



Analisa Pengoperasian Model Turbin Banki pada PLTMH

Aldri Boantua S¹, Budi Santoso, Tatun Hayatun Nufus

¹Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Pertumbuhan kebutuhan energi dan perkembangan lingkungan membuat bertambahnya ketertarikan terhadap pembangkit tenaga air. Pengetahuan mengenai pembangkit listrik tenaga air tersebut dibutuhkan untuk dapat mengoperasikan. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis melakukan penelitian untuk membuat prototipe model pembangkit listrik tenaga air mikro (PLTMH) dalam skala laboratorium menggunakan turbin banki sebagai bagian media pembelajaran untuk mengetahui performa turbin banki. PLTMH dibuat dengan menggunakan 2 buah reservoir dengan siklus tertutup, kemudian pompa sentrifugal digunakan sebagai sumber head air yang akan menggerakkan turbin. Instalasi pemipaan terpasang valve untuk mengatur debit air yang disalurkan ke turbin, dan dipasangkan pressure gauge untuk melihat besarnya tekanan pada beberapa titik yaitu suction pompa, dan inlet turbin. Data penelitian ini diambil dengan memvariasikan debit air inlet turbin melalui bukaan katub sebesar 1/3, 2/3, dan penuh. Data yang diambil berupa rpm, daya, dan efisiensi turbin. Hasil analisa dari kinerja PLTMH ini yaitu rpm terbesar 350 rpm, Daya Turbin terbesar 181,227 Watt, efisiensi daya terbesar 0,5126%. Data rata-rata dari 10 sampel yang didapatkan dari bukaan sepertiga, dua pertiga, penuh yaitu rpm sebesar 238,8 rpm, 97,8 rpm, 348,9 rpm, daya turbin 73,559 watt, 137,599 watt, 179,122 watt, efisiensi turbin 0,458%, 0,451%, 0,507%.

Kata Kunci : Turbin Banki, PLTMH, RPM, Daya, Efisiensi

Abstract

The growing demand for energy and the development of the environment have led to increased interest in hydropower. Knowledge of the hydroelectric power plant is required to be able to operate it. Based on these problems, the authors conducted research to create a prototype model of a micro hydroelectric power plant (PLTMH) on a laboratory scale using a banki turbine as part of the learning media to determine the performance of a banki turbine. MHP is made using 2 reservoirs with a closed cycle, then a centrifugal pump is used as a source of water head that will drive the turbine. The piping installation is installed with a valve to regulate the flow of water that is channeled to the turbine, and a pressure gauge is installed to see the amount of pressure at several points, namely the pump suction and turbine inlet. This research data was taken by varying the turbine inlet water discharge through the valve opening by 1/3, 2/3, and full. The data taken in the form of rpm, power, and efficiency of the turbine. The results of the analysis of the performance of this MHP are the largest rpm of 350 rpm, the largest turbine power of 181,227 Watt, and the largest power efficiency of 0.5126%. The average data from 10 samples obtained from openings one third, two thirds, full, namely rpm of 238.8 rpm, 97.8 rpm, 348.9 rpm, turbine power 73.559 watts, 137.599 watts, 179.122 watts, turbine efficiency 0.458%, 0.451%, 0.507%.

Keywords: Banki Turbine, MHP, RPM, Power, Efficiency

¹ Corresponding author E-mail address: aldri.boantuasiadari.tm18@mhs.pnj.ac.id

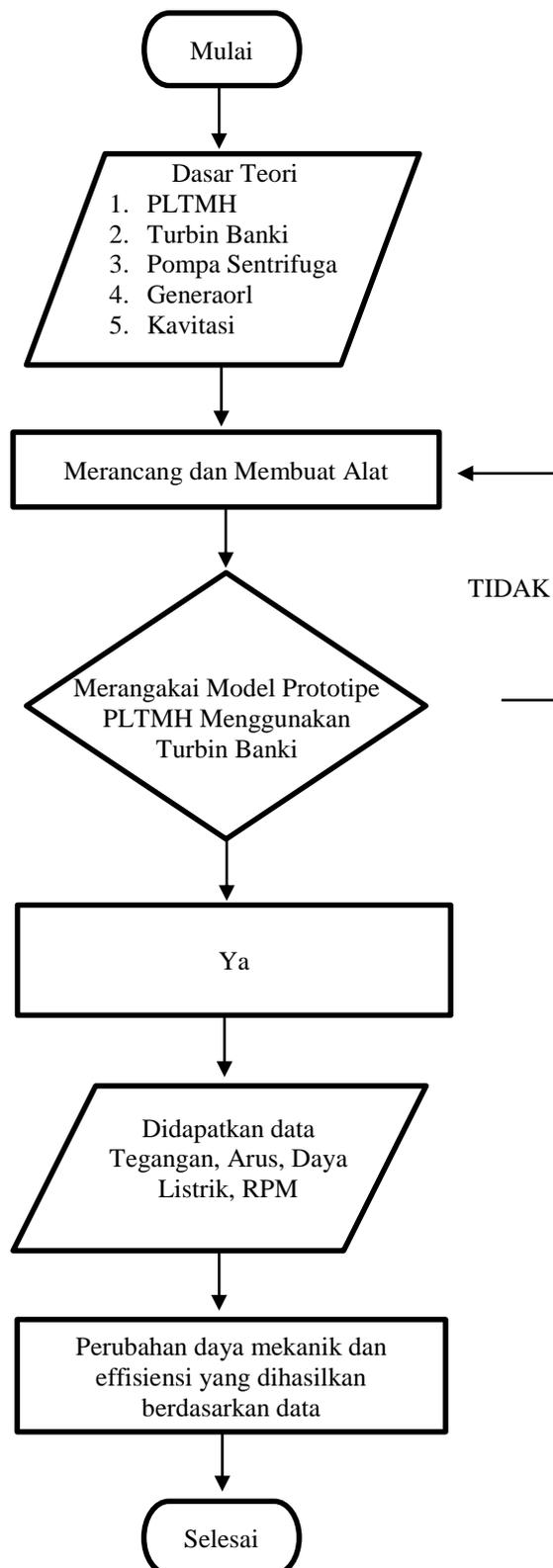
1. PENDAHULUAN

Besarnya pertumbuhan kebutuhan energi yang berkembang seiring dengan bertumbuhnya lingkungan membuat ketertarikan mengenai pembangkit listrik meningkat (Walseth, 2009). Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu pembangkit dengan biaya pembuatan yang murah dan mudah untuk dioperasikan dapat menjadi salah satu pemenuh kebutuhan tersebut. Tingginya kebutuhan energi tersebut membuat pentingnya pengetahuan mengenai pembangkit listrik ini agar dapat dikembangkan pembangkit tersebut.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik skala mikro yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya sehingga dapat memutar generator yang dihubungkan dengan turbin dan menghasilkan listrik. (M.C. Kinney, 1983) Skala yang kecil ini memungkinkan untuk dibuatnya PLTMH dalam skala lab dengan menggunakan sumber air yang kecil dan digunakan untuk membangkitkan beban yang kecil juga. Untuk menyesuaikan kemampuan kerja pembangkit skala kecil digunakan turbin yang sesuai, salah satunya turbin yang dapat memenuhi yaitu turbin banki. Turbin Banki merupakan turbin air dengan aliran menyilang, turbin ini memanfaatkan aliran air untuk memutar blade runner dengan *head* yang rendah sehingga cocok untuk PLTMH skala lab ini. (Walseth, 2009)

Berdasarkan hal tersebut penulis memutuskan untuk membuat prototipe model PLTMH menggunakan turbin banki dalam skala lab. PLTMH ini dibuat dengan tujuan untuk menganalisa kinerja turbin banki sebagai alat pengkonversian kecepatan aliram fluida yang mengalir dalam nosel untuk mendorong sudu turbin sesuai dengan hukum Bernoulli. PLTMH dibuat dalam skala lab dioperasikan dalam sistem tertutup dimana dua buah resevoir digunakan sebagai penampung air sementara sebelum air dialirkan kembali menuju turbin, air dialirkan menggunakan instalasi pipa pvc dengan *ball valve* terpasang sebelum inlet turbin untuk mengatur debit air masuk turbin melalui bukaan *valve*, kemudian PLTMH menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air sehingga menghasilkan daya hidrolis.

2. METODE PENULISAN



Gambar 1. Flow Chart Kegiatan

Berdasarkan alur kerja di atas penelitian ini dilakukan dalam tahapan sebagai berikut.

1. Pengumpulan literatur untuk turbin banki, data pompa berupa head dan debit, instalasi pemipaan yang diperlukan untuk PLTMH, besar resevoir yang diperlukan untuk menampung air yang dibutuhkan PLTMH, kapasitas motor listrik yang akan digunakan sebagai generator sesuai dengan target rancangan turbin banki..
2. Pembuatan prototipe alat turbin banki untuk PLTMH, rangka tempat dipasangnya komponen PLTMH, bak untuk resevoir PLTMH, Instalasi pemipaan.
3. Uji performa protipe model PLTMH yang dirancang dilakukan di Laboratorium Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta.

A. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Bahan untuk pembuatan turbin air terdiri dari: acrylic, pipa galvanis, Pelat Alumunium, bantalan karet, talang air, pulley besi
2. Bahan untuk pembuatan resevoir terdiri dari bak besi, dan aquarium kaca
3. Bahan untuk instalasi berupa generator, regulator tegangan, pipa PVC, sambungan, kabel
4. Lem tembak, lem pipa, Sealent, Lem besi
5. Media penggerak turbin banki adalah air

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Software Solidworks digunakan untuk membuat rancangan turbin dan rangka PLTMH yang menjadi patokan ukuran sesungguhnya.
2. Alat untuk membuat instalasi pemipaan sebagai berikut : meteran, gergaji pipa
3. Alat untuk membuat rangka PLTMH sebagai berikut : gerinda duduk, mesin las
4. Alat untuk membuat turbin banki sebagai berikut : gerinda tangan, bor duduk

B. Pelaksanaan

Bila debit air sebesar Q dan tinggi terjunan adalah H , maka kecepatan air di sudut terluar adalah :

$$V = C (2gH)^{1/2} \quad (\text{Banki, 2004. Hal 6}) \quad (2.1)$$

dimana C : konstanta.

Kecepatan tangensial sudut dihitung dengan $U = V \cos \alpha$

dimana α : sudut masuk air

Nilai efisiensi, dihitung dengan

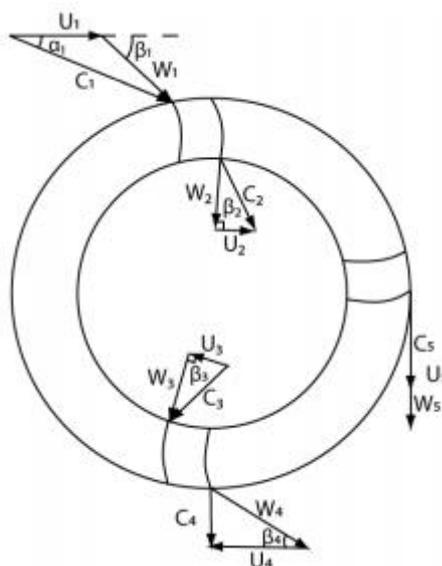
$$\eta = \frac{2c^2 u_1}{v_1} (1 + \varphi) \left(\cos \alpha_1 - \frac{u_1}{v_1} \right) \quad (\text{Wiludjeng, 2017}) \quad (2.2)$$

φ : perbandingan kecepatan tangensial masuk dan keluar sudut

Efisiensi maksimum diperoleh

$$\eta = \frac{v_1 \cos \alpha_1}{2} \quad (2.3)$$

Setelah dihitung secara teoritis diperoleh $C=0,98$; $\alpha = 10^\circ$; $\varphi=0,98$; $\eta_{\text{maks}}=0,878$ Maka kelengkungan sudut :



Gambar 2. Diagram Kecepatan

Diagram pada gambar 2 menunjukkan arah dan besar dari kecepatan air. Diasumsikan tidak ada kerugian di dalam runner, yang memberikann diagram yang sama dengan keluaran di tahap oertama dan kedua.

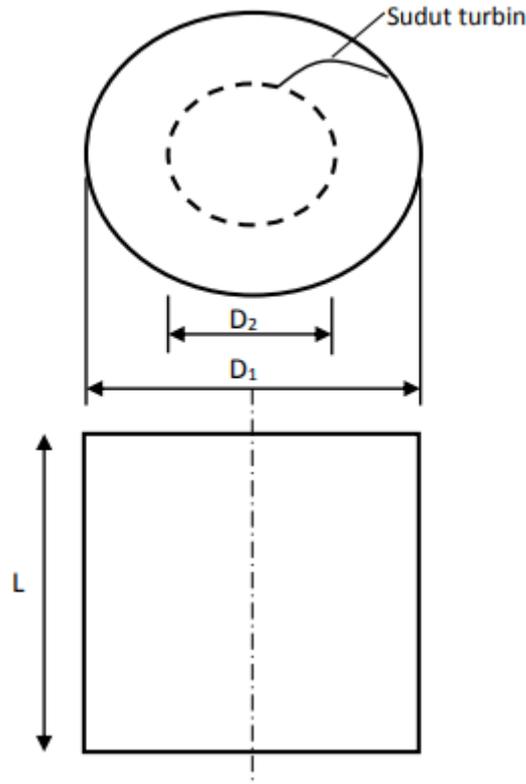
Berikut penjelasan notasi terkait diagram kecepatan pada gambar 2. :

C = kecepatan absolut

W = kecepatan relatif

U = kecepatan keliling

β = sudut antara kecepatan relatif dengan kecepatan keliling



Gambar 3. Ukuran Sudu Turbin

Berdasarkan diagram kecepatan pada gambar 2 dapat ditentukan dimensi runner turbin seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.

Untuk kecepatan putar turbin dihitung dengan persamaan:

$$n = \frac{60w_1}{2\pi} = \frac{60U_1}{2D_1} \quad (\text{Wiludjeng, 2017}) \quad (2.4)$$

Jumlah sudu ditentukan dengan:

$$n = \frac{\pi D_1}{t} \quad (2.5)$$

Bila penampang power canal berupa trapesium maka luas penampang adalah: $A = y(b + y \cos\theta)$

Diameter hydraulic dihitung dengan persamaan:

$$D_H = \frac{2A}{b + \frac{2y}{\sin\theta}} = 2R_h \quad (2.6)$$

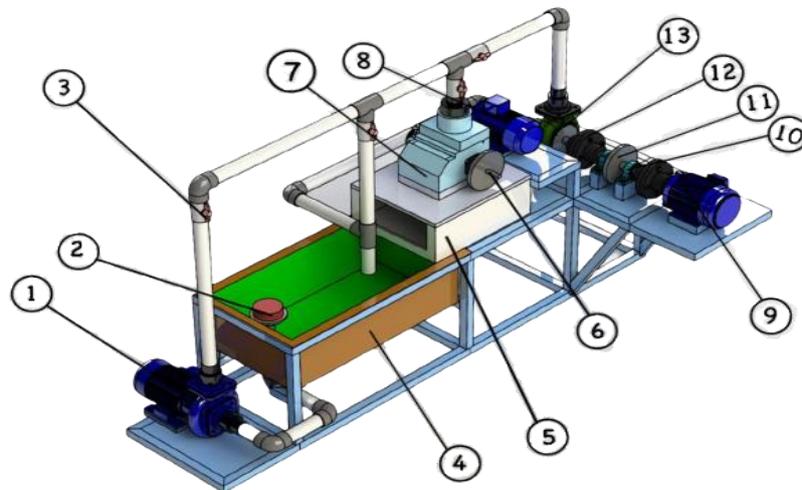
Bila saluran dengan panjang L dan sudut kemiringan ϕ maka:

$$S_h = \tan \phi = \frac{hf}{L} \quad (2.7)$$

Laju aliran air persatuan waktu (debit) ditentukan dengan persamaan:

$$Q = AV = \frac{R_h^{2/3} S_h^{1/2}}{n} A \quad (\text{Mockmore, 2004, hal 17}) \quad (2.8)$$

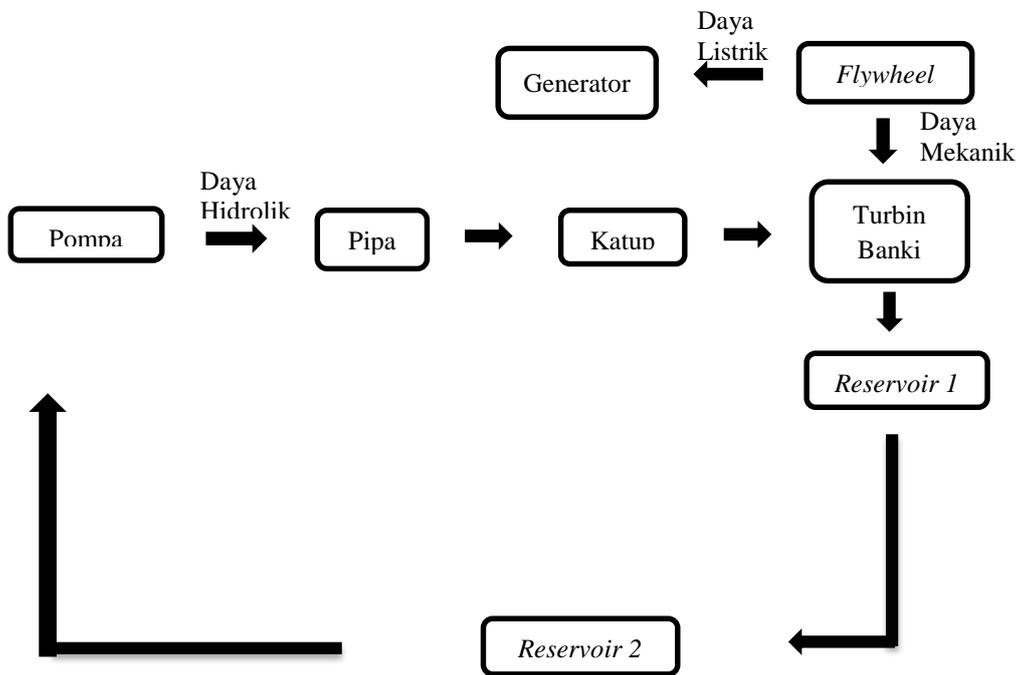
Pembuatan Model Analisa PLTMH



Gambar 4. Desain PLTMH

Keterangan Gambar:

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. Pompa Sentrifugal | 6. Turbin Bankis |
| 2. Katup | 7. Motor |
| 3. Reservoir 2 | 8. Bearing |
| 4. Reservoir 1 | 9. Flywheel |
| 5. Poros | 10. Pulley |



Gambar 5. Skema Kerja Alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan PLTMH Menggunakan Turbin Banki dalam Skala Lab

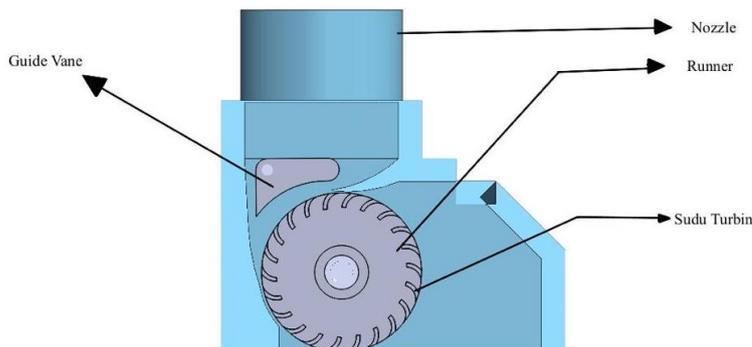
Model PLTMH ini dibuat dengan menggunakan sistem tertutup dimana air diisi ke dalam resevoir pertama (bak besi) kemudian dialirkan ke turbin menggunakan pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut : debit air $0,006 \text{ m}^3/\text{s}$, 3 fasa, dengan daya 1,5 kW. Pompa akan menjadi sumber head PLTMH dengan mengalirkan air melalui pipa pvc berukuran 2 inci, yang pada bagian suction dan discharge pompanya dipasangkan pressure gauge, kemudian pada bagian inlet turbin juga dipasang pressure gauge.

Kemudian dilakukan analisa untuk menentukan dimensi desain turbin yang sesuai untuk PLTMH skala laboratorium. Berikut adalah beberapa perhitungan yang dibutuhkan dalam perancangan turbin :

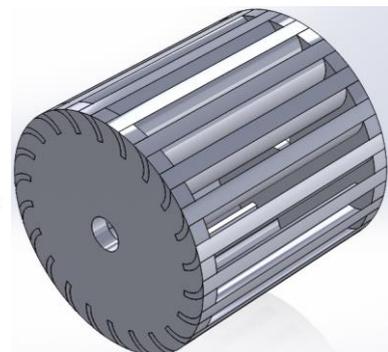
- Luas penampang (A) pipa :
 $2 \text{ inci} = \pi r^2 = 0,0785 \text{ m}^2$
- Kecepatan keliling aliran air dihitung dengan persamaan
 $v = C\sqrt{2gH} = 20,36 \text{ m/s}$
- Kecepatan keliling
 $v = 0,48 \times v = 9,77 \text{ m/s}$
- Diameter luar turbin
- Debit air
 $Q = v \times A = 1,59 \text{ m}^3/\text{s}$

Berdasarkan perhitungan di atas dilakukan pembuatan prototipe turbin banki untuk model PLTMH tersebut. Namun performa yang didapatkan dari kerja turbin banki masih belum memenuhi target dikarenakan kegagalan fabrikasi yang menyebabkan sudut sudu tidak sesuai dengan rancangan. Selain itu kesalahan fabrikasi pada bagian casing turbin menyebabkan besar nosel tidak sesuai.

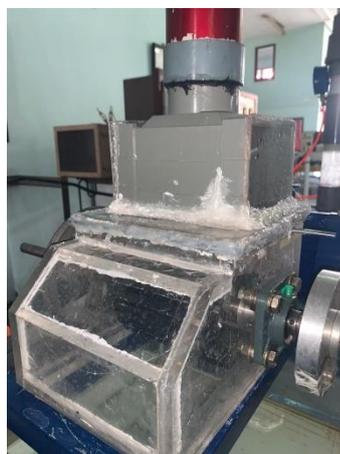
Mekanisme penyaluran daya pada turbin ini menggunakan pulley dengan perbandingan 1:4, sehingga dapat memiliki torsi yang besar untuk memutar generator hingga mencapai target yang diinginkan.



Gambar 6. Komponen Turbin Banki



Gambar 7. Runner Turbin Banki



Gambar 8. Foto Turbin Banki pada PLTMH

B. Uji Coba Prototipe

Uji coba pada prototipe PLTMH dilakukan tanpa menggunakan beban, dengan memvariasikan debit air melalui bukaan katub sebesar 1/3, 2/3, penuh. Alat ukur yang digunakan berupa prony brake untuk mengukur torsi pada bagian pulley turbin, kemudian pressure gauge dihubungkan pada sisi suction dan discharge pompa sehingga dapat melihat head pompa . Dari percobaan tersebut didapatkan data sebagai berikut :

Torsi Full (N.m)	Torsi Dua Pertiga (N.m)	Torsi Sepertiga (N.m)
176,093	140,001	72,388
179,687	131,685	71,772
179,687	132,609	75,468
179,687	132,609	72,696
179,687	133,533	66,843
179,173	140,001	79,473
180,200	141,850	73,004
177,633	139,539	77,625
178,146	140,001	70,540
181,227	144,160	75,776

Daya Hidrolik Full	Daya Hidrolik Sepertiga	Daya Hidrolik Dua Pertiga
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674
35357,683	30536,181	16071,674

Daya Turbin Full	Daya Turbin Dua pertiga	Daya Turbin Sepertiga
176,093	140,001	72,388
179,687	131,685	71,772
179,687	132,609	75,468
179,687	132,609	72,696
179,687	133,533	66,843
179,173	140,001	79,473
180,200	141,850	73,004
177,633	139,539	77,625
178,146	140,001	70,540
181,227	144,160	75,776
179,122	137,599	73,559

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kerja turbin banki sangat dipengaruhi oleh besarnya kecepatan aliran air yang mendorong bilah runner turbin banki
2. Pengujian pada bukaan katub penuh memberikan daya hidrolik tertinggi sebesar 35357,683 watt, daya turbin sebesar 176,093 watt, dan torsi sebesar 181,227 N.m.
3. Pada penelitian ini turbin banki yang dibuat pada prototipe PLTMH masih memiliki banyak rugi kecepatan alirannya akibat kebocoran dibagian nosel dan nosel yang dibuat sudah melenceng jauh dari rancangan.

Saran

Redesign turbin banki khususnya pada bagian nosel turbin banki dengan buatan yang lebih baik lagi, sehingga kecepatan aliran air dapat fokus mendorong bilah turbin .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing yang telah membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir, dan Politeknik Negeri Jakarta atas dukungan tempat dan sarana dalam penulisan serta doa orang tua yang selalu menyertai penulis.

REFERENSI

- [1] Trisasiwi, Wiludjeng., Masrukhi, Mustofa, Asna. (2017). Rancang Bangun Turbin Cross-Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Skala Laboratorium
- [2] Harvi, & Ikrar H. (2017). Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Reka Buana*.
- [3] Mustakim. (2015). Pengaruh Kecepatan Sudut Terhadap Efisiensi Pompa Sentrifugal Jenis Tunggal. *Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro*.
- [4] Mahalla, Suharyanto, & S., M. B. (2013). Evaluasi Kinerja IMAG Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Cokro Tulung Kabupaten Klaten. *Jurnal Media ELEktrik*.
- [5] Walseth, Eve Catherine. (2009). Investigation of the Flow through the Runner of a Cross-Flow Turbine. Trondheim. Norwegian University of Science and Technology
- [6] Joe, Cole. (2004) Crossflow Turbine Abstract. OSC Buletin #25 "The Banki Crossflow Turbine".
- [7] Mockmore, C. A., Merryfield, Fred. (1949). *The Banki Water Turbine*. Corvallis: Bulletin Series No. 25.
- [8] J. McKinney and P. C. C. Warnick. (1983). *Microhydropower Handbook Volume 1*.