

## **Analisis Banjir Bandang Akibat Keruntuhan Bendung Alam pada Daerah Hulu Kota Batu Jawa Timur**

### *Analysis Flood to The Collapse of Natural Dam in Upper Area of Batu City, East Java*

**Muhammad Aldie Pratama Firnanda<sup>1\*</sup>, Vita Ayu Kusuma Dewi<sup>2</sup>, Titi Rahayuningsih<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan-Fakultas Teknik-Universitas Negeri Malang  
Alamat korespondensi : Jl. Semarang No.5, Sumbersari, Kota Malang, Jawa Timur  
email: <sup>1</sup>[muhammad.aldie.1705236@students.um.ac.id](mailto:muhammad.aldie.1705236@students.um.ac.id)\*; <sup>2</sup>[vita.ayu.kusuma.ft@um.ac.id](mailto:vita.ayu.kusuma.ft@um.ac.id); <sup>3</sup>[titi.rahayuningsih.ft@um.ac.id](mailto:titi.rahayuningsih.ft@um.ac.id)

#### **Abstract**

*Flash floods are a major disaster that occurs in everyday human life. Basically, the occurrence of flash floods is certainly caused by the high intensity of rainfall and the damage to the Natural Dam upstream of Batu City, which leads to the flash floods. This research aims to analyze the behavior of flash floods on November 4, 2021, caused by the collapse of a natural dam. This research, which was conducted in Batu City, utilizes four key elements from every dam failure analysis. The research method used is a case analysis method that is quantitative in nature, utilizing the HEC-RAS version 5.0.7 application program to analyze the data obtained and related to the research. The subjects of this research involve the regional heads of Batu City as well as several affected residents. Through the results of this research, it was found that the condition of the dam and the characteristics of the lower fractures (lower piping) have a greater potential for collapse compared to the conditions of the upper fractures. (upper piping). Calculations are being made to address the potential collapse of the dam caused by high rainfall and the continuously rising water volume. Therefore, with thorough calculations, a clearer picture of the dam's strength in handling the increasing water volume will emerge.*

**Keywords:** *Flash Flood; Natural Dam; Upper Region of Batu City*

#### **Abstrak**

Banjir bandang merupakan sebuah bencana besar yang terjadi dalam kehidupan manusia sehari-hari. Pada dasarnya adanya banjir bandang yang terjadi tentunya diakibatkan karena tingginya curah hujan yang tinggi dan rusaknya Bendung Alam pada Hulu Kota Batu yang membuat terjadinya banjir bandang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku banjir bandang pada 4 november 2021 yang diakibatkan oleh runtuhnya bendung alam. Penelitian yang dilakukan di Kota Batu ini menggunakan empat elemen penting dari setiap analisis kegagalan bendungan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis kasus yang bersifat kuantitatif, dengan memanfaatkan program aplikasi HEC-RAS versi 5.0,7. Untuk menganalisis data-data yang diperoleh dan berkaitan dengan penelitian. Objek penelitian ini melibatkan kepala daerah Kota Batu serta beberapa warga yang terdampak. Melalui hasil penelitian ini, ditemukan bahwa kondisi bendungan dan karakteristik rekahan lebih bawah (piping bawah) memiliki potensi keruntuhan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi rekahan lebih atas (piping atas). Perhitungan dilakukan untuk mengatasi terjadinya kembali runtuhnya bendungan yang diakibatkan tingginya curah hujan dan volume air yang terus meningkat. Sehingga, dengan adanya perhitungan yang matang akan menghasilkan gambaran kekuatan bendungan dalam mengatasi volume air yang semakin tinggi.

**Kata kunci:** Banjir Bandang; Bendungan Alam; Daerah Hulu Kota Batu

Please cite this article as:

Firnanda, M. A. P., Dewi, V. A. K., & Rahayuningsih, T. (2024). Analisis Banjir Bandang Akibat Keruntuhan Bendung Alam pada Daerah Hulu Kota Batu Jawa Timur. *Media Teknik Sipil*, 22(1), 10-17.  
<https://doi.org/10.22219/jmts.v22i1.30339>

## PENDAHULUAN

Daerah Hulu Kota Batu, yang terletak di bagian barat semenanjung Sungai Brantas, merupakan wilayah yang rentan terhadap bencana alam, khususnya banjir bandang. Sebagian besar penduduk Daerah Hulu Kota Batu menempati daerah sepanjang Sungai Brantas, yang memiliki topografi berbukit-bukit dan tanah dengan kemiringan curam. Keadaan ini meningkatkan risiko terjadinya banjir bandang, sebuah bencana alam mematikan dengan aliran air yang cepat dan karakteristik yang berkembang dalam skala ruang dan waktu.

Banjir bandang adalah banjir yang datang secara tiba-tiba dengan debit air besar yang disebabkan oleh terbenyungnya aliran sungai pada alur sungai dimana memiliki karakteristik aliran air yang cepat, dengan waktu puncak hidrograf banjir kurang dari 6 jam (Ekaningtyas, 2017). Banjir bandang bukan hanya menyebabkan degradasi lahan, tetapi juga berdampak pada kerusakan harta benda dan memberikan konsekuensi serius terhadap aspek sosial dan ekonomi (Adi et al., 2013). Fenomena ini tidak menjadi masalah global yang berpotensi mengakibatkan bencana ekonomi yang signifikan, salah satu kasus yang terjadi adalah banjir bandang di daerah Hulu Kota Batu.

Banjir bandang di daerah Hulu Kota Batu sering terjadi pada saat intensitas curah hujan tinggi. Masalah utama penyebab banjir bandang adalah curah hujan badai ekstrim di DAS Hulu sungai Brantas. Namun, pada tanggal 4 November 2021, Daerah Hulu Kota Batu mengalami banjir bandang yang merugikan sampai menelan korban 7 orang meninggal, 53 rumah rusak baik ringan sampai berat, dan dampak serius lainnya. Kejadian ini disebabkan oleh hujan deras yang tinggi pada interval waktu pada pukul 14.00 WIB hingga 16.00 WIB, dan palam laporan pemeriksaan, terungkap bahwa intensitas curah hujan mencapai 80,3 milimeter sebelum terjadinya banjir bandang, akibat derasnya hujan membuat jebolnya bendung-bendung alam di hulu sungai yang terbentuk oleh material tebing sungai yang longsor.

Pada saat terjadi banjir bandang akibat jebolnya bendungan alam, biasanya diawali dengan retakan yang terbentuk pada tubuh bendungan, mekanismenya tidak dipahami dengan baik untuk bendungan yang diisi tanah

maupun beton. Untuk memprediksi banjir di hilir akibat keruntuhan bendungan, biasanya diasumsikan bahwa bendungan runtuh sepenuhnya dan tiba-tiba (Kurniawan, 2018). Perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai sebaran daerah tergenang, tinggi muka air tergenang, dan waktu tempuh banjir. Dengan analisis ini, risiko bencana dapat diketahui di daerah-daerah yang terkena bencana

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam terhadap perilaku banjir bandang yang terjadi pada 24 November 2021 di Daerah Hulu Kota Batu akibat keruntuhan bendungan alam. Fokus utama penelitian ini melibatkan empat elemen kunci dalam analisis kegagalan bendungan, yaitu estimasi parameter keruntuhan, estimasi kegagalan debit puncak dan hidrograf keruntuhan, pelacakan banjir, serta estimasi kondisi hidraulik di lokasi kritis (Adi et al., 2013; Suhada et al., 2022).

Kurangnya kesiapan dan juga perhitungan yang matang tentunya akan menyebabkan permasalahan terkait runtuhnya bendungan yang membuat air menjadi meluap dan menjadi musibah bagi masyarakat di sekitar Daerah Hulu Kota Batu, Jawa Timur. Penelitian yang dilakukan oleh Azmeri et al. (2015) disampaikan bahwa pada Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh terjadinya banjir bandang yang disebabkan keruntuhan bendungan alami perlu dan pentingnya perhitungan yang pasti serta klasifikasi tingkat risiko menjadi hal yang penting untuk kesiapsiagaan masyarakat di hilir bendungan agar tidak terjadinya korban jiwa dan musibah yang besar (Muttaqin et al., 2023).

Sudah banyak peneliti yang menggunakan program HEC-RAS untuk mengkaji perilaku banjir diantaranya (Afrialdi et al., 2020; Feriska & Izzuddin, 2022; Ikromi & Wardhana, 2020; Waskito et al., 2022). Program ini akan mempermudah peneliti melakukan kajian.

Dengan pemahaman yang lebih baik tentang perilaku banjir bandang dan faktor-faktor yang menyebabkannya, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi untuk mengetahui debit banjir debit banjir rancangan di Daerah Hulu Kota Batu serta menganalisis daerah kritis bendung alam daerah hulu Kota Batu. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan strategi

mitigasi dan perencanaan tata ruang yang lebih efektif guna mengurangi dampak bencana banjir bandang di Daerah Hulu Kota Batu dan wilayah sekitarnya. Adanya perhitungan yang baik tentunya akan membuat para stakeholder yang berwajib membuat dan merumuskan kebijakan pembangunan bendungan yang lebih baik agar tidak terjadi keruntuhan bendungan kembali.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kota Batu, dimana terdapat tiga Kecamatan yang dilanda banjir yaitu Kecamatan Bumiaji, Kecamatan Batu Kota dan Kecamatan Junrejo. Penelitian dilakukan dengan metode analisis kasus yang bersifat kuantitatif, yaitu penelitian yang berdasarkan teori dan data dalam melakukan analisis. Adapun alat yang dipakai di studi ini ialah sebuah program aplikasi yaitu HEC-RAS versi 5.0,7. untuk menganalisis data-data yang diperoleh dan berkaitan dengan penelitian. Aplikasi HEC-RAS digunakan untuk mensimulasi keruntuhan bendungan yang diakibatkan oleh piping dengan menggunakan rumus empiris parameter rekahan froelich sehingga didapatkan hasil berupa area dan luas genangan banjir.

Jenis data yang dipakai dalam studi ini ialah data kualitatif melalui menelaah dokumen, mengamati perilaku, dan wawancara dengan informan. Sumber data yang digunakan adalah: (1) data primer, yakni data wawancara dengan kepala daerah Kota Batu dan beberapa warga yang terkena dampak serta data survei lapangan untuk memperoleh informasi seputar kemiringan lereng dan jarak wilayah terhadap sungai; dan (2) data sekunder, yakni dari yaitu Data Hujan Harian dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan dokumentasi serta penelitian terdahulu mengenai analisis perilaku banjir bandang akibat keruntuhan bendungan alam. Pengumpulan data di studi ini didapat melalui survei lokasi penelitian dan pengambilan dokumentasi, teknik wawancara khusus (*elite interview*) dan penyebaran kuesioner serta data pendukung berupa curah hujan harian kota batu tahun 2020-2022 yang berdasarkan pada data BPS (Yuono & Mulyandari, 2021).

Selanjutnya, metode analisis yang diterapkan pada penelitian ini tersusun dari analisis hidrologi dan analisis mekanisme

keruntuhan bendung alam. Analisis hidrologi dilakukan untuk mengetahui debit banjir desain atau debit banjir PMF (*Probable Maximum Flood*) sesuai dengan curah hujan maksimum boleh jadi PMP (*Probable Maximum Precipitation*) pada daerah penelitian. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel untuk mempermudah hitungan sesuai kaidah statistik (Lestari, 2016; Rifani et al., 2014; Sarminingsih, 2018; Setiawan et al., 2022; Lestari, 2016). Perhitungan analisis hidrologi tersebut berdasarkan data hujan harian dari BMKG yang telah didapat sebelumnya.

Analisis mekanisme keruntuhan bendung alam terbagi jadi dua, yakni Luapan Air di Atas Puncak Tanggul (*Overtopping*) dan Aliran Air pada Tubuh Bendungan atau Batuan Pondasi (Piping). Elemen kunci untuk menghitung hidrograf keruntuhan bendungan untuk bendungan yang spesifik adalah mengestimasi parameter keruntuhan bendungan yang berkaitan dengan geometri dan waktu pembentukan keruntuhan bendungan (FEMA, 2013).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Hidrologi

Data hujan yang diperoleh berdasarkan dari data curah hujan harian stasiun Kota batu pada tahun 2013 hingga 2022, dengan berisikan parameter statistik distribusi seperti rata-rata ( $\bar{p}$ ), simpangan baku (S), koefisien variasi (Cv) koefisien kemencengan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck), terlihat dari Tabel 1.

Hasil Perhitungan parameter statistik didapatkan hasil stadar deviasi  $\bar{Sd}$  sebesar 17,04. Nilai koefisien variasi (Cv) sebesar 0,17 dan nilai koefisien kemencengan (Cs) sebesar 0,17 serta nilai koefisien kurtosis yaitu 9,92. Langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil perhitungan parameter statistik dengan persyaratan atau batasan yang sesuai untuk tiap distribusi statistik. Perhitungan analisis banjir untuk menghitung hujan rencana berdasarkan metode Log Pearson III menggunakan periode ulang hujan rencana 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Hasil perhitungan hujan rencana menggunakan Metode Gumbel dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Data curah Hujan Harian Maximum dari tahun 2013-2022 dan Parameter Statistika

| No | Tahun | Curah Hujan (X) |
|----|-------|-----------------|
| 1  | 2021  | 145,00          |
| 2  | 2018  | 107,40          |
| 3  | 2013  | 98,20           |
| 4  | 2016  | 97,10           |
| 5  | 2019  | 96,70           |
| 6  | 2014  | 96,10           |
| 7  | 2022  | 95,70           |
| 8  | 2015  | 91,60           |
| 9  | 2017  | 87,00           |
| 10 | 2020  | 84,60           |
|    | S     | 999,40          |

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III (1)

| Tahun  | R <sub>24</sub> Max | log X  |
|--------|---------------------|--------|
| 2021   | 145,000             | 2,161  |
| 2018   | 107,400             | 2,031  |
| 2013   | 98,200              | 1,992  |
| 2016   | 97,100              | 1,987  |
| 2019   | 96,700              | 1,985  |
| 2014   | 96,100              | 1,983  |
| 2022   | 95,700              | 1,981  |
| 2015   | 91,600              | 1,962  |
| 2017   | 87,000              | 1,940  |
| 2020   | 84,600              | 1,927  |
| Jumlah | 999,400             | 19,950 |

Tabel 3. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III (2)

| log X-log Xi | logX-log Xi <sup>2</sup> | logX-log Xi <sup>3</sup> |
|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 0,162        | 0,02612                  | 0,0042224                |
| 0,031        | 0,00097                  | 0,0000306                |
| -0,008       | 0,00005                  | -0,0000004               |
| -0,013       | 0,00015                  | -0,0000020               |
| -0,014       | 0,00020                  | -0,0000029               |
| -0,017       | 0,00028                  | -0,0000049               |
| -0,019       | 0,00035                  | -0,0000067               |
| -0,038       | 0,00143                  | -0,0000542               |
| -0,060       | 0,00362                  | -0,0002184               |
| -0,072       | 0,00523                  | -0,0003790               |
| -0,048       | 0,03846                  | 0,0035844                |

Berdasarkan hasil perhitungan metode Log Pearson III, ditemukan nilai hujan rencana Xt dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 50 tahun dan 100 tahun (Tabel 4).

Hasil perhitungan analisis distribusi frekuensi menggunakan Metode Log-Pearson III dapat dilihat hasil perhitungan pada Tabel 4. Nilai hujan rencana distribusi Metode Log-Pearson III ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III (3)

| PUH (Tahun) | Faktor Frekuensi (Kt) | Hujan Rencana (Xt) mm |
|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 2           | -0,282                | 95,799                |
| 5           | 0,643                 | 110,065               |
| 10          | 1,318                 | 121,799               |
| 20          | 2,193                 | 138,890               |
| 50          | 2,848                 | 153,237               |
| 100         | 3,499                 | 168,964               |

Tabel 5. Nilai hujan rencana Metode Log-Pearson III

| T   | Log Pearson III |
|-----|-----------------|
| 2   | 95,799          |
| 5   | 110,065         |
| 10  | 121,799         |
| 20  | 138,890         |
| 50  | 153,237         |
| 100 | 168,964         |

Perhitungan analisis banjir untuk menghitung hujan rencana dengan Metode Gumbel dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Debit Banjir

| No | Tahun  | Xi     |
|----|--------|--------|
| 1  | 2021   | 145,00 |
| 2  | 2018   | 107,40 |
| 3  | 2013   | 98,20  |
| 4  | 2016   | 97,10  |
| 5  | 2019   | 96,70  |
| 6  | 2014   | 96,10  |
| 7  | 2022   | 95,70  |
| 8  | 2015   | 91,60  |
| 9  | 2017   | 87,00  |
| 10 | 2020   | 84,60  |
|    | Jumlah | 999,40 |

Berdasarkan hasil perhitungan hujan rencana menggunakan Metode Gumbel didapatkan nilai rerata Log X sebesar 99,94.

Hasil yang didapat berdasarkan metode Gumbel, ditemukan nilai hujan rencana Xtr dengan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 50 tahun dan 100 tahun terlihat pada Tabel 7.

Analisis perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Log-Pearson III dan metode Gumbel dapat dilihat perbedaannya melalui Tabel perbandingan Metode Log Pearson III dan metode Gumbel pada Tabel 8.

Tabel 7. Analisis Frekuensi Metode Gumbel

| T   | log log [T/(T-1)] | Xtr      |
|-----|-------------------|----------|
| 2   | -0,5214           | 97,6009  |
| 5   | -1,0136           | 117,5626 |
| 10  | -1,3395           | 130,7790 |
| 20  | -1,6522           | 143,4565 |
| 50  | -2,0568           | 159,8662 |
| 100 | -2,3600           | 172,1630 |

Tabel 8. Perbandingan Metode Log Pearson III dan Metode Gumbel

| PUH<br>(Tahun) Hujan Normal (mm/24 jam) |                 |         |
|---|-----------------|---------|
| T                                       | Log Pearson III | Gumbel  |
| 2                                       | 95,799          | 97,601  |
| 5                                       | 110,065         | 117,563 |
| 10                                      | 121,799         | 130,779 |
| 20                                      | 138,890         | 143,457 |
| 50                                      | 153,237         | 159,866 |
| 100                                     | 168,964         | 172,163 |

### Uji Distribusi Probabilitas

Uji distribusi probabilitas digunakan setelah analisa curah hujan rancangan Metode Log-Pearson III dan Metode Gumbel agar sesuai dengan aspek teoritis. Uji probabilitas menggunakan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov terdapat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Berdasarkan jumlah data (n) = 10 dan tingkat kesalahan yang digunakan sebesar 5% perhitungan uji distribusi Chi-Kuadrat didapatkan hasil nilai  $Xh^2 = 4$ . Hasil perhitungan ini kemudian didapatkan hasil  $Xh^2 = 4 < X^2_{cr} 7,815$ , maka distribusi Log-Pearson III dapat diterima.

Tabel 9. Uji Uji Chi-Kuadrat Metode Log Pearson III

| Batas Kelas |   |        | Xh2 |
|-------------|---|--------|-----|
| 84,60       | - | 96,68  | 2,0 |
| 96,68       | - | 108,76 | 0,5 |
| 108,76      | - | 120,84 | 0,5 |
| 120,84      | - | 132,92 | 0,5 |
| 132,92      | - | 145,00 | 0,5 |
| Jumlah      |   |        | 4,0 |

Hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil perhitungan didapatkan nilai  $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$  sebesar  $0,312 < 0,41$ , maka dari hasil

tersebut uji distribusi parameter statistik metode Log-Pearson III dengan uji Smirnov-Kolmogorov dapat diterima dan dilanjutkan pada Uji Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov pada Metode Gumbel seperti pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 10. Perhitungan Smirnov-Kolmogorov (Log Pearson III)

| No | Tahun | R     | P'(X)  | D                     |
|----|-------|-------|--------|-----------------------|
| 1  | 2021  | 145   | 0,0918 | -0,0009               |
| 2  | 2018  | 107,4 | 0,2877 | -0,1059               |
| 3  | 2013  | 98,2  | 0,3300 | -0,0573               |
| 4  | 2016  | 97,1  | 0,3594 | 0,0042                |
| 5  | 2019  | 96,7  | 0,3745 | 0,0800                |
| 6  | 2014  | 96,1  | 0,3936 | 0,1519                |
| 7  | 2022  | 95,7  | 0,4090 | 0,2274                |
| 8  | 2015  | 91,6  | 0,4404 | 0,2869                |
| 9  | 2017  | 87    | 0,5080 | 0,3102                |
| 10 | 2020  | 84,6  | 0,8830 | 0,0261                |
|    |       |       |        | $\Delta_{Max}$ 0,3102 |

Tabel 11. Uji Chi Kuadrat Metode Gumbel

| P               | T    | Interval | (O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /E <sub>i</sub> |
|-----------------|------|----------|--|
| 20%             | 5,00 | >        | 118,6  |
| 40%             | 2,50 | 103      | -  |
| 60%             | 1,67 | 93,2     | -  |
| 80%             | 1,25 | 93,26    | -  |
| CH <sup>2</sup> | 7,82 | <        | 83,15  |
|                 |      | 4,4      | 0  |

Berdasarkan jumlah data (n) = 10 dan tingkat kesalahan yang digunakan sebesar 5% perhitungan uji distribusi Chi-Kuadrat pada metode Gumbel didapatkan hasil nilai  $Xh^2 = 4,4$ . Hasil perhitungan dari Tabel 11 kemudian didapatkan hasil  $Xh^2 = 4 < X^2_{cr} 7,82$ , maka distribusi Gumbel dapat diterima.

Hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 12. Hasil perhitungan didapatkan nilai  $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$  sebesar  $0,22 < 0,41$ , maka dari hasil tersebut uji distribusi parameter statistik metode Log-Pearson III dengan uji Smirnov-Kolmogorov Metode Gumbel dapat diterima.

Hasil uji distribusi probabilitas menggunakan Chi-Kuadrat Metode Log Pearson III dan Gumbel serta uji Smirnov-Kolmogorov Metode Log Pearson III dan Gumbel didapatkan bahwa keseluruhan memenuhi syarat kritis sebagaimana pada data Tabel 13.

Tabel 12. Uji Smirnov-Kolmogorov Metode Gumbel

| No  | (Xi)(mm) | P'(xi) | ΔP         |
|-----|----------|--------|------------|
| 1   | 145,00   | 0,050  | 0,041      |
| 2   | 107,40   | 0,339  | 0,158      |
| 3   | 98,20    | 0,502  | 0,229      |
| 4   | 97,10    | 0,523  | 0,160      |
| 5   | 96,70    | 0,530  | 0,076      |
| 6   | 96,10    | 0,541  | 0,004      |
| 7   | 95,70    | 0,552  | 0,085      |
| 8   | 91,60    | 0,636  | 0,091      |
| 9   | 87,0     | 0,727  | 0,091      |
| 10  | 84,60    | 0,775  | 0,134      |
| Σ   | 999,40   |        |            |
| Xrt | 99,94    | Max    | 0,22921397 |
| Sd  | 17,04    |        |            |

Tabel 13. Hasil Uji Distribusi Probabilitas

| Uji Chi Kuadrat |                       |                       |     |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----|
| Uji Gumbel      | X <sup>2</sup> Hitung | X <sup>2</sup> Kritis | Ket |
|                 | 4,4                   | 7,815                 | Yes |
| Log Person III  | 4                     | 7,815                 | Yes |
| Uji Smirnov     |                       |                       |     |
| Uji Gumbel      | Δp                    | Δp Kritis             | Ket |
|                 | 0,229                 | 0,409                 | Yes |
| Log Person III  | 0,310                 | 0,409                 | Yes |

### Analisis Debit Banjir Rancangan

Perencanaan pengelolaan sungai, menggunakan metode yang rasional untuk menghitung debit air yang akan mengalir dalam sungai tersebut. Dalam kasus ini, digunakan data yang telah disediakan, yaitu luas daerah pengaliran sungai, panjang sungai, koefisien limpasan, elevasi hulu, elevasi hilir, dan kemiringan sungai sebagaimana pada Tabel 14.

Hasil dari Tabel 14, dapat dilihat bahwa debit air meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan periode ulang, menunjukkan bahwa semakin besar periode ulang, semakin tinggi juga debit air yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan.

Tabel 14. Debit Banjir Metode Rasional

| Koef | I      | A               | Q                   | T   |
|------|--------|-----------------|---------------------|-----|
| C    | mm/jam | km <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> /det |     |
| 0,6  | 21,9   | 30              | 109,599             | 2   |
| 0,6  | 26,38  | 30              | 132,014             | 5   |
| 0,6  | 29,35  | 30              | 146,855             | 10  |
| 0,6  | 32,19  | 30              | 161,091             | 20  |
| 0,6  | 35,88  | 30              | 179,518             | 50  |
| 0,6  | 38,63  | 30              | 193,327             | 100 |

### Analisis Hidrolika

Dalam melakukan analisis hidrolika diperlukan data-data lebar dan kedalaman sungai maupun kecepatan aliran sungai yang diteliti guna melakukan analisis hidrolika. Evaluasi yang ditunjukkan pada Tabel 15 dan Tabel 16 digunakan untuk menemukan analisis antara hasil hidrolgi terhadap luas penampang yang ada.

Tabel 15. Analisis Hidrolika

| Nama Saluran | b   | h   | L (A)          | Kec (V) |
|--------------|-----|-----|----------------|---------|
| Satuan       | m   | m   | m <sup>2</sup> | m/dt    |
| Bulukerto    | 2,7 | 2,5 | 6,75           | 1,53    |
| Sidomulyo    | 3   | 2,7 | 8,10           | 1,63    |
| Bumiaji      | 2,5 | 2,5 | 6,25           | 1,48    |
| Junrejo      | 3   | 2,5 | 7,50           | 1,60    |

Tabel 16. Evaluasi Analisis Hidrolika

| Saluran   | Q                  | ΣQ                 | ΔQ                 | Eval.  |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Satuan    | m <sup>3</sup> /dt | m <sup>3</sup> /dt | m <sup>3</sup> /dt | Ket.   |
| Bulukerto | 10,32              | 146,85             | -136,5             | Banjir |
| Sidomulyo | 13,20              | 146,85             | -133,6             | Banjir |
| Bumiaji   | 9,241              | 146,85             | -137,6             | Banjir |
| Junrejo   | 11,99              | 146,85             | -134,8             | Banjir |

### Perhitungan Daerah Kritis Bendung

Perhitungan keruntuhan dengan persamaan *Empiris Froehlich* didapatkan waktu formasi keruntuhan 1,54 jam. Berdasarkan bendungan timbunan tanah atau batu yang diterbitkan oleh USACE pada tahun 2007. Dari hasil perhitungan diatas parameter keruntuhan bendung akibat *overtopping* dan piping dapat dilihat pada Tabel 17.

### Pembahasan

Runtuhnya bendungan yang berada di daerah Hulu Kota Batu, Jawa Timur tentunya disebabkan karena adanya intensitas hujan yang tinggi dan juga volume air yang tidak dapat bendung lagi. Kondisi ini membuat air yang ada meluap serta menyebabkan runtuhnya bendungan yang semula dibuat untuk mencegah banjir. Runtuhnya bendungan ini juga disebabkan karena konstruksi bangunan yang belum maksimal. Hal yang menjadi fokus adalah banyaknya lokasi titik genangan material banjir yang berada pada kerawanan tinggi bahkan sampai pada sangat tinggi. Hal ini tentunya menjadi sebuah permasalahan yang serius dan perlu

Tabel 17. Parameter keruntuhan

| No. | Parameter                              | Keruntuhan    |                 |                |
|-----|--|---------------|-----------------|----------------|
|     |  | Atas<br>+Qpmf | Tengah<br>+Qpmf | Bawah<br>+Qpmf |
| 1.  | Elv, Puncak Bendungan (m)              | +1000         | +1000           | +1000          |
| 2.  | Panjang Puncak Bendungan (m)           | 126,83        | 126,83          | 126,83         |
| 3.  | Elv, Muka Air Awal (m)                 | +1000         | +1000           | +1000          |
| 4.  | Lebar Bawah Bidang Rekahan (m)         | 59,46         | 59,46           | 59,46          |
| 5.  | Elevasi Dasar Rekahan (m)              | +995          | +990            | +985           |
| 6.  | Elv, Muka Air saat terjadi rekahan (m) | +1000         | +1000           | +1000          |
| 7.  | Pusat Rekahan (m)                      | 60            | 60              | 60             |
| 8.  | Kemiringan Rekahan (m)                 | 0,7           | 0,7             | 0,7            |
| 9.  | Waktu Keruntuhan (m)                   | 1,54          | 1,54            | 1,54           |

diatasi dengan baik untuk menjaga keutuhan bendungan agar tidak kembali runtuh.

Kondisi hujan yang lama dan juga air semakin tinggi membuat bendungan tidak kuat menahan volume air, sehingga membuat bendungan menjadi runtuh dan air meluap ke kawasan warga. Keadaan ini membuat para warga mengalami kerusakan dan harus mengungsi ke kawasan lain. Semakin lamanya umur bendungan, maka akan semakin rapuh karena tergerus oleh waktu.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan pemahaman terkait perlu adanya perhitungan yang sangat teliti dalam membangun kembali bendungan yang ada agar dapat memiliki waktu yang panjang dan dapat terjaga kuat ketika adanya curah hujan yang tinggi kembali lagi. Perhitungan dilakukan untuk menemukan bagaimana kesiapan dan juga kekuatan bendungan dari berbagai macam keadaan yang akan terjadi nantinya, sehingga runtuhnya bendungan tidak akan terulang kembali dan berdampak pada masyarakat.

## KESIMPULAN

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada periode ulang hujan 2 tahun, debit rancangan yang diharapkan adalah sekitar 97.6008 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan pada periode ulang 5 tahun, debit rancangan meningkat menjadi sekitar 117.563 m<sup>3</sup>/detik. Pada periode ulang 10 tahun, debit rancangan mencapai sekitar 130.780 m<sup>3</sup>/detik, dan terus meningkat seiring dengan peningkatan periode ulang hujan. Pada periode ulang 20 tahun, debit rancangan mencapai sekitar 143.456 m<sup>3</sup>/detik, dan pada periode ulang 100 tahun, debit rancangan tertinggi mencapai

sekitar 172.163 m<sup>3</sup>/detik. Hasil perhitungan yang disimulasikan pada skenario piping menunjukkan kondisi bendungan dan karakteristik rekahan memiliki pengaruh signifikan terhadap waktu keruntuhan, dengan kondisi piping bawah memiliki potensi keruntuhan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi pipping atas.

Perhitungan dilakukan untuk mengatasi terjadinya kembali runtuhnya bendungan yang diakibatkan tingginya curah hujan dan volume air yang terus meningkat. Ketika nantinya bendungan tidak lagi dapat menampung volume air yang ada tentunya permasalahan runtuhnya bendungan akan kembali lagi datang dan akan memberikan musibah kepada masyarakat sekitar. Sehingga dengan adanya perhitungan yang matang akan menghasilkan gambaran kekuatan bendungan dalam mengatasi volume air yang semakin tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, S., Pengkajian, B., Teknologi, P., & Thamrin, J. M. H. (2013). CHARACTERIZATION OF FLASH FLOOD DISASTER IN INDONESIA KARAKTERISASI BENCANA BANJIR BANDANG DI INDONESIA. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 15(1), 1–10. <http://ugm.ac.id>
- Afrialdi, B., Emiliawati, A., & Sumarsono, A. (2020). NORMALISASI SUNGAI TIKIP DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI HEC -RAS UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI DESA JAJARAN BARU I KABUPATEN MUSI RAWAS Beni. *Jurnal Sipil Dan Perencanaan Musi Rawas*, 1(2), 69–80.

- Azmeri, A., Yulianur, A., & Listia, V. (2015). Analisis Perilaku Banjir Bandang akibat Keruntuhan Bendungan Alam pada Daerah Aliran Sungai Krueng Teungku Provinsi Aceh. *Jurnal Teknik Sipil*, 213.
- Ekaningtyas, L. R. (2017). Flood Inundation Prediction of Logung River due to the Break of Logung Dam. In *Journal of the Civil Engineering Forum* (Vol. 3, Issue 2).
- Feriska, Y., & Izzuddin, A. (2022). Analisa Kapasitas Penampang Sungai dengan Metode HEC-RAS 4.1.0 (Studi Kasus Sungai Sigeleng Kec. Brebes). *Civil Engineering Collaboration*, 52–59. <https://doi.org/10.35134/jcivil.v7i2.43>
- Ikromi, A. I., & Wardhana, P. N. (2020). Hydrodynamic simulation of a dam breach of Cipanas Dam using HEC-RAS 5.0.5. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 437(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/437/1/012052>
- Lestari, U. S. (2016). Kajian metode empiris untuk menghitung debit banjir Sungai Negara di ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio). *Poros Teknik*, 8(2), 86–96.
- Muttaqin, A., Mariana Sibarani, R., Nur Muhammad, F., Triana, F., Pengelolaan TMC, L., Pengelolaan Laboratorium Fasilitas Riset dan Kawasan SainsTeknologi -BRIN, D., Ir Mohammad Soebagio, G., & Selatan, T. (2023). PENYEBAB BANJIR BANDANG DI KABUPATEN LAHAT-SUMATERA SELATAN MARET 2023 Causes of Flash Floods at Lahat Regency-South Sumatra in March 2023. In *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca* (Vol. 24, Issue 2).
- Rifani, G. S., Robertus, D., Jurnal, C., Berkelanjutan, T., Chandrawidajaja, D. R., Pekerjaan, D., Provinsi, U., & Selatan, K. (2014). ANALISIS PENGENDALIAN DEBIT BANJIR SUNGAI JINGAH KECAMATAN LAMPIHONG KABUPATEN BALANGAN. In *Sustainable Technology Journal* Available on (Vol. 3, Issue 1).
- Sarminingsih, A. (2018). *Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan*. 15(1).
- Setiawan, A., Taufik, M., & Larasati, N. A. (2022). Analisis Hidrologi Penentuan Debit Banjir Bendung Tegalduren Kabupaten Purworejo. *Jurnal Surya Beton*, 6(2).
- Suhada, B., Nugroho, H., Suprpto, & Herawati, H. (2022). Analisis Keruntuhan Bendungan Akibat Piping dan Pemetaan Genangan Banjir (Studi Kasus : Bendungan Saguling). *JURNAL SAINTIS*, 22(01), 1–10. [https://doi.org/10.25299/saintis.2022.vo122\(01\).8081](https://doi.org/10.25299/saintis.2022.vo122(01).8081)
- Sylvia Lestari, U. (2016). Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara Di Ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio). *Print) Jurnal POROS TEKNIK*, 8(2).
- Waskito, T. N., Bisri, M., Limantara, L. M., & Soetopo, W. (2022). Simulation of Saguling Dam Break Using the HEC-RAS Software. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(8), 241–249. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.8.29>
- Yuono, T., & Mulyandari, E. (2021). KAJIAN PENGGUNAAN DATA HUJAN SATELIT TRMM UNTUK PERENCANAAN TALANG AIR IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI NGARUM. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 26(1), 41–48.