

ANALISIS FAKTOR HEAD LOSSES PENSTOCK TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN DI PLTA SAGULING

Irfan Muhamad Ramadon dan Adi Syuriadi

Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Email: irfanmmuhamad95@gmail.com, adi.syuriadi@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

Hydroelectric Power Plant (PLTA) / Hydroelectric Plant is a plant that rely on the potential and kinetic energy of water to generate electricity, which is referred to as Hydroelektrik. The general form of this type of power plant is connected to a turbine generator that is driven by the kinetic energy of the water. One civilian buildings in hydropower is penstock. Rapid pipe (penstock) is a pipe that has a closed flow. Fluid flow in the pipeline is closed, both types of laminar or turbulent, definitely head losses (head losses) that will influence of the power generated at each plant unit.

Water entering the penstock have a discharge 202 m³ / s (data source UP Saguling Month April 2016) with the first penstock length of 1868.189 m and the second penstock of 1768.429 m and a diameter varying of 4.3 m; 2.83 m; 2.25 m which would affect the value of the flow velocity, Reynolds number, as well as the value of the friction factor .From The penstock length of both artifacts losses (head losses) generated due to the friction of water on the surface of the penstock (major losses) and the result of fitting / valve that exist along the penstock (minor losses) that would have a relationship with the power generated at each unit in the plant.

After going through the calculation of head losses in discharge 202 m³ / s, the obtained results, the value of head losses total at penstock 1 for Unit 3 and Unit 4 are 45.482 m and 45.179 m as well as on pesntock 2 for unit 1 and unit 2 are 43.644 m and 43.333 m , Factors head losses in each unit having an influence on power generated. The bigger the head losses generated value, the smaller the power generated. So that the relationship between the head losses penstock and the power generated by each unit inversely.

Keywords: Penstock, Head Losses, Major Losses, Minor Losses, Power.

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) / Hydroelectric Plant adalah pembangkit yang mengandalkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan listrik, yang disebut sebagai Hydroelektrik. Bentuk umum dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakan oleh tenaga kinetik dari air. Salah satu bangunan sipil yang ada di PLTA adalah penstock. Pipa pesat (penstock) merupakan sebuah pipa yang memiliki aliran tertutup. Aliran fluida yang ada di dalam saluran pipa tertutup, baik itu jenis laminer maupun turbulen, pasti mengalami kerugian head (head losses) yang akan mempengaruhi dari daya yang dihasilkan pada setiap unit pembangkit.

Air yang masuk ke penstock memiliki debit 202 m³/s (sumber data UP Saguling Bulan April 2016) dengan panjang penstock pertama sebesar 1.868,189 m dan penstock kedua sebesar 1.768,429 m serta diameter yang berbeda-beda yaitu 4,3 m; 2,83 m; 2,25 m yang akan mempengaruhi nilai kecepatan aliran, bilangan Reynold, serta nilai faktor gesekan. Dari panjang kedua penstock tersebut terdapat rugi – rugi (head losses) yang dihasilkan dikarenakan adanya gesekan air terhadap permukaan penstock (major losses) dan akibat dari fitting / valve yang ada di sepanjang jalur penstock (minor losses) yang akan memiliki hubungan dengan daya yang dihasilkan pada setiap unit di pembangkit.

Setelah melalui perhitungan head losses pada debit 202 m³/s maka didapatkan hasil, nilai head losses total pada penstock 1 untuk unit 3 dan unit 4 sebesar 45,482 m dan 45,179 m serta pada pesntock 2 untuk unit 1 dan unit 2 sebesar 43,644 m dan 43,333 m. Faktor head losses di masing-masing unit memilik pengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Semakin besar nilai head losses yang dihasilkan maka semakin kecil daya yang dihasilkan, begitupula sebaliknya. Sehingga hubungan anatar head losses penstock dan daya yang dihasilkan setiap unit berbanding terbalik.

Kata kunci: Penstock, Head Losses, Major Losses, Minor Losses, Daya.

PENDAHULUAN

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan penampang aliran penuh. Fluida yang di alirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka atau karena tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair di dalam pipa tidak penuh), aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan adalah zat cair. Tekanan dipermukaan zat cair disepanjang saluran terbuka adalah tekanan atmosfer. Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran pada pipa tertutup adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Aliran fluida yang ada di dalam saluran pipa tertutup, baik itu jenis aliran laminar maupun turbulen, pasti mengalami kerugian head (*Head Losses*). Kerugian head ini disebabkan oleh kerugian gesek di dalam pipa-pipa, reduser, katup dan lain-lain. Faktor-faktor yang diperhitungkan tidak hanya kecepatan dan arah partikel, tetapi juga pengaruh kekentalan (*viscosity*) yang menyebabkan gaya gesek antara partikel-partikel zat cair dan juga antara zat cair dan dinding permukaan pipa.

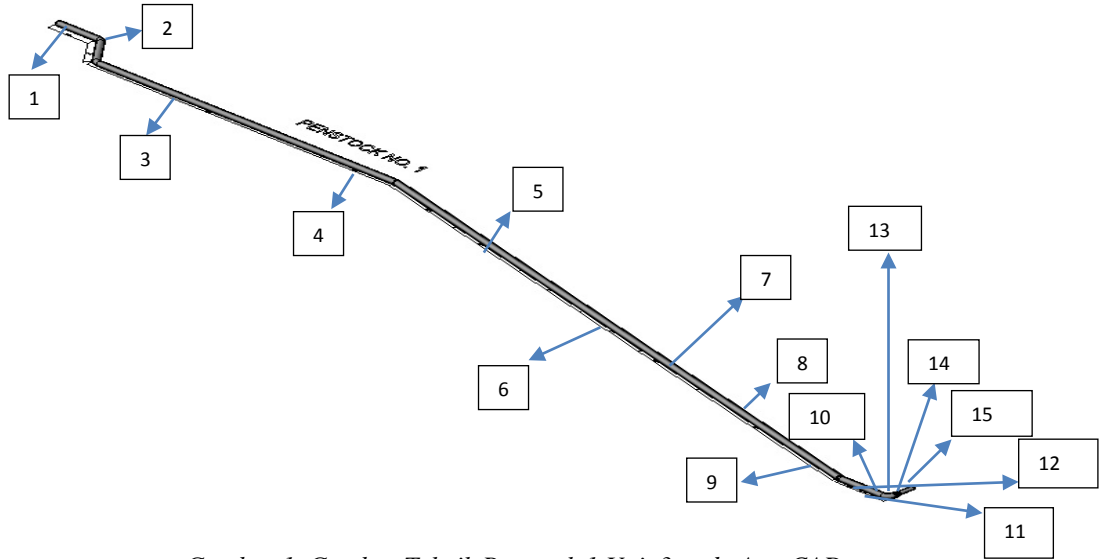
PLTA Saguling sendiri memiliki 2 buah pipa pesat (*penstock*) yang memiliki peranan penting sebagai penyalur energi potensial air / debit [m^3/s] menjadi energi kinetik untuk menggerakkan turbin menggunakan *head* dari masing – masing unit dengan daya terpasang sebesar 175 MW. Struktur pipa pesat (*penstock*) yang ada di PLTA Saguling merupakan rancangan yang sudah di tinjau matang baik dari segi kontur tanah, wilayah,

maintenance dan juga di lihat dari kebutuhan *head* yang diperlukan untuk menghasilkan energi listrik, oleh sebab itu perhitungan *losses* yang ditimbulkan dari faktor – faktor diatas perlu di analisis untuk memberikan outputmasukan maupun informasi referensi mengenai *head losses penstock* yang terjadi pada pipa pesat (*penstock*) yang ada di PLTA Saguling. adanya *head losses* yang dihasilkan, maka dapat menjadi acuan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin pembangkit, yang dapat dilihat dari jumlah pengurangan daya yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Untuk melengkapi analisis ini, maka digunakan metode penelitian yang merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir guna memperoleh data yang akurat sehingga mendapatkan hasil yang baik dan efektif. Metode pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data dari UP Saguling dengan cara studi literatur, observasi lapangan dan wawancara. Dilakukan pengolahan data agar data yang dibutuhkan sudah cukup dan tepat. Selanjutnya, data dianalisa dan dibahas mengenai *head losses* pada penstock serta perbandingan dengan beban yang dihasilkan, dan padatahap terakhir yaitu memberikan kesimpulan yang tepat.

HASIL dan PEMBAHASAN



Gambar 1. Gambar Teknik Penstock 1 Unit 3 pada AutoCAD

Tabel 1. Tabel Perhitungan Awal Head Losses Major Penstock 1 Unit 3

No	L [m]	D [m]	g [m / s ²]	f	V [m / s]
1	80.001	4.3	9.81	0.0082	13.909
2	74.168	4.3	9.81	0.0082	13.909
3	430.367	4.3	9.81	0.0082	13.909
4	136.502	4.3	9.81	0.0082	13.909
5	347.470	4.3	9.81	0.0082	13.909
6	158.305	4.3	9.81	0.0082	13.909
7	154.260	4.3	9.81	0.0082	13.909
8	150.511	4.3	9.81	0.0082	13.909
9	205.391	4.3	9.81	0.0082	13.909
10	77.477	4.3	9.81	0.0082	13.909
11	12.604	4.3	9.81	0.0082	13.909
12	15.708	4.3	9.81	0.0082	13.909
13	8.000	2.83	9.81	0.0082	17.841
14	1.000	2.25	9.81	0.0092	22.579
15	12.000	2.25	9.81	0.0092	22.579

Dari setiap debit air yang masuk ke dalam turbin maka akan timbul *head losses* baik itu *minor* dan *major* yang terjadi pada *penstock* (dalam hal ini perhitungan terjadi hanya pada Penstock 1 Unit 3) dan akan mempengaruhi setiap kinerja yang terjadi pada daya yang dihasilkan di Unit 3. Dengan menggunakan rumus :

➤ Head Losses Major

$$H_{L.Major} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- $H_{L.Major}$ = Head Losses Major (m)
- D = Diameter pipa (m)
- f = Koefisien gesekan
- V = Kecepatan rata-rata fluida (m/s)
- L = Panjang pipa (m)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)

➤ Head Losses Minor

$$H_{L.Minor} = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \text{ atau } H_{L.Minor} = f \cdot \frac{L_e}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana ;

- $H_{L.Minor}$ = Head Losses Minor (m)
 - K = Nilai koefisien gesekan dari sambungan atau belokan
 - D = Diameter pipa (m)
 - L_e = Panjang ekuivalen pipa (m)
 - f = Koefisien gesekan
 - g = Percepatan gravitasi (m/s²)
 - V = Kecepatan rata-rata fluida (m/s)
- Sehingga didapatkan hasil perhitungan *head losses* sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Head Losses Total* pada pipa pembagi *Penstock 1 Unit 3*

JAM	BEBAN	OUTFLOW	Head Losses
	UNIT 3		Total
	[MW]	[m ³ /s]	[m]
00:00	160	202	45,482
01:00	165	202	45,482
02:00	160	202	45,482
03:00	170	164	29,094
04:00	170	200	43,267
05:00	165	200	43,267
06:00	170	200	43,267
07:00	130	208	46,798
08:00	165	200	43,267
09:00	170	200	43,267
10:00	170	200	43,267
11:00	170	200	43,267
12:00	170	200	43,267
13:00	170	205	46,857
14:00	170	205	46,857
15:00	170	205	46,857
16:00	165	205	46,857
17:00	165	205	46,857
18:00	165	203	45,945
19:00	165	203	45,945
20:00	165	203	45,945
21:00	165	205	46,857
22:00	165	205	46,857
23:00	160	203	45,945
24:00	165	200	43,267
MAX	170	208	46,857
MIN	155	164	29,094
RATA2	163.6	200,92	44,504

(Sumber : Data UP Saguling pada 03 April 2016)



Gambar 2. Grafik Perbandingan *Head Losses Total* dan *Daya yang Terpasang Penstock 1 Unit 3*

Analisa yang didapat dari ke empat grafik hubungan antara *head losses* dan daya yang terpasang pada unit 1, unit 2, unit 3, dan unit 4 diatas adalah semakin besar *head losses* [m] yang dihasilkan maka semakin kecil daya [MW] yang dihasilkan atau bisa dikatakan hubungan antara keduanya adalah berbanding terbalik. Semuanya tidak terlepas dari panjang pipa di tiap unit yang akan memengaruhi nilai *head losses major* dan *fitting / valve* yang akan memengaruhi nilai *head losses minor*.

KESIMPULAN

Dari Analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Unit Pembangkitan Saguling ini mempunyai 2 buah *penstock* dengan masing - masing panjangnya 1.868,169 m dan 1.768,429 m dengan beberapa variasi diameter pipa untuk *penstock 1* (Unit 3 dan Unit 4) dan *penstock 2* (Unit 1 dan Unit 2), yaitu : 4.3 m; 2,83 m; 2,25 m. Sehingga pada saat perhitungan nilai bilangan *Reynold*, kecepatan aliran dan *head losses total* mempunyai nilai yang sangat bervariasi.
2. Beberapa faktor yang memengaruhi *head losses*, yaitu : kekentalan fluida (*viscosity*), bilangan *Reynold*, massa jenis fluida, kecepatan fluida, jenis aliran, kekasaran bahan pipa, nilai faktor gesekan pipa, serta *fitting* dan *valve* yang ada di sepanjang jalur *penstock 1* dan *penstock 2*.
3. Nilai *head losses major penstock 1* (Unit 3 dan Unit 4) pada debit 202 m³/s didapat sebesar 36,401 m dan 36,098 m. , *head losses major penstock 2* (Unit 1 dan Unit 2) pada debit 202 m³/s didapat sebesar 36,401 m dan 36,098 m., *head losses minor penstock 1* (Unit 1 dan Unit 2) dan *penstock 2* (Unit 1 dan Unit 2) pada debit 202 m³/s didapat sebesar 9,081 m, *head losses total penstock 1* (Unit 3 dan Unit 4) pada debit 202 m³/s

didapat sebesar 45,482 m dan 45,179 m dan *penstock 2* (Unit 1 dan Unit 2) sebesar 43,644 m dan 43,333.

4. Hubungan antara *head losses penstock* dengan daya yang dihasilkan mempunyai nilai yang berbanding terbalik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini pun tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan dan dukungan dari orang - orang terdekat. Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak - pihak terkait yang telah membantu dan mendukung saya sehingga laporan ini bisa selesai dengan baik dan lancar, diantaranya :

1. Kepada Bapak Abdillah, selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta.
2. Kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____,1985.“**Saguling Hydroelectric Power Plant Operation And Maintenance Manual For Generating Equipment Volume 1**”, Toshiba Corporation.
- [2] _____,1981.”**Saguling Hydroelectric Power Plant Operation And Maintenance Manuals For LOT-1 Turbines And Auxillary Equipment Vol III**”, Toshiba Corporation, Tokyo Japan.
- [3] _____,1981.“**Penstock Metal Work Saguling Hydroelectric Power Project Republic Of Indonesia Volume II**”,Chicago Bridge & Iron Company.

- [4] _____,1985.”**Saguling Hydroelectric Power Plant Operation and Maintenance Manual for Generating Equipment Volume 1**”, The New Japan Engineering Consultan Inc, Osaka Japan.
- [5] Munson R. Bruce, Young F. Donald, Theodore H. Okiishi,2005.“**Mekanika Fluida Edisi Keempat atau Fundamental of Fluids Mechanics Fourth Edition**”, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Dokumentasi dan Data Unit Pembangkitan Saguling, Bandung Barat.

