

# ANALISIS ALIRAN AKIBAT KERUNTUHAN BENDUNGAN GONGGANG DENGAN MENGGUNAKAN HEC-RAS 4.1.0

Yusuf Ofananta<sup>1</sup> dan Ruzardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Konsultan Perencana PT. Aria Jasa Konsultan  
Email: [yusufofananta@gmail.com](mailto:yusufofananta@gmail.com)

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: [ruzardi@uii.ac.id](mailto:ruzardi@uii.ac.id)

**Abstract :** *Despite of having many advantages, the construction of the dam also has a big threat of disaster if dam breach happened. Type of Gonggang Dam is rockfill dam with a pile height of 53 m and an effective capacity of 2,2 million m<sup>3</sup>. Regarding the pile height, volume capacity of the reservoirs, the existence of settlements and highway infrastructure in the downstream, analysis of the Gonggang Dam breach is required. The Gonggang Dam breach was modeled by HEC-RAS 4.1.0 software with the breach are happened because of overtopping and piping. River simulation modeling are processed in HEC-GeoRAS first and then interpreted into HEC-RAS. Input data in HEC-RAS are the upper course and downstream boundaries condition, dam modeling, breach parameter, and river cross section. Dam breach parameter are average breach width ( $B_{avg}$ ), breach side slope ( $z$ ), and breach formation time ( $T_f$ ). The result shows that the flood peak flow caused by dam breach is strongly influenced by the input breach parameters, especially breach formation time ( $T_f$ ). From flood routing, a number of locations prone to be flood were observed. The locations are Cileng Village, Duwet Village, Ngaglik Village, Ngepeh Village, Pragak Village, Kediren Village, Sumberejo Village, and Sakawung Village with distance 4,86 km, 6,36 km, 8,16 km, 10,36 km, 13,36 km, 15,36 km, 18,86 km, and 21,86 km. The result of flood routing shows those locations are happened flood of 4,9 meters; 4,52 meter; 3,74 meters; 1,78 meters; 1,45 meters; 1,38 meters; 1,16 meters; 1,05 meters depth by the time flood comes is 16,2 minutes; 18 minutes; 21 minutes; 25,8 minutes; 40,2 minutes; 49,2 minutes; 1 hour 7,1 minutes; 1 hour 25,8 minutes.*

**Keywords :** *dam breach, HEC-RAS, overtopping, piping*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris menyebabkan kebutuhan air untuk irigasi sangatlah penting. Pembangunan bendungan merupakan alternatif untuk mengatasi masalah penyediaan kebutuhan air irigasi. Pembangunan bendungan disamping memiliki manfaat yang besar, juga memiliki ancaman bencana yang besar apabila terjadi keruntuhan bendungan. Keruntuhan

bendungan akan menimbulkan banjir bandang (*flash flood*) sampai jauh ke daerah hilir yang akan mengakibatkan timbulnya banyak korban jiwa, harta benda, fasilitas umum, dan kerusakan lingkungan yang sangat parah didaerah hilir. Banjir bandang merupakan bencana banjir yang terjadi secara mendadak dan cepat dengan membawa volume banjir yang sangat besar. Pada umumnya keruntuhan bendungan disebabkan karena terjadinya *overtopping*, yaitu melimpasnya air melalui puncak bendungan karena debit *inflow* yang besar

melebihi kapasitas tampang *spillway* dalam mengalirkan debit banjir yang terjadi. Penyebab lain keruntuhan bendungan adalah *piping*, yaitu mengalirnya air melalui lubang-lubang pada tubuh atau fondasi bendungan. Parameter keruntuhan bendungan dapat mempengaruhi sifat hidrograf banjir yang ditimbulkan tepat di sebelah hilir bendungan. Parameter keruntuhan bendungan terdiri dari waktu keruntuhan ( $T_r$ ), lebar rerata rekahan ( $B_{avg}$ ), dan kemiringan keruntuhan ( $z$ ) (Froehlich, 2008).

Bendungan Gonggang yang terletak di Kabupaten Magetan, Provinsi Jawa Timur, bertipe urugan dengan tinggi bendungan 53 meter dengan volume tampungan total 2,2 juta  $m^3$  (BBWS Bengawan Solo). Dengan tinggi timbunan dan volume tampungan tersebut, serta adanya pemukiman pada daerah hilir bendungan, maka perlu dilakukan analisis keruntuhan bendungan. Dengan analisis ini diharapkan mampu menghasilkan data-data yang dapat digunakan dalam rangka mitigasi bencana banjir akibat keruntuhan Bendungan Gonggang.

### Tujuan Penelitian

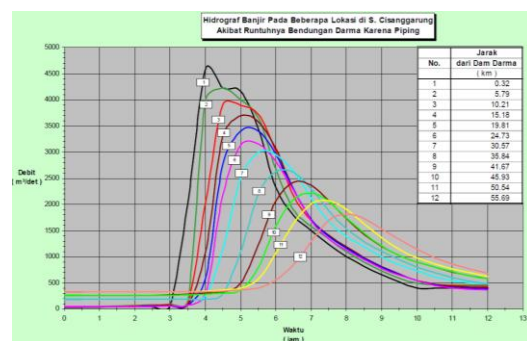
Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pola aliran akibat keruntuhan bendungan yang diakibatkan oleh overtopping dan *piping* berdasarkan angka kisaran parameter keruntuhan bendungan yang dikeluarkan USACE 1980 dan melakukan penelusuran banjir pada lokasi rawan banjir akibat keruntuhan Bendungan Gonggang.

## LANDASAN TEORI

### Banjir

Banjir terjadi dikarenakan peluapan air yang tidak dapat tertampung dalam suatu tampang sungai. Suatu tampang sungai memiliki kapasitas maksimum dalam mengalirkan debit air. Keluarnya sejumlah debit air akibat dari tampang sungai yang tidak mencukupi untuk mengalirkan sejumlah debit tersebut akibat curah hujan yang

tinggi, atau runtuhnya bendungan sehingga menutupi kawasan sekitar sungai. Banjir akibat keruntuhan bendungan memiliki sifat yang berbeda dengan banjir biasa, diantaranya puncak banjir yang tinggi dengan waktu yang sangat singkat, waktu puncak banjir sama dengan waktu terbentuknya rekahan, berkisar antara beberapa menit sampai beberapa jam, ciri tersebut mengakibatkan banjir yang dihasilkan mempunyai percepatan jauh lebih besar dari pada banjir biasa (Bambang, 2010).



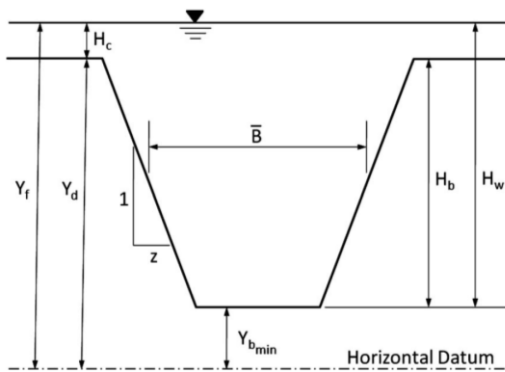
Gambar 1 Hidrograf Banjir akibat Runtuhnya Bendungan Darma (Sumber: Bambang, 2010)

Hidrograf banjir akibat keruntuhan bendungan akan diredam saat menjalar ke hilir. Efek peredaman bisa diamati dari pengukuran debit puncak pada tiap titik alur sungai di hilir tinjauan. Perubahan sifat aliran seperti pengurangan debit puncak, melambatnya waktu puncak banjir, dan perubahan bentuk hidrograf disebabkan oleh efek tampungan pada bantaran sungai, adanya gesekan dasar dan tebing sungai, perlambatan kecepatan gelombang banjir, kehilangan debit, penyempitan atau pelebaran tampang sungai, serta adanya bangunan-bangunan pengendali lainnya (Ndun, 2014).

### Parameter Keruntuhan Bendungan

Keruntuhan bendungan biasanya diawali dengan rekahan (*breach*) yang terbentuk pada tubuh bendungan. Rekahan adalah bukaan yang terbentuk pada proses runtuhnya tubuh bendungan.

Costa (1985) melaporkan bahwa 34% keruntuhan bendungan disebabkan oleh *overtopping*, 28% diakibatkan oleh *piping*, 13% diakibatkan oleh kegagalan fondasi, dan 8% oleh penyebab lainnya. Parameter keruntuhan bendungan yang mempengaruhi sifat hidrograf banjir ditimbulkan disebelah hilir bendungan dapat disederhanakan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Penyederhanaan Model Keruntuhan Bendungan  
(Sumber: Froehlich, 2008)

Parameter keruntuhan dapat dicari dengan pendekatan regresi dari data kejadian keruntuhan Froehlich (2008) menyarankan beberapa persamaan untuk memperoleh parameter keruntuhan bendungan sebagai berikut.

$$\bar{B} = 0,27 K_0 V_w^{0,32} H_b^{0,04} \quad (1)$$

$$t_f = 63,2 \sqrt{\frac{V_w}{g H_b^2}} \quad (2)$$

dengan:

- $\bar{B}$  : lebar rerata rekahan (m)
- $t_f$  : waktu formasi rekahan (detik)
- $V_w$  : volume saat keruntuhan (m<sup>3</sup>)
- $H_b$  : tinggi akhir rekahan (m)
- $K_0$  : konstanta (1,3 untuk keruntuhan *overtopping* dan 1,0 untuk *piping*)
- $g$  : percepatan gravitasi (9,80665 m/s<sup>2</sup>)

Beberapa badan Pemerintah Federal Amerika Serikat telah mempublikasikan petunjuk penentuan angka kisaran parameter keruntuhan bendungan yang mungkin terjadi. Apabila hasil parameter yang diperoleh dari pendekatan persamaan regresi tidak sesuai dengan kondisi topografi dan geologi lapangan, maka kisaran angka yang telah ditetapkan tersebut dapat digunakan sebagai batas minimum dan maksimum untuk mengestimasi parameter keruntuhan bendungan. Prediksi dalam menentukan parameter keruntuhan bendungan ditunjukkan pada Tabel 1.

### METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

#### Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Data teknis Bendungan Gonggang
- b. Kurva karakteristik tampungan Bendungan Gonggang
- c. Data fotogrametrik DEM (*Digital Elevation Model*)
- d. Data hidrograf banjir

Tabel 1 Perkiraan Karakteristik Keruntuhan Bendungan

Type Bendungan	Lebar Rata Rata Rekahan	Kemiringan Rekahan (H:V)	Waktu Keruntuhan (Jam)	Badan Federal
Earthen/Rockfill	(0,5-3,0)xHD	0 - 1,0	0,5 - 4,0	USACE 1980
	(1,0-5,0)xHD	0 - 1,0	0,1 - 1,0	FERC
	(2,0-5,0)xHD	0 - 1,0 ( <i>slightly larger</i> )	0,1 - 1,0	NWS

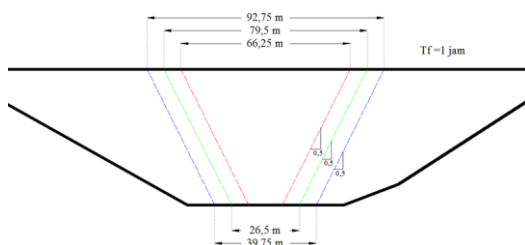
(Sumber: Brunner, 2014)

## Analisis RAS dengan HEC-GeoRAS

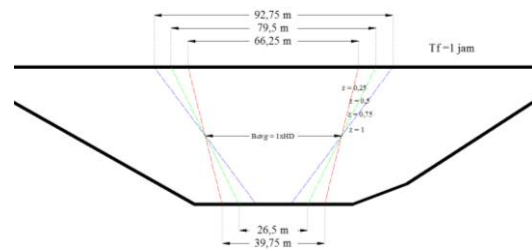
Data fotogrametrik DEM yang digunakan dari data DEMNAS yang dapat diunduh dari <http://tides.big.go.id/>. Langkah selanjutnya setelah mengunduh data DEMNAS adalah membuat sejumlah *layer* pada HEC-GeoRAS 10.2 yang terintegrasi dalam *software* ArcGIS 10.2. *Layer* ini biasa disebut sebagai *RAS Layer* berupa garis *stream centerline* (garis tengah alur sungai), *flow path centerline* (alur aliran), *main channel banks* (tebing kiri-kanan sungai alur utama), *cross section cut lines* (garis tampang lintang sungai). *RAS Layer* yang sudah dibuat ini sebagai masukan RAS (*River Analysis System*) dalam simulasi keruntuhan bendungan dengan *software* HEC-RAS 4.1.0.

### Penentuan Parameter Keruntuhan

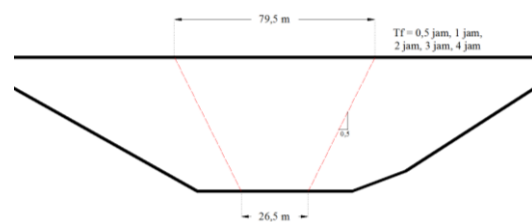
Lebar rerata rekahan ( $B_{avg}$ ), waktu keruntuhan ( $T_f$ ), dan kemiringan rekahan ( $z$ ) ditentukan dengan menggunakan parameter karakteristik keruntuhan bendungan yang dikeluarkan *U.S. Army Corp of Engineer* (USACE). Penelitian ini dilakukan simulasi keruntuhan akibat *overtopping* dan *piping* dengan beberapa skenario dengan mengasumsikan lebar rerata rekahan ( $B_{avg}$ ), kemiringan rekahan ( $z$ ), dan waktu rekahan ( $T_f$ ). Skenario keruntuhan akibat *overtopping* dan *piping* dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



Gambar 3 Skenario Variasi Lebar Rerata Keruntuhan ( $B_{avg}$ )



Gambar 4 Skenario Variasi Kemiringan Keruntuhan ( $z$ )



Gambar 5 Skenario Variasi Waktu Keruntuhan ( $T_f$ )

### Pemodelan dalam HEC-RAS 4.1.0

Pemodelan Bendungan Gonggang dalam HEC-RAS dilakukan dalam keadaan tanpa keruntuhan. Pemodelan tanpa keruntuhan bertujuan untuk mengetahui apakah sistem aliran sungai hasil pemodelan pada HEC-RAS sudah stabil atau belum. Setelah pemodelan tanpa keruntuhan sudah stabil selanjutnya simulasi dilakukan dengan menganggap bendungan runtuh akibat *piping* dan *overtopping*.

Dalam penelitian ini terdiri dari 2 syarat batas (*boundary condition*), 3 kondisi awal (*initial condition*) yaitu sebagai berikut:

- Kondisi batas hilir berupa *normal depth* (*friction slope*) pada tampang lintang batas hilir Sta. 0+000 sebesar 0,008.
- Kondisi batas pada *storage area* terdapat lateral *inflow* digunakan debit rancangan  $Q_{PMF}$  untuk keadaan keruntuhan *piping* serta  $4,3 \times Q_{PMF}$  untuk keruntuhan *overtopping*.
- Kondisi awal (*initial condition*) berupa debit yang sudah ada sebelum dimulainya simulasi di tampang melintang batas hulu yaitu pada Sta.

25+457,39 sebesar debit aliran dasar (*base flow*) yakni  $10,00 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- d. Kondisi awal (*initial condition*) pada *storage area* digunakan elevasi banjir normal yang berada tepat dengan elevasi ambang pelimpah yaitu pada elevasi +831,00 m.
- e. Kondisi awal (*initial condition*) pada tampang lintang Sta. 25+457,39 dan Sta 25+452,39 digunakan elevasi banjir normal yang berada tepat dengan elevasi ambang pelimpah yaitu pada elevasi +831,00 m.

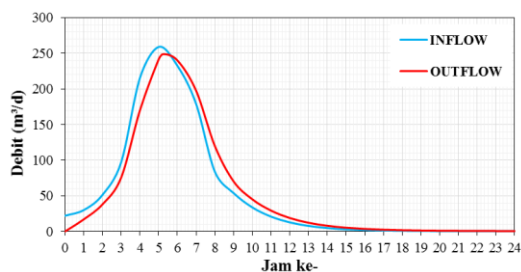
### Hasil Perbandingan Simulasi dan Penelurusan Banjir

Perbandingan hasil simulasi untuk mengetahui pengaruh parameter keruntuhan bendungan seperti lebar rerata keruntuhan ( $B_{avg}$ ), waktu keruntuhan ( $T_r$ ), dan kemiringan keruntuhan ( $z$ ) terhadap debit puncak banjir. Sedangkan analisis penelurusan banjir untuk mengetahui perilaku banjir pada lokasi kemungkinan rawan banjir akibat terjadinya keruntuhan bendungan antara lain waktu datang banjir dan ketinggian air pada wilayah tergenang.

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### Simulasi Tanpa Keruntuhan

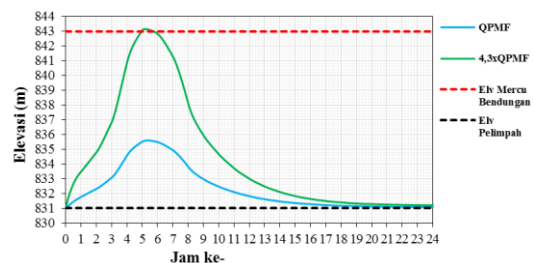
Hasil hidrograf banjir  $Q_{PMF}$  *inflow* dan *outflow* pada Bendungan Gonggang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Hidrograf  $Q_{PMF}$  *Inflow* dan *Outflow* pada Bendungan Gonggang

Debit puncak *inflow*  $Q_{PMF}$  sebesar  $259,1 \text{ m}^3/\text{s}$  terjadi pada jam ke-5 dan debit *outflow* pada sebesar  $249,07 \text{ m}^3/\text{s}$  terjadi pada jam ke-5,24. Terjadi selisih antara debit puncak

*inflow* dengan debit puncak *outflow* sebesar  $10,03 \text{ m}^3/\text{s}$  dan selisih waktu debit puncak sebesar 24 menit. Dari hasil simulasi tanpa keruntuhan Waduk Gonggang dan Bendungan Gonggang dapat menjalankan fungsinya dengan baik apabila terjadi debit banjir sebesar  $Q_{PMF}$  dengan kondisi awal muka air pada elevasi +831,00, elevasi saat debit puncak  $Q_{PMF}$  berada pada elevasi +835,60 sehingga tidak terjadi *overtopping*. Bendungan Gonggang terjadi *overtopping* apabila terjadi debit sebesar  $4,3Q_{PMF}$ , elevasi saat debit puncak  $4,3Q_{PMF}$  berada pada elevasi +843,15, sehingga elevasi ini cukup untuk memulai keruntuhan bendungan yang disebabkan oleh melimpasnya air diatas mercu bendungan. Grafik elevasi dengan debit banjir  $Q_{PMF}$  dan  $4,3Q_{PMF}$  pada Bendungan Gonggang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Elevasi  $Q_{PMF}$  dan  $4,3Q_{PMF}$  Bendungan Gonggang

#### Perbandingan Hasil Simulasi

##### 1. Keruntuhan *Overtopping*

Berikut ini perbandingan hasil simulasi keruntuhan *overtopping* dengan berbagai variasi parameter keruntuhan dapat dilihat pada Tabel 2.

##### 2. Keruntuhan *Piping*

Berikut ini perbandingan hasil simulasi keruntuhan *piping* dengan berbagai variasi parameter keruntuhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Perbandingan Hasil Simulasi Keruntuhan *Overtopping*

Skenario	Parameter Keruntuhan						Debit Puncak <i>Inline Structure</i> (m <sup>3</sup> /dt)	Kecepatan Banjir Maksimal Sepanjang Sungai (m/dt)	Debit Banjir Maksimal Sepanjang Sungai (m <sup>3</sup> /dt)
	<i>Bave</i> (m)	Lebar puncak rekahan <i>B<sub>t</sub></i> (m)	Lebar dasar rekahan <i>B<sub>b</sub></i> (m)	Kemiringan rekahan (z)	Durasi (jam)				
1	Tanpa keruntuhan						1091,83	16,96	1091,46
Variasi Lebar Rerata Keruntuhan									
2	0,75xHD	39,75	66,25	13,25	0,5	1	2285,92	21,49	2238,97
3	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	1	2398,09	21,84	2335,55
4	1,25xHD	66,25	92,75	39,75	0,5	1	2444,94	21,97	2375,81
Variasi Kemiringan Keruntuhan									
5	1xHD	53	66,25	39,75	0,25	1	2470,49	22,05	2397,88
6	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	1	2398,09	21,84	2335,55
7	1xHD	53	92,75	13,25	0,75	1	2285,92	21,48	2236,28
Variasi Waktu Keruntuhan									
8	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	0,5	3624,66	24,51	3242,65
9	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	1	2398,09	21,84	2335,55
10	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	2	1675,93	19,28	1674,06
11	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	3	1377,66	18,06	1377,71
12	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	4	1241,36	17,55	1241,55

Tabel 3 Perbandingan Hasil Simulasi Keruntuhan *Piping*

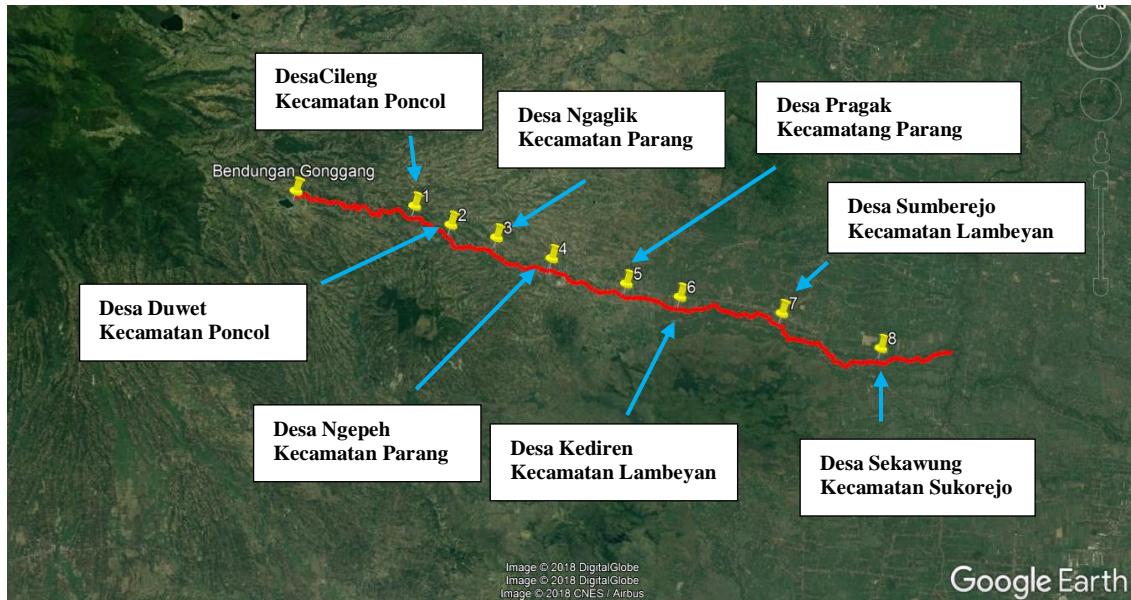
Skenario	Parameter Keruntuhan						Debit Puncak <i>Inline Structure</i> (m <sup>3</sup> /dt)	Kecepatan Banjir Maksimal Sepanjang Sungai (m/dt)	Debit Banjir Maksimal Sepanjang Sungai (m <sup>3</sup> /dt)
	<i>Bave</i> (m)	Lebar puncak rekahan <i>B<sub>t</sub></i> (m)	Lebar dasar rekahan <i>B<sub>b</sub></i> (m)	Kemiringan rekahan (z)	Durasi (jam)				
1	Tanpa keruntuhan						249,07	11,46	249,07
Variasi Lebar Rerata Keruntuhan									
2	0,75xHD	39,75	66,25	13,25	0,5	1	1339,12	17,91	1339,06
3	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	1	1558,3	18,77	1556,25
4	1,25xHD	66,25	92,75	39,75	0,5	1	1782,38	19,73	1776,47
Variasi Kemiringan Keruntuhan									
5	1xHD	53	66,25	39,75	0,25	1	1782,38	19,73	1776,47
6	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	1	1558,3	18,77	1556,25
7	1xHD	53	92,75	13,25	0,75	1	1398,78	18,14	1398,67
Variasi Waktu Keruntuhan									
8	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	0,5	2242,19	21,36	2199,51
9	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	1	1558,3	18,77	1556,25
10	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	2	1098,03	16,99	1098,65
11	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	3	900,98	16,12	900,66
12	1xHD	53	79,5	26,5	0,5	4	779,92	15,52	779,68

## Penelusuran Banjir

Pada penelitian ini penelusuran banjir menggunakan skenario keruntuhan bendungan akibat *piping* yang menghasilkan debit puncak maksimum yang terbesar dengan menyesuaikan bentuk topografi Bendungan Gonggang. Parameter keruntuhan yang menghasilkan debit terbesar adalah dengan lebar rerata rekahan yang maksimal dengan waktu keruntuhan yang singkat dengan menganggap lebar dasar rekahan ( $B_1$ ) sama dengan lebar dasar dari bentuk Bendungan. Oleh karena itu penelusuran banjir akibat keruntuhan *piping* pada penelitian ini menggunakan parameter lebar rerata rekahan sebesar  $2,13 \times HD$ , dan waktu rekahan selama 0,5 jam. Keruntuhan dimulai pada puncak debit *inflow* pada jam ke 5.

Pada penelitian ini dilakukan peninjauan terhadap beberapa kemungkinan lokasi pemukiman yang rawan terhadap banjir. Penentuan kemungkinan lokasi pemukiman rawan terhadap banjir tersebut dilakukan dengan interpretasi peta dari *Google Earth* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 8.

Simulasi yang dilakukan menghasilkan banjir pada sebelah *inline structure* yang puncaknya terjadi pada jam ke 5,20 dengan debit puncak sebesar  $2920,8 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Hasil dari karakteristik banjir untuk lokasi-lokasi yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 4 dan hidrograf banjir pada lokasi tinjauan ditampilkan dalam Gambar 9.



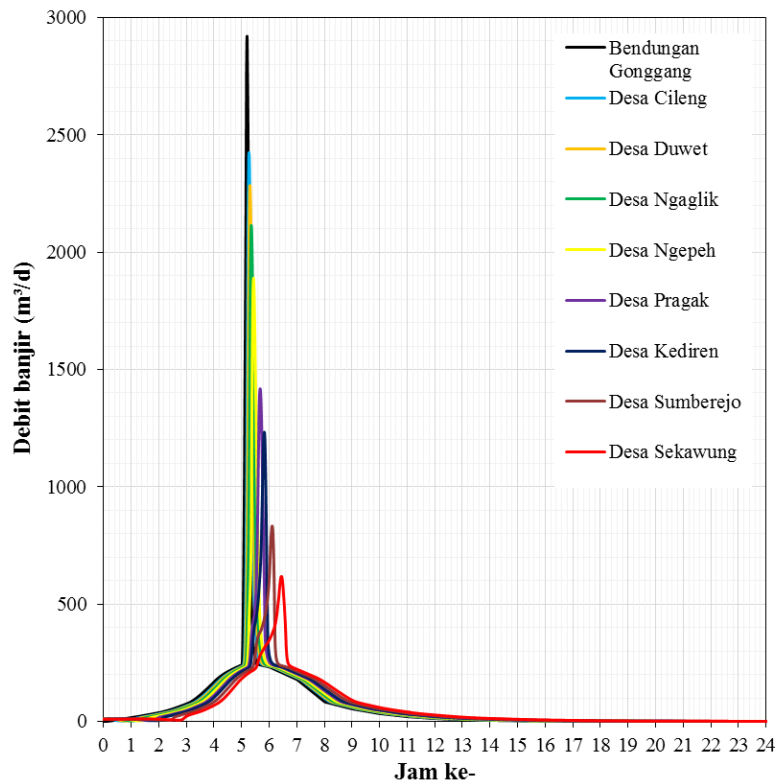
Gambar 8 Kemungkinan Lokasi Rawan Banjir

(Sumber: <https://earth.google.com>)

Tabel 4 Karakteristik Banjir di Lokasi Tinjauan

Sta.	Lokasi Rawan	Jarak dari Bendungan Gonggang	Elevasi Dasar Sungai	Elevasi Muka Air Maks	Debit Puncak Banjir	Kecepatan Maksimum	Waktu Banjir (jam)						
							Waktu Datang	Waktu Puncak	Waktu Surut	Waktu Menuju Puncak		Lama Banjir	
										(jam ke-)	(jam)	(menit)	(jam)
20+500	Desa Cileng Kecamatan Poncol	4,86	518	527,9	2423,55	10,26	5,12	5,27	5,57	0	16,2	0	27
19+000	Desa Duwet Kecamatan Poncol	6,36	458,33	467,85	2283,35	10,52	5,13	5,3	5,65	0	18	0	31,2
17+200	Desa Ngaglik Kecamatan Parang	8,16	399	407,74	2112,90	8,29	5,18	5,35	5,68	0	21	0	30
15+000	Desa Ngepeh Kecamatan Parang	10,36	334	340,78	1889,82	5,81	5,30	5,43	5,64	0	25,8	0	20,4
12+000	Desa Pragak Kecamatan Parang	13,36	249	255,45	1418,54	5,88	5,50	5,67	5,84	0	40,2	0	20,4
10+000	Desa Kediren Kecamatan Lambeyan	15,36	190	196,38	1233,41	3,92	5,51	5,82	5,94	0	49,2	0	25,8
6+500	Desa Sumberejo Kecamatan Lambeyan	18,86	132	138,16	832,85	2,83	5,54	6,12	6,23	1	7,2	0	41,4
3+500	Desa Sekawung Kecamatan Sukorejo	21,86	107,66	113,71	618,47	2,01	5,57	6,43	6,78	1	25,8	1	12,6





Gambar 9 Hidrograf Debit Banjir pada Lokasi Tinjauan

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bendungan Gonggang dapat menjalankan fungsinya dengan baik apabila terjadi debit banjir sebesar  $Q_{PMF}$  dengan kondisi awal muka air normal pada elevasi +831,00, elevasi saat debit puncak  $Q_{PMF}$  berada pada elevasi +835,60. Bendungan Gonggang terjadi *overtopping* apabila terjadi debit sebesar  $4,3 \times Q_{PMF}$ , elevasi saat debit puncak  $4,3 \times Q_{PMF}$  berada pada elevasi +843,15. Dari hasil simulasi menunjukkan Bendungan Gonggang berada pada tingkat keamanan yang cukup tinggi terhadap limpasan akibat *overtopping*.
2. Hasil simulasi keruntuhan bendungan menunjukkan debit puncak banjir dengan kecepatan banjir yang tinggi dikarenakan topografi Bendungan Gonggang yang memiliki kemiringan yang curam dan berbentuk v.
3. Semakin ke hilir dari bendungan debit puncak banjir mengalami penurunan, hal ini disebabkan debit air yang tidak tertampung dalam suatu tampang sungai akan keluar dari sistem sungai.
4. Perilaku banjir pada beberapa lokasi rawan terhadap banjir, Desa Cileng, Desa Duwet, Desa Ngaglik, Desa Ngepeh, Desa Pragak, Desa Kediren, Desa Sumberejo, serta Desa Sekawung dengan jarak dari bendungan masing masing 4,86 km; 6,36 km; 8,16 km; 10,36 km; 13,36 km; 15,36 km; 18,86 km dan 21,86 km. Hasil penelusuran banjir menunjukkan lokasi tersebut mengalami banjir dengan kedalaman masing masing 4,9 meter; 4,52 meter; 3,74 meter; 1,78 meter; 1,45 meter; 1,38 meter; 1,16 meter; 1,05 meter dengan waktu banjir 16,2 menit; 18 menit; 21 menit; 25,8

menit; 40,2 menit; 49,2 menit; 1 jam 7,1 menit; 1 jam 25,8 menit.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan data topografi yang diukur langsung dilapangan untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih akurat.
2. Sbaiknya juga memperhitungkan transpor sedimen sehingga diperoleh hasil yang lebih efektif dalam pendekatan kejadian keruntuhan bendungan.
3. Untuk penelitian berikutnya dilakukan dengan perangkat lunak yang lain selain menggunakan HEC-RAS, di antaranya adalah software BOSS DAMBRK dan ZHONG XING HY21 yang dapat digunakan untuk mensimulasikan keruntuhan bendungan.
4. Untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan perlu adanya sistem peringatan dini (*early warning system*) untuk memberitahu akan timbulnya banjir bandang akibat keruntuhan bendungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011, *Pedoman Teknis Klasifikasi Bahaya Bendungan*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bambang Adi, R, 2017, *Teori Keruntuhan Bendungan (DAMBK-BREACH)*, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Parahyangan, Bandung.
- Brunner, G.W., 2010, *Using HEC-RAS for Dam Break Studies*, USACE, Institute for Water Resources, Hidrologic Engineering Center, Davis, CA.
- Costa, J. E., 1985. *Floods from Dam Failures*. United States Departement of the Interior, Denver, Colorado.
- Froehlich, D.C., 2008, *Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties*, Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Enginers, New York.
- Istiarto, 2014, *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Ndun, J.C.R, 2014, *Simulasi 1-D Banjir akibat Keruntuhan Bendungan dengan Program HEC-RAS 4.1.0 Studi Kasus Embung Tambakboyo, Kabupaten Sleman, Provinsi DIY*, Tesis, Magister Teknik Pengelolaan Bencana Alam, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gajah Mada