

SKRIPSI

PERENCANAAN PIPA PESAT (*PENSTOCK*) PEMBANGKIT LISTRIK

TENAGA AIR (PLTA) POSO-1

*Disusun sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Strata Satu (S1)
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sintuwu Maroso*



Diajukan oleh :

MAS'UD MAWARDI
NPM : 91911410141128

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS SINTUWU MAROSO

POSO

2023

ABSTRAK

Mas'ud Mawardi. 2023. Perencanaan Pipa Pesat (*Penstock*) Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso-1. **Skripsi. Jakarta : Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sintuwu Maroso. Agustus. 2023**

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan berupa air. Salah satu keunggulan dari pembangkit ini adalah ramah lingkungan dan kapasitas daya keluarannya paling besar diantara energi terbarukan lainnya, pembangkit listrik tenaga air ini juga telah ada sejak dahulu kala.

PLTA Poso-1 direncanakan mengeluarkan daya sebesar 4x30 MW. Debit desain PLTA Poso-1 adalah 150 m³/detik yang mengalir dari danau Poso dan ditampung oleh bendungan Poso-1 untuk dinaikkan elevasi muka air yang dikehendaki sesuai desain. Untuk mengalirkan debit ke turbin, digunakan saluran penghantar berupa pipa baja. Pipa baja ini umumnya disebut *Penstock pipe* atau pipa pesat yang didesain khusus untuk mengalirkan air dari bendungan ke rumah turbin (*Power house*).

Dalam merencanakan pipa pesat, banyak digunakan standar dan literatur dari luar. Diantara banyak standar, yang umum digunakan yaitu *Indian Standard (IS Code)*, ASCE dan AISI. Didalamnya dibahas mulai dari persiapan sampai perawatan, dan semuanya sudah dibuktikan lewat penelitian. Salah satu hal penting yaitu cara menentukan tebal pelat yang aman dan mampu memikul tegangan yang bekerja. Pada prosesnya dibutuhkan *trial and error* untuk menentukan tebal pelat yang dibutuhkan. Dengan bantuan komputerisasi, proses *trial and error* menjadi lebih cepat dan mudah. Tegangan kerja ditinjau per bagian jarak antar tumpuan. Semakin panjang pipa, semakin banyak pula variasi ketebalan pipa sesuai dengan kebutuhan kekuatan pipa dalam memikul tegangan kerja dan kombinasinya

Tinjauan dan perencanaan pipa pesat pada PLTA Poso-1 menggunakan material SM490 dengan 4 macam tebal pelat yaitu, 16 mm, 18 mm, 20 mm dan 24 mm.

Kata kunci: PLTA, saluran penghantar, pipa pesat, ASCE, tebal pelat

ABSTRACT

Mas'ud Mawardi. 2023. Planning for the Penstock Pipe for the Poso-1 Hydroelectric Power Plant (PLTA). **Skripsi. Jakarta : Civil Engineering Study Program. Faculty of Engineering. Sintuwu Maroso University. August. 2023**

Hydroelectric Power Plant (PLTA) is a power plant that uses renewable energy in the form of water. One of the advantages of this generator is that it is environmentally friendly and has the largest output power capacity among other renewable energies, this hydroelectric power plant has also been around for a long time.

PLTA Poso-1 is planned to issue a power of 4x30 MW. The design discharge of the Poso-1 hydropower plant is 150 m³/second which flows from Lake Poso and is accommodated by the Poso-1 dam to raise the desired water level according to the design. To flow the discharge to the turbine, a conducting channel is used in the form of a steel pipe. This steel pipe is generally called Penstock pipe or penstock pipe which is specifically designed to drain water from the dam to the turbine house (Power house).

In planning the penstock, many standards and external literature are used. Among the many standards, the ones commonly used are the Indian Standard (IS Code), ASCE and AISI. It is discussed from preparation to treatment, and everything has been proven through research. One of the important things is how to determine the thickness of the plate that is safe and able to carry the working stress.

In the process, trial and error is needed to determine the required plate thickness. With the help of computerization, the process of trial and error becomes faster and easier. The working stress is reviewed per part of the distance between supports. The longer the pipe, the more variations in the thickness of the pipe according to the need for the strength of the pipe to carry the working stress and the combination thereof.

Overview and planning of the penstock at the Poso-1 hydropower plant using SM490 material with 4 types of plate thickness, namely, 16 mm, 18 mm, 20 mm and 24 mm.

Keywords: *PLTA, conveying channel, penstock, ASCE, plate thickness*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN JUDUL SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PERBAIKAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG.....	1
B. MAKSUD DAN TUJUAN.....	1
C. BATASAN MASALAH / RUANG LINGKUP.....	2
D. METODOLOGI.....	2
E. SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 PIPA PESAT.....	5
2.2 BAGIAN-BAGIAN UMUM PIPA PESAT.....	6
2.3 PERENCANAAN PIPA PESAT.....	10
2.3.1 PERENCANAAN HIDROLIS.....	10
2.3.2 PERENCANAAN STRUKTUR.....	21
2.3.3 PONDASI PIPA PESAT.....	31
BAB III.....	39
METODOLOGI DAN DATA.....	39
3.1 METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1.1 TAHAP PERSIAPAN.....	41

3.1.2	TAHAP PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	42
3.1.3	TAHAP ANALISA DAN KESIMPULAN	43
3.2	DATA	44
3.2.1	DATA PRIMER	47
3.2.2	DATA SEKUNDER	49
BAB IV	.....	62
PEMBAHASAN DAN ANALISA	.....	62
4.1	UMUM	62
4.2	ANALISA HIDROLIKA	62
4.2.1	MENENTUKSN DIAMETER PIPA	62
4.2.2	MENGHITUNG <i>HEADLOSS</i> AKIBAT FRIKSI	65
4.2.3	MENGHITUNG <i>HEADLOSS</i> PADA TRASHRACK	65
4.2.4	MENGHITUNG <i>HEADLOSS</i> PADA <i>INLET</i>	66
4.2.5	MENGHITUNG <i>HEADLOSS</i> PADA <i>ELBOW</i>	66
4.2.6	MENGHITUNG <i>HEADLOSS</i> PADA <i>REDUCER</i>	67
4.2.7	MENGHITUNG <i>HEADLOSS</i> PADA <i>VALVE</i>	68
4.2.8	MENGHITUNG TOTAL <i>HEADLOSS</i>	68
4.3	ANALISA TEGANGAN KERJA PADA PIPA PESAT	69
4.3.1	HOOP STRESS (S1)	69
4.3.2	TEGANGAN LONGITUDINAL AKIBAT AKSI BALOK (S2) ..	69
4.3.3	TEGANGAN LONGITUDINAL AKIBAT RADIAL STRAIN HOOP STRESS (S3)	72
4.3.4	TEGANGAN LONGITUDINAL <i>AXIAL COMPRESSIVE</i> AKIBAT GELINCIR BERAT SENDIRI (S4)	72
4.3.5	TEGANGAN LONGITUDINAL AKIBAT FRIKSI GELINCIR AKIBAT PERUBAHAN SUHU (S5)	72
4.3.6	TEGANGAN AKIBAT SUHU (S6)	74
4.3.7	TEGANGAN <i>CIRCUMFERENTIAL</i> AKIBAT BENDING PADA TUMPUAN (S7)	75
4.3.8	TEGANGAN BENDING LONGITUDINAL AKIBAT PENGEKANGAN PADA TUMPUAN <i>RING GIRDER</i> (S8)	75
4.3.9	TEGANGAN LONGITUDINAL AXIAL AKIBAT GAYA HIDROSTATIK (S9)	76
4.3.10	TEGANGAN LONGITUDINAL AKIBAT GAYA VERTIKAL DI TUMPUAN DAN TENGAH BENTANG AKIBAT AKSI BALOK (S10). 77	

4.3.11	<i>SEISMIC HOOP STRESS</i> AKIBAT TEKANAN HIDRODINAMIK AKIBAT GEMPA (S11).....	77
4.3.12	<i>AXIAL COMPRESSIVE/TENSILE STRESS</i> AKIBAT GAYA INERSIA DARI BERAT SENDIRI (S12)	78
4.3.13	TEGANGAN LONGITUDINALDI TUMPUAN DAN TENGAH BENTANG PADA SISI KANAN DAN KIRI PIPA (S13).....	79
4.4	KOMBINASI TEGANGAN KERJA PADA PIPA PESAT.....	80
4.4.1	TOTAL CIRCUMFERENTIAL HOOP STRESS.....	80
4.4.2	TOTAL LONGITUDINAL STRESS DI TUMPUAN	81
4.4.3	TOTAL <i>LONGITUDINAL STRESS</i> DI TENGAH BENTANG	82
4.4.4	TOTAL LONGITUDINAL STRESS DI KANAN DAN KIRI TUMPUAN (<i>SEISMIC LOAD</i>)	83
4.4.5	TOTAL <i>LONGITUDINAL STRESS</i> DI KANAN DAN KIRI TENGAH BENTANG (<i>SEISMIC LOAD</i>)	84
4.4.6	SHEAR STRESS	84
4.4.7	PRINCIPAL STRESS (NORMAL LOAD).....	85
4.4.8	PRINCIPAL STRESS (<i>SEISMIC LOAD</i>)	86
4.4.9	EQUIVALENT COMBINED STRESS (NORMAL LOAD)	88
4.4.10	EQUIVALENT COMBINED STRESS (<i>SEISMIC LOAD</i>)	88
4.5	ANALISA HASIL PERHITUNGAN	89
4.6	TEKNIS PEMASANGAN	92
4.6.1	PEMBUATAN.....	92
4.6.2	PEMASANGAN.....	93
BAB V	.....	96
KESIMPULAN	.....	96
5.1	KESIMPULAN	96
5.2	SARAN.....	96
DAFTAR PUSTAKA	.....	98
LAMPIRAN	.....	99

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Pipa pesat (*penstock*) adalah termasuk salah satu dari saluran hantar yang menyalurkan air menuju rumah pembangkit. Pipa ini merupakan pipa bertekanan yang meyalurkan debit dan kecepatan air yang bervariasi sesuai dengan variasi beban listrik yang sedang dibangkitkan.

Dalam mendesain pipa pesat dibutuhkan standar dan referensi yang diakui. Indonesia tidak mengeluarkan standar untuk mendesain pipa pesat, semua standar dan literatur berasal dari luar antara lain: *Indian Standard*, *American Iron and Steel Institute* dan *Layman's Guidebook*.

Kebutuhan tenaga *Design Engineer* untuk mendesain pipa pesat saat ini cukup tinggi karena program pembangunan PLTA dan PLTM untuk pemenuhan energi listrik sedang berlangsung. Atas dasar tingginya kebutuhan tenaga *Design Engineer* untuk mendesain pipa pesat dan standar desain hanya dari luar menjadi tantangan untuk penulis dalam merencanakan pipa pesat yang aman.

B. MAKSUD DAN TUJUAN

Adapun maksud penulisan Skripsi ini adalah melakukan perencanaan pipa pesat untuk saluran hantar pada PLTA Poso-1 di Sulawesi Tengah dengan literatur dan standar dari luar.

Sedangkan tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah:

1. Mengetahui fungsi dan karakteristik pipa pesat.

2. Menganalisa beban-beban yang terjadi pada pipa pesat.
3. Menganalisa tegangan yang terjadi pada pipa pesat
4. Mendesain pipa pesat dengan aman.

C. BATASAN MASALAH / RUANG LINGKUP

Adanya Batasan masalah supaya tidak adanya penyimpangan dari pokok permasalahan, sehingga adanya pemebrian batasan-batasan terhadap ruang lingkup pembahasan. Berikut adalah pembahasan masalah dalam penelitian ini:

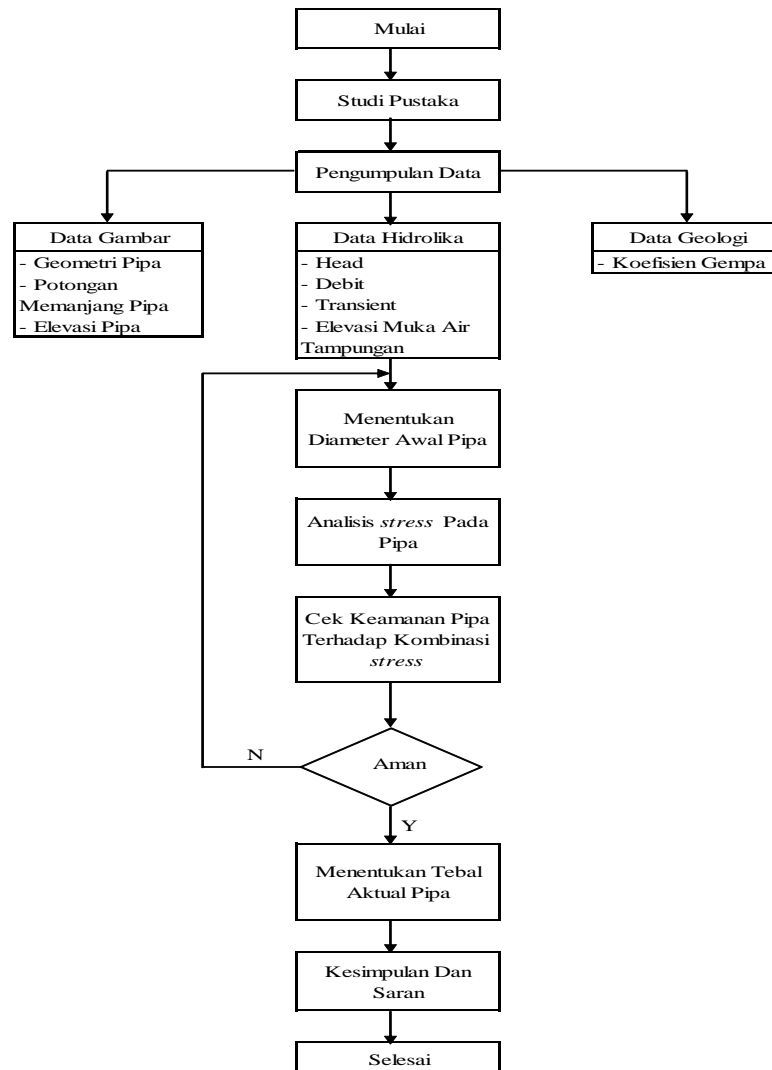
1. Perencanaan tebal dan diameter pipa pesat.
2. Perencanaan pipa pesat yang aman terhadap beban dan gaya yang bekerja, penelitian ini ditekankan pada kekuatan pipa pesat.
3. Tidak menghitung waktu dan biaya.

D. METODOLOGI

Metodologi adalah kerangka dasar dari tahapan penyusunan Skripsi yang mencakup semua kegiatan yang dilaksanakan untuk menganalisa dan memecahkan permasalahan. Metode yang digunakan dalam penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Teknik Pengumpulan Data
 - a. Studi pendahuluan.
 - b. Pengumpulan data primer dan sekunder.
 - c. Studi literatur.
2. Teknik Pengolahan Data
3. Tahap Akhir

Mendapatkan hasil perhitungan pipa pesat yang kuat dan aman untuk dapat diterapkan di PLTA Poso-1.



Gambar 1 Flowchart Metodologi Penelitian

Sumber: Penulis

E. SISTEMATIKA PENULISAN

Tahap penulisan Skripsi ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab melalui sistematika pembahasan sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bagian ini berisi tentang rancangan bagaimana Skripsi atau penelitian akan dilakukan, seperti halnya yaitu mencangkup latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup/batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan yang akan penulis gunakan.

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian ini merupakan penjelasan tentang dasar-dasar teori yang akan digunakan sebagai pedoman pembahasan, dalam hal ini studi umum menguraikan kesustraan yang mendukung pembahasan, itulah sebabnya berdasarkan teori-teori yang ada tersebut dapat menyelesaikan permasalahan yang ada.

- **BAB III METODOLOGI DAN DATA**

Terdiri atas data teknis yang didapat baik dari survei lapangan maupun data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait yang dibutuhkan untuk melakukan analisa permasalahan.

- **BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA**

Bagian ini memaparkan Perencanaan Pipa Pesat yang dibuat berdasarkan literatur-literatur, *Handbook*, standar perancangan yang diperoleh dari studi pustaka.

- **BAB V KESIMPULAN**

Bagian ini memberikan kesimpulan atau ringkasan dari pembahasan yang telah diuraikan di bab sebelumnya dan saran yang disampaikan mengenai hasil penelitian atau analisa yang dilakukan penulis untuk penulis atau peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Iron and Steel Institute. *Welded Steel Pipe*. American Iron and Steel Institute. Washington, DC. 1996.
- American Society of Civil Engineers. *ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 79 - Steel penstocks*. American Society of Civil Engineers. New York. 1993.
- American Society of Civil Engineers. *ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 79 - Steel penstocks*. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia. 2012.
- American Water Works Association. *Steel Pipe-a Guide for Design and Installation*. American Water Works Association. USA. 1998.
- Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726. Jakarta. 2012.
- Celso Penche. *Layman's Guidebook, on How to Develop a Small Hydro Site*. European Commision. 1998.
- Indian Standard. *IS Code 5530 Criteria for Design of Anchor Blocks for Penstocks with Expansion Joint*. Indian Standards Institution. New Delhi. 1984.
- Indian Standard. *IS Code 11625 Criteria for Hydraulic Design of Penstock*. Indian Standards Institution. New Delhi. 1986.
- Indian Standard. *IS Code 11639 Criteria for Structural Design of Penstock*. Indian Standards Institution. New Delhi. 1986.
- United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. *Welded Steel Penstocks*. US Government Printing Office. Washington. 1977.