

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bendungan urugan merupakan salah satu infrastruktur sumber daya air yang memiliki peran strategis dalam pengelolaan kebutuhan air nasional, mulai dari irigasi pertanian, penyediaan air baku, hingga pengendalian banjir (*Soetjiono, 2010*). Di Indonesia, pembangunan bendungan terus digencarkan sebagai bagian dari program ketahanan air yang telah ditetapkan dalam kebijakan nasional. Namun demikian, bendungan juga menyimpan potensi risiko yang besar apabila tidak dikelola dan dipantau dengan baik selama proses konstruksi maupun operasinya. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2010 Tentang Bendungan secara tegas mengamanatkan bahwa setiap bendungan wajib dilengkapi dengan sistem pemantauan yang memadai guna menjamin keamanan struktur dan keselamatan masyarakat di sekitarnya.

Bendungan tipe urugan zonal menjadi pilihan yang umum diterapkan di Indonesia karena ketersediaan material lokal dan kemampuan adaptasinya terhadap kondisi pondasi yang beragam (*Soetjiono, 2010*). Pada tipe ini, zona inti kedap air dari material *clay* memiliki fungsi kritis sebagai penghalang utama aliran rembesan melalui tubuh bendungan. Berdasarkan SNI 8062:2015, material *clay* yang digunakan untuk zona inti harus memenuhi persyaratan permeabilitas rendah dan plastisitas tertentu agar dapat berfungsi secara optimal. Selama tahap konstruksi, zona inti menerima beban timbunan yang terus bertambah seiring penambahan lapisan material di atasnya. Kondisi ini menghasilkan tekanan lateral yang mendorong terjadinya deformasi horizontal pada tubuh inti, khususnya pada segmen kedalaman yang mengalami konsolidasi belum sempurna. Deformasi lateral yang berlebihan atau tidak terpantau dapat menjadi indikasi awal ketidakstabilan struktur yang berpotensi membahayakan integritas bendungan secara keseluruhan.

Untuk mengantisipasi risiko tersebut, pemasangan instrumen geoteknik pada tubuh bendungan menjadi keharusan teknis yang tidak dapat diabaikan. Sutisna et al., (2021) menyatakan bahwa instrumen geoteknik pada bendungan

dipasang dengan tujuan utama memperoleh rekaman perilaku struktur secara berkelanjutan, baik selama konstruksi maupun pada masa operasi, sehingga setiap penyimpangan dari kondisi normal dapat dideteksi sedini mungkin dan tindakan mitigasi dapat segera dilakukan. Salah satu instrumen yang paling relevan untuk memantau pergerakan lateral adalah *Inclinometer*. *Inclinometer* bekerja dengan mengukur sudut kemiringan *casing* yang tertanam di dalam tubuh timbunan menggunakan sensor *servo accelerometer*, kemudian mengkonversi perubahan sudut tersebut menjadi nilai *displacement* horizontal pada setiap interval kedalaman (SNI 3404:2008). Keunggulan *Inclinometer* terletak pada kemampuannya merekam profil deformasi secara vertikal dari dasar hingga permukaan timbunan, sehingga zona deformasi yang dominan dapat diidentifikasi dengan presisi.

Proyek Pembangunan Bendungan Cijurey Paket II yang berlokasi di Kabupaten Bogor, Jawa Barat merupakan salah satu proyek bendungan strategis nasional yang sedang dalam tahap konstruksi. Main Dam pada proyek ini menggunakan tipe urugan zonal dengan zona inti dari material clay. Selama proses penimbunan berlangsung, terdapat periode di mana penimbunan dihentikan sementara akibat kendala perizinan dari Pemerintah Provinsi, sehingga menghasilkan dua kondisi berbeda yang dapat diamati melalui data *monitoring Inclinometer*, yaitu periode saat timbunan aktif bertambah dan periode saat timbunan berhenti. Data *monitoring Inclinometer* yang telah terkumpul selama tahap konstruksi berlangsung menjadi sumber informasi utama untuk menganalisis perilaku deformasi lateral zona inti kedap air, yang menjadi fokus utama penulisan tugas akhir ini.

Instrumen yang terpasang pada titik pemantauan ini merupakan sistem kombinasi antara pipa *Inclinometer* dan *Multilayer Settlement* dalam satu *casing* yang sama. Sistem kombinasi ini memungkinkan perekaman deformasi lateral melalui *Inclinometer* sekaligus penurunan vertikal melalui *plate magnet* yang terpasang pada beberapa elevasi di sepanjang pipa. Ketersediaan data dari kedua instrumen pada titik yang sama memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai perilaku deformasi zona inti kedap air selama tahap konstruksi.

Pada tahap konstruksi penimbunan Main Dam, data *monitoring Inclinometer* di titik MLS 3 telah direkam dalam laporan *monitoring* rutin. Namun

laporan tersebut hanya menyajikan rekapitulasi data tanpa analisis terhadap pola deformasi yang terbentuk. Kondisi tersebut menyisakan celah, sebab data yang telah tersedia sesungguhnya mengandung informasi mengenai respons zona inti kedap air terhadap tahapan konstruksi, termasuk pada periode penghentian timbunan yang belum diinterpretasikan. Atas dasar itu, penulisan tugas akhir ini dilakukan untuk mengolah data yang sudah ada menjadi suatu analisis yang tersusun dan dapat dipertanggungjawabkan, sekaligus melengkapi apa yang belum tercakup dalam laporan *monitoring* rutin.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Bagaimana pola profil deformasi lateral zona inti kedap air material *clay* Main Dam Bendungan Cijurey Paket II berdasarkan data *monitoring Inclinator* selama tahap konstruksi ?
- 2) Bagaimana tren perubahan deformasi lateral terhadap waktu dan distribusinya terhadap kedalaman pada zona inti kedap air ?
- 3) Bagaimana respons deformasi lateral zona inti kedap air terhadap tahapan konstruksi, baik pada periode timbunan berlangsung maupun pada periode penghentian timbunan ?
- 4) Bagaimana gambaran umum kesesuaian pola penurunan vertikal pada *Multilayer Settlement* terhadap pola deformasi lateral zona inti kedap air, sebagai informasi pendukung selama tahap konstruksi ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Menganalisis pola profil deformasi lateral zona inti kedap air material *clay* Main Dam Bendungan Cijurey Paket II berdasarkan data *monitoring Inclinator* selama tahap konstruksi.
- 2) Mengidentifikasi tren perubahan deformasi lateral terhadap waktu dan distribusi deformasi terhadap kedalaman pada zona inti kedap air.

- 3) Menganalisis respons deformasi lateral zona inti kedap air terhadap tahapan konstruksi pada periode timbunan berlangsung dan periode penghentian timbunan.
- 4) Memberikan gambaran umum kesesuaian pola penurunan vertikal pada *Multilayer Settlement* terhadap pola deformasi lateral zona inti kedap air sebagai informasi pendukung selama tahap konstruksi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam dua aspek :

- 1) Dari sisi praktis, hasil analisis dapat menjadi bahan evaluasi bagi tim proyek terkait kondisi deformasi lateral zona inti selama konstruksi berlangsung, serta memberikan informasi mengenai zona kedalaman yang memerlukan perhatian lebih dalam pemantauan berkelanjutan.
- 2) Dari sisi akademis, penelitian ini dapat menjadi referensi metodologi pengolahan dan interpretasi data *Inclinometer* pada studi kasus bendungan urugan zonal, khususnya dalam konteks analisis deformasi lateral zona inti kedap air selama tahap konstruksi.

1.5. Batasan Masalah

Agar analisis tetap terfokus dan tidak melebar dari kapasitas data yang tersedia, batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut :

- 1) Analisis dilakukan hanya berdasarkan data *monitoring Inclinometer* yang terpasang pada zona inti kedap air material *clay Main Dam* Bendungan Cijurey Paket II.
- 2) Periode analisis terbatas pada tahap konstruksi sesuai dengan rentang waktu data *monitoring Inclinometer* yang tersedia.
- 3) Analisis deformasi vertikal terbatas pada data *Multilayer Settlement* yang terpasang dalam sistem kombinasi satu pipa dengan *Inclinometer*. Data ini digunakan sebagai pendukung analisis dan tidak dikorelasikan dengan tekanan air pori. Instrumen lain seperti piezometer dan seismograf tidak digunakan dalam penelitian ini.

- 4) Kesesuaian pola antara penurunan vertikal dan deformasi lateral disajikan secara deskriptif pada tingkat garis besar, tidak dalam bentuk analisis kuantitatif atau penjelasan mekanisme geoteknik secara mendalam.
- 5) Penelitian tidak melakukan analisis stabilitas lereng secara numerik atau analitis. Konteks stabilitas hanya digunakan sebagai latar belakang pentingnya *monitoring*, bukan sebagai output analisis.
- 6) Interpretasi kondisi deformasi dibatasi pada apa yang dapat disimpulkan dari data *Inclinometer* saja, tanpa mengeluarkan pernyataan aman atau tidak aman terhadap struktur bendungan secara keseluruhan.

1.6. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dalam lima bab dengan urutan sebagai berikut :

- 1) Bab 1 Pendahuluan memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan sebagai kerangka awal penelitian.
- 2) Bab 2 Tinjauan Pustaka menyajikan landasan teori yang mencakup karakteristik bendungan urugan dan zona inti kedap air, mekanisme deformasi lateral pada timbunan inti, prinsip kerja dan prosedur penggunaan *Inclinometer* berdasarkan SNI 3404:2008, serta metode pengolahan dan interpretasi data *Inclinometer*. Bab ini juga memuat penelitian terdahulu yang relevan sebagai pembandingan dan dasar perbandingan metodologi.
- 3) Bab 3 Metodologi Penelitian menjelaskan lokasi dan objek penelitian, jenis dan sumber data yang digunakan, kondisi tahap konstruksi selama periode *monitoring*, prosedur pengolahan data *Inclinometer* mulai dari kalibrasi hingga penyusunan grafik *displacement*, metode analisis yang diterapkan, serta batas interpretasi yang disepakati dalam penelitian ini.
- 4) Bab 4 Hasil dan Pembahasan menyajikan seluruh hasil pengolahan data *Inclinometer* berupa tabel *displacement* arah A dan B, grafik profil deformasi terhadap kedalaman, grafik tren deformasi terhadap waktu, serta analisis dan interpretasi menyeluruh mengenai kondisi deformasi lateral zona inti kedap air selama tahap konstruksi. Data penurunan vertikal dari *Multilayer Settlement* disertakan sebagai gambaran umum pendukung, dibandingkan secara deskriptif terhadap pola deformasi lateral yang diperoleh.

- 5) Bab 5 Penutup berisi kesimpulan yang menjawab seluruh rumusan masalah secara ringkas dan terukur, serta saran yang ditujukan untuk keberlanjutan *monitoring* maupun untuk penelitian sejenis di masa mendatang.

