

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi sumber daya air yang besar sehingga perlu untuk dikelola, dimanfaatkan, dan dikembangkan. Salah satu bentuk pemanfaatan potensi sumber daya air adalah dengan dibangunnya bangunan air seperti bendungan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang bendungan, bendungan adalah bangunan air yang tersusun dari urugan tanah, urugan batu, beton dan juga pasangan batu yang dipasang untuk menahan laju air atau lumpur, dan juga berfungsi untuk menangkap dan menyimpannya menjadi waduk.

Mengacu pada Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2025 mengenai Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2025 hingga Tahun 2029 terdapat beberapa proyek yang tercakup di dalamnya, salah satunya adalah pembangunan Bendungan Bulango Ulu. Bendungan Bulango Ulu merupakan bendungan tipe urugan batu dengan tinggi bendungan 75 meter yang terletak di Desa Tuloa, Kecamatan Bulango Utara, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Bendungan ini memiliki volume tampungan sebesar 84,10 Juta m³ yang dimanfaatkan untuk mereduksi banjir sebesar 84,62%, untuk kebutuhan irigasi sebesar 4.193 Ha, untuk kebutuhan air baku sebesar 2,2 m³/detik, untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebesar 4,96 megawatt, dan sekaligus untuk pariwisata.

Sebagai salah satu infrastruktur yang berperan vital, bendungan tidak hanya memiliki potensi sebagai bangunan air untuk memenuhi kebutuhan manusia, pembangunan bendungan juga memiliki potensi bahaya yang besar, maka dari itu, faktor keamanan bendungan sangat perlu diperhatikan, baik ketika bendungan sedang dibangun maupun ketika bendungan beroperasi. Dalam fungsinya, bendungan yang kestabilannya terganggu juga berpengaruh pada fungsi pemanfaatannya.

Menurut Arisanto (2020), keamanan bendungan terletak pada kemampuan tubuh bendungan dan bangunan pelengkapannya untuk menahan air secara terencana tanpa mengakibatkan perubahan fisik dan fungsi setiap bangunan yang ada

didalamnya. Oleh karena itu salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah rembesan. Bendungan tipe urugan memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap keruntuhan (*collaps*) dikarenakan terjadinya peristiwa air yang masuk ke dalam tubuh bendungan lewat pori-pori material kerap terjadi.

Yong,et. al tahun 2009 menjelaskan bahwa rembesan pada bendungan menjadi faktor penting dalam meninjau stabilitas bendungan. Rembesan terjadi dipengaruhi oleh koefisien permeabilitas pada material, gradien hidrolik, dan tinggi muka air pada waduk. Kenaikan muka air pada waduk menyebabkan kenaikan besaran tekanan hidrostatis dan sekaligus mengakibatkan kenaikan nilai rembesan. Untuk itu, pola aliran dan debit rembesan yang keluar pada tubuh bendungan perlu diperhatikan. Rembesan pada bendungan urugan merupakan hal yang wajar, namun rembesan yang terjadi tidak boleh melebihi batas rembesan yang diizinkan. Apabila nilai rembesan yang terjadi melebihi batas yang diizinkan, akan berdampak pada ikatan antar partikel tanah yang rentan lepas sehingga memicu terjadinya *piping*.

Menurut Hardiyatmo (2012), *Piping* adalah peristiwa terbentuknya rongga dalam tanah yang disebabkan oleh terangkutnya butir-butir tanah halus akibat rembesan yang nantinya dikhawatirkan dapat menyebabkan runtuhnya bendungan. Aliran rembesan pada bendungan urugan digambarkan dengan garis freatik sebagai indikatornya. Garis freatik merupakan suatu garis yang memisahkan bagian jenuh air dan tidak jenuh air dari bendungan. Garis freatik di mulai pada bagian hulu muka bendungan dan berakhir di bagian hilir bendungan.

Perhitungan stabilitas tubuh Bendungan Bulango Ulu pada penelitian ini berlangsung ketika Bendungan Bulango Ulu masih dalam tahap pembangunan. Alasan studi ini diperlukan ketika proses pembangunan adalah untuk mengidentifikasi zona timbunan yang lemah, misal nilai permeabilitas yang tinggi atau kurangnya nilai kepadatan timbunan. Sehingga dapat dilakukan evaluasi kembali terkait spesifikasi timbunan yang digunakan.

Analisis perhitungan dilakukan dengan bantuan program GeoStudio 2018 R2 yang dikembangkan oleh *GeoSlope International Ltd*. GeoStudio merupakan *software* geoteknik yang berdiri sejak tahun 1977, *software* yang terintegrasi satu dengan lainnya untuk menganalisis stabilitas lereng, aliran air tanah serta perubahan suhu, deformasi serta gempa pada tanah dan batuan. Dalam analisis, penelitian ini

menggunakan dua fitur yang terdapat pada GeoStudio, yaitu fitur *SEEP/W* yang digunakan untuk menganalisis rembesan yang terjadi pada tubuh bendungan, dan fitur *SLOPE/W* digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng bendungan.

Pedoman yang digunakan untuk melakukan identifikasi status bendungan dalam kondisi aman atau tidak terkait rembesan adalah Pedoman *Grouting* Untuk Bendungan tahun 2005. Evaluasi keamanan terhadap *piping* mengacu pada SNI 8065:2016 tentang metode analisis dan cara pengendalian rembesan air untuk bendungan tipe urugan, dan evaluasi stabilitas lereng mengacu pada SNI 8064:2016 tentang metode analisis stabilitas lereng statik.

1.2 Rumusan Masalah

Terdapat empat poin rumusan masalah Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana bentuk garis freatik tubuh Bendungan Bulango Ulu pada kondisi *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir)?
2. Berapa debit rembesan pada tubuh Bendungan Bulango Ulu saat kondisi *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir)?
3. Bagaimana hasil analisis risiko *piping* berdasarkan gradien hidrolis keluaran maksimum dari analisis *SEEP/W* pada tubuh Bendungan Bulango Ulu?
4. Berapa faktor keamanan tubuh bendungan tanpa beban gempa pada kondisi selesai konstruksi, *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir), dan kondisi surut cepat (dari kondisi muka air normal menuju muka air rendah)?

1.3 Tujuan Penelitian

Terdapat empat poin tujuan penelitian yang akan dicapai dalam tugas akhir ini, meliputi:

1. Mengidentifikasi bentuk garis freatik tubuh Bendungan Bulango Ulu pada kondisi *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir).
2. Menganalisis debit rembesan yang terjadi pada tubuh Bendungan Bulango Ulu saat kondisi muka air rendah, muka air normal, dan muka air banjir.
3. Evaluasi kestabilan terhadap risiko *piping*, berdasarkan gradien hidrolik keluaran maksimum hasil analisis *SEEP/W* yang merupakan salah satu bentuk kegagalan akibat rembesan.
4. Mengetahui faktor keamanan tubuh bendungan tanpa beban gempa pada kondisi selesai konstruksi, *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir), dan kondisi surut cepat (dari kondisi muka air normal menuju muka air rendah).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini digunakan sebagai ruang lingkup untuk memfokuskan penelitian. Batasan masalah tersebut meliputi:

1. Bendungan yang ditinjau adalah Bendungan Bulango Ulu, Desa Tuloa, Kabupaten Bone Bulango, Provinsi Gorontalo.
2. Analisis menggunakan potongan tubuh Bendungan Bulango Ulu STA. 0+162.5 dikarenakan pada potongan tersebut dapat mewakili kondisi tubuh Bendungan Bulango Ulu keseluruhan dan dikarenakan potongan STA. 0+162.5 merupakan kondisi paling kritis berdasarkan data desain.
3. Analisis tidak memperhitungkan tekanan *uplift* yang terjadi pada tubuh Bendungan Bulango Ulu karena keterbatasan data tekanan air pori lapangan, sehingga menyebabkan nilai dari faktor keamanan lebih besar dari kondisi sebenarnya.
4. Analisis garis freatik menggunakan *software* GeoStudio 2018 R2 dengan program *SEEP/W* pada kondisi *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir). Sehingga hasil analisis tidak sesuai dengan hasil pembacaan instrumen piezometer di lapangan.

5. Analisis rembesan pada Tubuh Bendungan Bulango Ulu menggunakan *software* GeoStudio 2018 R2 dengan program *SEEP/W* pada kondisi *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir).
6. Analisis stabilitas pada Tubuh Bendungan Bulango Ulu menggunakan *software* GeoStudio 2018 R2 dengan program *SLOPE/W* metode Bishop kondisi selesai konstruksi atau bendungan belum terisi oleh air, kondisi *steady-state* (kondisi muka air rendah, kondisi muka air normal, dan kondisi muka air banjir), dan kondisi surut cepat (dari kondisi muka air normal menuju muka air rendah).
7. Variasi waktu pemodelan surut cepat berdasarkan asumsi dan tidak memperhitungkan debit keluaran pada *inlet* bendungan.
8. Analisis yang dilakukan tidak memperhitungkan beban gempa.

1.5 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat dengan dilakukannya penelitian pada tugas akhir ini. Manfaat tersebut terdiri dari:

1. Peneliti

Tugas akhir ini memberikan manfaat penelitian ini bagi peneliti. Manfaat tersebut terdiri dari:

- a. Memberikan kesempatan untuk meningkatkan keterampilan dan pemahaman dalam penggunaan *software* GeoStudio 2018 R2.
- b. Melatih keterampilan dalam analisis geoteknik dan hidraulik dalam konteks analisis rembesan dan stabilitas bendungan.
- c. Memberikan pengalaman dalam menganalisis potensi terjadinya *piping* pada bendungan yang dapat mengancam stabilitas bendungan.
- d. Menambah wawasan dan pengetahuan bagi penulis mengenai analisis rembesan dan analisis stabilitas.
- e. Memperdalam pemahaman tentang parameter tanah yang digunakan dalam analisis rembesan dan stabilitas bendungan.

2. Institusi Pendidikan

Dilakukannya penelitian pada tugas akhir juga memberikan manfaat bagi institusi pendidikan, manfaat tersebut antara lain:

- a. Menambah informasi mengenai rembesan dan stabilitas bendungan.
- b. Menjadi bahan pembelajaran terkait penggunaan *software* dalam analisis rembesan dan stabilitas bendungan.
- c. Menjadi referensi untuk mengembangkan penelitian selanjutnya.

3. Pelaksana Proyek Bendungan Bulango Ulu

Penelitian pada tugas akhir ini memberikan manfaat untuk pelaksana proyek Bendungan Bulango Ulu, manfaat tersebut yaitu:

- a. Sebagai bahan evaluasi kepada pelaksana mengenai rembesan dan stabilitas yang terjadi pada tubuh Bendungan Bulango Ulu dari hasil parameter tanah yang digunakan.
- b. Dapat digunakan sebagai acuan dan perbandingan untuk evaluasi selanjutnya.

4. Masyarakat Secara Umum

Tugas akhir ini juga memberikan manfaat bagi masyarakat umum, terutama masyarakat yang tinggal provinsi Gorontalo. Manfaat tersebut meliputi:

- a. Memberikan pengetahuan bagi masyarakat mengenai tingkat keamanan Bendungan Bulango Ulu.
- b. Menyediakan dasar ilmiah untuk membuat sistem mitigasi bencana bagi masyarakat.
- c. Berkontribusi dalam meningkatkan keselamatan bendungan yang berdampak pada perlindungan masyarakat wilayah hilir bendungan dari potensi risiko kegagalan bendungan.