirlpool* dalam menghasilkan energi listrik. Pengambilan data hasil uji alat bertempat di sungai mama jln.prof soepomoSH menteng dalam, tebet, jakarta selatan. Pengujian pada penelitian alat ini adapun peralatan pengujian serta dilakukannya beberapa pengujian.

Peralatan Pengujian Alat

Peralatan yang digunakan pada pengujian alat ini adalah sebagai berikut :

1. Alat ukur panjang (meteran) sebagai alat ukur panjang dengan satuanmeteran.
2. *Styrofoam* sebagai media pengukuran debit air dengan metode apung.
3. *Stopwatch* sebagai alat penghitung waktu dalam pengukuran debit airdengan metode apung.
4. Bambu yang berfungsi untuk mengukur kedalaman irigasi.
5. Multimeter digital sebagai alat ukur tegangan dan arus listrik padagenerator dan akumulator.
6. Kabel.
7. Kamera digital.

Pengujian Debit Air

1. Mempersiapkan alat – alat untuk mengukur debit air dengan metodeapung
2. Mengukur lebar dan kedalaman irigasi.
3. Menempatkan *styrofoam* dengan jarak 1 meter dari titik awal ke titik tujuan alat.

4. Mencatat waktu yang telah didapatkan
5. Menghitung sesuai rumus yang telah diterapkan.

Pengujian Tegangan Pada Generator

Pada pengujian ini adapun langkah – langkah pengujian tegangan terhadapgenerator :

1. Mengaplikasikan Pembangkit Listrik Air dengan teknik *Trubulent Whirlpool* pada tempat yang telah ditentukan.
2. Mencatat tegangan listrik yang telah dihasilkan oleh generator.

Hasil Pengujian Debit Air

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besaran debit air sungai dengan lokasi instalasi turbin air. Pengambilan data debit air menggunakan metode apung dengan cara mengukur luas penampang dan kedalaman sungai lalu meletakkan *styrofoam* pada permukaan air sungai dengan jarak 1 meter dari titik awal (*start*) hinggatitik akhir (*finish*).

Sementara untuk pengujian tegangan kincir air dilakukan sebanyak lima kali pada posisi sungai yang sama dengan hari yang berbeda-beda . Hasil pengujian debit air dapat ditunjukkan tabel dibawah ini :

Tabel1.Pengujian Luas Penampang

Hari	Lebar	Tinggi (m)
1	1,5	0,49
2	1,5	0,53
3	1,5	0,55
4	1,5	0,50
5	1,5	0,52
Rata-rata	1,5	0,51

Tabel2.Pengujian Kecepatan Aliran Air

Pengujian / Hari	Jarak (m)	Waktu (t)	Kecepatan Aliran Air (m/s)
1	1	32,01	32,01
2	1	32,37	32,37
3	1	33,00	33,00
4	1	32,08	32,08
5	1	32,20	32,20
Rata-rata	1	32,33	32,33

Tabel3.Pengujian Debit Air

Luas Penampang (1,5m x 0,51m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Debit Air (m ³ /s)
0,76 m ²	32,01	24,32
	32,37	24,60
	33,00	25,08
	32,08	24,38
	32,20	24,47
Jumlah		122,85
Rata-rata		24,57

Hasil Pengujian Tegangan Pada Generator

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dari output generator yang digunakan berdasarkan debit air yang tersedia pada air hilir sungai. Dari pengujian ini diperoleh data berupa tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator saat generator berputar. Pada pengukuran pengujian ini dilakukan menggunakan voltmeter. Hasil pengujian yang didapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel4.Hasil Pengujian Tegangan Pada hari 1, hari 2, hari 3, hari 4 dan hari ke 5

Hasil Pengujian				
N0	Waktu / Hari	Kecepatan Aliran Air (m/s)	Kecepatan Putaran Generator (RPM)	Tegangan (V)
1	1	32,01	43,75	1,75
2	2	32,37	63,75	2,55
3	3	33,00	76,25	3,05
4	4	32,08	47,50	1,90
5	5	32,20	50,25	2,01
Rata-rata		32,33	56,30	2,25

Berdasarkan tabel 4. pengujian diatas menunjukkan bahwa debit air yang mendorong pada turbin air sangatlah berpengaruh terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator. Jika debit air semakin besar, maka tegangan listrik yang dihasilkan generator akan semakin besar. Hal ini membuktikan bahwa debit air berbanding lurus dengan tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator. Hubungan antara debit air dan kecepatan putar kincir air berbanding lurus yang berarti ketika debit air meningkat maka kecepatan putar

pada kincir air juga akan meningkat, dimana hal itu akan meningkatkan laju putar pada sistem transmisi yang digunakan dan akan menghasilkan putaran generator yang tinggi serta energi listrik yang besar.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian daripada sistem pembangkit listrik tenaga air dengan teknik *Turbulent Whirlpool* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perakitan sampai dengan pengujian alat maka dapat diketahui debit aliran air yang mengalir melalui tubin air sehingga turbin air dapat berputar yang akan di transmisikan kepada generator yang akan menghasilkan tegangan. Kecepatan aliran air di hari pertama 32,01 m/s sehingga menggerakkan kecepatan turbin 43,75 rpm akan menghasilkan tegangan 1,75 Vdc, Kecepatan aliran air di hari kedua 32,37 m/s sehingga menggerakkan kecepatan turbin 63,75 rpm akan menghasilkan tegangan 2,55 Vdc, kecepatan aliran air di hari ketiga 33,00 m/s sehingga menggerakkan kecepatan turbin 76,25 akan menghasilkan tegangan 3,05Vdc, kecepatan aliran air di hari empat 32,08 m/s sehingga menggerakkan kecepatan turbin 47,5 akan menghasilkan tegangan 1,90 Vdc, dan kecepatan aliran air di hari lima 32,20 m/s sehingga menggerakkan kecepatan turbin 50,25 akan menghasilkan tegangan 2,01 Vdc.
2. Dari hasil pengujian dan analisa rumus yang didapat bahwa hubungan antara kecepatan aliran air dengan generator yang telah di uji coba selama lima hari mendapatkan hasil tegangan pada hari pertama 1,72 Vdc, hari kedua 2,55 Vdc, hari ketiga 3,05 Vdc, hari keempat 1,90Vdc dan hari kelima 2,01 Vdc.
3. Jadi dari grafik didapat hasil yang paling baik diperoleh pada hari ketiga karena mendapatkan kecepatan aliran 33,00 m/s sehingga menggerakkan turbin dengan kecepatan 76,25 Rpm dan mendapatkan tegangan sebesar 3,05 Vdc

DAFTAR PUSTAKA

- Berya Prilia. (2015). *Makalah turbin air*. Diambil pada tanggal 16 maret 2020, dari <https://www.academia.edu/7246445/makalah-turbin-air>.
- Bicnets. (2018) PLTA micro tanpa bendungan. Diambil pada tanggal 20 maret 2020, dari <https://bicnets.com/index.php/energi/hydropower/1459-turbulent-whirlpool-plta-mikro-tanpa-bendungan>.
- Dandekar, M.M dan Sharma, K.N. 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Jakarta:Universitas Indonesia.
- Elektro ITB. (2008). *Pembangkit listrik tenaga air skala pikohidro untuk membangun kemandirian bangsa dalam penyediaan energi listrik*. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Marsudi, Djiteng, *Pembangkitan Energi Listrik*, Jakarta: Erlangga, 2005
- Santoso, 2007, Pengantar Ilmu Kelautan, Grasindo, Jakarta. Sudarto,1993, Pembuatan Alat Pengukur Arus Secara Sederhana, osena, Jakarta.
- Shantika. T., Ali., Anggara. A., Ihsanudin. A., 2013. Pemanfaatan aliran sungai dangkal untuk pembangkit listrik picohydro menggunakan floating turbine 47 watt.
- Prasetio. B., Chrismianto. D., Iqbal. M. 2015. Analisis pengaruh geometri dan jumlah suduterhadap performasi wells turbine.
- Unggul Wibawa, Ir., M.Sc, Hari Santoso, Ir., MS., I.G.A. Dharmayana,ST, 2014, *Perancangan Kincir Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Bendosari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang*, Jurnal Elektro, Vol. 7,no 1
- Wibowo Paryatmo, 2007, Edisi Pertama, Turbin Air, Graha Ilmu