

# Evaluasi Pengaruh Material Waterway Terhadap Optimalisasi Daya PLTM Sion 2 X 5 MW

Asih Ratnasari\*, Maria A.Kartawidjaja

Department of Electrical Engineering, School of Bioscience, Technology, and Innovation, Atma Jaya Catholic University of Indonesia, Jakarta 12930

## Article Info

### Article history:

Received  
16-01-2025

Accepted  
04-10-2025

### Keywords:

GRP, HDPE, Mini Hydro Power Plant (PLTM), open channel, power efficiency, waterway material.

## Abstract

*Mini-Hydro Power Plants (PLTM) are a renewable energy source with significant potential in Indonesia, yet their utilization remains under-utilized. This study aims to evaluate the effect of waterway materials on power efficiency at the Sion PLTM in North Sumatra. The goal is to optimize power efficiency by selecting waterway materials, as well as to provide knowledge and a template for future similar projects or studies.*

*The evaluation was conducted by comparing three types of channel materials: Open Channel (open concrete channel), Glass Fiber Reinforced Plastic (GRP) pipe, and High-density Polyethylene (HDPE) pipe. This study measured and compared the head loss, power output, and power efficiency of each material. The calculations revealed the lowest head loss value for GRP pipe (1.17 m), followed by HDE pipe (2.34 m), and Open Channel (18.14 m). Meanwhile, the results of the comparison of the power produced, the highest power was obtained from GRP pipes (13,624.64 kW), followed by HDPE pipes (13,406.21 kW) and Open Channel (10,456.51 kW).*

*In conclusion, GRP pipe material is the most optimal choice for improving power efficiency at PLTM Sion, supporting the enhanced utilization of renewable energy to replace fossil fuels.*

## Info Artikel

### Histori Artikel:

Diterima:  
16-01-2025

Disetujui:  
04-10-2025

### Kata Kunci:

efisiensi daya, GRP, HDPE, material waterway, open channel, PLTM.

## Abstrak

*Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia, namun pemanfaatannya masih belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh material saluran pembawa (waterway) terhadap efisiensi daya pada PLTM Sion di Sumatera Utara. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan optimalisasi daya yang lebih baik terhadap pemilihan material dari bangunan waterway, serta memberikan knowledge dan template untuk proyek atau kajian serupa di masa yang akan datang.*

*Evaluasi dilakukan dengan membandingkan tiga jenis material saluran, yaitu Open Channel (saluran terbuka beton), pipa GRP (Glass Fiber Reinforced Plastic), dan pipa HDPE (High-density Polyethylene). Penelitian ini mengukur dan membandingkan head loss, daya yang dihasilkan, dan efisiensi daya untuk masing-masing material. Dari hasil perhitungan, Head Loss terbaik dengan nilai terendah didapatkan dari material pipa GRP (1,17 m), diikuti oleh pipa HDE (2,34 m) dan Open Channel (18,14 m). Sedangkan hasil perbandingan daya yang dihasilkan, daya tertinggi didapatkan dari pipa GRP (13.624,64 kW), diikuti pipa HDPE (13.406,21 kW) dan Open Channel (10.456,51 kW).*

*Hasil analisis menunjukkan bahwa pipa GRP memberikan hasil terbaik dengan efisiensi daya sebesar 36,24%, diikuti oleh pipa HDPE (34,06%) dan Open Channel (4,56%). Kesimpulannya, material pipa GRP merupakan pilihan terbaik dalam meningkatkan efisiensi daya pada PLTM Sion, yang dapat mendukung optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil.*

\*Corresponding author: Asih Ratnasari  
Email address: [asihway@gmail.com](mailto:asihway@gmail.com)

## 1. INTRODUCTION

Dalam rangka pemanfaatan sumber energi primer terbarukan, maka salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar sumber daya alam di Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga air. Saat ini pemanfaatan tenaga air masih belum optimal. Pusat Listrik Tenaga Mini Hidro / Mini Hydro Power Plant (PLTM) adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dengan keterbatasan daya terpasang dari 200 kW 5000 kW per unit [2]. Sementara kapasitas daya terpasang lebih dari 10.000 kW / unit diklasifikasikan sebagai PLTA / Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA), dan untuk kapasitas daya terpasang di bawah 200 kW / unit diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik mikro hidro / Pusat Listrik Tenaga Mikro Hidro ( PLTMH). Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dibangun selain untuk memanfaatkan sumber daya alam (energi terbarukan) yang tersedia, terutama tenaga air, serta sebagai pengganti bahan bakar fosil di pembangkit listrik milik PT PLN (Persero). Dengan penggantian energi primer dari powerplant diharapkan bisa dilakukan penghematan bahan bakar, mengurangi subsidi pemerintah ke PT PLN (Persero) dan mendukung program pelestarian lingkungan.

Sebagai upaya untuk mendukung realisasi rencana PLN, pemerintah juga memungkinkan perusahaan listrik ini bekerja sama dengan pengembang swasta (Independent Power Produser / IPP). Dalam rangka mendorong peran sektor swasta dalam pembangunan pembangkit listrik kecil dan menengah (hingga 10 MW) telah menerbitkan Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No.19 / 2015 yang mengatur harga pembelian tenaga listrik dari pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas sampai 10 MW [3].

Dalam rangka mengikuti kebijakan pemerintah tersebut di atas, pemilik proyek berinisiatif untuk mengembangkan salah satu potensi tenaga air di Sumatera Utara yaitu PLTM Sion dengan memanfaatkan potensi di sungai Aek Simonggo, Kecamatan Parlilitan, Kabupaten Humbang Hasundutan, Sumatera Utara.

Rata-rata proporsi pekerjaan sipil terbesar pada pembangkit tenaga air terletak pada bangunan waterwaynya yaitu sebesar 60%. Sedangkan kebanyakan pembangkit listrik tenaga air di Indonesia menggunakan open channel concrete pada bangunan waterway.

Besarnya kapasitas dari sebuah PLTM sangat ditentukan dari ketinggian jatuh air dan debit yang diambil karena prinsip PLTM adalah merubah energi potensial menjadi energi listrik [2]. Debit yang mengalir merupakan debit andalan yang sudah dianalisis sebelumnya. Tinggi jatuh (head) diusahakan semaksimal mungkin berdasarkan kondisi di lapangan sehingga didapatkan daya maksimal yang mampu di akomodir oleh sungai tersebut. Sedangkan kerugian tinggi jatuh (head loss) diminimalkan, salah satunya dengan pemilihan penggunaan material untuk bangunan waterway [4].

Hal-hal yang menjadi batasan dari penulisan ini, yaitu :

- a. Tinjauan difokuskan pada saluran pembawa atau waterway
- b. Evaluasi material akan membandingkan material untuk bangunan waterway, material tersebut antara lain :
  - Open Channel (Concrete Channel)
  - GRP (Glass fiber Reinforced Plastics) Pipe
  - HDPE (High-density Polyethylene) Pipe
- c. Efisiensi daya yang dibandingkan dari kedua material didapat dari perhitungan Mayor Losses (kehilangan energi primer).

## 2. LITERATURE REVIEW

### 2.1 Kajian Sebelumnya

Pada jurnal yang berjudul Pengaruh Perubahan Debit dan Tinggi Jatuh Terhadap Kehilangan Energi pada Jaringan Perpipaan oleh Sulhairi [4] yang diterbitkan JPE Unhas membahas kehilangan energi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas pipa sebagai sarana pendistribusi aliran air. Kehilangan energi disebabkan beberapa faktor diantaranya kekasaran dinding pipa yang berkaitan dengan material pipa. Akibat kurang diperhatikannya keterkaitan faktor-faktor ini, beberapa jaringan perpipaan yang ada tidak bekerja secara maksimal atau dengan kata lain jaringan tersebut tidak berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh perubahan debit dan tinggi jatuh (head) terhadap kehilangan energi. Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Hidrolika Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin di Gowa. Pengambilan data primer secara analisis kuantitatif dengan pengumpulan data utama melalui pengukuran dengan menggunakan rangkain pipa sebagai model pengujian, serta didahului dengan pengumpulan data pendukung yaitu analisis karakteristik sampel air. Karakteristik sampel air yang digunakan adalah density ( $\rho$ ) 1.000 kg/m<sup>3</sup>, viskositas kinematik 0,804 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/det, viskositas

dinamik ( $\mu$ )  $0,801 \times 10^{-3}$  Nd/m<sup>2</sup>, nilai viskositas (kekentalan)  $8,5 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/det, dan berat jenis ( $\gamma$ ) 1,00355 gr/cm<sup>3</sup>, serta suhu 29,5 oC. Variasi debit yang digunakan ada 3 yaitu 0,004 m<sup>3</sup>/det, 0,003 m<sup>3</sup>/det, dan 0,002 m<sup>3</sup>/det serta variasi tinggi jatuh (head) 0,5 meter, 1 meter, dan 2 meter. Penelitian dilakukan pada jaringan pipa lurus dan pipa belokan dengan jenis pipa acrylic transparan.

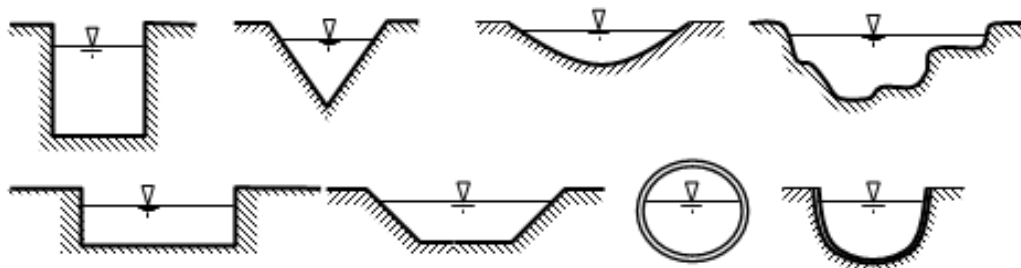
Berdasarkan tujuan penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal dari hasil penelitian yang telah dilakukan, yaitu : Pengaruh perubahan debit terhadap kehilangan energi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi debit maka tingkat kehilangan energinya juga makin meningkat. Demikian juga sebaliknya semakin kecil debit maka Kehilangan energinya juga semakin menurun. Hal ini disebabkan karena debit yang meningkat menyebabkan massa zat cair yang bergesekan atau berkonstraksi dengan dinding pipa semakin besar jumlahnya. Sedangkan akibat perubahan tinggi jatuh pada jaringan mempengaruhi besarnya kehilangan energi. Semakin besar besar tinggi jatuh maka kehilangan energi (head loss) juga semakin meningkat, begitu juga sebaliknya jika tinggiit menurun maka kehilangan energi (head loss) juga menurun. Hal ini disebabkan karena peningkatan tinggi jatuh akan menyebabkan peningkatan kecepatan, peningkatan kecepatan menyebabkan meningkatnya Bilangan Reynold yang pada akhirnya akan meningkatkan kehilangan energi pada jaringan menjadi lebih besar.

Pada skripsi yang berjudul Efek Kekasaran pipa terhadap Koefisien Gesek oleh Dachry Antoni membahas aliran fluida utuk permukaan pipa mulus dan kasar [1]. Eksperimen ini menggunakan pipa baja berdiameter 35,5 mm, pipa dikasarkan dengan dibuat ulir dalam dengan pitch 4 (nilai kekasaran (k) 2,0 mm) k/D 0,05 dan pitch 5 (nilai kekasaran (k) 2,75 mm) k/D 0,08. Setiap pipa diuji dengan air murni pada temperature 30 C. Dengan mengatur bukaan katup maka kecepatan aliran fluida (air) dapat diketahui [1]. Hasil pengolahan data ditampilkan koefisien gesek dengan bilangan Reynolds dalam bentuk grafik. Dari hasil data dan grafik menunjukkan bahwa pengujian pada pipa pitch 5 (nikai kekasaran (k) 2,75 mm) k/D 0,08 menghasilkan koefisien gesek yang lebih besar dibandingkan dengan koefisien gesek pada pitch 4 (nilai kekasaran (k) 2,0 mm) k/D 0,05 [1]. Perbedaan nilai koefisien gesek rata-rata dari kedua pipa tersebut adalah sebesar 112%. Koefisien gesek pada aliran turbulen terlihat meningkat sebanding dengan kekasaran pipa. Rasio kekasaran yang besar mendapatkan koefisien gesek yang besar juga dan sebaliknya. Kenaikan rasio k/D diikuti dengan kenaikan nilai koefisien gesek. Pada aliran turbulen fluida Newtonia (air murni) pada pipa kasar, nilai koefisien gesek turbulen merupakan fungsi dari Re dan nilai k/D.

## 2.2 Gambaran Material

### 2.2.1 Open Channel

Aliran Saluran terbuka adalah saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas. Saluran terbuka dapat terjadi dalam bentuk yang bervariasi cukup besar, mulai dari aliran di atas permukaan tanah yang terjadi pada waktu hujan, sampai aliran dengan kedalaman air konstan dalam saluran prismatic. Masalah aliran saluran terbuka banyak dijumpai dalam aliran sungai, aliran saluran-saluran irigasi, aliran saluran pembuangan dan saluran-saluran lain yang bentuk dan kondisi geometrinya bermacam-macam.



Gambar 1. Bentuk-Bentuk Potongan Melintang Saluran Terbuka

Saluran terbuka yang ditinjau adalah saluran dari beton bertulang dengan penampang huruf U. Ketinggian saluran terbuka ini dapat bervariasi mengikuti kebutuhan di lapangan atau elevasi saluran yang diinginkan.

### 2.2.2 GRP (Glass Fiber Reinforced Plastics) Pipe

Glass fiber reinforced plastics (GRP) pipe terbuat dari fiber glass yang tertanam dalam resin thermosetting. Pemilihan bahan yang presisi serta komposisi bahan tergantung pada sifat pipa yang diperlukan serta karakteristik kinerja yang dapat disesuaikan.

GRP pipe menggabungkan manfaat dari daya tahan, kekuatan, dan ketahanan korosi. Selain itu, GRP pipe juga menawarkan fleksibilitas desain dengan kemungkinan untuk menyesuaikan desain pipa dalam berbagai kondisi, serta produksi bisa menyesuaikan dengan berbagai macam profil sambungan.



Gambar 2. Proses Produksi GRP Pipe

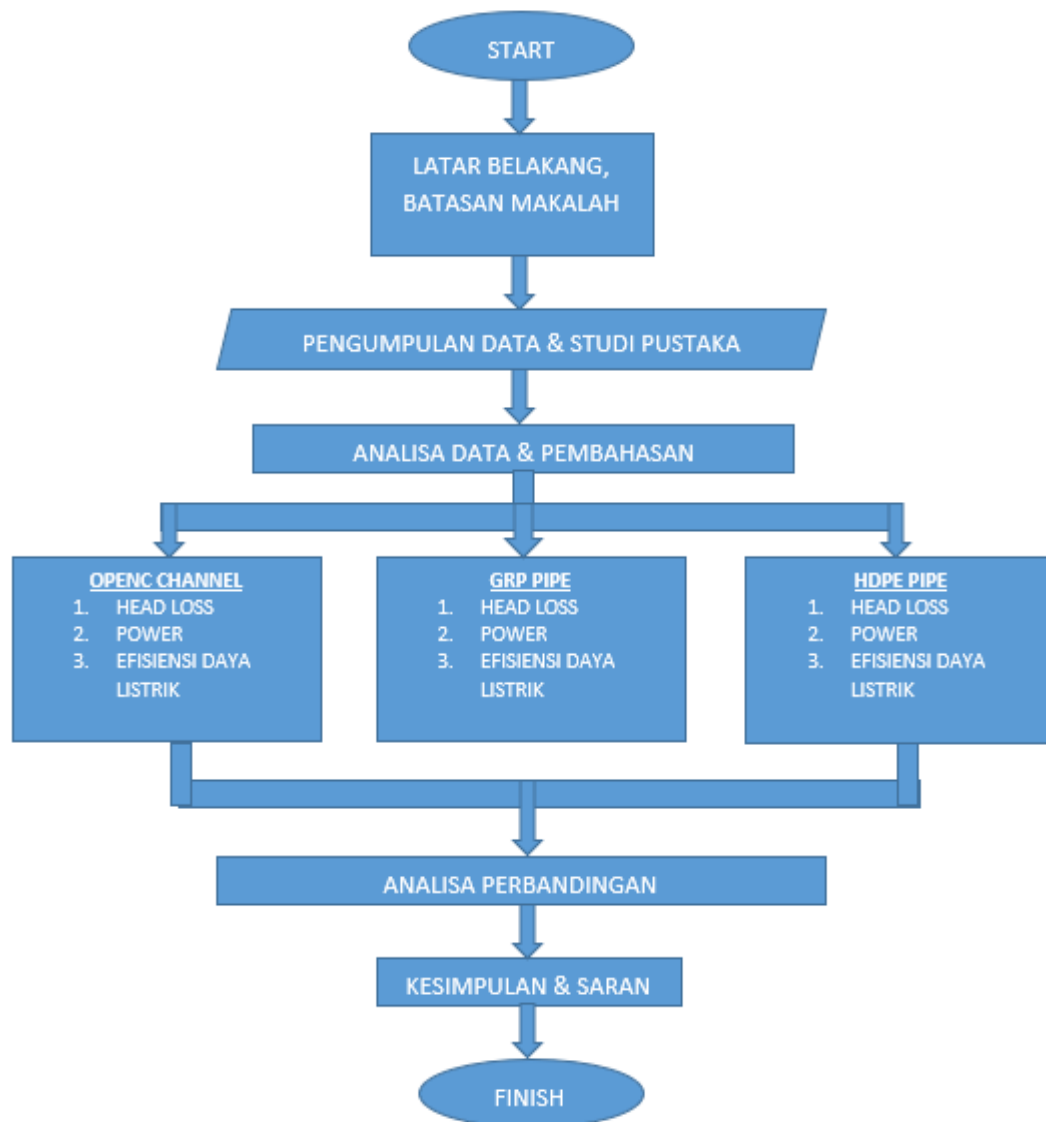
### 2.2.3 HDPE (High-density Polyethylene) Pipe

Pipa HDPE (high-density polyethylene) adalah pipa yang terbuat dengan bahan polyethylene dengan kepadatan tinggi sehingga jenis pipa yang dihasilkan dapat menahan daya tekan yang lebih tinggi. Karakteristik pipa HDPE yang kuat, lentur/flexible dan tahan terhadap bahan kimia menjadikan produk ini mempunyai daya tarik yang terus meningkat.



Gambar 3. Pipa HDPE

### 3. METHODOLOGY



Gambar 4. Diagram Alir Metodologi

#### 3.1 Sub-section 1

Berikut data dari basic design PLTM Sion yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya [5].

Design data :

|                  |                    |                             |
|------------------|--------------------|-----------------------------|
| Rated Discharge  | $Q_p$              | = 19,05 m <sup>3</sup> /sec |
| Design Discharge | $Q_{p \times 1,1}$ | = 20,96 m <sup>3</sup> /sec |
| Power Design     |                    | = 5000 kW/unit              |
| Head Gross       |                    | = 77,35 m                   |

a. Kecepatan air pada penampang diperhitungkan dengan Persamaan 1 sebagai berikut :

$$V = 0,125 (2gh)^{0,5} \dots (\text{Persamaan 1})$$

$$V = 0,125 \times (2 \times 9,81 \times 77,35)^{0,5}$$

$$V = 4,87 \text{ m/sec}$$

b. Perhitungan dimensi penampang waterway

- Digunakan rumus Manning untuk menentukan dimensi open channel dengan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$Q = V \times A \dots \dots \text{(Persamaan 2)}$$

$$20,96 = 4,87 \times (a^2)$$

$$a^2 = 20,96 / 4,87$$

$$a^2 = 4,30 \text{ m}^2$$

$$a = 2,1 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas, penampang basah open channel yang digunakan adalah dengan dimensi 2,1 m x 2,1 m.

- Digunakan rumus Mosonyi untuk menentukan diameter pipa dengan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$D = 0,62 Q^{0,48} \dots \dots \text{(Persamaan 3)}$$

$$D = 0,62 \times 20,96^{0,48}$$

$$D = 2,6 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas, diameter pipa yang akan digunakan adalah pipa dengan diameter 2,6 m.

- Tebal pipa diperhitungkan dengan Persamaan 4 sebagai berikut:

$$t = (D + 800)/400 \dots \dots \text{(Persamaan 4)}$$

$$t = (2000 + 800)/400$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

Karena kedua pipa baik pipa GRP maupun pipa HDPE tahan terhadap korosi, maka diameter pipa hasil kalkulasi tidak perlu ditambahkan faktor korosi.

#### c. Kehilangan tinggi tekan

Kehilangan tinggi tekan akibat gesekan sepanjang penampang merupakan kehilangan yang paling besar, inilah yang menyebabkannya disebut mayor losses[1].

Perhitungannya dengan Persamaan 5 adalah sebagai berikut :

- Open Channel

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \text{(Persamaan 5)}$$

$$D = 4R$$

$$R = A/P$$

$$R = (2,1 \times 2,1) / (3 \times 2,1)$$

$$R = 0,7 \text{ m}$$

$$D = 4 \times 0,7 \text{ m}$$

$$D = 2,8 \text{ m}$$

$$h_f = 0,02 \times (1681,57/2,8) \times (4,87^2/2 \cdot 9,81)$$

$$h_f = 18,14 \text{ m}$$

- Pipa GRP

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \text{(Persamaan 5)}$$

$$h_f = 0,0015 \times (1681,57/2,6) \times (4,87^2/2 \cdot 9,81)$$

$$h_f = 1,17 \text{ m}$$

- Pipa HDPE

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \text{(Persamaan 5)}$$

$$h_f = 0,003 \times (1681,57/2,6) \times (4,87^2/2 \cdot 9,81)$$

$$h_f = 2,34 \text{ m}$$

#### d. Tinggi Jatuh Efektif Air Dalam Pipa

Tinggi jatuh air efektif merupakan hasil dari pengurangan tinggi jatuh air bruto dengan kehilangan tinggi tekan yang terjadi.

Dari data perhitungan sebelumnya pada basic design didapatkan kehilangan tinggi tekan (head losses) diluar bangunan waterway yang ditinjau dengan kumulatif sebesar 3,203 m dengan rincian sebagai berikut :

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 1. Trashrack/Screen Losses | = 0,16 m   |
| 2. Entry Losses            | = 0,013 m  |
| 3. Bend Losses             | = 0,878 m  |
| 4. Headpond                | = 0,0032 m |
| 5. Penstock                | = 1,49 m   |
| 6. Main Inlet Valve Losses | = 0,231 m  |
| 7. Turbine                 | = 0,109 m  |
| 8. Tailrace                | = 0,319 m  |

dan dapat diperhitungkan dengan Persamaan 6 sebagai berikut ;

- Open Channel

$$H_{eff} = H_{bruto} - H_{losses} \dots\dots \text{(Persamaan 6)}$$

$$H_{eff} = 77,35 - (3,203 + 18,14)$$

$$H_{eff} = 56,01 \text{ m}$$

- Pipa GRP

$$H_{eff} = H_{bruto} - H_{losses} \dots\dots \text{(Persamaan 6)}$$

$$H_{eff} = 77,35 - (3,203 + 1,17)$$

$$H_{eff} = 72,98 \text{ m}$$

- Pipa HDPE

$$H_{eff} = H_{bruto} - H_{losses} \dots\dots \text{(Persamaan 6)}$$

$$H_{eff} = 77,35 - (3,203 + 2,34)$$

$$H_{eff} = 71,81 \text{ m}$$

#### e. Daya yang Dihasilkan

Daya yang akan dihasilkan dapat diperkirakan besarnya berdasarkan tinggi jatuh air efektif dan debit andalan, parameter-parameter tersebut dapat menganalisis perhitungan jumlah daya terpasang dan juga jumlah output tahunan produksi energi listrik. Dapat diperhitungkan dengan Persamaan 7 sebagai berikut :

- Open Channel

$$P = 9,8 \times Q_{andalan} \times H_{eff} \dots\dots \text{(Persamaan 7)}$$

$$P = 9,8 \times 19,05 \times 56,01$$

$$P = 10456,51 \text{ kW}$$

- Pipa GRP

$$P = 9,8 \times Q_{andalan} \times H_{eff} \dots\dots \text{(Persamaan 7)}$$

$$P = 9,8 \times 19,05 \times 72,98$$

$$P = 13624,64 \text{ kW}$$

- Pipa HDPE

$$P = 9,8 \times Q_{andalan} \times H_{eff} \dots\dots \text{(Persamaan 7)}$$

$$P = 9,8 \times 19,05 \times 71,81$$

$$P = 13406,21 \text{ kW}$$

#### f. Efisiensi Daya

Efisiensi daya yang didapatkan dari daya rencana sebesar 10000 kwh dari perhitungan masing-masing material adalah sebagai berikut :

- Open Channel

$$\text{Efisiensi} = (10456,51 \text{ kW} - 10000 \text{ kW}) / 10000 \text{ kW} \times 100\%$$

Efisiensi = 4,56 %

- Pipa GRP

Efisiensi =  $(13624,64 \text{ kW} - 10000 \text{ kW}) / 10000 \text{ kW} \times 100\%$

Efisiensi = 36,24 %

- Pipa HDPE

Efisiensi =  $(13406,21 \text{ kW} - 10000 \text{ kW}) / 10000 \text{ kW} \times 100\%$

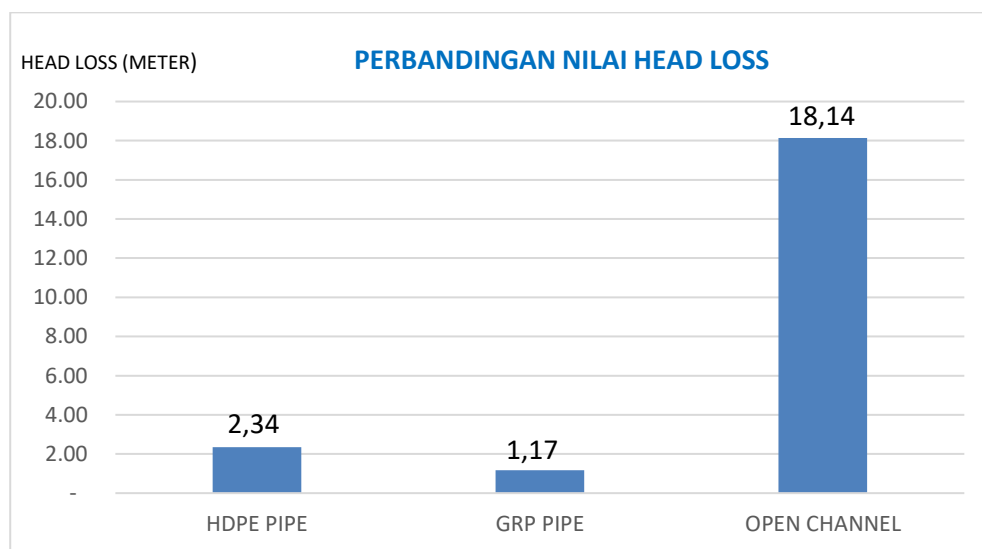
Efisiensi = 34,06 %

#### 4. RESULT AND DISCUSSION

Analisa perbandingan dilakukan untuk melakukan evaluasi dari 3 material yang ditinjau terhadap head loss, daya yang dihasilkan, dan efisiensi daya.

##### 4.1 Perbandingan Head Loss

Dari perhitungan yang sudah dilakukan dapat dilakukan terhadap nilai head loss dari penggunaan 3 material yang ditinjau. Perbandingannya dapat dilihat pada barchart di bawah ini :

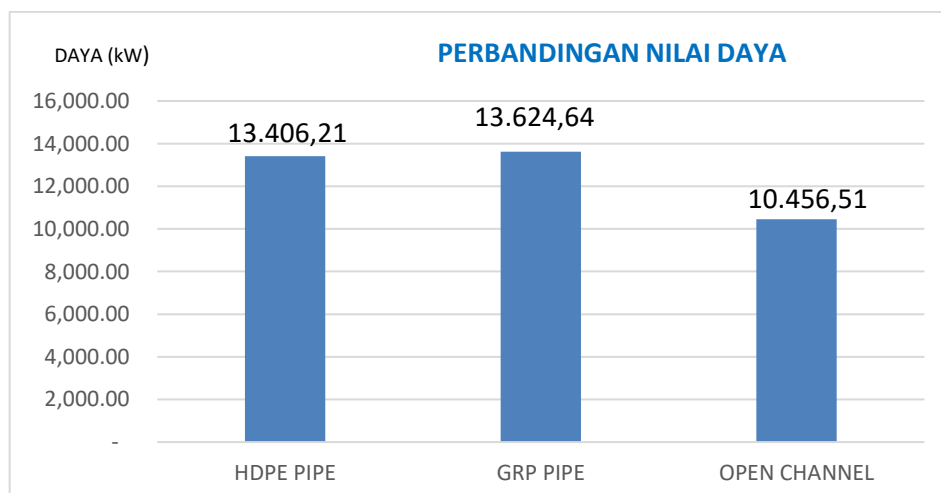


Gambar 5. Perbandingan Head Loss

Dari gambar di atas terlihat head loss pada GRP Pipe adalah yang terbaik yaitu dengan nilai head loss 1,17 m.

##### 4.2 Perbandingan Daya yang Dihasilkan

Dari perhitungan yang sudah dilakukan dapat dilakukan terhadap nilai daya yang dihasilkan dari penggunaan 3 material yang ditinjau. Perbandingannya dapat dilihat pada barchart di bawah ini :

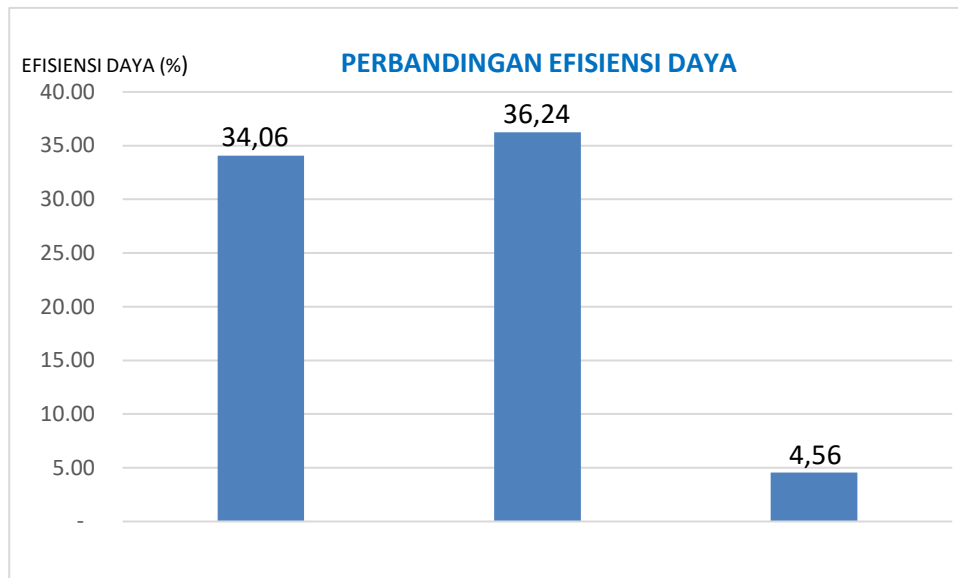


Gambar 6 Perbandingan Daya yang Dihasilkan



#### 4.3 Perbandingan Efisiensi Daya

Dari perhitungan yang sudah dilakukan dapat dilakukan terhadap efisiensi daya yang dihasilkan dari penggunaan 3 material yang ditinjau. Perbandingannya dapat dilihat pada barchart di bawah ini :



Gambar 7 Perbandingan Efisiensi Daya

Dari gambar di atas dapat dilihat efisiensi daya yang dihasilkan dengan penggunaan material GRP Pipe adalah yang terbaik yaitu dengan nilai Efisiensi Daya 36,24 %.

Dari analisa data dan pembahasan yang telah dibahas sebelumnya, kemudian hasil tersebut diresumekan pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Resume Hasil Perhitungan

| MATERIAL     | HEAD LOSS(METER) | DAYA (kW) | EVISIENSI DAYA 9%) |
|--------------|------------------|-----------|--------------------|
| HDPE PIPE    | 2,34             | 13.406,21 | 34,06              |
| GRP PIPE     | 1,17             | 13.624,64 | 36,24              |
| OPEN CHANNEL | 18,14            | 10.456,51 | 4,56               |

#### 5. CONCLUSION

Kesimpulan yang ditarik untuk menjawab tujuan dari penyusunan jurnal berjudul “Evaluasi Pengaruh Material Waterway Terhadap Optimalisasi Daya PLTM Sion 2 X 5 MW” ini yaitu Material GRP Pipe memiliki nilai terbaik untuk semua parameter penilaian yaitu dengan nilai Head Loss terendah (1,17 m), nilai Daya tertinggi (13.406,21 kW), dan Efisiensi Daya tertinggi (36,24 %). Sehingga GRP Pipe dapat dipertimbangkan penggunaannya pada bangunan Waterway Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) di proyek-proyek yang akan datang.

#### REFERENCE

- [1] D. Antoni, Efek Kekasaran Pipa terhadap Koefisien Gesek. Jakarta, Indonesia: Universitas Indonesia, 2012.
- [2] European Small Hydropower Association, Layman’s Guidebook on How to Develop a Small Hydro Site. Brussels, Belgium: Directorate-General for Energy, 1998.
- [3] Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia, Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan Kapasitas Sampai dengan 10 MW (Sepuluh Megawatt). Jakarta, Indonesia: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2015.
- [4] Sulhairi, Pengaruh Perubahan Debit dan Tinggi Jatuh terhadap Kehilangan Energi pada Jaringan Perpipaan. Gowa, Indonesia: Universitas Hasanuddin, 2020.
- [5] P. Wiratman, Basic Design PLTM Sion 2 × 5 MW. Jakarta, Indonesia: PT Wiratman, 2016.