

ANALISA POTENSI PLTMH PADA ALIRAN DANAU UNIVERSITAS LANCANG KUNING

Hazra Yuvendius¹,

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324
Email: hazra_yuvendius@unilak.ac.id

ABSTRAK

Universitas Lancang Kuning memiliki luas area 57 Ha, area tersebut terdiri Lokasi Sarana & Prasarana kampus $\pm 35\%$, Perkebunan $\pm 50\%$ dan Danau Buatan $\pm 15\%$. Danau buatan yang terletak dilingkungan Fakultas Hukum Universitas Lancang kuning memiliki luas area ± 6 ha berada di Fakultas Hukum, merupakan potensi pengembangan energi baru terbarukan salah satunya *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Teknologi Mikro Hidro adalah teknologi pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW) yang digunakan pada sumber daya air untuk mengubah tenaga aliran air (irigasi, danau, sungai atau air terjun) dari tenaga potensial (daya tekan) menjadi tenaga kinetis (kecepatan).

Potensi debit air danau Universitas Lancang Kuning periode pengujian tahun 2016 adalah 1.297 m³/detik dan daya mampu yang dihasilkan ± 19 kW. Sehingga rancangan PLTMH yang dapat dirancang adalah menggunakan turbin type *Bunki*, dengan pertimbangan kondisi pelimpahan air aliran danau hanya memiliki ketinggian 1,5 m.

Kata Kunci : Energi, PLTMH

ABSTRACT

The University of Lancang Kuning has a total area of 57 Ha, the area consists of Campus Facilities & Infrastructure $\pm 35\%$, Plantation $\pm 50\%$ and Artificial Lake $\pm 15\%$. Artificial lake located within the Faculty of Law University of Lancang ying memiliki area of ± 6 ha located in the Faculty of Law, is a potential development of new renewable energy one of the Micro Hydro Power Plant (PLTMH). Micro Hydro technology is a small-scale power generation technology (less than 200 kW) used in water resources to convert water flow (irrigation, lakes, lakes or waterfalls) from potential energy to kinetic power.

Result of research of lake of University of Lancang Kuning obtained potency of water debit of testing period of year 2016 equal to 1,297 m³ / sec and power capable yielded ± 19 kW. So that the design of PLTMH that can be designed is to use a turbine type Bunki, with consideration of water flow conditions lake flow only has a height of 1.5m

Keywords : energy, PLTMH

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi alternatif adalah salah satu kebijakan energi nasional dalam jangka panjang, ditargetkan peranan energi baru terbarukan tahun 2025 di atas 5% dari konsumsi energi nasional [1]. Salah satu energi terbarukan yang ramah lingkungan (*clean energy*), adalah *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro)*. Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning memiliki potensi *Energi Baru Terbarukan (EBT)* yakni danau alam yang memiliki cakupan air (*catchment area*) yang mengalir terus menerus.

Universitas Lancang Kuning memiliki luas area ±57 ha, area tersebut terdiri Lokasi Sarana & Prasarana kampus ±35 %, Perkebunan ± 50% dan Danau Buatan ±15 %. Posisi danau buatan Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning terletak di lingkup Fakultas Hukum yang berbatasan dengan gedung rektorat. Lokasi danau sangat strategis untuk dimanfaatkan sebagai penunjang kegiatan suasana pendidikan dan wisata ilmu berbasis alam. Untuk menunjang kegiatan tersebut dibutuhkan sarana prasarana berupa aliran daya listrik untuk penerangan dan keperluan lainnya. PLTMH merupakan solusi alternatif dalam rangka memenuhi kebutuhan aliran daya listrik di lokasi danau alam Fakultas Hukum Universitas Lancang kuning dengan konsep pemanfaatan energi terbarukan yakni Potensi Air Danau pada Universitas Lancang Kuning.

Teknologi mikro hidro adalah teknologi yang memanfaatkan aliran air danau universitas lancang kuning untuk pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW) [2] yang digunakan pada saluran irigasi, danau, danau dan air terjun dari tenaga Potensial (daya tekan) menjadi tenaga kinetis (gerak).

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada Danau Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning. Lokasi penelitian terletak di jalan Yos Sudarso Km 8 pada Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning.

Prosedur Pengambilan Data

Pengumpulan data yang dibutuhkan dalam bentuk data primer maupun data sekunder.

1. Data Primer

Data primer yang dipakai untuk mendukung penelitian ini antara lain:

- Data kecepatan aliran pada danau, Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning.

- Data beda tinggi dari lokasi bendung menuju rumah kincir.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang dipakai untuk mendukung penelitian ini antara lain:

- Peta danau.
- Data luasan danau yang berasal dari Google Earth.

Prosedur Analisa Data.

Proses analisa data menggunakan metoda penghitungan PLTMH.

1. Potensi Daya Mikro Hidro

Daya Turbin Air ditunjukkan oleh besarnya debit air dan tinggi head air. Beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*. Sedangkan debit air yaitu volume air persatuan detiknya. Secara efisiensi dari Turbin Air tersebut, daya Turbin Air ditentukan menurut persamaan berikut [2]:

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

Keterangan :

- P = Daya (Watt) atau (N.m/s)
Q = Debit massa (kg/s) diperoleh dari
 $Q = \rho \times q$
 ρ = Massa jenis air (1000 Kg / m³)
q = Debit air (m³ / s)
g = Percepatan gravitasi (9.81 m /s²)
H = Tinggi jatuh air / Head (m)

2. Potensi Debit Aliran Danau

Debit aliran danau dihitung dengan melakukan pengukuran menggunakan *current meter* atau pelampung. Pengukuran dengan *current meter* adalah dengan membaca langsung pada display ketika bagian *propeller* dari *current meter* dimasukkan kedalam air. Sedangkan pada metoda pelampung, kecepatan air diperoleh dengan meletakkan pelampung pada aliran air dan mencatat waktu (t) serta jarak (d) tempuh pelampung dalam satuan detik dan meter [2,3,4,5].

$$v = c \times \frac{d}{t} \quad (2)$$

Keterangan

- v = Kecepatan Aliran air (m/dtk)
d = Jarak tempuh pelampung, (m)
c = Faktor koreksi, 0,75 atau 0,95 masing-masing untuk pelampung pada permukaan air atau cukup dalam dibawah permukaan air.

Selanjutnya kecepatan air berbanding lurus dengan luas area aliran danau :

$$Q = A \times v \quad (3)$$

Keterangan :

- Q = Debit air (m³/s)
- A = Luas Area penampang aliran (m)
- v = Kecepatan Aliran Air (m/dtk)

Data luas penampang aliran air danau diperoleh dengan melakukan pengukuran kedalaman danau atau saluran air pada beberapa titik dengan interval jarak sama sepanjang arah melintang danau. Jumlah titik harus ganjil. Selanjutnya dapat digunakan rumus berikut ini untuk menghitung luas penampang aliran air :

- A = luas penampang aliran air, (m²)
- d1, d2,...,dn
= kedalaman danau atau saluran air, (m)
- w = lebar interval antar titik pengukuran kedalaman danau atau saluran (m)

Alternatif menentukan luas penampang aliran air adalah dengan mengukur lebar danau atau saluran (W) dan kedalaman rata-rata danau atau saluran (drata-rata), sehingga diperoleh luas penampang tersebut dengan persamaan berikut [2]

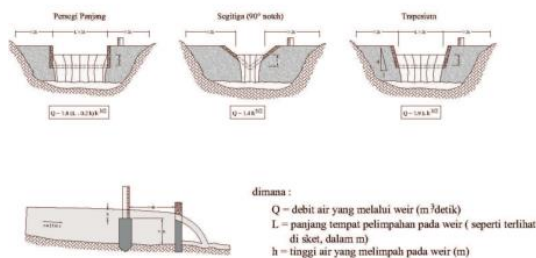
$$A = W \times d \text{ rata-rata} \quad (4)$$

Keterangan :

- A = luas penampang aliran air, (m²)
- W = lebar danau atau saluran (m)
- drata-rata
= kedalaman rata-rata danau atau saluran (m)

3. Bendungan Sementara

Bendungan (*weir*) sementara diperlukan untuk mengukur debit air pada danau atau aliran danau dengan pemasangan secara melintang [7]. Bentuk-bentuk bendungan dapat ditampilkan pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Kriteria Disain Bendungan yang digunakan dalam Pengukuran Debit Air Berdasarkan gambar 1 diatas bentuk-bentuk bendungan (*weir*) dapat digolongkan menjadi tiga :

1. Rectangular (Persegi Panjang)
2. Triangular (Segitiga)
3. Siku-siku

Pada *weir* berbentuk persegi panjang rumus yang digunakan untuk menghitung debit air adalah [2] :

$$Q = 1,8 (L - 0,2h) \cdot h^{3/2} \quad (5)$$

Keterangan :

- Q = debit air yang mengalir melalui *weir*. (m³/dtk)
- L = Panjang tempat pelimpahan air pada *weir* (lihat gambar.1), (m)
- h = tinggi air yang melimpah pada weir (lihat gambar 1), dalam (m)

Untuk *weir* berbentuk segitiga rumus yang digunakan untuk menghitung debit air adalah [2] :

$$Q = 1,4 \cdot h^{\frac{5}{2}} \quad (6)$$

Keterangan :

- Q = debit air yang mengalir melalui *weir*. (m³/dtk)
- h = tinggi air yang melimpah pada weir (lihat gambar 1), dalam (m)

Sedangkan *weir* untuk tipe trapesium rumus yang digunakan untuk menghitung debit air [2]

$$Q = 1,9 \times L \times h^{3/2} \quad (7)$$

Keterangan :

- Q = debit air yang mengalir melalui *weir*. (m³/dtk)
- L = Panjang tempat pelimpahan air pada *weir* (lihat gambar.1), (m)
- h = tinggi air yang melimpah pada weir (lihat gambar 1), dalam (m)

4. Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi operasi turbin [6,8], yaitu :

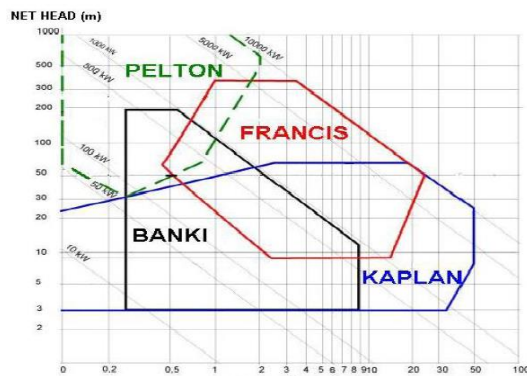
- a. Faktor tinggi jatuh air efektif dan debit air
- b. Faktor daya yang diinginkan
- c. Kecepatan Putaran Turbin yang ditransmisikan ke generator

Pada point c kecepatan putaran setiap turbin memiliki kisaran (*range*) tertentu berdasarkan data eksperimen. Kisaran kecepatan spesifik beberapa turbin air ditunjukkan pada Tabel 1 [9] :

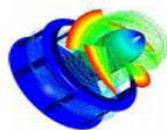
Tabel 1. Kecepatan spesifikasi beberapa turbin (rpm)

| | |
|------------------|--------------------------|
| Turbin Pelton | $12 \leq N_s \leq 25$ |
| Turbin Francis | $60 \leq N_s \leq 300$ |
| Turbin Crossflow | $40 \leq N_s \leq 200$ |
| Turbin Propeller | $250 \leq N_s \leq 1000$ |

Dengan mengetahui kecepatan spesifik turbin maka rencana rancang bangun dan pemilihan jenis turbin akan menjadi lebih mudah. Dengan mengetahui besaran kecepatan spesifik maka dimensi dasar turbin dapat diestimasi (diperkirakan). Pada Gambar 2 menunjukkan diagram aplikasi berbagai jenis turbin [4]:



(a)



(b)

Gambar 2 (a). Diagram aplikasi berbagai jenis turbin (head vs debit)

(b). Searah jarum jam jenis turbin : Turbin pelton, Turbin Francais, Turbin Propeler dan Turbin Kaplan.

5. Torsi

Pengukuran torsi turbin diatasi dengan cara menggunakan dinamometer sehingga dapat menghasilkan gaya torsi (m) dan dapat dihitung torsi yang dihasilkannya [5,7].

Secara matematik dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$T = m \times g \times r \tag{8}$$

Keterangan :

- $T = \text{Torsi (N.M)}$
- $r = \text{Jari - jari (m)}$
- $F = \text{Gaya (N)} F = m \times g$
- $m = \text{gaya torsi (Kg)}$
- $g = \text{Gravitasi (9,81m/s}^2\text{)}$

6. Menghitung Kecepatan Putar Turbin

Kecepatan putar turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut [3]:

$$n = v/2\pi R \tag{9}$$

Keterangan :

- $n = \text{kecepatan putar turbin (RPM)}$
- $v = \text{kecepatan air (m/s)}$
- $R = \text{Jari-jari (m)}$

7. Menghitung Tekan Air Pada Turbin

Nilai besaran tekan turbin mengikuti kaidah ilmu fluida yang dihitung persamaan berikut [3] :

$$q = \frac{1}{2} \rho . v^2 \tag{10}$$

Keterangan :

- $q = \text{Tekan air pada turbin (N/m}^2\text{)}$
- $\rho = \text{Massa Jenis}$
- $v = \text{Kecepatan Air (m/s)}$

8. Luas penampang Turbin

Luas penampang turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = b . c^1 \tag{11}$$

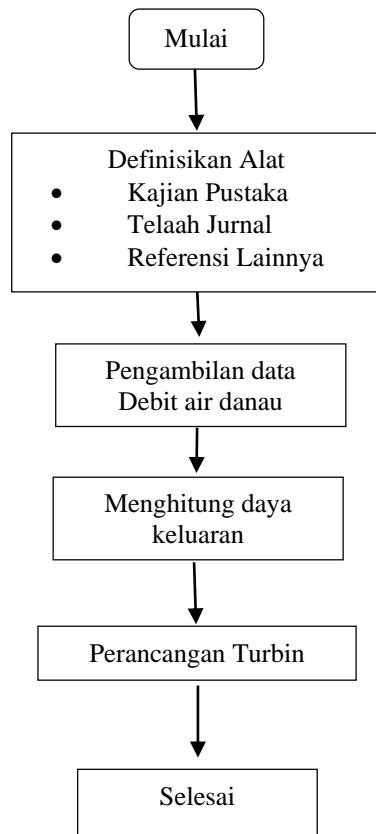
Catatan

$$c^1 = c \cos \theta \tag{12}$$

Keterangan

- $A = \text{Luas penampang turbin (m}^2\text{)}$
- $c = \text{luas sudu turbin (m)}$
- $\cos \theta = \text{Fungsi sudut pada sudu turbin}$

Langkah selanjutnya dalam melaksanakan penelitian ini dengan membuat skema diagram alur (*Flowchart*) sebagaimana gambar 3berikut :



Gambar 3. Diagram alir penelitian analisa potensi aliran danau Universitas Lancang Kuning

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Debit Air

Debit air dapat dihitung dengan cara memanfaatkan gabus yang dilepaskan pada aliran air dimana terlebih dahulu dilakukan pengukuran terhadap terhadap jarak yang akan dilewati gabus tersebut. Selanjutnya mengamati waktu tempuh gabus dari lintasan yang telah ditentukan tersebut.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Mengukur tinggi jatuh air danau Unilak, (b) Lokasi danau Unilak

Dari data telah didapat nilai median dari waktu tempuh gabus sebagaimana tabel 2 :

Tabel 2 . Hasil Pengamatan Kecepatan Air


| Waktu, Tanggal Bulan dan Tahun | Rata - Rata Pengamatan (sekon) | | | | Rata-rata Total |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Pengambilan data | 3 11 | 9 11 | 23 11 | 7 12 | |
| | 2016 | 2016 | 2016 | 2016 | |
| Pagi (07.00-07.45) | 2.455 | 2.665 | 3 | 2.65 | 2.6575 |
| Sore (16.00-16.45) | 2.425 | 2.665 | 2.66 | 2.45 | 2.555 |

Pada tabel 1 didapat rata-rata kecepatan air hasil pengukuran untuk waktu pagi jam 07.00-07.45 WIB adalah 2.65 s dan sore hari jam 16.00-16.45 adalah 2.55 sekon, pengukuran dilakukan di Danau Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning.

B. Analisa Besar Debit Air Danau Unilak

Dalam melakukan penelitian type bendungan yang digunakan adalah persegi panjang (rectangular) dimana data pada table [3]:

Tabel 3.Data Bendungan Type Persegi Panjang

| Type Bendungan | Tinggi (h) Pelimpahan (m) | Panjang (L) tempat Pelimpahan (m) |  |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Persegi Panjang | 0.47 | 1.84 | |

Dari data bendungan diatas dapat dilakukan perhitungan debit air danau Fakultas hukum universitas lancang kuning dengan menggunakan persamaan perhitungan debit air type persegi panjang dengan menggunakan persamaan 7 sehingga didapat rata-rata debit air yang mengalir pada danau Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning adalah sebesar 1.011 (m³/dtk).

Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan pengaruh pelampung terhadap kecepatan dan jarak untuk menentukan debit air dengan menggunakan persamaan (2) masing-masing untuk pelampung pada permukaan air atau cukup dalam dibawah permukaan air

Selanjutnya menghitung kecepatan air dengan luas area aliran danau menggunakan persamaan 3 Sehingga didapat besar debit air untuk rentang

waktu 07.00-07.45 sebesar 1.311 m³/dtk dengan menggunakan faktor koreksi sebesar 0.95. Selanjutnya untuk sore hari direntang waktu 16.00-16.45 WIB didapat besar debit air 1.297 m³/dtk.

Selanjutnya dapat diambil rata-rata median dari data diatas bahwa besaran debit air yang mengalir pada danau fakultas hukum unilak adalah 1.297 m³/detik.

C. Potensi Daya Mikro Hidro

Setelah didapat dari hasil penelitian debit air rata-rata sebesar 1.297 m³/dtk, dengan menggunakan persamaan 1 maka didapat potensi daya mikrohidro di danau Fakultas Hukum Universitas Lancang Kuning sebesar ± 19 kW.

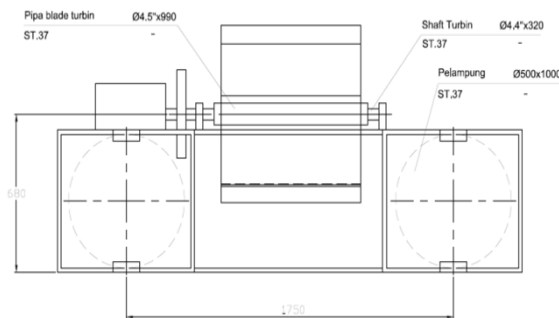
D. Konsep Rancangan Turbin Bunki PLTMH

Berdasarkan hasil pengamatan dilokasi danau Universitas Lancang Kuning, maka didapat tuntutan prioritas rancang bunki turbin sebagaimana tabel 2 berikut :

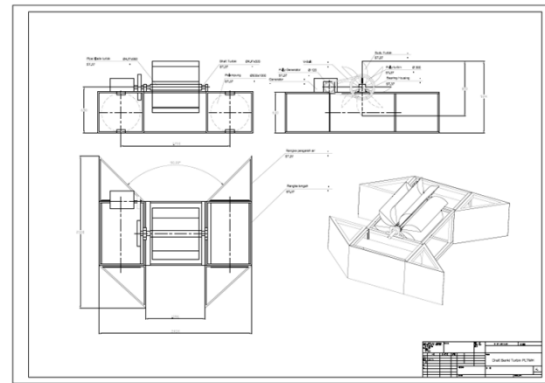
Tabel 4. Tuntutan Prioritas Bunki Turbin PLTMH

| No | Tuntutan Utama | Keterangan |
|----|----------------------|-----------------|
| 1 | Daya Yang Dihasilkan | 16 kW – 19 kW |
| 2 | Sistem Transmisi | Sabuk dan Pully |

Pada rancangan ini daya keluaran yang diharapkan Bunki Turbin PLTMH hanya ± 5 kW. Penetapan nilai besaran daya keluaran pada PLTMH sebesar ± 5 kW adalah untuk menjamin kontinuitas perputaran turbin ketika terjadi musim kemarau dikarenakan penyusutan debit air danau. Sehingga didapat rancangan seperti gambar berikut



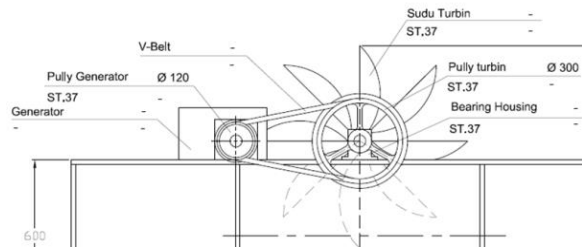
(a)



(b)

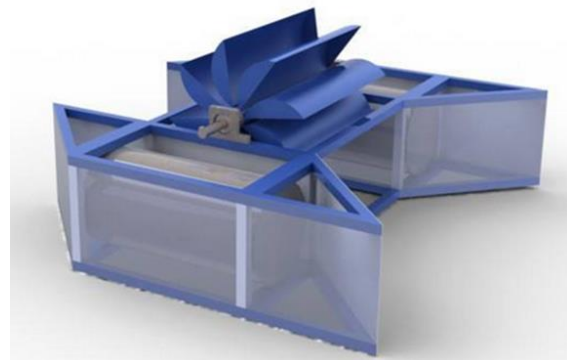
Gambar 5. (a) Tampak Depan Rancang Turbin
 (b) Tampak Keseluruhan Rancang Bangun Bunki Turbin

Rancangan geometri turbin *Bunki Turbin (BT)* (gambar 4.1.), dengan menggunakan Autocad, ukuran jari – jari (R) untuk sudu turbin BT yang akan dibuat yaitu 0,3 m, sedangkan panjang poros 0,9 m, sehingga didapat hasil rancangan seperti gambar berikut



Gambar 6. Spesifikasi Teknis Bunki Turbin PLTMH

Rancangan tersebut posisi dari poros turbin dalam keadaan terapung, dengan kedalaman sudu turbin untuk tumbukan air dalam 0,12 m, plat dengan ketebalan 3 mm dan dibuat melengkung, hal ini diperlukan untuk menimbulkan pengaruh aerodinamis pada sudu turbin saat menerima tumbukan air sungai yang mengalir. Berikut gambar rancangan Banki Turbin



Gambar 7. Rancangan 3 Dimensi Bunki Turbin

E. Analisa Rancang Bangun Bunki Turbin

Dari proses sampai dengan hasilnya, maka diperoleh data yang akan diolah dan dibahas di pengujian air mengalir Hasil yang diperoleh yaitu kecepatan putar turbin (n), torsi (T), daya (P), yang dikaji secara teoritis dan eksperimental pada turbin bunki.

Untuk mendapatkan putaran 1500 rpm pada putaran rotor turbin 222 rpm dengan diameter puli rotor turbin 0,6 m maka diperlukan diameter generator 0,09 m. Sehingga didapat daya keluaran optimum adalah ± 5 kW. Dengan kecepatan rata-rata air danau 7 m/s diperoleh tahapan perhitungan perancangan sebagai berikut :

a. Menghitung kecepatan putar turbin

$$\begin{aligned} n &= v/2\pi R \\ n &= 7/2 (3,14) \cdot 0,3 \\ n &= \frac{7}{1,88} \\ &= 3,71 \text{ rps} \\ n &= 3,71 \cdot 60 = 222 \text{ rps} \end{aligned}$$

b. Menghitung tekan air pada turbin

$$\begin{aligned} q &= \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1000 \times 49 \\ &= 24500 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

c. Luas penampang Turbin

$$A = b \cdot c^1$$

$$\text{Catatan} = c^1 = c \cos \theta$$

$$\begin{aligned} A &= 0,25 (0,9 \cdot \cos 0^\circ) \\ &= 0,25 \cdot 0,9 \\ &= 0,027 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d. Gaya pada turbin

$$\begin{aligned} F &= q \cdot A \\ &= 24500 \cdot 0,027 \\ &= 661,5 \text{ N} \end{aligned}$$

e. Torsi pada turbin

$$\begin{aligned} T &= F \cdot R \\ T &= 661,5 \times 0,3 \\ &= 198,45 \text{ N.M} \end{aligned}$$

f. Kecepatan angular turbin

$$\begin{aligned} \omega &= 2\pi \cdot n \\ \omega &= 23,2 \text{ Rad/s} \end{aligned}$$

g. Daya Keluaran Turbin

$$\begin{aligned} P &= T \cdot \omega \\ P &= 198,45 \cdot 23,2 \\ P &= 4604,04 \text{ watt} \end{aligned}$$

Daya turbin akan dipengaruhi fluktuasi debit air mengalir danau Universitas Lancang kuning, sehingga alasan pemilihan besaran daya keluaran turbin sebesar 4604,04 kW atau ± 5 kW, adalah untuk menjamin kontinuitas operasional turbin pada danau Universitas Lancang Kuning.

4. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji lapangan dalam rentang waktu ± 1 bulan didapat :

1. Bahwa besar debit air danau Fakultas hukum Universitas Lancang Kuning adalah sebesar 1,297 m³/dtk.
2. Daya mampu menghidupkan listrik sebesar 19000 watt atau ± 19 Kw.
3. Rencana rancang bangun turbin untuk PLTMH Danau Universitas Lancang Kuning adalah ± 5 kW yang type turbin bunki

B. Saran :

1. Mempertimbangkan pengambbbilan data pada saat musim hujan, (42%) perlu dilakukan pengambilan data saat musim panas untuk diketahui daya optimum turbin.
2. Gambar Rancangan Sementara Turbin Bunki perlu dilakukan kajian dan penelitian mengenai aspek teknis dan aerodinamis mengenai pengaruh aliran air sehingga didapat nilai optimum daya dihasilkan turbin bunki.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM), *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006 – 2025*, 2007, Jakarta
- [2] Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Dept ESDM, 2010, *Modul Pelatihan Pembangunan Studi Kelayakan Mikrohidro. PUIL*. Jakarta.
- [3] Dandekar MM, KN Sharma. 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta
- [4] Dietzel, F. 1983. *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Alih Bahasa: Dakso Sriyono. Erlangga. Jakarta
- [5] Foster, G.R, & Meyer, L.D. 1977. *Soil Erosion and Sedimentation by water an overview*. Michigan
- [6] Fox, Robert W and Alan T.Mc.Donald. 1994. *Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition. SI Version, John Wiley & Sons, Inc. Canada*

- [7] Frans, J. . *Rekayasa Hidrologi*, Mata Kuliah Hidrologi.
- [8] Ismono H.A. 1999. *Perencanaan Turbin Air Tipe Cross Flow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Institut Teknologi Nasional*, Malang.
- [9] Zuhail, 1995. *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Gramedia,