

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendungan merupakan bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, dan beton, yang dibangun untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk (PUPR, 2015). Bendungan merupakan infrastruktur hidrologi dalam pengelolaan sumber daya air yang berfungsi untuk pengendalian banjir, irigasi, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), dan penyediaan air baku. Di Indonesia, terdapat lebih dari 280 bendungan aktif yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum (Kemen PU), dengan banyak di antaranya dan memiliki risiko terhadap kegagalan struktural. Mengingat risiko tersebut, setiap bendungan besar diwajibkan memiliki dokumen Rencana Tindak Darurat (RTD) sebagai bentuk antisipasi penyelamatan jiwa, sebagaimana terdapat dalam Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2010 tentang Bendungan.

Bendungan Jragung yang terletak di Desa Candirejo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang merupakan bendungan tipe urugan zona inti tegak dengan ketinggian maindam 59,50 m dan kapasitas tampungan total sebesar 90Jt m³ yang berfungsi untuk suplai jaringan irigasi D.I Jragung seluas 4.503 Ha (eksisting) dan extensifikasi seluas 475 Ha. Selain itu manfaat lainnya yaitu untuk air baku sebesar 1 m³/dtk untuk Kota Semarang 400 ltr/dtk Kab. Demak, 350 ltr/dtk Kab Grobogan. 250 ltr/dtk, untuk energi bendungan Jragung juga menyediakan potensi PLTMH sebesar 1,4 MW. Manfaat lainnya adalah mereduksi banjir Q50 Th sebesar 43% dari debit 326 m³/dtk menjadi 141 m³/dtk (Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas (KPPIP), 2022).

Mengingat fungsi bendungan yang mendukung kehidupan warga di wilayah sekitarnya, faktor keamanan bendungan juga harus di pertimbangkan dan menjadi prioritas utama untuk mencegah potensi kerugian besar akibat keruntuhannya. Keruntuhan bendungan (*dam break*) sering kali terjadi secara tiba-tiba dan menghasilkan gelombang banjir dengan debit yang sangat besar dalam waktu singkat. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya berupa kerusakan infrastruktur, tetapi juga menyebabkan korban jiwa, kerugian ekonomi, serta gangguan terhadap

aktivitas sosial Masyarakat di wilayah hilir. Oleh karena itu, penelitian mengenai risiko keruntuhan bendungan penting dilakukan untuk meminimalkan dampak yang mungkin terjadi.

Penyebab kegagalan bendungan tipe urugan salah satunya adalah *overtopping* atau melimpasnya air melewati puncak bendungan. Pemicu fenomena ini disebabkan oleh debit banjir ekstrem yang melebihi kapasitas tampung waduk maupun kapasitas pelimpah (*spillway*). Mekanisme *overtopping* memicu erosi pada tubuh bendungan yang berkembang secara progresif hingga membentuk rekahan (*breach*) yang menghancurkan struktur utama secara keseluruhan (Arifin, 2021). Selain *overtopping*, keruntuhan juga dapat diakibatkan oleh rembesan berlebih yang membawa material bendungan atau dikenal dengan *piping*. Rembesan tersebut memicu erosi internal yang menurunkan kestabilan tubuh bendungan (Suhada et al., 2022). Beberapa studi kasus di Indonesia menunjukkan bahwa skenario *overtopping* dan *piping* umum digunakan dalam analisis keruntuhan bendungan urugan, seperti pada Bendungan Batujai dan Pengga (Lombok) dan Bendungan Pacal (Bojonegoro), menunjukkan bahwa skenario *overtopping* dengan debit banjir rancangan PMF (*Probable Maximum Flood*) umumnya memberikan dampak genangan paling luas dan berisiko tinggi bagi permukiman di hilir. Namun, pada penelitian ini, *overtopping* merupakan salah satu penyebab kegagalan yang sering terjadi pada bendungan urugan dan mampu memicu erosi progresif hingga membentuk *breach* dalam waktu relatif singkat (Maulida et al., 2021). Selain itu, skenario *overtopping* dipilih karena berkaitan dengan kondisi banjir ekstrem yang berpotensi melampaui kapasitas pelimpah (*spillway*), sehingga relevan untuk mengevaluasi tingkat keamanan bendungan.

Akibat keruntuhan bendungan, air yang tertampung akan mengalir ke lembah sungai di hilir dengan debit dan kecepatan yang sangat tinggi. Bila kapasitas alur sungai tidak dapat menampung debit banjir tersebut, air akan meluap dan menggenangi permukiman maupun lahan pertanian di sepanjang kanan-kiri alur sungai (Arifin, 2021).

Perkembangan teknologi komputasi telah merevolusi simulasi hidrodinamika melalui perangkat lunak *Hydrologic Engineering Center's River Analysis System* (HEC-RAS). Pada versi terbaru, HEC-RAS 6.6, terdapat peningkatan kapabilitas

algoritma numerik yang memungkinkan analisis dua dimensi (2D) yang dilakukan dengan resolusi spasial yang lebih tinggi. Berbeda dengan satu dimensi (1D) yang menyederhanakan aliran hanya searah sumbu memanjang sungai, pemodelan 2D pada HEC-RAS 6.6 mampu merepresentasikan perambatan gelombang banjir (*flood wave propagation*), terutama pada wilayah hilir Bendungan Jragung yang memiliki karakteristik topografi kompleks dan penggunaan lahan yang beragam. Hal ini menjadi sangat penting dalam memprediksi interaksi aliran dengan struktur buatan maupun alami, sehingga menghasilkan pemetaan genangan banjir yang lebih valid (Brunner, 2020). Kemampuan ini telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai penelitian dam break di Indonesia maupun mancanegara. (Firmansyah & A., 2026). menerapkan penggunaan *software* HEC-RAS 2D dengan metode parameter keruntuhan Froehlich (2008) pada skenario *overtopping* Bendungan Leuwikeris, yang menghasilkan luas genangan hilir mencapai lebih dari 189 km².

Pemodelan 2D dalam HEC-RAS mampu mengidentifikasi variabel-variabel penting seperti kedalaman genangan, kecepatan aliran, dan waktu tiba gelombang banjir (*arrival time*). Karakteristik aliran yang tidak beraturan di dataran banjir sekitar Bendungan Jragung memerlukan pendekatan dua dimensi agar pemetaan genangan banjir dapat dilakukan dengan akurat. Hal ini berbeda dengan pemodelan 1D yang memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan penyebaran aliran ke arah lateral.

Urgensi dari penelitian ini juga didorong oleh standar keamanan bendungan yang diatur oleh pemerintah. Setiap bendungan besar wajib memiliki analisis risiko yang teranalisis untuk menjamin keselamatan publik. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan pemetaan genangan banjir yang terjadi pada daerah hilir.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian kali ini terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil parameter keruntuhan bendungan akibat *overtopping* dengan menggunakan metode Froehlich?
2. Bagaimana hasil simulasi pemodelan 2D yang terjadi akibat keruntuhan ini?
3. Bagaimana hasil peta genangan banjir yang terjadi di daerah hilir?

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Maksud dari penelitian ini yaitu menghitung parameter pada keruntuhan bendungan akibat *overtopping* menggunakan metode Froehlich, memodelkan hasil parameter di software HEC-RAS, dan memetakan genangan banjir yang terjadi.

1.3.2 Tujuan

1. Menghitung parameter keruntuhan bendungan akibat *overtopping* menggunakan metode Froehlich.
2. Melakukan simulasi pemodelan banjir 2D akibat *overtopping* pada keruntuhan bendungan.
3. Memetakan area genangan banjir di daerah hilir yang terjadi akibat keruntuhan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Hasil analisa parameter *overtopping* menggunakan metode Froehlich menghasilkan data geometri rekahan (lebar rata-rata rekahan, lebar dasar rekahan, kemiringan dinding lubang) dan durasi keruntuhan.
2. Mengetahui dampak keruntuhan bendungan dalam bentuk 2D.
3. Mengetahui area-area di daerah hilir yang tergenang banjir.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah ini dibuat agar lingkup penelitian atau pembahasan yang dilakukan tidak terlalu luas. Maka dari itu batasan masalah pada analisis ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada simulasi keruntuhan Bendungan Jragung yang terletak di Kabupaten Semarang diakibatkan oleh *overtopping*. Penyebab keruntuhan lainnya, seperti *piping*, kegagalan pondasi, keretakan, serta kegagalan struktur lain tidak dibahas dalam penelitian ini.
2. Data yang digunakan hanya berupa data teknis bendungan, data debit PMF, data DEMNAS diperoleh dari data sekunder dan data DEM MC 0 Area Genangan.

3. Pemetaan genangan banjir difokuskan pada wilayah kecamatan yang terdampak dan tidak meninjau aspek kerugian secara sektoral dan jumlah data penduduk yang terdampak.
4. Luas area permodelan yang digunakan pada penelitian ini mencapai sekitar $\pm 568 \text{ km}^2$ dari area bendungan.

