



# Desain Turbin Pelton Kapasitas 26 kW pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Studi Kasus: Kampung Nehibe)

## *A Design of Pelton Turbine with Capacity of 26 kW for Micro-Hydro Power Plant (Case Study: Nehibe Village)*

Evenly, Pither Palamba, Marthen Liga, Johni Jonatan Numberi\*, Endang Hartiningsih, Thobby Wakarmamu dan Tiper K. M. Uniplaita  
Universitas Cenderawasih, Jl. Kamp Wolker, Jayapura, Indonesia

### Informasi artikel:

Diterima:  
25/06/2023  
Direvisi:  
29/06/2023  
Disetujui:  
09/07/2023

### Abstract

*The need for electrical energy in Nehibe village is currently increasing along with the increase in population and new households. The demand for electricity in this village reaches 18 kW, with an average power per household of 450 VA. The problem is that Hachakwa Nehibe Micro Hydro Power Plant (PLTMH), which is very close to the village, has a capacity of only 10 kW. Based on that problem, this study aims to design a pelton turbine with two nozzles for the new 26 kW PLTMH. This power plant uses the water from the Tena Mroway and Yora Mroway rivers, which are located 2 km from the end of the village, as a new source of energy. This design of the turbine is based on the mathematical equations, measurement data of the head, and the flow of the rivers. This research shows that the Pelton turbine with two nozzles ( $n_j$ ), 0.032 meters of jet diameter ( $D_j$ ), 0.330 meters of runner diameter ( $D_r$ ), 0.096 meters of bucket diameter, and 21 buckets can produce 26 kW of power with 60 ltr/sec of river flow and 77 meters of head height. This specialization can be used to develop the new PLTMH in Nahibe Village.*

*Keywords: design, nozzle, PLTMH, turbine, pelton.*

### SDGs:



### Abstrak

Kebutuhan akan energi listrik di kampung Nehibe saat ini terus meningkat sejalan dengan bertambahnya penduduk dan rumah tangga baru. Total kebutuhan daya masyarakat kampung Nahibe saat ini adalah 18 kW dengan rata-rata daya per rumah tangga 450 VA. Masalahnya, pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Hachakwa Nehibe yang berada sangat dekat dengan kampung Nahibe hanya memiliki kapasitas 10 kW. Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan merancang turbin *pelton* dengan dua *nozzle* pada PLTMH baru berkapasitas 26 kW. PLTMH tersebut memanfaatkan sumber aliran air sungai Tena Mroway dan Yora Mroway yang letaknya 2 km dari ujung kampung Nahibe. Perancangan turbin didasarkan pada persamaan matematis hasil kajian pustaka, data pengukuran *head*, dan debit air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesifikasi turbin pelton dua nozzle ( $n_j$ ) dengan diameter jet ( $D_j$ ) 0,032 meter, diameter runner ( $D_r$ ) 0,330 meter, diameter bucket ( $B$ ) 0,096 meter dan jumlah bucket ( $n_b$ ) 21 mampu menghasilkan daya sebesar 26 kW dari kondisi debit air sungai sebesar 60 ltr/dtk, dan *head* setinggi 77 meter (*gross head*). Spesifikasi turbin ini dapat digunakan untuk pengembangan PLTMH di Kampung Nahibe.

**Kata Kunci:** desain, nozzle, PLTMH, turbin, pelton.

\*Penulis Korespondensi  
email : [j\\_numberi@yahoo.com](mailto:j_numberi@yahoo.com)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## 1. PENDAHULUAN

Kampung Nehibe merupakan salah satu kampung di distrik Ravenirara, Kabupaten Jayapura, Papua. Memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) eksisting dengan kapasitas 10 kW yang dibangun sejak tahun 2012 silam. Namun saat ini kampung Nehibe mengalami defisit energi listrik karena kebutuhan yang terus meningkat 10 tahun terakhir. Sementara kapasitas PLTMH eksisting sudah tidak mampu untuk memasok kebutuhan energi listrik masyarakat. Disisi lain, jaringan transmisi listrik PT. PLN belum sepenuhnya terhubung ke semua kampung di wilayah distrik Ravenirara oleh karena wilayahnya yang cukup sulit dijangkau. Untuk membangun jaringan transmisi tegangan menengah dibutuhkan biaya sekitar 185 juta/km (Vaswani dan Kusuma, 2022). Masyarakat kampung Nehibe sering mengeluh karena kapasitas PLTMH sudah tidak lagi memadai. Pembangkit juga sering mengalami gangguan dan rusak. Hal ini menunjukkan, perlu dilakukan suatu upaya lebih untuk menggali atau mencari sumber potensi baru yang dapat dimanfaatkan untuk menambah kapasitas PLTMH eksisting. Terdapat dua aliran sungai dekat dengan Kampung Nahibe yang dapat digunakan sebagai sumber aliran air untuk PLTMH, yaitu: sungai Tena Mroway dan Yora Mroway.

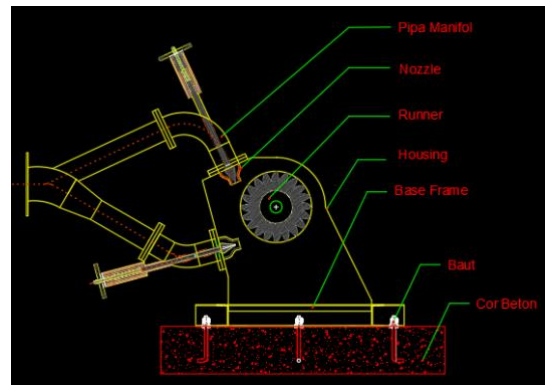
Kapasitas daya PLTMH sangat ditentukan oleh turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Turbin mengubah energi potensial air yang jatuh pada poros berputar menjadi energi kinetik untuk menggerakkan rotor pada generator. Pemilihan turbin terbaik untuk setiap lokasi hidro tergantung pada karakteristik lokasi. Faktor dominan adalah *head* yang tersedia dan daya yang dibutuhkan (Oo, Nyi dan Khaing, 2019). Pada lingkup tenaga mikro hidro, turbin dapat diklasifikasikan menjadi *high head*, *medium head* dan *low head* (Inversin, 1990), sedangkan berdasarkan prinsip operasi, turbin dibagi menjadi turbin reaksi dan turbin impuls (Harvey, 1993) seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Data Tabel 1 menjadi landasan pemilihan turbin pelton sebagai jenis turbine yang akan digunakan pada PLTMH Kampung Nahibe. Berdasarkan pengamatan awal, sudah diketahui bahwa sungai Tena Mroway dan Yora Mroway

memiliki debit air rendah dengan kondisi head tinggi. Oleh karena itu, prinsip operasi yang paling cocok untuk diterapkan adalah operasi impuls, dimana, turbin tidak sepenuhnya terendam dalam air (Jung et al., 2019). Sehingga, jenis turbin yang paling cocok adalah turbin pelton.

Tabel 1. Kelompok turbin impuls dan reaksi

| Turbine Runner | Head (pressure) |                |                     |
|----------------|-----------------|----------------|---------------------|
|                | High            | Medium         | Low                 |
| Impuls         | Pelton          | Crossflow      | Crossflow           |
|                | Turgo           | Turgo          | -                   |
|                | Multi Jet       | Multi Jet      | -                   |
|                | Pelton          | Pelton         | -                   |
| Reaction       | -               | Francis<br>PAT | Propeller<br>Kaplan |



Gambar 1. Komponen utama turbin pelton

Konstruksi umum turbin pelton dapat dilihat pada Gambar 1. Turbin ini terdiri dari nozzle, runner-bucket, casing, spear needle, deflector dan manifold. *Nozzle* berfungsi mengarahkan aliran air ke arah *runner* turbin dengan kecepatan dan sudut yang tepat (Gebriale, 2019). *Runner* fungsi menerima energi kinetik dari aliran air dan mengubahnya menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator. *Bucket* digunakan untuk menangkap aliran air. *Casing* berfungsi menghindari cipratan air keluar dan memastikan air langsung ke arah saluran pembuangan. *Spear needle* untuk mengontrol jumlah air yang menubruk bucket. *Deflector* untuk mengalihkan arah semprotan nozzle sehingga *runner* turbin berhenti berputar. *Manifold* berfungsi mengarahkan air ke arah *nozzle* yang kemudian menubruk *runner*.

Ointu dkk., melakukan perancangan PLTMH berdasarkan potensi air di desa Pinogu. Penelitian ini berfokus pada penentuan debit air sebagai sumber energi PLTMH, diketahui bahwa dengan potensi debit air  $1,67 \text{ m}^3/\text{detik}$ , mampu menghasilkan daya  $29,83 \text{ kW}$  (Ointu, Surusa dan Zainuddin, 2020). Turbin pada penelitian ini adalah *breastshot water wheel* yang khusus digunakan untuk aliran sungai dengan *head* rendah (Warjito dkk., 2021). Penelitian tidak membahas secara spesifik mengenai spesifikasi turbin tersebut. Disisi lain, Widiyantoro dkk., melakukan studi potensi pengembangan PLTMH pada kawasan perkebunan teh (Widiyantoro, Wilopo dan Sulaiman, 2019). Fokus penelitian tersebut adalah menentukan nilai investasi yang dibutuhkan untuk pengembangan PLTMH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan potensi daya sebesar  $607.15 \text{ kW}$ , dibutuhkan nilai investasi sekitar 17 Milyar Rupiah untuk operasi selama 20 tahun.

Studi mengenai PLTMH di Papua memang bukan hal baru. Tobi dan Harling melakukan studi pengembangan PLTMH di Kabupaten Sorong Selatan (Tobi dan Harling, 2021). Penelitian ini menghasilkan skema rancangan PLTMH dengan daya keluaran  $10 \text{ kW}$  menggunakan turbine jenis *cross flow*. Sedangkan Haryanti dkk., melakukan perancangan PLTMH di Kabupaten Jayawijaya, dengan fokus penelitian yaitu rancang ulang bendung di PLTMH Uwe (Haryanti, Putri dan Supriyan, 2019). Bendung sendiri merupakan sarana penampungan air sebelum di salurkan ke turbin.

Penelitian secara khusus mengenai turbine pelton memang pernah dilakukan oleh Chisale dkk. (Chisale dkk., 2020). Penelitian tersebut berfokus untuk merancang turbine pelton pada PLTMH di Malawi dengan daya  $8.067 \text{ kW}$ .

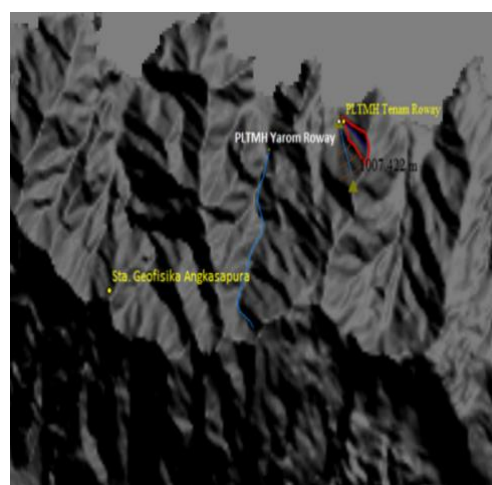
Berdasarkan kondisi penelitian sebelumnya, dimana spesifikasi turbin yang digunakan berbeda dengan kebutuhan turbin di Kampung Nahibe, penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengembangkan desain turbin pelton yang mengacu pada penelitian Chisale dkk. (Chisale dkk., 2020). Namun dilakukan pengembangan desain dengan menggunakan 2 *nozzle* poros horisontal dan disesuaikan dengan kondisi debit air serta ketinggian *head* PLTMH pada Kampung

Nahibe. PLTMH baru ini diharapkan mampu menghasilkan daya elektrikal sebesar  $26 \text{ kW}$  memanfaatkan sumber aliran sungai Tena Mroway dan Yora Mroway.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kampung Nahibe, distrik Ravenirara, kabupaten Jayapura selama dua bulan dari April hingga Mei 2023. Gambar 2 menunjukkan topografi daerah sekitar kampung Nahibe berada di daerah perbukitan.



Gambar 2. Peta DAS PLTMH Yora Mroway

### 2.2. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Global Positioning Systems (GPS)*, *Flow current meter*, *Hand sight level*, meteran, dan perangkat lunak.

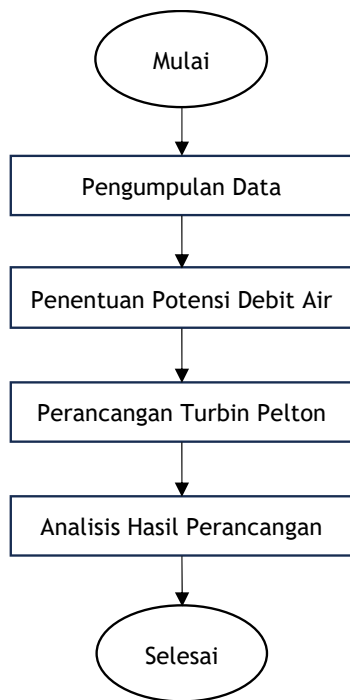
### 2.3. Alur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari empat tahap, yaitu pengumpulan data, penentuan potensi debit air, perancangan turbin pelton, dan penyajian hasil serta analisis. Alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

#### 2.1.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini dikelompokkan menjadi data penentuan potensi debit air, data perancangan turbin pelton, data perhitungan daya elektrik. Data yang dibutuhkan untuk menentukan potensi debit air adalah debit aliran sesaat, data curah hujan, dan data iklim yang diperoleh dari Stasiun Hujan Geofisika

Angkasapura yang terdekat dan mewakili kondisi hidrologi DAS Yora Mroway.



Gambar 3. Flowchart alur penelitian

Data perancangan turbin dan daya elektrik mengacu pada hasil pengukuran debit dan head, serta nilai parameter pada penelitian Chisale dkk. (Chisale dkk., 2020) seperti ditunjukkan pada Tabel 2:

Tabel 2. Data untuk perancangan turbin pelton

| Simbol            | Deskripsi               | Nilai | Satuan            |
|-------------------|-------------------------|-------|-------------------|
| Q                 | Potensi debit air       | 0.06  | m <sup>3</sup> /s |
| H <sub>g</sub>    | Ketinggian Head terukur | 77    | M                 |
| f                 | Koefisien koreksi       | 0.013 | -                 |
| L <sub>pipe</sub> | Panjang penstock        | 335   | M                 |
| d                 | Diameter penstock       | 0.250 | M                 |
| n <sub>j</sub>    | Jumlah jet              | 2     | -                 |
| N                 | Kecepatan turbin        | 1000  | RPM               |
| g                 | gravitasi               | 9,81  | m/s <sup>2</sup>  |
| ρ                 | Masa jenis air          | 1000  | kg/m <sup>3</sup> |
| η <sub>t</sub>    | Efisiensi turbine       | 0,95  | -                 |
| η <sub>g</sub>    | Efisiensi generator     | 0,8   | -                 |

### 2.1.2. Penentuan Debit Air

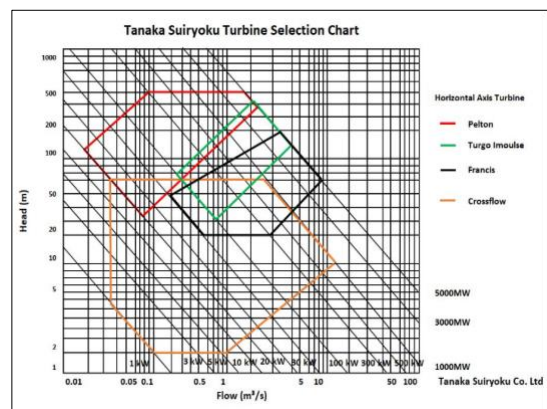
Metode ideal untuk memperkirakan potensi air permukaan adalah kajian debit sungai berdasarkan hasil pengukuran langsung untuk durasi yang relatif lama (Lingga, 2020). Hal ini menjadi tantangan karena durasi pengukuran

jangka panjang untuk sungai di kampung Nehibe tidak tersedia. Sehingga, penentuan debit air pada lokasi rencana PLTMH Yora Mroway dilakukan dengan pengolahan data curah hujan dan data iklim yang mewakili kondisi hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) Yora Mroway menggunakan metode Mock.

Metode Mock membutuhkan data pengukuran debit sesaat dipadu dengan analisis hidrologi data curah hujan dan iklim. Metode Mock menghasilkan *frequency curve* atau besarnya potensi debit tiap bulan. *Frequency curve* digunakan untuk mengetahui tingkat pemenuhan debit PLTMH per bulannya, sehingga dapat dilakukan kalkulasi produksi dan *maintenance* yang tepat.

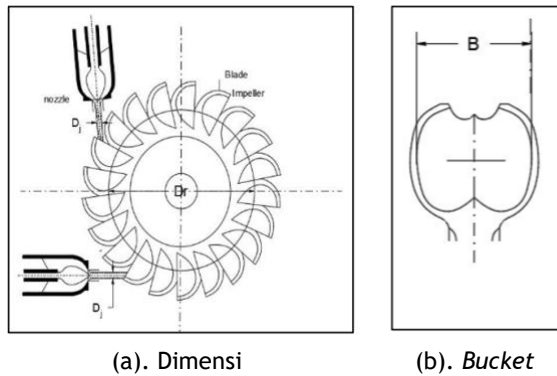
### 2.1.3. Perancangan Turbin Pelton

Perancangan dimulai dengan menentukan jenis turbin paling tepat berdasarkan kondisi hidrologi sungai Kampung Nehibe. Kemudian, menghitung dimensi turbin yang sudah dipilih.



Gambar 4. Diagram pemilihan turbin

Pemilihan jenis dan tipe turbin untuk PLTMH bergantung pada head dan debit air. Gambar 4 menunjukkan diagram penentuan turbine (Odi dan Wardo, 2020). Sumbu-x adalah debit air. Sumbu-y adalah nilai head. Jenis turbin disarangkan berdasarkan hasil pemetaan debit dan head pada diagram Gambar 4. Jika hasil plot berada dalam area merah, maka turbin yang cocok adalah pelton. Berikut seterusnya untuk area hijau, hitam, oranye adalah *turgo imoulse*, *francis* dan *crossflow*. Setelah menemukan jenis turbin yang tepat, dalam hal ini adalah turbin pelton, peneltian dilanjutkan dengan merancang dimensi turbin pelton seperti ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 5. Turbin pelton

Perhitungan dimensi turbin pelton yang ditunjukkan Gambar 5 didasarkan pada persamaan matematis penelitian Chisale dkk. (Chisale dkk., 2020) seperti ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Persamaan untuk merancang turbin

| No | Parameter                        | Persamaan                                       | Satuan |
|----|----------------------------------|---|--------|
| 1  | Kehilangan Head ( $H_{loss}$ )   | $H_{loss} = \frac{fxL_{pipe}x0.08xQ^2}{d}$      | M      |
| 2  | Head Net (H)                     | $H = H_g - H_{loss}$                            | M      |
| 3  | Diameter jet ( $D_j$ )           | $D_j = \frac{54}{H^{1/4}} \sqrt{\frac{Q}{n_j}}$ | M      |
| 4  | Diameter runner ( $D_r$ )        | $D_r = \frac{38x\sqrt{H}}{N}$                   | M      |
| 6  | Rasio jet (m)                    | $m = \frac{D_r}{D_j}$                           | -      |
| 7  | Jumlah bucket ( $n_b$ )          | $n_b = \frac{m}{2} + 15$                        | -      |
| 8  | Lebar Bucket (B)                 | $B = 3xD_j$                                     | M      |
| 9  | Jarak Nozzle ke Bucket ( $X_r$ ) | $X_{nb} = 0.65xD_r$                             | M      |

2.1.4. Analisis Hasil Perancangan

Analisis hasil perancangan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu penentuan nilai potensi debit air, analisis hasil perancangan turbin pelton, dan analisis hasil perhitungan daya listrik yang dapat dihasilkan oleh turbin dan generator pada PLTMH di Kampung Nehibe. Perhitungan daya berdasarkan persamaan pada Chisale dkk. (Chisale dkk., 2020) yang ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Persamaan perhitungan daya

| No | Parameter                    | Persamaan                     | Satuan |
|----|------------------------------|-------------------------------|--------|
| 10 | Daya potensial air ( $P_w$ ) | $P_w = \rho x g x Q x H$      | kW     |
| 11 | Daya listrik ( $P_e$ )       | $P_e = P_w x \eta_t x \eta_g$ | kW     |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penentuan Potensi Debit Air

Hasil penentuan debit air ditunjukkan Tabel 5. Nilai probabilitas menunjukkan tingkat kemungkinan dari nilai debit air yang dapat terealisasi perbulannya atau disebut *frequency curve*. Tabel 5 menunjukkan bahwa fluktuasi debit bulanan untuk PLTMH Yora Mroway dari metode Mock memiliki pola yang hampir sama. Debit PLTMH Yora Mroway mengalami puncaknya pada bulan Februari, April dan kering atau turun pada bulan September - Oktober, kemudian akan naik lagi pada bulan November. Pola ini sama dengan pola hujan, karena pada prinsipnya debit merupakan air hujan yang terakumulasi di sungai. Besarnya debit bulanan dengan probabilitas kelipatan 10% dari model Mock dapat dilihat pada Tabel 5.

Data *frequency curve* pada Tabel 5 ditampilkan kembali pada Tabel 6, yang mana nilai potensial debit air hanya didasarkan pada tingkat probabilitas. PLTMH Yora Mroway dirancang beroperasi dengan tingkat probabilitas sebesar 80% sepanjang tahun dengan nilai debit sebesar 60 ltr/dt, seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Artinya, secara akumulatif, dalam satu tahun penuh ada 20% kemungkinan PLTMH Yora Mroway tidak dapat beroperasi sesuai nilai debit perancangan atau dibawah 60 ltr/dt.

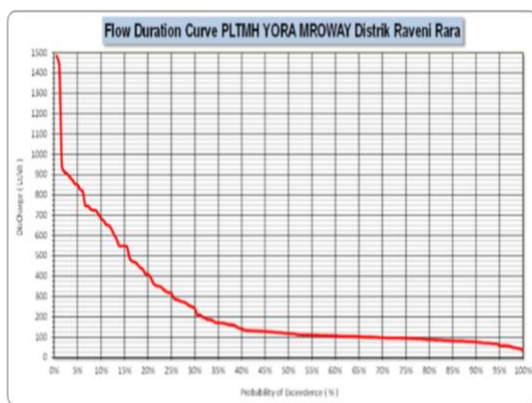
Pada kondisi ini, kelebihan perancangan turbin pelton 2 nozzle adalah pembangkit tetap beroperasi dengan 1 nozzle tanpa kehilangan efisiensi berarti, ketika debit berkurang. Gambar 6 merupakan grafik representasi data Tabel 6 dan disebut sebagai grafik durasi debit air. Terlihat bahwa nilai potensi debit air tertinggi diperoleh pada probabilitas paling rendah, sedangkan nilai potensi minum diperoleh pada probabilitas paling tinggi. Artinya, kemungkinan untuk memperoleh debit air maksimum dalam satu tahun sangatlah kecil, dibandingkan dengan debit air minimum.

Tabel 5. Hasil pemantauan debit air berdasarkan probabilitas per bulan

| Prob. (%) | BULAN (lt/dt) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | JAN           | FEB    | MAR    | APR    | MEI    | JUN    | JUL    | AGS    | SEP    | OKT    | NOV    | DES    |
| 20        | 549.65        | 904.19 | 817.38 | 854.28 | 581.74 | 653.08 | 411.49 | 290.38 | 271.77 | 240.65 | 347.05 | 468.96 |
| 30        | 434.98        | 315.97 | 285.39 | 409.31 | 396.11 | 324.26 | 253.48 | 262.95 | 192.27 | 151.01 | 144.44 | 117.46 |
| 40        | 86.06         | 121.61 | 116.54 | 164.05 | 158.76 | 171.04 | 208.75 | 208.75 | 161.07 | 139.78 | 132.56 | 117.07 |
| 50        | 79.75         | 87.79  | 106.76 | 122.61 | 125.49 | 135.00 | 168.56 | 168.56 | 128.35 | 127.59 | 130.84 | 109.54 |
| 60        | 73.99         | 82.66  | 99.59  | 110.33 | 122.33 | 129.67 | 103.06 | 115.90 | 119.77 | 126.63 | 110.78 | 107.20 |
| 70        | 70.41         | 77.46  | 88.12  | 103.55 | 106.03 | 109.56 | 95.70  | 95.70  | 107.19 | 98.94  | 102.99 | 99.47  |
| 80        | 70.20         | 77.06  | 86.29  | 103.07 | 100.21 | 97.04  | 95.56  | 94.66  | 94.93  | 98.75  | 102.24 | 79.75  |
| 90        | 57.18         | 66.01  | 70.46  | 97.18  | 94.04  | 97.19  | 88.25  | 83.00  | 85.76  | 54.18  | 80.21  | 67.18  |
| 100       | 32.60         | 56.51  | 58.67  | 95.96  | 93.91  | 78.28  | 86.54  | 42.73  | 44.15  | 47.95  | 49.54  | 57.18  |

Tabel 6. Generating data debit

| GENERATING DATA DEBIT |         |                  |             |                     |
|-----------------------|---------|------------------|-------------|---------------------|
| NO                    | BENDUNG |                  | YORA MROWAY |                     |
|                       | Stasiun |                  | Metode Mock |                     |
|                       | Probab. | Q <sub>FDC</sub> | Ecoflow     | Q <sub>Desain</sub> |
|                       | (%)     | (Lt/dt)          | (Lt/dt)     | (Lt/dt)             |
| 2                     | 10.0%   | 684.32           | 24.63       | 659.69              |
| 4                     | 20.0%   | 409.31           | 24.63       | 384.68              |
| 6                     | 30.0%   | 240.65           | 24.63       | 216.03              |
| 8                     | 40.0%   | 144.44           | 24.63       | 119.81              |
| 10                    | 50.0%   | 117.46           | 24.63       | 92.83               |
| 12                    | 60.0%   | 106.03           | 24.63       | 81.40               |
| 14                    | 70.0%   | 97.04            | 24.63       | 72.41               |
| 16                    | 80.0%   | 88.12            | 24.63       | 63.49               |
| 18                    | 90.0%   | 76.62            | 24.63       | 51.99               |
| 20                    | 100.0%  | 32.60            | 24.63       | 7.97                |



Gambar 6. Flow duration curve PLTMH Yora Mroway

### 3.2. Hasil Perancangan Turbin Pelton

Hasil perancangan dimensi turbin pelton Gambar 5, yang dilakukan berdasarkan nilai

paramater Tabel 2 dan persamaan matematis Tabel 3 disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai variabel hasil perancangan

| No | Parameter                        | Nilai  | Satuan |
|----|----------------------------------|--------|--------|
| 1  | Kehilangan Head ( $H_{Loss}$ )   | 1.4    | M      |
| 2  | Head Net (H)                     | 75.6   | M      |
| 3  | Diameter jet ( $D_j$ )           | 0.032  | M      |
| 4  | Diameter runner ( $D_r$ )        | 0.330  | M      |
| 6  | Rasio jet (m)                    | 11.4   | -      |
| 7  | Jumlah bucket ( $n_b$ )          | 21     | -      |
| 8  | Lebar Bucket (B)                 | 0.096  | M      |
| 9  | Jarak Nozzle ke Bucket ( $X_r$ ) | 0.2145 | M      |

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Chisale dkk. (Chisale dkk., 2020), maka terlihat penyesuaian pada nilai diameter jet ( $D_j$ ), diameter runner ( $D_r$ ) dan lebar bucket (B) untuk turbin pelton PLTMH Yora Mroway. Kecepatan turbin (N), diameter jet ( $D_j$ ), diameter runner ( $D_r$ ) dan lebar bucket (B) pada penelitian William Chisale et. al. (2020) berturut-turut adalah 553 RPM, 0.113 m, 1.18 m, dan 0.327 m.

Spesifikasi kecepatan generator yang digunakan pada PLTMH Yora Mroway hampir dua kali lipat generator William Chisale et. al. (2020). Kecepatan generator yang tinggi dapat diperoleh dengan memperkecil diameter jet ( $D_j$ ) PLTMH Yora Mroway, sehingga tekanan pada bucket bertambah. Selain itu, peningkatan kecepatan, khususnya pada gerak melingkar, dapat diperoleh dengan mengurangi diameter runner ( $D_r$ ). Berkurangnya diameter runner ( $D_r$ ) tentunya juga mengurangi bobot runner, sehingga semakin

meningkatkan kecepatan putaran (Leman, Wulandari dan Bintara, 2019). Berkurangnya diameter jet ( $D_j$ ) dan runner ( $D_r$ ) tentu diikuti dengan pengurangan lebar bucket (Lipej dan Popovski, 2021). Kecepatan turbin ( $N$ ), diameter jet ( $D_j$ ), diameter runner ( $D_r$ ) dan lebar bucket ( $B$ ) PLTMH Yora Mroway berturut-turut adalah 1000 rpm, 0.032 m, 0.330 m, dan 0.096 m. Secara matematis, turbin pelton PLTMH Yora Mroway memiliki diameter jet ( $D_j$ ), diameter runner ( $D_r$ ) dan lebar bucket ( $B$ ), berturut-turut, sepertiga, seperempat, dan sepersepuluh dari variabel yang sama pada turbin pelton hasil penelitian Chisale dkk. (Chisale dkk., 2020).

### 3.3. Hasil Daya Elektrik PLTMH

Hasil perhitungan daya listrik berdasarkan nilai parameter Tabel 2 dan persamaan matematis pada Tabel 4 disajikan pada Tabel 8. Diketahui, bahwa dengan debit air  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$  mampu menghasilkan daya listrik 26 kW.

Tabel 8. Nilai daya hasil perancangan

| No | Parameter                    | Nilai | Satuan |
|----|------------------------------|-------|--------|
| 10 | Daya potensial air ( $P_w$ ) | 34.6  | kW     |
| 11 | Daya listrik ( $P_e$ )       | 26    | kW     |

Debit air  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ , awalnya menghasilkan daya potensial sebesar 34.6 kW dengan head setinggi 77 m. Namun, daya ini berkurang akibat efisiensi turbin dan generator. Disisi lain, daya listrik PLTMH Yora Mroway lebih kecil dari penelitian Chisale dkk., yang mampu menghasilkan daya listrik 8067 kW (Chisale dkk., 2020). Hal ini dikarenakan debit air potensial penelitian tersebut mencapai  $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$  atau lima puluh kali debit air PLTMH Yora Mroway yang hanya mencapai  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 4. SIMPULAN

Berdasarkan potensi debit air sebesar  $0.060 \text{ m}^3/\text{s}$  dan acuan kecepatan putaran generator atau runner sebesar 1000 rpm, diperoleh rancangan turbin pelton dengan spesifikasi diameter jet ( $D_j$ ), diameter runner ( $D_r$ ) dan lebar bucket ( $B$ ) masing-masing 0,032 m, 0,330 m, dan 0,096 m.

Potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dengan kondisi debit air dan spesifikasi turbin

pada poin (1) adalah 26 kW dengan probabilitas 80% sepanjang tahun.

Perbaikan terhadap kajian yang sama dapat dilakukan pada aspek penentuan potensi debit air lewat pengukuran langsung dengan jangka waktu memadai sehingga diperoleh data yang lebih komprehensif, dan perhitungan rugi daya sepanjang 2 km aliran sungai Tena Mroway dan Yora Mroway.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chisale, S.W. dkk. (2020) 'Design of a Pelton Turbine for a Specific Site in Malawi', *International Journal of Sustainable and Green Energy*, 9(3), hal. 65-72.
- Gebriale, S.N.W. (2019) 'Design and CFD Analysis of Bifurcation of Pelton Turbine Hydraulic Losses and Provoke Velocity for the Nozzle', *International Journal of Engineering Trends and Technology - IJETT*, 67(9), hal. 8-15.
- Harvey, A. (1993) *Micro-Hydro Design Manual*. 1st edn. United Kingdom: PRACTICAL ACTION PUBLISHING [Cetak].
- Haryanti, D., Putri, F.C. dan Supriyan, D. (2019) 'Perencanaan Ulang Bendung Tetap Pltmh Uwe, Jayawijaya, Papua', in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil. Seminar Nasional Teknik Sipil*, Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta, hal. 87-94.
- Inversin, A.R. (1990) *Micro-Hydropower Sourcebook: A Practical Guide to Design and Implementation in Developing Countries*. 2nd. United Kingdom: Intermediate Technology [Cetak].
- Jung, I.H. dkk. (2019) 'Influence of spear needle eccentricity on jet quality in micro Pelton turbine for power generation', *Energy*, 175, hal. 58-65.
- Leman, O.Y., Wulandari, R. dan Bintara, R.D. (2019) 'Optimization of Nozzle Number, Nozzle Diameter and Number of Bucket of Pelton Turbine using Computational Fluid Dynamics and Taguchi Methods', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 1st International Symposium on Advances and Innovations in Mechanical Engineering, Indonesia: BKSTM, hal. 012017.
- Lingga, I.F.S. (2020) *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Lipej, A. dan Popovski, B. (2021) 'Numerical aided design of Pelton nozzle jet deflector', *Journal of Mechanical and Energy Engineering*, 5(2), hal. 149-156.

- Odi, F. dan Warto, W. (2020) 'Kajian Analisis Efisiensi Turbin Dan Generator Simulator Pembangkit Listrik Mikrohidro Di Laboratorium Konversi Energi', *Suara Teknik : Jurnal Ilmiah*, 11, hal. 38-44.
- Ointu, S., Surusa, F.E.P. dan Zainuddin, M. (2020) 'Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu', *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(2), hal. 30-38.
- Oo, T.Z., Nyi, N. dan Khaing, C.C. (2019) 'Design Calculation of Pelton Turbine for 220 kW', *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 9(7), hal. 218-224.
- Tobi, M.D. dan Harling, V.N.V. (2021) 'Prototype Design of Wireless Electric Energy Transmission System and Distance Electric Recording Record System Using PZEM004T and NRF24L01 Module', in *Journal of Physics: Conference Series. Annual Conference on Science and Technology Research (ACOSTER) 2020*, Indonesia: STIM SUKMA MEDAN, p. 012074.
- Vaswani, R. dan Kusuma, R.A. (2022) 'Analisa Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Dengan Sistem Single Wire Earth Return Untuk Wilayah Tertinggal, Terdepan Dan Terluar', *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 7(1), hal. 1-9.
- Warjito, W. dkk. (2021) 'The Effect of Blade Height and Inlet Height in a Straight-Blade Undershot Waterwheel Turbine by Computational Method', *ARCHIVES OF AKADEMIA BARU ARTICLES*, 11(12), hal. 66-73.
- Widiyantoro, W.P., Wilopo, W. dan Sulaiman, M. (2019) 'Studi Potensi Pengembangan PLTMH di Kawasan Perkebunan Teh PT. PAGILARAN Kabupaten Batang', *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 11(1), hal. 59-68.