

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak abad ke-7 atau ke-8 SM, manusia telah mengenal bahkan dapat membangun bangunan air yang sangat besar. Pada abad inilah dikenal dibangunnya bendungan raksasa yang menghebohkan dunia yang dibuat oleh raja Saba'. Bendungan ini dibuat sedemikian besarnya lantaran negeri Saba' adalah negeri makmur dan kaya akan sumber airnya yang melimpah ruah yang berasal dari dua gunung dan air hujan di lembah-lembah seputar negeri itu, dan dengannya raja kaum Saba' memanfaatkan potensi sumber daya yang begitu besar ini untuk pengairan (irigasi) kebun-kebun mereka, sehingga dibangunlah bendungan raksasa yang diberi nama Bendungan Ma'rib.

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber daya air yang cukup besar untuk dimanfaatkan, dikelola dan dikembangkan. Salah satu bentuk pemanfaatan potensi sumber daya air yang tinggi ialah dengan dibangunnya bangunan air seperti waduk dan bendungan.

Waduk atau *reservoir* adalah suatu bangunan tampungan berupa danau alam atau danau buatan, kolam penyimpanan, pembendungan sungai dengan tujuan menampung air untuk berbagai kebutuhan manusia. Bendungan merupakan bangunan air yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun dengan tujuan menahan laju air atau lumpur, menangkap dan menyimpannya menjadi waduk atau danau. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air.

Bendungan tidak hanya memiliki manfaat atau potensi sebagai bangunan air dalam memenuhi kebutuhan manusia, pembangunan bendungan juga memiliki potensi bahaya yang besar, maka dari itu, kondisi keamanan bendungan sangat perlu diperhatikan baik ketika bendungan sedang dibangun maupun ketika bendungan beroperasi.

Waduk Saradan terletak 1,45 km bersebelahan dengan Waduk Bening dengan tutupan lahan di sekitar daerah tangkapan air berupa pepohonan (hutan milik perhutani) seperti yang terlihat pada Gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1.1 Tampak Atas Waduk Saradan
(Sumber : *Google Earth*)

Waduk Saradan adalah waduk yang secara keseluruhan keberadaan airnya tergantung dari tadah hujan. Tidak terdapat sumber mata air atau sungai yang mengalir ke dalam Waduk Saradan. Waduk Saradan dibangun antara tahun 1942 oleh Pemerintah Hindia Belanda. Fungsi Waduk Saradan pada waktu itu direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih serta sebagai pendingin bagi gudang senjata yang letaknya tidak begitu jauh dari Waduk Saradan. Pada saat ini Waduk Saradan difungsikan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi seluas 990 Ha meliputi 8 desa di Kecamatan Saradan yaitu: Desa Klumutan, Sidorejo, Summersari, Tulung, Bongso Potro, Mbener, Bajulan dan Sambirejo. Adapun manfaat lainnya ialah sebagai tempat pariwisata.

Secara geografis, Bendungan Saradan berada pada koordinat $7^{\circ}33'2.33''$ LS dan $111^{\circ}44'55.76''$ BT, dengan posisi administratif terletak di Desa Sugihwaras, Kecamatan Saradan, Kabupaten Madiun, Provinsi Jawa Timur. Lokasi Bendungan

Saradan terletak 20 km sebelah barat Kota Nganjuk, Propinsi Jawa Timur. Tubuh Bendungan Saradan termasuk tipe bendungan urugan tanah homogen, dengan panjang puncak 800 m, lebar puncak 3-6 m, dan tinggi maksimum +9 m. Material penyusun tubuh Bendungan Saradan secara global terdiri dari lanau dan campuran *clay & sand*. Material timbunan tidak dilakukan dengan sistem seleksi material terlebih dahulu, melainkan diambil dari hasil bekas galian waduk.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 tahun 2010 tentang pemantauan dan pemeriksaan terhadap kondisi bendungan, bendungan perlu dilakukan inspeksi besar setiap 5 tahun. Inspeksi besar yang dimaksudkan dalam hal tersebut meliputi pengecekan kondisi bendungan baik bendungan yang mempunyai umur muda maupun umur yang sudah tua. Stabilitas bendungan merupakan hal yang paling penting dilakukan dalam inspeksi bendungan. Stabilitas Bendungan yang sudah mulai rapuh perlu dikontrol maupun dievaluasi kembali. Keamanan bendungan menjadi salah satu faktor penting dalam suatu kestabilan bendungan tersebut. Dalam fungsinya bendungan yang kestabilannya terganggu juga berpengaruh pada fungsi pemanfaatan bendungan tersebut.

Berdasarkan hasil inspeksi visual terhadap kondisi geologi permukaan dan geoteknik tubuh Bendungan Saradan, pada lereng hilir tubuh Bendungan Saradan (*downstream*) diduga mengalami pergerakan/deformasi dan penurunan yang ditandai dengan miringnya patok, *piezometer*, dan papan informasi seperti pada Gambar 1.2 dan 1.3 sebagai berikut ini.



Gambar 1.2 Patok yang Miring Pada Lereng Hilir Tubuh Bendungan

(Sumber : PT. RANCANG SEMESTA NUSANTARA JO. CV. JATI UTAMA, 2016)



Gambar 1.3 Posisi Piezometer dan Papan Informasi yang Miring Pada Lereng Hilir Tubuh Bendungan

(Sumber : PT. RANCANG SEMESTA NUSANTARA JO. CV. JATI UTAMA, 2016)

Adapun kemiringan sisi lereng terlihat tidak beraturan. Pengukuran lapangan kemiringan sisi sekitar 1V:3H s.d 1V:4H. Pada sebagian lereng hulu tubuh Bendungan Saradan (*upstream*) dilindungi dengan perkerasan berupa pasangan batu (*revetment*) yang dibangun sepanjang 100 m dengan kemiringan lereng terukur 1V:2H masih dalam kondisi baik.

Pada puncak Bendungan Saradan terlihat adanya pecahan-pecahan, geseran posisi *grass block* dan retakan yang kemudian diduga terjadi pergerakan/deformasi seperti pada Gambar 1.4 dan 1.5 sebagai berikut ini.



Gambar 1.4 Pecahan/Lepasan Penahan Samping Lapisan *Grass Block*

(Sumber : PT. RANCANG SEMESTA NUSANTARA JO. CV. JATI UTAMA,
2016



Gambar 1.5 Retakan di Tepi Lapisan *Grass Block*

(Sumber : PT. RANCANG SEMESTA NUSANTARA JO. CV. JATI UTAMA,
2016)

Adapun retakan yang terukur pada puncak bendungan berkisar 6 m, dengan lebar retakan selebar 10 cm, seperti pada Gambar 1.6 dan 1.7. Pada sekitar lokasi yang sama juga dapat dilihat adanya pecahan-pecahan maupun rekahan-rekahan *grass block*.



Gambar 1.6 Retakan Pada Puncak Bendungan Saradan Sepanjang 6 m

(Sumber : PT. RANCANG SEMESTA NUSANTARA JO. CV. JATI UTAMA, 2016)



Gambar 1.7 Lebar Retakan/Rekahan *Grass Block* Pada Puncak Bendungan Selebar 10 cm

(Sumber : PT. RANCANG SEMESTA NUSANTARA JO. CV. JATI UTAMA, 2016)

Sundry dan Azmeri (2013) mengatakan bahwa keamanan terhadap kelongsoran lereng dan rembesan (*seepage*) merupakan persyaratan utama untuk kestabilan bendungan. Setiap bendungan pasti mengalami rembesan air, namun bagaimana pengaruh rembesan air terhadap bendungan sangat tergantung pada bentuk dan jenis bahan timbunan bendungan. Pada tubuh bendungan diupayakan tidak terjadi rembesan yang melewati batas rembesan yang diizinkan. Bila rembesan yang berlebihan ini tidak diantisipasi dapat menyebabkan perubahan tegangan efektif pada massa tanah itu, sehingga akan terjadi tekanan rembesan (*seepage force*) yang menyebabkan lepasnya ikatan antar partikel tanah dan terbentuknya deformasi yang permanen pada tubuh bendungan, maka dikhawatirkan dapat terjadi kelongsoran atau keruntuhan bendungan yang akan menimbulkan kerugian.

Berdasarkan Nanda dan Hamdhan (2016), bendungan dengan tipe urugan sangat riskan terhadap keruntuhan (*collapse*) diantaranya keruntuhan akibat beban gempa yang diterima maupun dari geometrik bendungan itu sendiri.

Maka dari itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap keamanan tubuh Bendungan Saradan untuk mengetahui tingkat keamanan pada tubuh Bendungan Saradan yang ditinjau dari kestabilan lereng bendungan akibat rembesan yang terjadi dan ketika dikombinasikan dengan beban gempa. Hasil analisis akan menampilkan nilai faktor keamanan serta kemungkinan terjadinya longsor ataupun erosi pada bagian/bidang tubuh bendungan baik di hulu (*upstream*) ataupun di hilir (*downstream*). Mengingat Bendungan Saradan merupakan bendungan dengan masa aktif yang sudah tua sehingga mengakibatkan kurang efektifnya bendungan tersebut, maka penelitian akan dicoba untuk mengevaluasi permasalahan yang ada dilapangan sebagai penyelesaian Tugas Akhir penulis, dengan mengangkat judul : “Evaluasi Keamanan Tubuh Bendungan Saradan”.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang yang telah disebutkan diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil pada penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana status dan nilai faktor keamanan lereng Bendungan Saradan tanpa beban gempa pada kondisi muka air waduk kosong, normal, penuh, dan muka air turun secara tiba-tiba (*rapid drawdown*).
2. Bagaimana status dan nilai faktor keamanan lereng Bendungan Saradan akibat beban gempa pada kondisi muka air waduk kosong, normal, penuh, dan muka air turun secara tiba-tiba (*rapid drawdown*).

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah disebutkan maka ditarik tujuan dari penelitian sebagai berikut ini.

1. Mengetahui status dan nilai faktor keamanan lereng Bendungan Saradan tanpa beban gempa pada kondisi muka air waduk kosong, normal, penuh, dan muka air turun secara tiba-tiba (*rapid drawdown*).
2. Mengetahui status dan nilai faktor keamanan lereng Bendungan Saradan akibat beban gempa pada kondisi muka air waduk kosong, normal, penuh, dan muka air turun secara tiba-tiba (*rapid drawdown*).

1.4 Manfaat Penelitian

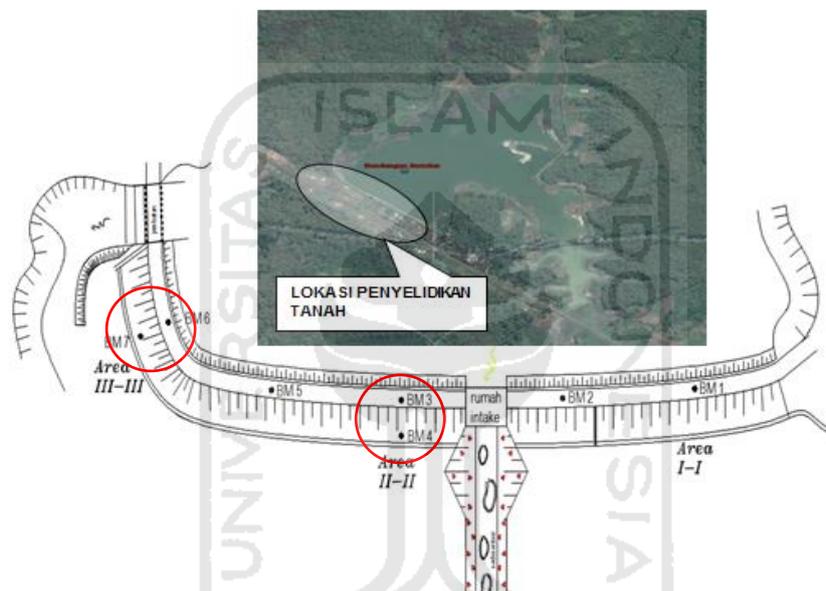
Dari hasil yang diperoleh nanti diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut ini.

1. Menambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca mengenai evaluasi keamanan tubuh bendungan urugan dengan menggunakan metode elemen hingga pada aplikasi *Plaxis 2D 8.2*.
2. Dapat menjadi referensi untuk peneliti-peneliti selanjutnya yang meneliti tentang keamanan bendungan urugan.
3. Dapat dipakai sebagai acuan dalam evaluasi di lapangan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dibutuhkan agar penelitian yang dilakukan lebih fokus dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan penelitian yang dapat diambil adalah sebagai berikut ini.

1. Tipe bendungan yang diteliti ialah bendungan urugan homogen.
2. Penelitian dilakukan pada 2 titik yaitu pada area II-II dan area III-III yang dilingkar merah pada Gambar 1.8 dibawah ini.



Gambar 1.8 Lokasi Penelitian

(Sumber : PT. RANCANG SEMESTA NUSANTARA JO. CV. JATI UTAMA, 2016)

3. Data penyelidikan tanah yang digunakan pada analisis ialah dari hasil uji lapangan dan laboratorium.
 4. Analisis aliran rembesan pada tubuh Bendungan Saradan menggunakan metode *Cassagrande*.
 5. Analisis beban gempa menggunakan analisis *pseudostatik* dengan koefisien gempa termodifikasi.
 6. Beban pada puncak Bendungan diabaikan.
 7. Stabilitas lereng bendungan dihitung dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*
- 8.2.

8. Hasil dari analisis stabilitas lereng Bendungan menggunakan *Plaxis 2D 8.2* hanya menampilkan kondisi bagian lereng yang paling kritis. Apabila hasil analisis stabilitas lereng bendungan pada aplikasi *Plaxis 2D 8.2* dinyatakan *collapse* atau runtuh sehingga tidak diketahui nilai keamanan lereng bendungannya maka analisis stabilitas lereng bendungan kembali dihitung menggunakan metode pias-pias (*method of slice*) untuk mengetahui nilai keamanan lereng bendungan.

1.6 Keaslian Penelitian

Dari segi keaslian penelitian, penelitian dengan studi kasus Evaluasi Keamanan Tubuh Bendungan Saradan belum ada yang meneliti. Adapun perbedaan penelitian penulis dengan penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut ini.



Tabel 1.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Penulis

Nama Peneliti	Topik	Metode	Hasil
Ardiansyah, Sobriyah, dan Wahyudi (2014)	Pengaruh Fluktuasi Muka Air Waduk Terhadap Debit Rembesan Menggunakan Model <i>SEEP/W</i>	Analisis debit rembesan pada tubuh dan bawah tubuh bendungan yang terjadi ditinjau berdasarkan kondisi muka air waduk yang berbeda-beda. Adapun analisis yang dilakukan menggunakan aplikasi <i>GEO-SEEP/W</i> tipe analisis <i>steady state</i> .	Hasil model rembesan dengan <i>GEO-SEEP/W</i> tipe analisis <i>steady-state</i> menunjukkan hubungan antara elevasi muka air waduk dengan panjang lintasan, durasi dan debit rembesan. Semakin tinggi elevasi muka air waduk, maka nilai panjang lintasan, durasi, dan debit rembesan yang didapatkan semakin besar pula. Sedangkan hasil perhitungan menunjukkan fluktuasi muka air waduk Bendungan Benel memberikan pengaruh yang sangat kecil terhadap debit rembesan. Akan tetapi, durasi rembesan hasil perhitungan menunjukkan lebih lama dari pada awal debit rembesan yang tercatat.
Dharmayasa, Redana dan Putra (2014)	Analisis Keamanan Lereng Bendungan Utama Pada Bendungan Benel di Kabupaten Jembrana	Analisis keamanan lereng bendungan ditinjau berdasarkan kondisi muka air waduk kosong, normal, banjir, <i>rapid drawdown</i> , tanpa gempa dan akibat beban gempa <i>pseudostatik</i> . Analisis stabilitas bendungan menggunakan <i>GEO-SLOPE/W</i> , sedangkan analisis debit rembesan yang terjadi pada tubuh dan dibawah tubuh bendungan menggunakan <i>flownet</i> bendungan menggunakan <i>flownet</i> dan <i>GEO-SEEP/W</i> .	Besarnya rembesan yang melewati tubuh bendungan dan di bawah tubuh bendungan lebih kecil dari debit rembesan yang diizinkan yaitu 4,9206 m ³ /detik. Sedangkan angka keamanan lereng tanpa gempa (SF _{min} = 1,3) dan dengan gempa (SF _{min} = 1,2) untuk kondisi pembangunan, kondisi beroperasi dengan muka air banjir, muka air normal (musim hujan) dan muka air minimum (musim kemarau), serta kondisi surut cepat (<i>rapid drawdown</i>) lebih besar daripada angka keamanan minimum yang disyaratkan, sehingga kondisi bendungan aman setelah beroperasi dua tahun terhadap rembesan dan longsor pada lereng akibat perubahan ketinggian muka air waduk

Tabel 1.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Nama Peneliti	Topik	Metode	Hasil
Hanan (2014)	Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Jatigede Dengan Parameter Gempa Termodifikasi	Analisis keamanan bendungan ditinjau berdasarkan kondisi muka air waduk kosong, normal, <i>intermediate</i> , banjir, <i>rapid drawdown</i> (tanpa gempa dan akibat beban gempa). Adapun dalam analisisnya menggunakan perbandingan dari beberapa aplikasi antara lain <i>Plaxis 2D</i> , <i>GEO-SLOPE/W</i> , dan manual.	Berdasarkan dari tiga analisis/tiga simulasi yang dilakukan, faktor keamanan menunjukkan bahwa Bendungan Jatigede kestabilan tubuhnya aman terhadap gempa dengan parameter termodifikasi, kecuali pada simulasi <i>GEO-SLOPE/W MDE Method</i> pada kondisi <i>intermediate</i> hilir, kondisi muka air normal hilir dan muka air surut cepat hulu yang menghasilkan nilai faktor keamanan kurang dari satu ($FK < 1$).
Hanif (2015)	Evaluasi Keamanan Tubuh Bendungan Prijetan Menggunakan Aplikasi <i>Plaxis 8.2</i>	Analisis debit rembesan yang terjadi pada tubuh bendungan dan nilai keamanan bendungan ditinjau berdasarkan kondisi muka air waduk kosong, normal, banjir (tanpa gempa dan akibat gempa). Adapun analisis rembesan menggunakan metode <i>Cassagrande</i> dan perhitungan debit rembesan menggunakan <i>flownet</i> , sedangkan analisis stabilitas bendungan menggunakan <i>Plaxis 8.2</i> .	Debit rembesan terhadap tampungan efektif bendungan kurang dari 1% sehingga dinyatakan aman dalam hal debit rembesannya. Sedangkan untuk angka keamanan berdasarkan analisis dari aplikasi <i>Plaxis 2D</i> menyebutkan bahwa dari beberapa bagian Bendungan Prijetan dinyatakan aman. Angka keamanan yang relatif mendekati angka keamanan syarat aman yaitu bagian tengah, dinyatakan bagian tengah mengalami kekritisian. Angka keamanan yang keluar dari aplikasi <i>Plaxis</i> dinyatakan aman setelah dilakukan berbagai macam analisa. Kenyataan di lapangan juga menyebutkan bahwa Bendungan Prijetan harus diisi dengan tampungan 500.000 m ³ untuk membantu kestabilan bendungan.

Tabel 1.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Nama Peneliti	Topik	Metode	Hasil
Nanda dan Hamdhan (2016)	Analisis Rembesan dan Stabilitas Bendungan Bajulmati Dengan Metode Elemen Hingga Model 2D dan 3D	Analisis rembesan dan stabilitas bendungan menggunakan Plaxis AE dengan model 2D dan 3D dengan kondisi pembebanan <i>after construction</i> , muka air minimum, muka air maksimum, <i>rapid drawdown</i> , dan <i>pseudostatik</i> . Analisis pada kondisi muka air minimum dan maksimum menggunakan tipe analisis <i>steady state ground water flow</i> , sedangkan kondisi <i>rapid drawdown</i> menggunakan tipe analisis <i>transient flow</i> yang berdasarkan fungsi waktu.	Nilai faktor keamanan yang diperoleh dari model 2D dan 3D keseluruhannya memenuhi syarat keamanan berdasarkan RSNI-M-03-2002 dengan nilai syarat SF sebesar 1,1 s/d 1,5 (Badan Standarisasi Nasional, 2002). Adapun arah bidang runtuh pada model 2D sebelum terjadi gempa berturut-turut bergerak ke arah hilir, hulu, hilir dan hulu. Untuk kondisi setelah terjadi gempa arah bidang runtuh keseluruhannya bergerak ke arah hilir. Sedangkan pada model 3D arah bidang longsor bergerak ke arah hulu, hulu, hilir dan hulu.
Sundry dan Azmeri (2013)	Kajian Kestabilan Tubuh Waduk Rukoh Kecamatan Titieu Keumala Kabupaten Pidie	Analisis stabilitas lereng dan rembesan ditinjau berdasarkan kondisi muka air waduk kosong, normal, banjir, dan <i>rapid drawdown</i> menggunakan aplikasi <i>GEO-SEEP/W</i> dan <i>GEO-SLOPE/W</i> dengan tiga metode yaitu <i>Ordinary</i> , <i>Janbu</i> , dan <i>Bishop</i> .	Dari tiga metode analisis stabilitas lereng (<i>SLOOPE/W</i>) pada tubuh waduk, nilai angka faktor keamanan yang diperoleh berbeda untuk setiap metode. Adapun analisis kestabilan lereng pada tubuh waduk memberikan hasil nilai faktor keamanan yang diperoleh untuk semua metode > 1,2. Dengan demikian waduk dalam keadaan aman terhadap keruntuhan.

Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah Evaluasi Keamanan Tubuh Bendungan Saradan.

