

SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS 2D

Ikrar Hanggara^{1*}, Ayisya Cindy Harifa², Helik Susilo³, Aulia Rahman⁴

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

^{2,3,4}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹i.hanggara@polinema.ac.id, ²ayisya_civil@polinema.ac.id, ³susilohelik@polinema.ac.id,

⁴aulia.rahman@polinema.ac.id

Abstrak

Banjir akibat keruntuhan bendungan merupakan bencana yang dapat menimbulkan kerusakan signifikan terhadap infrastruktur dan menimbulkan korban jiwa. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mensimulasikan area terdampak banjir jika terjadi keruntuhan Bendungan XXX menggunakan perangkat lunak HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System). Simulasi dilakukan dengan mempertimbangkan parameter hidrolik seperti debit banjir, topografi daerah aliran sungai, dan karakteristik bendungan. Hasil simulasi menghasilkan pemetaan daerah genangan, kedalaman air, serta estimasi waktu tiba gelombang banjir di wilayah hilir. Studi ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan mitigasi bencana dan penyusunan rencana tanggap darurat terkait risiko keruntuhan bendungan. Simulasi dilakukan menggunakan debit banjir rancangan sebesar Q100 tahun sebesar 425,4 meter kubik perdetik yang disimulasikan masuk kedalam waduk pada ketinggian muka air +301 meter. Keruntuhan bendungan disimulasikan pada kondisi piping, dimana tinggi bendungan direncanakan pada elevasi +301 meter dengan panjang 160 meter. Kedalaman aliran tercatat memiliki kedalaman sampai 12 meter dimana kecepatan aliran berada pada kisaran 0.2 sampai 2.8 meter/detik, dimana angka tersebut tergolong deras untuk aliran banjir. Sedangkan waktu tiba banjir dapat menempuh jarak 32 km dalam waktu 75 menit. Area titik cek point dibuat 10 titik untuk mengukur dampak banjir terhadap suatu kawasan dengan pendekatan kategori ringan, sedang dan berat.

Kata kunci: Dam Break, Keruntuhan bendungan, HEC-RAS, Simulasi genangan Banjir

Abstract

*Dam-break flooding is a disaster that can cause significant infrastructure damage and loss of life. This study aims to model and simulate the flood impact area in the event of the failure of XXX Dam using HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) software. The simulation considers hydraulic parameters such as flood discharge, watershed topography, and dam characteristics. The results provide flood inundation mapping, water depth, and estimated flood wave arrival time in downstream areas. This study is expected to serve as a reference for disaster mitigation planning and emergency response plans related to dam failure risks. The simulation was conducted using a design flood discharge (Q100) of 425.4 m³/s, modeled to enter the reservoir at a water level of +301 meters. The dam failure was simulated under piping conditions, where the dam height was designed at +301 meters with a length of 160 meters. The flow depth reached up to 12 meters, with flow velocities ranging from 0.2 to 2.8 m/s, which is considered rapid for flood flow. Meanwhile, the flood wave traveled 32 km in 75 minutes. Ten checkpoint locations were established to measure flood impacts on different areas, categorized as mild, moderate, and severe. **Keywords:** Soil Density, Moisture Content, Sand Cone.*

Pendahuluan

Banjir akibat keruntuhan bendungan (dam-break flood) merupakan salah satu bencana hidrologis yang memiliki dampak signifikan

terhadap kehidupan masyarakat, infrastruktur, dan lingkungan di wilayah hilir. Kejadian ini dapat dipicu oleh berbagai faktor, seperti kegagalan struktur, overtopping akibat curah

SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS

hujan ekstrem, erosi internal, atau bahkan aktivitas seismik (Sutikno et al., 2019). Di Indonesia, meskipun kasus keruntuhan bendungan besar belum sering terjadi, potensi risikonya tetap tinggi mengingat banyaknya bendungan yang telah beroperasi dalam waktu lama dengan tingkat pemeliharaan yang perlu diperhatikan (Wibowo & Hadi, 2020).

Studi tentang analisis banjir akibat keruntuhan bendungan menjadi sangat penting untuk memprediksi karakteristik aliran, seperti kecepatan, kedalaman, dan luas genangan, guna menyusun strategi mitigasi yang efektif (Pramono et al., 2021). Pemodelan numerik dan simulasi hidrodinamika, seperti menggunakan HEC-RAS atau MIKE 11, telah banyak diaplikasikan dalam penelitian di Indonesia untuk mensimulasikan skenario terburuk dan menilai kerentanan daerah terdampak (Kusuma et al., 2018). Namun, tantangan utama dalam pemodelan ini adalah ketidakpastian parameter material bendungan dan variabilitas kondisi topografi daerah aliran sungai (DAS) (Nugroho et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak aliran banjir akibat keruntuhan bendungan dengan melihat kecepatan atau jangkauan aliran pada wilayah hilir.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan pengelolaan bendungan di Indonesia.

Lokasi studi

Pada penelitian ini dilakukan simulasi pada lokasi salah satu bendungan yang berada di Jawa Tengah tepatnya di Kabupaten Purbalingga yaitu bendungan Gintung. Bendungan ini telah ada sejak zaman kolonial Belanda dan beberapa kali mengalami pemeliharaan atau peningkatan kapasitas. Bendungan Gintung berada di Desa Kutasari, Kecamatan Kutasari, Kabupaten Purbalingga. Fungsi utamanya adalah untuk irigasi pertanian, pengendali banjir, serta penyedia air baku untuk kebutuhan masyarakat sekitar. Penelusuran menggunakan google earth didapatkan lokasi bendungan gintung pada koordinat (x,y) yaitu (342745.95 BT ; 9192998.71 LS) pada koordinat UTM zona 49S.



Gambar 1 Lokasi bendungan gintung sebagai lokasi studi simulasi.

Teori Dasar Analisis Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan

Analisis banjir akibat keruntuhan bendungan (dam-break flood analysis) merupakan kajian penting dalam rekayasa hidrologi dan manajemen bencana untuk memprediksi dampak katastrofik (skala besar) dari kegagalan struktur bendungan.

Parameter kunci pada analisis banjir akibat keruntuhan bendungan (dam-break flood analysis) yaitu:

- **Hydrograph Banjir:** Kurva debit-waktu di titik hilir.
- **Kecepatan dan Kedalaman Aliran:** Menentukan daya rusak banjir.
- **Waktu Tiba (Time of Arrival):** Durasi gelombang banjir mencapai titik tertentu.
- **Zona Genangan:** Luasan dan ketinggian air di daerah terdampak banjir

Data yang dibutuhkan

Dalam penelitian ini memerlukan beberapa data sekunder yang digunakan untuk melakukan simulasi menggunakan HEC-RAS yaitu:

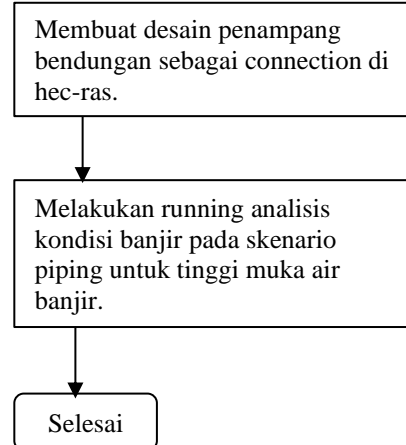
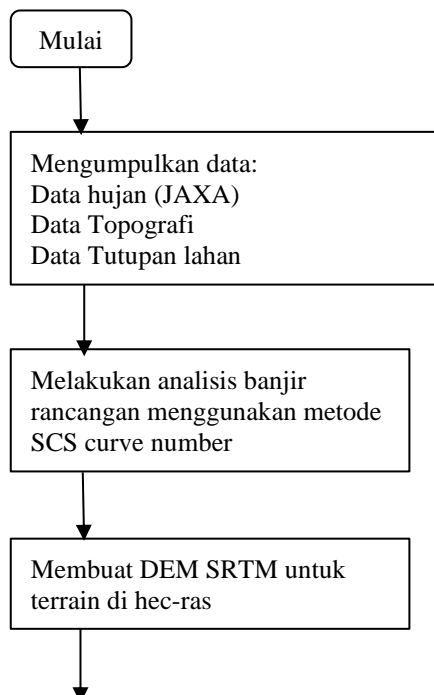
1. Data hujan, menggunakan data satelit JAXA dengan mengambil 3 titik pada sekitar lokasi studi, kemudian titik tersebut dianggap sebagai titik stasiun hujan untuk melakukan analisis metode thiessen untuk menghitung curah hujan rerata daerah.
2. Parameter hidrograf menggunakan metode SCS curve number dengan menggunakan data tutupan lahan yang didapatkan dengan melakukan analisis luasan tata guna lahan melalui google earth untuk mendapatkan nilai CN.
3. Data topografi yang digunakan adalah peta kontur interval 1 meter yang diolah dan diambil dari google earth.

SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS

4. Dimensi rencana bendungan didapatkan dari pemodelan sederhana pada penampang melintang sungai dengan menentukan tinggi bendungan, lebar bendungan.
5. Skenario area keruntuhan bendungan yaitu posisi pada tubuh bendungan yang direncanakan akan mengalami keruntuhan sebagai keterangan yang dibutuhkan oleh hec-ras.

Bagan Alir

Ketika terjadi keruntuhan bendungan, luapan air dalam volume besar dapat menyebar dengan cepat ke daerah hilir, mengakibatkan banjir bandang yang merusak infrastruktur, permukiman, dan lingkungan. Untuk memitigasi risikonya, penelitian ini fokus pada pemodelan zona genangan (inundation area) dengan parameter seperti topografi, debit aliran, dan kecepatan rambat gelombang banjir. Simulasi menggunakan perangkat lunak HEC-RAS akan menghasilkan pemetaan spasial kedalaman dan jangkauan banjir. Hasilnya dapat mengidentifikasi wilayah paling rentan (permukiman, lahan pertanian, atau kawasan industri) serta estimasi waktu evakuasi. Data ini menjadi dasar rekomendasi sistem peringatan dini, tata ruang, atau pembangunan pertahanan fisik seperti tanggul darurat. Berikut adalah bagan alir pelaksanaan kegiatan penelitian ini:



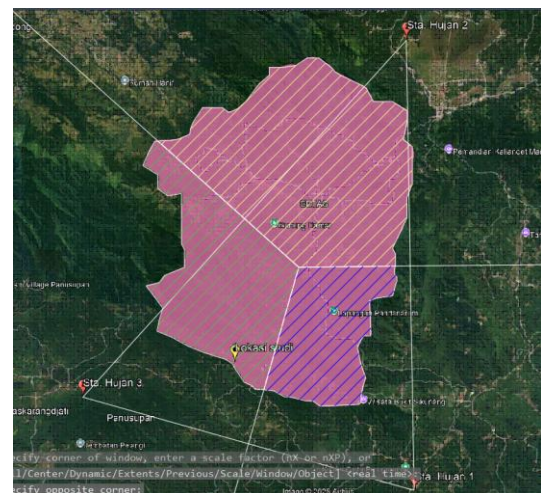
Gambar 1. Tahapan simulasi genangan banjir akibat keruntuhan bendungan

Data hujan rancangan

Data hujan didapatkan melalui data satelit JAXA Global Rainfall (GS-map) untuk mendapatkan data selama 20 tahun dari 3 titik sekitar DTA lokasi studi yang digunakan sebagai titik pengambilan data hujan untuk membentuk polygon thiessen.

Luas daerah tangkapan air (DTA) atau watershed yang didapatkan dari lokasi studi (outlet) seluas 27.459 km².

Titik lokasi stasiun hujan yang digunakan untuk mendapatkan data hujan ditentukan berdasarkan luasan DTA yang sudah ada, kemudian titik titik stasiun hujan tersebut diletakkan sembarang untuk membentuk segitiga yang dapat dibuat polygon thiessen-nya. Koordinat titik untuk stasiun hujan 1 yaitu (348923, 9188682, 49S), stasiun 2 (348547, 9203809, 49S), stasiun 3 (337481, 9191782, 49S).



SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS

Gambar 2 Poligon thiessen untuk menghitung curah hujan daerah

Tabel 1 Curah hujan daerah lokasi studi

No.	Tahun	Hujan Daerah (mm)
1	2004	183
2	2005	157
3	2006	142
4	2007	167
5	2008	169
6	2009	193
7	2010	160
8	2011	165
9	2012	148
10	2013	173
11	2014	207
12	2015	113
13	2016	125
14	2017	143
15	2018	154
16	2019	111
17	2020	124
18	2021	172
19	2022	156
20	2023	131

Hujan rancangan menggunakan metode log pearson III dan telah dilakukan uji kesesuaian distribusi menggunakan metode chi kuadrat dan smirnov-kolmogorof. Berikut adalah rekap curah hujan rancangan yang digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan.

Tabel 2 Curah hujan rancangan

No.	Kala Ulang (TR)	Hujan Rancangan (mm)
1	1.01	99
2	5	177
3	10	188
4	25	201
5	50	210
6	100	217
7	200	225
8	1000	265

Debit banjir rancangan

Debit banjir rancangan dihitung dengan pendekatan metode Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN), dimana metode ini memperkirakan volume aliran permukaan (runoff) dari suatu daerah aliran sungai (DAS) berdasarkan data curah hujan dan karakteristik lahan. Metode ini sering digunakan dalam

hidrologi untuk menghitung debit banjir rancangan (design flood discharge).

Parameter yang digunakan dalam perhitungan metode ini adalah:

1. Nilai curve number (CN) Nilai CN yang dapat dilihat pada tabel standar SCS.
2. Retensi potensial (S) dimana,

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$
 (dalam satuan mm)
3. Curah hujan efektif (Runoff,Q), dimana

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S}$$
 ; jika $P > 0.2S$
 Jika $P \leq 0.2S$; maka $Q = 0$ (tidak ada aliran permukaan).
 Nilai Q = Runoff (mm)
 Nilai P = Curah hujan rancangan (mm)
4. Membuat unit hidrograf SCS
5. Base flow (aliran dasar) fihitung menggunakan metode aliran kontinyu dimana kecepatan aliran dihitung dengan menggunakan metode manning.

$$V = \frac{1}{n} CR^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = V \times A$$
 dimana:
 R = Jari-jari hidrolis (meter)
 S = Kemiringan dasar saluran
 A = Luas penampang basah aliran (m²)

Tabel 3 Curah hujan rancangan

Penggunaan lahan / Cover type	Kondisi Hidrologi	Soil Group A	Soil Group B	Soil Group C	Soil Group D
Hutan (forest)	Baik (Good)	30	55	70	77
	Sedang (Fair)	45	66	77	83
	Buruk (Poor)	60	73	83	87
Pertanian (agricultural land)	Tanpa konservasi	72	81	88	91
	Dengan Konservasi	62	71	78	81
Padang rumput (Grass/Pasture)	Baik (Good)	39	61	74	80
	Buruk (Poor)	68	79	86	89
Permukaan kedap air (urban - Impervious)	-	98	98	98	98
Lahan Terbangun (urban open space)	baik (good)	39	61	74	80
	Buruk (poor)	68	79	86	89
Permukaan berkerikil (Gravel Roads)	-	76	85	89	91
Lahan Basah (Wetlands-Natural)	-	30	50	70	77

Sumber: USDA TR-55 (1986), National Engineering Handbook (2004)

SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS

Berdasarkan hasil pemetaan area tutupan lahan didapatkan nilai CN pada DTA lokasi studi untuk luasan total DTA seluas 27.459 km² dipetakan terhadap area hutan, pertanian dan lahan terbangun didapatkan nilai CN sebesar 78.

Sehingga nilai Retensi potensial (S):

$$S = \frac{25400}{78} - 254 = 71.6 \text{ mm}$$

P = 217 mm (kala ulang 100 tahun),

cek $P > 0.2 S$

$P > 0.2 \cdot 71.6$; maka $P > 14.3$, maka:

$$Q = \frac{(217 - 0.2 \cdot 71.6)^2}{217 + 0.8 \cdot 71.6} = 150 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Selanjutnya untuk mendapatkan debit puncak menggunakan hidrograf satuan SCS. Hidrograf satuan membutuhkan nilai base flow sebagai nilai aliran dasar yang digunakan pada grafik hidrograf satuan.

Besaran nilai base flow:

$A = 7.5 \text{ m}^2$ (didapatkan dari plot penampang melintang untuk ketinggian aliran 1 meter dari dasar sungai)

$P = 15.15 \text{ meter}$

Slope dasar sungai = $3.1\% = 0.031$

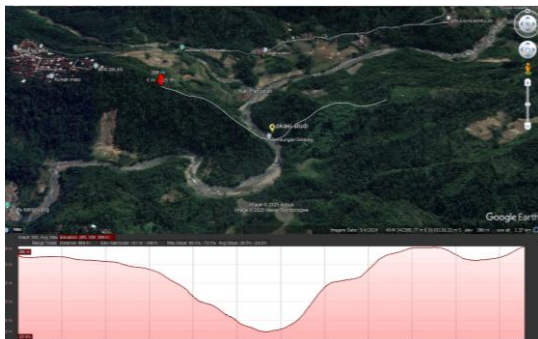
$n = 0.030$ (asumsi tanggul saluran berupa saluran tanah alami terdapat tumbuhan / perkebunan), sehingga didapatkan nilai:

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.030} x \left(\frac{7.5}{15.15} \right)^{2/3} x 0.031^{1/2} = 3.7 \text{ m/detik}$$

$$Q = 3.7 x 7.5 = 27.75 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Pendekatan nilai baseflow menggunakan metode ini menurut penulis memiliki nilai yang masih terlalu tinggi, disarankan agar dilakukan pengukuran lebih detail pada lokasi agar didapatkan nilai debit yang lebih sesuai. Penggunaan metode FJ mock juga dapat dicoba untuk menjadi alternative lain perhitungan debit andalan untuk menduga besaran debit aliran dasar (base flow) secara empiric.



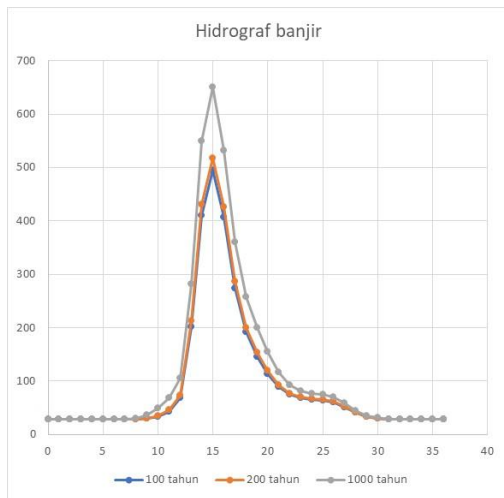
Gambar 3 Penampang melintang lokasi studi

Tabel 4 Hidrograf banjir dalam bentuk table (m³/detik)

No.	t (jam)	100 tahun	200 tahun	1000 tahun
1	0	27.75	27.75	27.75
2	1	27.75	27.75	27.75
3	2	27.75	27.75	27.75
4	3	27.75	27.75	27.75
5	4	27.75	27.75	27.75
6	5	27.75	27.75	27.75
7	6	27.75	27.75	27.75
8	7	27.85	27.85	28.05
9	8	28.05	28.25	29.95
10	9	29.55	30.05	36.15
11	10	33.85	35.25	49.05
12	11	43.25	45.85	68.25
13	12	68.35	72.85	105.55
14	13	201.35	212.55	281.55
15	14	410.65	430.85	550.05
16	15	494.65	517.45	649.85
17	16	407.45	425.35	531.65
18	17	274.35	286.25	360.85
19	18	191.45	200.05	258.05
20	19	146.25	152.95	200.75
21	20	114.25	119.25	154.95
22	21	89.95	93.35	117.15
23	22	74.95	77.35	93.35
24	23	67.85	69.75	81.95
25	24	64.85	66.55	77.15
26	25	63.75	65.35	75.35
27	26	60.05	61.45	70.25
28	27	51.05	52.05	58.35
29	28	40.75	41.35	44.75
30	29	33.65	33.95	35.55
31	30	30.35	30.45	31.15
32	31	28.85	28.95	29.25
33	32	28.25	28.25	28.45
34	33	27.95	27.95	28.05
35	34	27.85	27.85	27.85
36	35	27.85	27.85	27.85
37	36	27.75	27.75	27.75

Sumber: Hasil analisis

SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS



Gambar 4 Grafik hidrograf banjir
Volume tampungan waduk

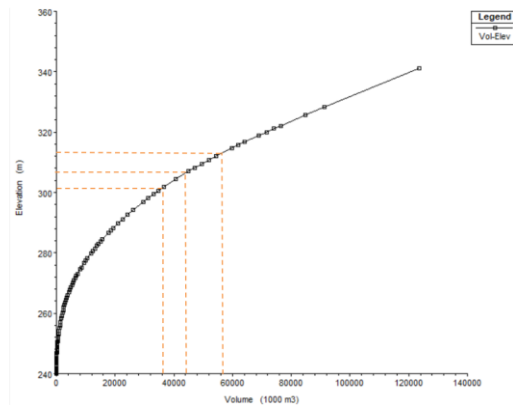
Volume tampungan waduk merupakan akumulasi dari aliran debit yang ada disungai. Pada saat terjadi debit banjir maka ketinggian air yang melimpas pada pelimpah bendungan juga akan mengalami peningkatan, sehingga akibat dari peningkatan atau peninggian muka air sungai yang melimpas di waduk menambah besar gaya hidrostatik yang terjadi pada tubuh bendung sehingga mengakibatkan kemungkinan terjadi keruntuhan juga tinggi.

Volume banjir dari debit banjir rancangan terhitung selama 24 jam menjadi akumulatif dan meninggikan elevasi muka air di waduk sebagai berikut:

Tabel 5 Elevasi muka air banjir pada titik lokasi waduk

Q Banjir Rancangan	Q (m ³ /detik)	Total Vol. akumulasi (24 jam)	Elevasi
Q100	425.4	36,750,240	301.0
Q200	517.5	44,707,680	306.0
Q1000	649.9	56,147,040	313.0

Sumber: Hasil analisis



Gambar 5 Lengkung kapasitas rencana waduk pada lokasi studi

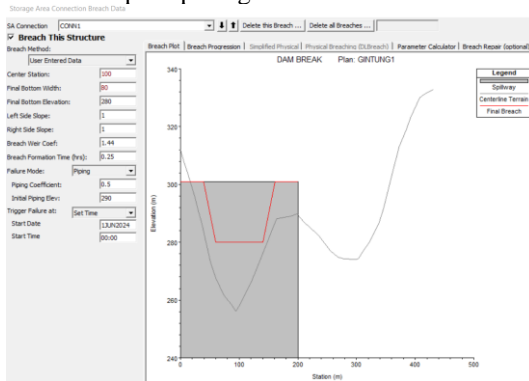
Desain konstruksi tubuh bendungan

Pada saat melakukan simulasi keruntuhan bendungan menggunakan HEC-RAS 2D (versi Hec-Ras yang digunakan adalah versi 6.6) diperlukan beberapa tahapan yang harus dipersiapkan yaitu:

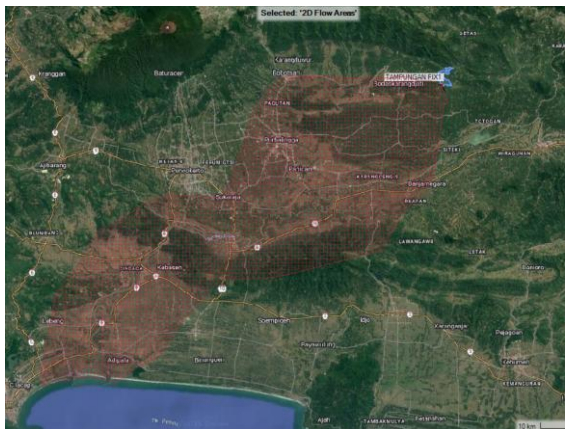
1. Membuat terrain, dengan menyiapkan peta DEM pada lokasi studi yang sudah dibuat untuk meng-cover keseluruhan area watershed atau daerah tangkapan air. Pada saat membuat terrain di hec-ras diperlukan file projection yang digunakan sebagai proyeksi dasar pada peta DEM yang digunakan.
2. Membuat storage area sebagai tampungan waduk dengan mendigitasi kontur dengan elevasi sesuai dengan muka air banjir.
3. Membuat area hilir (flow area) yaitu area yang akan dijadikan sebagai mesh atau cell yang tampak atribut aliran di dalamnya seperti kedalaman, kecepatan dan jangkauan dari banjir yang disimulasikan. Secara sederhana flow area ini adalah lokasi terdampaknya banjir pada keruntuhan bendungannya. Untuk membentuk flow area dilakukan cara yang sama dengan membentuk storage area yaitu dengan melakukan digitasi pada batas area yang memungkinkan untuk terdampak.
4. Memasukkan dimensi bendungan lebar dan tinggi bendungan pada as bendungan yang direncanakan. Tinggi bendungan direncanakan pada elevasi Q100 tahun yaitu +301 meter. Lebar 150 meter
5. Membuat koneksi antara storage area dengan flow area. Koneksi ini merupakan parameter utama dalam

SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS

simulasi keruntuhan bendungan. Pada koneksi ini dibuat bentuk atau kondisi keruntuhan atau kegagalan bendungan yang dikehendaki. Pada penelitian ini diskenarioikan kegagalan akibat piping pada titik runtuh di elevasi +290 meter seperti pada gambar berikut.



Gambar 6 Atribut skenario keruntuhan bendungan pada connection HEC-RAS



Gambar 7 Storage area, connection dan Flow area lokasi studi.

Hasil simulasi banjir akibat keruntuhan bendungan

Simulasi banjir menunjukkan pergerakan aliran air dari kondisi piping bendungan yang memiliki dampak berupa jangkauan area, kecepatan aliran, kedalaman aliran.

Untuk mendapatkan hasil yang terukur maka dibuat 10 titik sebagai cek point untuk mendapatkan waktu tiba banjir pada lokasi tertentu. Lokasi tersebut dapat dijadikan sebagai patokan untuk beberapa wilayah yang berada di sekitarnya dikarenakan terdapat beberapa bangunan yang nampak dari peta yang posisinya dekat dengan badan sungai sehingga masih terdampak banjir.

Area terdampak menggunakan 3 kriteria yaitu:

- Ringan: < 30% wilayah pemukiman terdampak banjir
- Sedang 30 – 70 % wilayah pemukiman terdampak banjir
- Berat > 70% wilayah pemukiman terdampak banjir

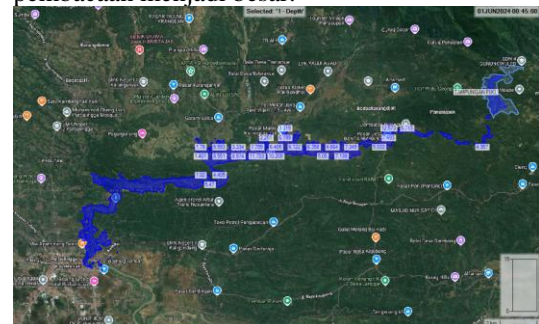
Menggunakan kriteria tersebut dapat ditentukan kondisi area terdampak sebagai berikut.

Tabel 6 Titik cekpoint area terdampak banjir

No.	Cek Point	Jarak (meter)	Waktu tiba banjir (menit)	Area terdampak
1	Desa Sapunagara	240	5	Ringan
2	Padepokan Bahrul Ulum (Dusun Limus)	5050	10	Berat
3	Desa Sumingkir	7540	13	Sedang
4	Desa Bantar Barang	9500	15	Berat
5	Desa Wanogara Wetan	11400	17	Ringan
6	Grantung	14300	25	Berat
7	Jl. Kali Putih	16300	27	Berat
8	Sidareja	20000	40	sedang
9	Banjaran	26800	65	Ringan
10	Purbalingga	32400	75	Ringan

Sumber: Hasil analisis

Kedalaman banjir hasil simulasi sangat bergantung pada kondisi muka tanah area terdampak, nilai maksimal kedalaman terbaca pada hasil simulasi sampai 15 meter, namun nilai tersebut sangat bergantung pada kesesuaian posisi banjir terhadap muka tanah berlereng dapat menyebabkan pembacaan menjadi besar.

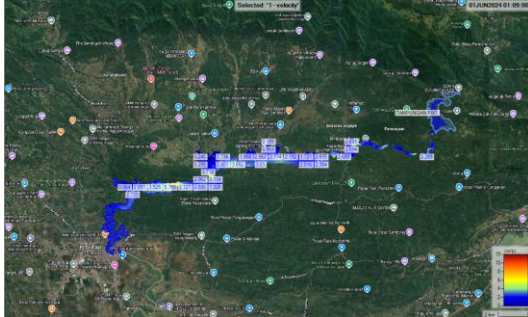


Gambar 8 Visualisasi kedalaman terhadap aliran banjir

Kecepatan aliran dari hasil simulasi berada pada kisaran 0.2 meter/detik sampai 2.8 meter/detik

SIMULASI AREA TERDAMPAK BANJIR AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN XXX MENGGUNAKAN HEC-RAS

dimana nilai kecepatan aliran tersebut tergolong deras dan mampu mengakibatkan kerusakan dan memiliki daya seret yang tinggi jika dikombinasikan dengan kedalaman aliran.



Gambar 9 Visualisasi kecepatan aliran banjir

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis simulasi keruntuhan bendungan Gintung, mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit banjir yang direncanakan dengan kala ulang 100 tahun sebesar 425.4 m³/detik, dimana elevasi tampungan waduk berada pada +301 meter.
2. Kedalaman aliran tercatat memiliki kedalaman sampai 12 meter, namun sangat tergantung terhadap kondisi permukaan tanah, sehingga perlu dilakukan kajian ulang dengan data yang lebih baik.
3. Kecepatan aliran berada pada kisaran 0.2 sampai 2.8 meter/detik, dimana angka tersebut tergolong deras untuk aliran banjir.
4. Waktu tiba banjir dapat menempuh jarak 32 km dalam waktu 75 menit.
5. Area titik cek point dapat menjadi patokan untuk kegiatan mitigasi bencana dan pemasangan rambu tanda bahaya banjir.

Saran

Pada hasil penelitian ini ada beberapa hal yang ingin penulis sampaikan sebagai saran. yaitu sebagai berikut:

1. Akurasi dalam pemodelan sangat bergantung pada data yang baik, yaitu data topografi atau kontur tanah sangat dianjurkan untuk melakukan pengukuran langsung agar tingkat kesalahan data menjadi kecil.
2. Perlu penelitian lebih lanjut terkait hubungan antara waktu datang hujan pada setiap stasiun hujan yang diperhitungkan terhadap debit banjir yang masuk kedalam waduk guna memberikan mitigasi lebih cepat terkait potensi terjadinya banjir akibat sebaran data hujan pada stasiun pengamatan.

Ucapan terima kasih

Terima kasih banyak kepada tim P3M Politeknik Negeri Malang yang telah memfasilitasi penganggaran kegiatan penelitian Tahun 2024 sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

Daftar Rujukan

1. Sutikno, S., Sigit, M., & Wignyosukarto, B. (2019). "Analisis Risiko Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan Menggunakan Pemodelan HEC-RAS." *Jurnal Teknik Hidraulik*.
2. Wibowo, A., & Hadi, M. P. (2020). "Evaluasi Stabilitas Bendungan Tua di Indonesia dan Potensi Risiko Keruntuhan." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*.
3. Pramono, S. B., et al. (2021). "Simulasi Numerik Banjir Bendungan Jebol dengan Pendekatan Two-Dimensional Hydrodynamic Model." *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*.
4. Kusuma, M. S. B., et al. (2018). "Pemodelan Hidrodinamika untuk Prediksi Dampak Keruntuhan Bendungan di Wilayah Perkotaan." *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
5. Nugroho, B. A., et al. (2022). "Kajian Kerentanan Daerah Hilir terhadap Banjir Akibat Kegagalan Struktur Bendungan." *Jurnal Manajemen Bencana*.
6. Suhada, Bahri, Hari Nugroho, and Henny Herawati. "Analisis Keruntuhan Bendungan Akibat Piping dan Pemetaan Genangan Banjir (Studi Kasus: Bendungan Saguling)." *JURNAL SAINTIS 22.01* (2022): 1-10.
7. Khairi, Muhammad Ariq Fathyan, Heri Suprijanto, and Andre Primantyo Hendrawan. "Analisis Keruntuhan Bendungan Rukoh Kabupaten Pidie Menggunakan Aplikasi HEC-RAS dan Berbasis InaSAFE." *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air 2.1* (2022): 55-66.