

Analisa Pengaruh Sudut Belokan Penstock Terhadap Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Riza Syammajid Khoirudin¹, Muhamad Haddin², Dedi Nugroho³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.

Informasi Artikel

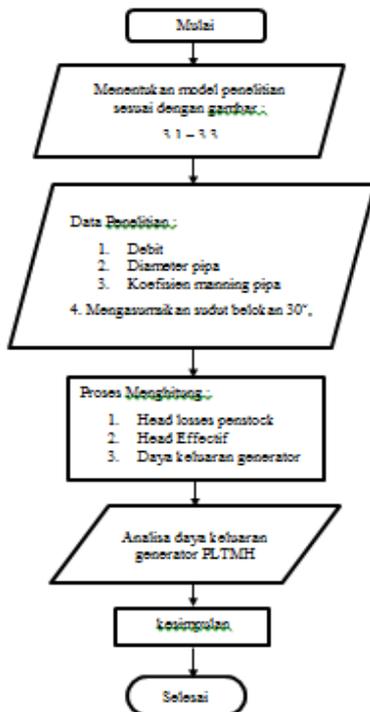
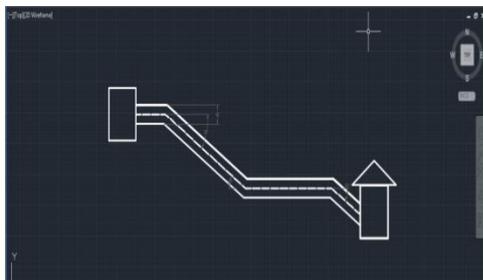
Naskah Diterima : 16 Oktober 2019

Direvisi : 06 Desember 2019

Disetujui : 20 Desember 2019

*Korespodensi Penulis:
Syammriza@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

Research on penstock turn angle analysis on power in generators. Turning angles are determined at 300, 450 and 600 on the penstock channel. The author conducted a study to examine the effect of the penstock turn angle on the generator output power in a Micro Hydro Power Plant (MHP).

The research phase was carried out by establishing the research model, parameters determined at the turning angle of the PLTMH penstock include water discharge, penstock diameter and the manning coefficient. The next step is calculating the head minor, major head, total head, effective head and determine the output power of the MHP generator.

The results show that the output power at PLTMH with the effect of the turning angle contained in the penstock is At an angle of 300 the power obtained is $P = 384.91$ kW. At an angle of 450 the potential power obtained is $P = 383.41$ kW. At an angle of 600 the power obtained is $P = 380.93$ kW. So the turning angle mounted on the penstock Power produced is equal to 384.91 kW with a bend angle of 300.

Keywords : PLTMH, Penstock Pipes, Angles

Abstrak

Penelitian tentang analisa sudut belokan penstock terhadap daya pada generator. Sudut belokan ditentukan sebesar 30°, 45°, dan 60° pada saluran penstock. Penulis melakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh sudut belokan penstock terhadap daya keluaran generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Tahap penelitian ini dilakukan dengan menetapkan model penelitian, parameter yang ditentukan pada sudut belokan penstock PLTMH meliputi debit air, diameter penstock dan koefisien manning. Tahap selanjutnya melakukan perhitungan head minor, head mayor, head total, head efektif dan menentukan daya keluaran generator PLTMH.

Hasil menunjukkan bahwa Daya keluaran pada PLTMH dengan pengaruh sudut belokan yang terdapat pada penstock adalah Pada sudut 30° daya yang diperoleh sebesar $P = 384,91$ kW. Pada sudut 45° Potensi daya yang diperoleh sebesar $P = 383,41$ kW. Pada sudut 60° daya yang diperoleh sebesar $P = 380,93$ kW. Jadi sudut belokan yang dipasang pada penstock Daya yang dihasilkan yaitu sebesar 384,91 kW dengan sudut belokan pipa 30°.

Kata Kunci : PLTMH, Pipa Penstock, Sudut Belokan

© 2019 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Upaya pemenuhan kebutuhan listrik bagi suatu wilayah, khususnya kebutuhan listrik desa mutlak dibutuhkan guna menjamin kelancaran kehidupan dan aktifitas masyarakat. Ketersediaan listrik yang memadai bagi suatu desa akan memacu peningkatan kualitas hidup masyarakat. Di air

terjun kali pancur pada tahun 1980 an terdapat PLTMH sederhana yang berjalan untuk memasok listrik beberapa rumah di daerah Kalipancur Getasan. Namun karna debit air yang tidak stabil dan peralatan yang masih sederhana PLTMH ini tidak ber operasi lagi karena perawatan yang tidak bagus juga.

Akibatnya masyarakat kembali menggunakan listrik yang disalurkan dari PLN dalam hal ini dari segi ekonomi masyarakat dibebankan untuk membayar tagihan listrik yang lebih mahal dari sebelumnya.Salah satu usaha dalam memanfaatkan potensi energi air adalah pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), pembangkit ini merupakan pembangkit listrik tenaga air berskala kecil, sehingga cocok untuk diterapkan pada daerah – daerah dipedesaan yang memiliki potensi energi air memadai walaupun lokasi berada didaerah terpencil sekalipun.

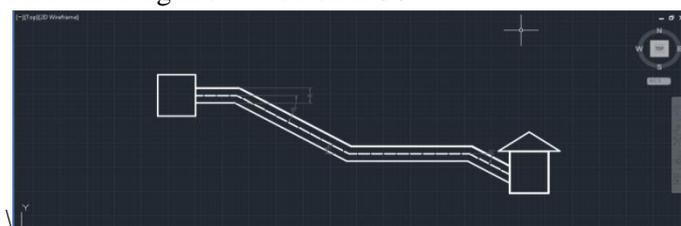
Untuk mengaktifkan PLTMH kembali perlu adanya kajian permasalahan dan potensi yang ada di Air Terjun Kali pancur.Perancangan PLTMH kembali dapat direncanakan dengan baik agar dapat berjalan dan membantu ekonomi dari masyarakat.Dalam hal ini untuk mengetahui besarnya potensi energi listrik yang dapat dikembangkan sebagai PLTMH dengan memanfaatkan penstock untuk penyaluran air dari bak penenang ke turbin, perlu dilakukan kajian dan perhitungan guna mengetahui head efektif yang ada melalui analisis kehilangan tinggi tekan pipa.Hal ini sangat penting karena head efektif pada suatu jalur pipa sangat dipengaruhi oleh kondisi real pipa tersebut.Pada sistem jaringan pipa, faktor kehilangan tinggi tekanan perlu diperhatikan sehingga analisis jaringan pipa cukup kompleks dan memerlukan perhitungan yang matang. Analisis Kehilangan Tinggi Tekan Penstock terdapat hubungan antara laju aliran massa dan losses pada pipa, dimana semakin besar laju aliran massa, maka losses semakin besar dengan hubungan kedua parameter tersebut cenderung linier. Selain itu, kehilangan tinggi tekan juga dipengaruhi oleh beberap factor seperti belokan, dan gesekan pada pipa.

Penelitian ini adalah membahas tentang analisa pengaruh sudut belokan pipa penstock terhadap daya keluaran generator PLTMH. Parameter yang ditentukan meliputi debit air, diameter penstock dan koefisien manning dengan menghitung head minor, head mayor, head efektif dan daya keluaran PLTMH. Terdapat 3 belokan penstock hal ini dikarenakan kontur tanah dan kondisi tanah yang dilewati oleh pipa penstock.Untuk mengetahui pengaruh sudut belokan terhadap daya keluaran generator pada penelitian ini diasumsikan dengan sudut belokan 30^0 , 45^0 , dan 60^0 .Dengan hal ini penulis ingin melakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh sudut belokan pipa pesat terhadap daya yang keluaran generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).Berdasarkan penelitian ini membahas analisa pengaruh sudut belokan penstock terhadap daya keluaran PLTMH yang diambil di PLTMH kali pancur, Getasan.

2. METODE PENELITIAN

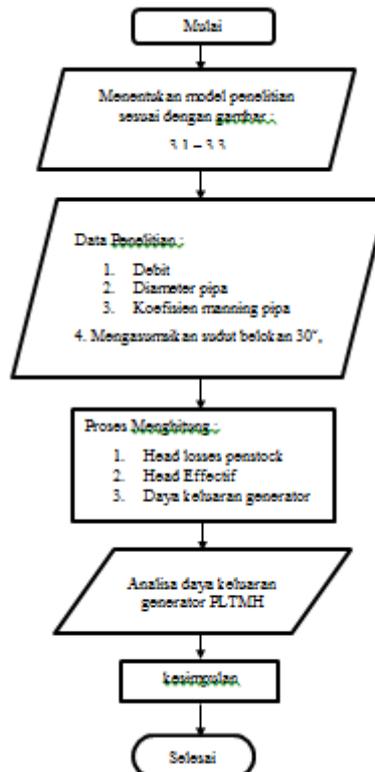
2.1 Model Penelitian

Model penelitian merupakan gambaran desain pipa penstock yang akan digunakan untuk menghitung potensi daya generator pada PLTMH. Desain pada pipa penstock ini menggunakan software Autocad 2016, keterangan yang terdapat pada gambar meliputi sudut kemiringan dan diameter pipa. Penstock yang digunakan pada penelitian ini adalah penstock dengan bahan baja, jadi belokan yang terdapat pada penstock merupakan belokan patah. Desain Pipa Penstock PLTMH dengan sudut belokan 30^0



Gambar 1. Desain Pipa Penstock Sudut 30^0

2.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Alur Diagram Penelitian

2.3 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Langkah awal yang dilakukan dalam perancangan pipa pesat ini adalah dengan melakukan study literature mengenai materi-materi yang menunjang dalam perancangan ini. Perancangan ini dilakukan berdasarkan kriteria debit aliran dan head yang terdapat pada aliran sungai Air Terjun Kali Pancur.
2. Setelah literature terkumpul dan data mengenai head tersedia dan debit aliran air didapatkan, maka akan menghitung dimensi pipa, kemudian mulai melakukan perhitungan-perhitungan untuk mengetahui losses energi dan debit efektif pada pipa. Dari hasil perhitungan losses energi dan debit efektif pipa ini akan dihitung head efektif, dengan cara mengurangi head tersedia atau debit tersedia dengan head losses baik dibelokan maupun di sepanjang pipa.
3. Setelah head losses dihitung, selanjutnya akan dihitung daya dari turbin yang nantinya digunakan dalam pemilihan jenis turbin. Setelah jenis turbin didapatkan maka akan dihitung daya yang didapat dari keluaran generator. Daya keluaran generator ini disebut juga daya keluaran PLTMH, selanjutnya setelah daya keluaran ini didapat maka akan dilakukan pemilihan generator dan penentuan sudut kemiringan pipa pesat yang dibutuhkan untuk PLTMH ini.

Setelah melakukan perancangan maka penulis akan melakukan survey lapangan untuk membandingkan hasil perhitungan kami dengan yang ada di Air Terjun Kali Pancur Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Pada rencana lokasi PLTMH ada di air terjun kalipancur yang terdapat di kabupaten semarang. Air Terjun Kalipancur memiliki sumber pada gunung Telemoyo, sehingga aliran sumber air yang dimiliki besar walaupun musim kering. Berdasarkan model penelitian pada ambar 3.1 - 3.3

dan data Tabel 3.1 dan 3.2 Hasil yang didapatkan pada penelitian ini meliputi perhitungan head efektif dan head total dengan variasi sudut 30^0 , 45^0 , dan 60^0 kemudian ditentukan potensi daya keluaran dari generator. Gambar 4.1 menunjukkan letak Air Terjun Kali Pancur di daerah Getasan, Kabupaten Semarang dengan ketinggian air terjun 100 m dengan panjang penstock yang akan dipasang 78 m.

3.2 Perhitungan Diameter Pipa

Hitungan diameter ukuran *penstock* adalah hal penting di karenakan proses penentuan dan menentukan kemampuan air bisa masuk turbin aliran silang. Adapun hitungan diameter ukuran *penstock* berdasar nilai dari debit air yang ditentukan, debit yang digunakan adalah $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Hitung kecepatan aliran air dengan persamaan (2.3)

$$V_p = (0.125) \sqrt{2 g h}$$

$$V_p = (0.125) \sqrt{2 \cdot (9.8) \cdot 100}$$

$$V_p = 5.533 \text{ m/s}$$

- Hitung hubungan luas daerah penampang *penstock* dengan ukuran diameter, dengan melalui persamaan (2.4)

$$A = \left(\frac{V}{Q}\right)$$

$$A = \left(\frac{4.58}{0.6}\right)$$

$$A = 7.63 \text{ m}^2$$

- Hitung nilai ukuran diameter *penstock* melalui persamaan (2.5)

$$D = \sqrt{\frac{4Qp}{\pi V_p}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6987}{3,14 \cdot 5,533}}$$

$$D = 0.401 \text{ m}$$

- Hitung tebal pipa minimal, melalui persamaan (2.6)

$$T_{\min} = \frac{508+D}{400}$$

$$T_{\min} = \frac{508+0,401}{400}$$

$$T_{\min} = 1,271 \text{ mili meter}$$

3.3 Hitung Head Losses Pipa Penstock

Dalam proses perhitungan *head losses* ini perlu diperhatikan beberapa factor, karena perhitungan *head losses* mempengaruhi potensi daya yang akan dihasilkan oleh generator.

- Untuk menghitung kecepatan aliran dalam pipa pesat dengan debit (Q) $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ dapat dihitung dengan persamaan (2.9)

$$V = \left(\frac{Q}{\frac{1}{4}\pi D^2}\right)$$

$$V = \left(\frac{0,6}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,41^2}\right)$$

$$V = 4.58 \text{ m/s}^2$$

- Untuk *losses mayorr* yaitu Kehilangan energy akibat gesekan sepanjang pipa dapat dihitung dengan persamaan (2.10)

$$H_{\text{mayor}} = f \frac{L v^2}{d \cdot 2 \cdot g}$$

$$H_{\text{mayor}} = 0,045 \frac{78 \cdot 4.58^2}{0.41 \cdot 2 \cdot 9,8}$$

$$H_{\text{mayor}} = 0,045 \frac{1636,16}{8,036}$$

$$H_{\text{mayor}} = 0,045 \cdot 203,603$$

$$H_{\text{mayor}} = 9.16 \text{ m}$$

Dalam perhitungan ini koefisien kekasaran pada pipa adalah 0,045 dengan bahan baja. Seperti pada table 2.

- Kehilangan energy akibat belokan, *head losses minor* yaitu rugi-rugi energy yang diakibatkan karena terdapat belokan pada sistem perpipaannya. Untuk menghitung koefisien belokan pada pipa menggunakan persamaan (2.11)

a. Dengan sudut 30^0

$$\begin{aligned} K &= [0,946 \sin^2 (\frac{\phi}{2})] + [2,047 \sin^4 (\frac{\phi}{2})] \\ K &= [0,946 \sin^2 (\frac{30}{2})] + [2,047 \sin^4 (\frac{30}{2})] \\ K &= [0,063] + [0,00918] \\ K &= 0,0725 \end{aligned}$$

Maka kehilangan energy akibat belokan dapat dihitung dengan persamaan (2.11)

$$\begin{aligned} H_{L,Minor} &= K \frac{v^2}{2.g} \\ H_{L,Minor} &= 0,0725 \frac{4,58^2}{2,9,8} \\ H_{L,Minor} &= 0,00775 \text{ m} \end{aligned}$$

Terdapat 3 belokan pada pipa penstock, maka :

$$\begin{aligned} H_{L,Minor} &= 0,00775 \times 3 \\ H_{L,Minor} &= 0,02325 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Dengan sudut 45^0

$$\begin{aligned} K &= [0,946 \sin^2 (\frac{\phi}{2})] + [2,047 \sin^4 (\frac{\phi}{2})] \\ K &= [0,946 \sin^2 (\frac{45}{2})] + [2,047 \sin^4 (\frac{45}{2})] \\ K &= [0,138] + [0,043] \\ K &= 0,181 \end{aligned}$$

Maka kehilangan energy akibat belokan dapat dihitung dengan persamaan (2.11)

$$\begin{aligned} H_{L,Minor} &= K \frac{v^2}{2.g} \\ H_{L,Minor} &= 0,181 \frac{4,58^2}{2,9,8} \\ H_{L,Minor} &= 0,1937 \text{ m} \end{aligned}$$

Terdapat 3 belokan pada pipa penstock, maka :

$$\begin{aligned} H_{L,Minor} &= 0,1937 \times 3 \\ H_{L,Minor} &= 0,5811 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Dengan Sudut 60^0

$$\begin{aligned} K &= [0,946 \sin^2 (\frac{\phi}{2})] + [2,047 \sin^4 (\frac{\phi}{2})] \\ K &= [0,946 \sin^2 (\frac{60}{2})] + [2,047 \sin^4 (\frac{60}{2})] \\ K &= [0,2365] + [0,1279] \\ K &= 0,3644 \end{aligned}$$

Maka kehilangan energy akibat belokan dapat dihitung dengan persamaan (2.11)

$$\begin{aligned} H_{L,Minor} &= K \frac{v^2}{2.g} \\ H_{L,Minor} &= 0,3644 \frac{4,58^2}{2,9,8} \\ H_{L,Minor} &= 0,3900 \text{ m} \end{aligned}$$

Terdapat 3 belokan pada pipa penstock, maka :

$$\begin{aligned} H_{L,Minor} &= 0,3900 \times 3 \\ H_{L,Minor} &= 1,1700 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kehilangan total dapat dihitung dengan persamaan (2.7)
 - a. Sudut 30^0

$$H_{total} = H_{mayor} + H_{minor}$$

$$H_{total} = 9,16 + 0,2325$$

$$H_{total} = 9,3925 \text{ m}$$
 - b. Sudut 45^0

$$H_{total} = H_{mayor} + H_{minor}$$

$$H_{total} = 9,16 + 0,581$$

$$H_{total} = 9,741 \text{ m}$$
 - c. Sudut 60^0

$$H_{total} = H_{mayor} + H_{minor}$$

$$H_{total} = 9,16 + 1,459$$

$$H_{total} = 10,619 \text{ m}$$
- Jadi tinggi jatuh air efektif yang tersedia dengan tinggi total 100 m dapat dihitung dengan persamaan 2.8
 - a. Sudut 30^0

$$H_{eff} = H - H_{tot}$$

$$H_{eff} = 100 - 9,3926$$

$$H_{eff} = 90,60 \text{ m}$$
 - b. Sudut 45^0

$$H_{eff} = H - H_{tot}$$

$$H_{eff} = 100 - 9,741$$

$$H_{eff} = 90,25 \text{ m}$$
 - c. Sudut 60^0

$$H_{eff} = H - H_{tot}$$

$$H_{eff} = 100 - 10,619$$

$$H_{eff} = 89,381 \text{ m}$$

3.4 Daya keluaran PLTMH

Daya yang dapat diproduksi oleh PLTMH sangat bergantung kepada jumlah debit air yang tersedia, tinggi jatuh efektif air, dan efisiensi sistem, oleh karena itu untuk menentukan kapasitas PLTMH perlu dilakukan pengukuran terhadap debit air dan tinggi jatuh air yang ada dilokasi yang direncanakan.

Pada daya mekanik (transmisi) memiliki fungsi memutar generator. Adapun bagian yang digunakan terdiri dari set-*Pulley*, *Bearing*, set-*kopling*, dan set-*Belt*. Pada penelitian ini sistem mekanik (transmisi) yang digunakan adalah *V belt* dengan nilai efisiensi 0,95.

Menghitung daya keluar pada transmisi sesudah daya yang keluar pada turbin melalui persamaan (2.15) :

$$P_{tr} = \eta_{tr} P_t$$

- a. Sudut 30^0

$$P_{tr} = \eta_{tr} P_t$$

$$P_{tr} = 0,95 \times 451,81$$

$$P_{tr} = 429,21 \text{ kW}$$
- b. Sudut 45^0

$$P_{tr} = \eta_{tr} P_t$$

$$P_{tr} = 0,95 \times 451,06$$

$$P_{tr} = 428,50 \text{ kW}$$

c. **Sudut 60⁰**

$$\begin{aligned} P_{tr} &= \eta_{tr} P_t \\ P_{tr} &= 0,95 \times 446,72 \\ P_{tr} &= 424,384 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk daya yang keluar pada generator melalui persamaan (2.16) :

$$P_g = \eta_t P_t$$

a. **Sudut 30⁰**

$$\begin{aligned} P_g &= \eta_t P_t \\ P_g &= 0,85 \times 451,81 \\ P_g &= 384,03 \text{ kW} \end{aligned}$$

b. **Sudut 45⁰**

$$\begin{aligned} P_g &= \eta_t P_t \\ P_g &= 0,85 \times 451,06 \\ P_g &= 383,40 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. **Sudut 60⁰**

$$\begin{aligned} P_g &= \eta_t P_t \\ P_g &= 0,85 \times 446,72 \\ P_g &= 379,71 \text{ kW} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Pada penelitian Pengaruh Sudut Belokan Pipa Penstock Terhadap Potensi Daya PLTMH di Air Terjun Kalipancur Getasan, dapat diambil hasil dan kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk menentukan head total pada penelitian ini memvariasikan 3 desain dengan sudut belokan 30⁰, 45⁰, dan 60⁰. Terdapat 3 belokan pada pipa penstock, jadi hasil perhitungan head minor dikalikan 3. Pada sudut 30⁰ Head Eff yang di peroleh sebesar 91. Pada sudut 45⁰ Head Eff yang di peroleh sebesar 90. Pada sudut 60⁰ Head Eff yang di peroleh sebesar 89.
- Perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini dengan hasil Heff yang diperoleh dan nilai efisiensi dapat mengetahui besar nilai Daya Keluaran Turbin, Transmisi, dan Generator. Pada Sudut 30⁰ nilai Daya keluaran Turbin sebesar 452,84 kW, Daya Keluaran Transmisi sebesar 430,20 kW, Daya Keluaran Generator sebesar 384,91 kW. Pada Sudut 45⁰ nilai Daya keluaran Turbin sebesar 451,07 kW, Daya Keluaran Transmisi sebesar 428,52 kW, Daya Keluaran Generator sebesar 383,41kW. Pada Sudut 60⁰ nilai Daya keluaran Turbin sebesar 448,15 kW, Daya Keluaran Transmisi sebesar 425,75 kW, Daya Keluaran Generator sebesar 380,93 kW.
- Jadi pada penelitian ini daya keluaran generator sebesar 384,91 kW dengan sudut belokan penstock 30⁰.

4.2 Saran

- Dalam perencanaan PLTMH pemilihan pipa sangat penting untuk diperhatikan. Selain untuk meminimalis biaya ekonomi juga untuk menentukan daya keluaran dan kecepatan aliran karena terdapat pengaruh gesekan pada pipa dan setiap jenis pipa memiliki koefisien gesekan yang berbeda.
- Penentuan tempat untuk jalur Pipa juga sangat berpengaruh pada belokan pipa dan kondisi tanah juga mempengaruhi penempatan. Jadi pipa yang dipasang dpat efisien dan maksimal dalam penyaluran air menuju Rumah turbin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Unissula, dekanat FTI, dan Prodi Teknik Elektro, serta kepada kedua orang tua penulis¹ yang sudah mendukung untuk kelancaran Tugas Akhir ini.

REFERENSI

- [1] Naif Fuhaid, *Pengaruh Sudut Pipa Pesat Terhadap Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. 2012. PROTON, Vol. 4 No.1/Hal. 27 – 32.
- [2] Irfan Muhamad Romadon. *Analisis factor head and losses penstock terhadap daya yang dihasilkan di PLTA Saguling*. 2016.
- [3] Berlian Mahendra. *Perancangan Pipa Pesat, Dan Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Air Kokok Putih Desa Bilok Petung Kecamatan Sembalun Kabupaten Lombok Timur*. 2013. *Dinamika Teknik Mesin*, vol.3 No.2 Juli 2013
- [4] Ariesta Adhitama. *Analisa potensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) di air terjun kalipancur Kabupaten Semarang*. 2019.
- [5] Soim Mujaim,. *Kajian Hidrologi, Mekanikal Dan Elektrikal Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Air Terjun Kedung Kayang Kabupaten Magelang*. 2017.
- [6] Agus Indarto, dkk., *Kajian Potensi Sungai Srinjing Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Brumbung di Kabupaten Kediri*. 2012.
<http://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/viewFile/162/158>
- [7] Ridho Torang. Kerugian jatuh tekan (pressure drop) pipa mulus acrylic sudut 8mm"4. 2011.
- [8] Eko sulistio. *Analisis Head Losses Pada Pen Stock Unit Iii Di Perum Jasa Tirta II Unit Jasa Pembangkitan PLTA IR. H. DJUANDA*. 2018
- [9] Alamsyah Fitrah. *Studi kinerja generator pebangkit listrik tenaga air UBRUG Sukabumi*. 2017
- [10] Maffrudin. *Studi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudut Sudu*. No. 116, 2016