

## Simulasi Keruntuhan Bendungan Jatibarang Kota Semarang menggunakan Program HEC-RAS 2D

Yoszy Kusuma Wardana<sup>1</sup>, S. Kamilia Aziz<sup>1,\*</sup>, Rizki Robbi Rahman Alam<sup>1</sup>, Dwi Indriyani<sup>1</sup>

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [kamiliaharis@gmail.com](mailto:kamiliaharis@gmail.com)

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	24 Januari 2024	<i>The collapse of the dam has a significant impact on the downstream area of the dam. These impacts can be minimized by conducting a dam collapse simulation. There are two main causes of dam collapse, namely overtopping and piping. From the hydrological analysis of the Jatibarang Dam, it is determined that overtopping is not a concern. Therefore, the dam collapse analysis utilizes the piping analysis method. Dam collapse modeling is carried out using the HEC-RAS 2D program with the Froehlich 2008 regression method, as the dam is of the embankment type. According to the simulation results, a dam collapse at the Jatibarang Dam would result in a flood affecting an area of 30.590 km<sup>2</sup> downstream of the dam.</i>
Diperbaiki	27 Msret 2024	
Disetujui	30 Mei 2024	

Keywords: dam, break, HEC – RAS, piping

Kata kunci: bendungan, keruntuhan, HEC – RAS, piping

### Abstrak

Keruntuhan Bendungan menimbulkan dampak yang besar pada area hilir bendungannya. Dampak tersebut dapat di minimalisir dengan melakukan simulasi keruntuhan bendungan. Terdapat dua penyebab mayoritas keruntuhan bendungan yaitu *overtopping* dan *piping*. Dari analisis hidrologi Bendungan Jatibarang tidak mengalami *overtopping*, sehingga analisis keruntuhan bendungan menggunakan analisis *piping* bawah. Pemodelan keruntuhan bendungan menggunakan program HEC-RAS 2D dengan metode regresi Froehlich 2008 karena bendungan merupakan tipe urugan. Dari hasil simulasi, jika terjadi keruntuhan di Bendungan Jatibarang akan mengakibatkan 30,590 Km<sup>2</sup> area hilir bendungan terdampak banjir.

### 1. Pendahuluan

Kegagalan bendungan adalah keruntuhan sebagian atau seluruh bendungan atau bangunan pelengkapanya dan/atau kerusakan yang mengakibatkan tidak berfungsinya bendungan [1]. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kiki Marina Murdiani, dkk diketahui bahwa *software* HEC-RAS 2D dapat digunakan dalam pemodelan keruntuhan bendungan. Simulasi keruntuhan yang dilakukan di Bendungan Gondang Kabupaten Karangayar menggunakan *software* HEC-RAS 2D diketahui mengakibatkan enam desa tergenang akibat keruntuhan bendungan [2].

Melalui simulasi keruntuhan bendungan dapat diketahui dampak akibat keruntuhan bendungan. Bendungan Jatibarang merupakan bendungan yang terletak di Kota Semarang. Dimana memiliki jarak yang dekat dengan pemukiman masyarakat, sehingga diperlukan simulasi keruntuhan bendungan. Simulasi tersebut memiliki tujuan untuk memetakan dan meminimalisir dampak yang terjadi sehingga tidak seperti peristiwa jebolnya Situ Gintung pada 27 Maret 2009.

Pada Program HEC-RAS keruntuhan bendungan dapat dilakukan dengan lima persamaan regresi antara lain metode MacDonald/Langridge-Monopolis 1984, Froehlich 1995, Froehlich 2008, Von Thun dan Gillete 1990, dan Xu & Zhang

2009. Metode Froehlich 2008 dikembangkan oleh Dr. Froehlich dari penilitan terdahulunya pada tahun 1995. Pada penelitiannya tahun 2008, Dr. Froehlich menggunakan 74 kumpulan data bendungan urugan tanah dengan inti tanah liat dan urugan batu yang dikembangkan untuk memprediksi lebar rekahan rata – rata, kemiringan kisi, dan waktu kegagalan [3].

### 2. Metode

Mayoritas keruntuhan bendungan disebabkan oleh *overtopping* dan *piping*, Costa melaporkan bahwa kegagalan untuk bendungan tipe urugan, 35 persen terjadi karena *overtopping*, 38 persen karena *piping*, 21 persen karena cacat pondasi dan 6 persen karena hal lainnya [4]. *Overtopping* merupakan kejadian melimpasnya air waduk melalui atas tubuh bendungan. Untuk melakukan pengecekan terhadap *overtopping* menggunakan penelusuran banjir melalui pelimpah. Penelusuran banjir melalui pelimpah berdasarkan debit banjir *Probable Maximum Flood* (PMF). Debit banjir PMF disebabkan oleh curah hujan *Probable Maximum Precipitation* (PMP), curah hujan tersebut diambil terbesar antara PMP perhitungan dan PMP peta. PMP perhitungan menggunakan data hujan selama 20 tahun pada Stasiun Gunungpati, Sumur

Jurang, dan Kali Gading yang dihitung menggunakan metode Hersfield sesuai dengan SNI 7746 2012 [5].

*Piping* merupakan keadaan dimana aliran rembesan pada tubuh bendungan menyebabkan terangkutnya butiran-butiran halus material penyusun tubuh bendungan secara terus menerus. Keadaan semacam ini juga dapat berakibat terangkutnya butiran tanah halus, sehingga terjadi pipa-pipa didalam tanah. Berdasarkan Pedoman Perhitungan Rembesan oleh Kementerian PUPR, angka keamanan bendungan terhadap *piping* minimal sebesar empat [6]. Angka keamanan tersebut didapatkan dari pembagian antara gradien keluaran kritis dan gradien keluaran dari hasil analisis rembesan. Analisis rembesan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* GeoStudio.

Keruntuhan bendungan di HEC-RAS menggunakan data terrain dari DEMNAS. Metode keruntuhan Froehlich 2008 digunakan untuk pemodelan keruntuhan bendungan. Keruntuhan bendungan disimulasikan berdasarkan hasil analisis *overtopping* dan *piping*, apabila berdasarkan hasil analisis tersebut didapatkan Bendungan Jatibarang tidak terjadi *overtopping* dan *piping*, maka menggunakan skenario kemungkinan *piping* bawah.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan keruntuhan bendungan menghasilkan luasan genangan dengan input pemodelan berdasarkan dari hasil analisis hidrologi dan analisis *piping*.

#### A. Analisis Hidrologi

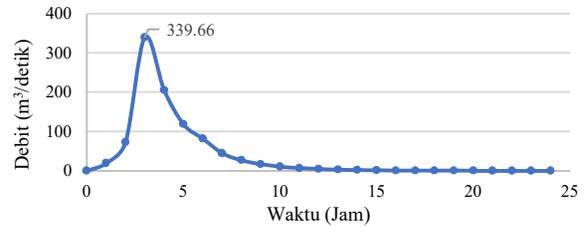
Analisis hidrologi terdiri atas perhitungan debit banjir rancangan dan penelusuran banjir melalui pelimpah untuk mengetahui muka air waduk ketika terjadi debit rancangan bendungan.

##### 1. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

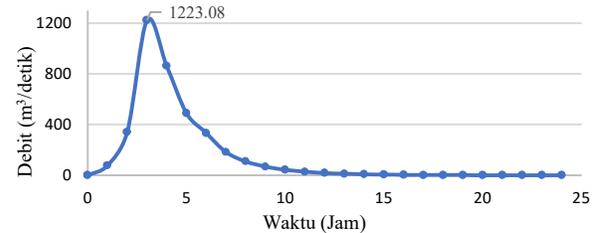
Bendungan Jatibarang memiliki debit banjir rancangan pada Q100 dan QPMF. Curah hujan PMP pada *catchment area* menggunakan metode Hersfield didapatkan sebesar 546,38 mm. Hasil tersebut dibandingkan dengan Peta *isohyet* PMP yang dikeluarkan oleh Dirjen SDA Kementerian PUPR. Pada Peta isohyet PMP didapatkan curah hujan PMP sebesar 876,85 mm, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan curah hujan terbesar yaitu hasil Peta Isohit PMP. Sedangkan pada periode ulang 100 tahun, *catchment area* Bendungan Jatibarang memiliki curah hujan rancangan 220,13 mm

Dalam perhitungan debit banjir rancangan pada Bendungan Jatibarang, Hidograf Satuan Sintesis (HSS) yang digunakan adalah HSS Nakayasu. Analisis hidograf tersebut menggunakan *catchment area* seluas 52,692 Km<sup>2</sup> dan panjang sungai utama 5,387 Km sehingga memperoleh debit puncak pada periode ulang 100 tahun sebesar 339,66

m<sup>3</sup>/detik dan PMF sebesar 1223,08 m<sup>3</sup>/detik. Hasil analisis hidograf dapat dilihat pada **Gambar 1** untuk periode ulang 100 tahun dan **Gambar 2** untuk PMP.



**Gambar 1.** Grafik HSS Nakayasu 100 Tahun

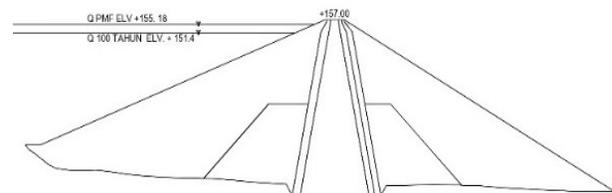


**Gambar 2.** Grafik HSS Nakayasu PMF

#### 2. Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah

Pada Bendungan Jatibarang terdapat dua pelimpah, yaitu pelimpah utama (*service spillway*) dan pelimpah darurat (*emergency spillway*). Pelimpah utama didesain sesuai dengan debit banjir 100 tahun, sedangkan fungsi pelimpah darurat bukan untuk pengendalian banjir tetapi untuk keamanan terhadap kelebihan debit banjir rencana. Pelimpah utama dan pelimpah darurat ketika dioperasikan secara bersama-sama dapat melimpaskan debit banjir PMF.

Berdasarkan hasil perhitungan penelusuran banjir melalui pelimpah, elevasi muka air saat Q100 tahun adalah pada elevasi 151,4 m dan elevasi muka air pada saat QPMF adalah 155,18 m. Elevasi puncak Bendungan Jatibarang adalah 157 m maka berdasarkan perhitungan saat debit QPMF Bendungan Jatibarang tidak mengalami *overtopping*, dengan gambaran pada **Gambar 3**. Sehingga tidak disimulasikan keruntuhan karena *overtopping*.



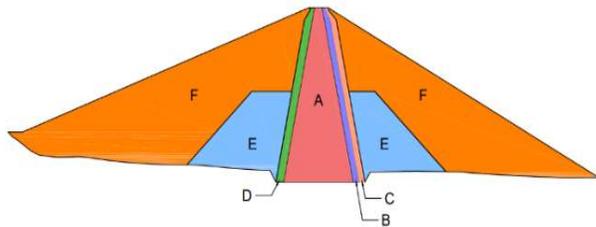
**Gambar 3.** Garis Freatik Muka Air Normal (MAN)

#### B. Analisis *Piping*

Analisis *piping* terdiri atas pemodelan rembesan menggunakan GeoStudio yang digunakan untuk perhitungan angka keamanan tubuh bendungan terhadap *piping*.

1. Pemodelan Rembesan Menggunakan GeoStudio

Pemodelan rembesan (*seepage*) pada tubuh bendungan (*main dam*) menggunakan *software* GeoStudio dengan program SEEP/W. Pemodelan rembesan pada GeoStudio terbagi menjadi dua skenario yaitu skenario muka air normal yang berada pada elevasi +149,3 m dan skenario muka air banjir pada elevasi +155,18. Gambaran dan nilai parameter pada zona material timbunan pada tubuh Bendungan Jatibarang dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Tabel 1**. Nilai parameter timbunan yang digunakan untuk pemodelan rembesan merefer hasil penelitian Siswanto [6].

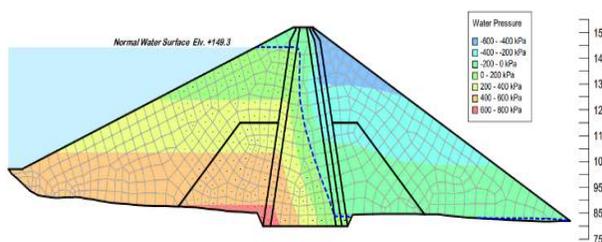


**Gambar 4.** Zona Tubuh bendungan Bendungan Jatibarang

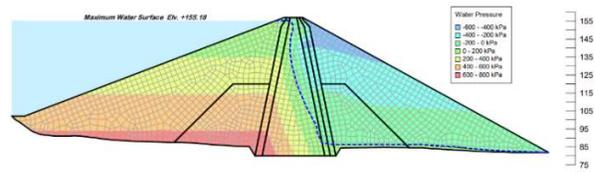
**Tabel 1.** Nilai Parameter Pemodelan Rembesan

Zona	Water content (w)	Koefisien Permeabilitas (k) cm/detik
Impervious (A)	15,50%	0,00001
Fine Filter (B)	2,00%	0,003
DS Coarse Filter (C)	2,00%	0,01
US Coarse Filer (D)	2,00%	0,01
Inner Pervious (E)	1,00%	-
Outer Pervious (F)	1,00%	-

Hasil pemodelan dari program SEEP/W dapat dilihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**. Berdasarkan hasil pemodelan elevasi yang menjadi akhir dari garis freatik pada pemodelan tersebut berada pada elevasi + 81,90 m untuk muka air normal dan banjir.



**Gambar 5.** Garis Freatik Muka Air Normal (MAN)



**Gambar 6.** Garis Freatik Muka Air Banjir (MAB)

2. Perhitungan Angka Keamanan *Piping*

Perhitungan angka keamanan bendungan terhadap *piping* dihitung pada kaki downstream tubuh bendungan yang merupakan titik akhir dari garis freatik. Pada daerah tersebut memiliki gradient yang digunakan untuk perhitungan angka keamanan terhadap *piping*. Nilai *specific gravity* (Gs) dan angka pori (e) pada Zona Outer Pervious masing-masing adalah 2,540 dan 0,325.

Hasil perhitungan untuk angka keamanan terhadap *piping* kondisi muka air normal sebesar 9,12 dan pada kondisi muka air banjir sebesar 12,82. Nilai tersebut lebih besar dari nilai SF yang disyaratkan sebesar empat. Sehingga dapat disimpulkan pada tubuh bendungan telah aman terhadap kemungkinan terjadinya *piping* dan tidak diperlukan simulasi keruntuhan karena *piping*.

C. Keruntuhan Bendungan di HEC – RAS

Berdasarkan analisis Bendungan Jatibarang tidak mengalami keruntuhan *overtopping* dan *piping*, sehingga diperlukan analisis dengan skenario seperti dibawah.

1. Skenario Keruntuhan Bendungan

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka keruntuhan bendungan dimodelkan dengan kemungkinan piping bawah dengan rincian kondisi sebagai berikut:

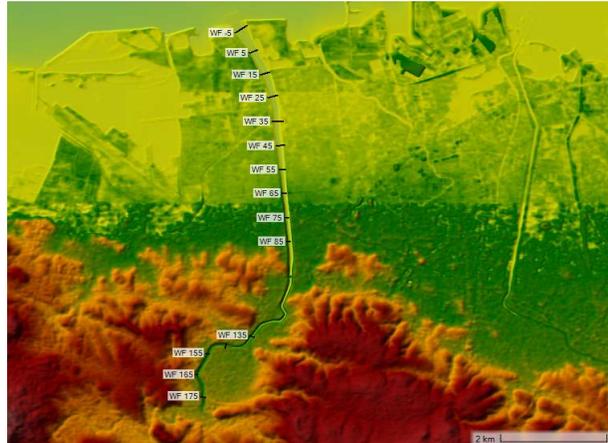
- a. Keruntuhan pada kondisi waduk terisi setinggi MAN, dengan penyebab keruntuhan akibat *piping* bawah pada elevasi +81,90 m yang selanjutnya disebut dengan skenario *piping* MAN.
- b. Keruntuhan pada kondisi waduk terisi setinggi MAB dengan penyebab keruntuhan akibat *piping* bawah pada elevasi +81,90 m yang selanjutnya disebut dengan skenario *piping* MAB.

*Downstream boundary condition* dengan Mean Sea Level (MSL) pada elevasi 0 m dan muka air laut maksimum pada elevasi 2,4 m. Sehingga masing-masing skenario akan terbagi menjadi *piping* MAN+*downstream water level*, *piping* MAN + MSL (*downstream level* +0.00), *piping* MAB + (*downstream water level* +2.40), dan *piping* MAB + MSL (*downstream water level* +0.00)

2. Pemodelan Keruntuhan Bendungan di HEC – RAS

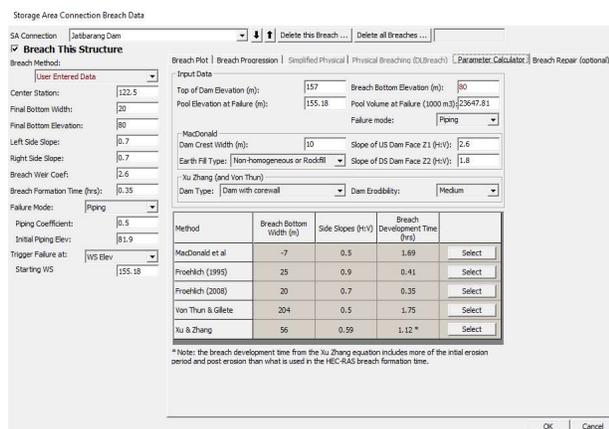
Pemodelan keruntuhan bendungan menggunakan data terrain. Data tersebut sebelumnya telah dimodifikasi pada

bagian Sungai Banjir Kanal Barat (BKB) untuk mendapatkan dimensi sungai yang sesuai dengan dimensi aslinya. Untuk memastikan dimensi sungai pada terrain telah sesuai dengan konsisi eksisting maka dilakukan kalibrasi dengan menggunakan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) seperti terlihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Kalibrasi Terrain

Hasil kalibrasi pada WF 5–WF 85 sebesar 0,979 dan pada WF 135–WF 175 sebesar 0,955. Berdasarkan nilai kalibrasi WF 5–85 dan WF 135–WF 175 dapat diinterpretasikan bahwa nilai kalibrasi NSE bernilai baik, sehingga data terrain sungai hilir bendungan hasil modifikasi terrain yang dilakukan pada section tersebut telah sesuai dengan kondisi eksisting.



**Gambar 10.** Jendela *Storage Area Connection Breach Data*

Pemodelan keruntuhan bendungan pada HEC-RAS dilakukan di jendela *Storage Area Connection Breach Data* pada **Gambar 10**. Melalui jendela tersebut dapat melakukan

input data parameter keruntuhan bendungan sesuai dengan **Tabel 4**. Pada menu dialog *Breach method* dipilih *User Entered Data* karena pada pemodelan ini data parameter keruntuhan dimasukkan secara manual.

**Tabel 4.** Parameter Keruntuhan Bendungan

Parameter	Skenario Keruntuhan		Satuan
	<i>Piping</i> MAN	<i>Piping</i> MAB	
<i>Top of Dam Elevation</i>	157	157	m
<i>Pool Elevation at Failure</i>	149,3	155,18	m
<i>Breach Bottom Elevation</i>	80	80	m
<i>Pool Volume at failure</i>	16684,84	23647,81	1000 m <sup>3</sup>
<i>Center Station</i>	122,5	122,5	
<i>Final Bottom Width</i>	12	20	m
<i>Final Bottom Elevation</i>	80	80	m
<i>Left Side Slope</i>	0,7	0,7	
<i>Right Side Slope</i>	0,7	0,7	
<i>Breach Weir Coef</i>	2,6	2,6	
<i>Breach Formation Time</i>	0,30	0,35	Jam
<i>Failure Mode</i>	<i>Piping</i>	<i>Piping</i>	
<i>Piping Coefficient</i>	0,5	0,5	
<i>Initial Piping Elevation</i>	81,9	81,9	m
<i>Trigger Failure at Starting WS</i>	<i>Set Time</i>	<i>WS Elev</i>	
	-	155,18	m

Perhitungan metode Froehlich 2008 diketahui pada skenario *piping* muka air normal diketahui lebar rata – rata rekahan sepanjang 65,76 m dan lebar dasar rekahan 12 m dengan durasi keruntuhan 0,30 jam. Sedangkan pada skenario *piping* muka air banjir diketahui lebar rata – rata 73,53 m dan lebar dasar rekahan 20 m dengan durasi keruntuhan 0,35 jam.

3. Hasil Running Keruntuhan Bendungan di HEC-RAS

Hasil running keruntuhan bendungan dapat dikeluarkan pada jendela RAS Mapper. Pada jendela tersebut dapat diketahui kedalaman genangan, kecepatan aliran banjir, dan waktu tiba banjir akibat keruntuhan bendungan. Area genangan berdasarkan nilai kedalaman banjir pada masing – masing skenario dilihat pada **Gambar 11** sampai dengan **Gambar 14**.



**Gambar 11.** Area Genangan *Piping* MA Normal dan Pasang +2.40



**Gambar 14.** Area Genangan *Piping* MA Banjir MSL



**Gambar 12.** Area Genangan *Piping* MA Banjir Pasang +2.40



**Gambar 13.** Area Genangan *Piping* MA Normal MSL

Luas area genangan pada masing – masing skenario dapat dilihat pada **Tabel 5**, dimana skenario *piping* MAB dengan ketinggian muka air laut maksimum memiliki dampak yang terbesar.

**Tabel 5.** Luas Genangan Berdasarkan Ketinggian Banjir

Skenario	Luas Km <sup>2</sup>	Luas Berdasarkan Ketinggian Banjir (Km <sup>2</sup> )		
		< 0,76 m	0,76 – 1,5 m	> 1,5 m
<i>Piping</i> MAN + Pasang 2.40	28,356	7,528	6,258	14,569
<i>Piping</i> MAB + Pasang 2.40	30,590	6,146	6,220	18,224
<i>Piping</i> MAN MSL	16,176	4,189	3,126	8,861
<i>Piping</i> MAB MSL	21,836	5,876	3,331	12,629

#### 4. Simulasi Keruntuhan Bendungan

Simulasi keruntuhan bendungan dimulai pukul 00.00, dengan elevasi muka air waduk dalam kondisi normal di elevasi +149,3 m. Sedangkan kondisi pada area hilir bendungan terjadi banjir rob yang diakibatkan oleh tinggi muka air laut maksimum setinggi 2,4 m. Simulasi genangan akibat keuruntuhan Bendungan dapat dilihat pada **Gambar 15-22**. Pada Pukul 04.00 muka air waduk mengalami kenaikan karena inflow PMF, pada pukul 04.00 muka air waduk berada pada elevasi +153,82 m.

Kondisi hilir bendungan terjadi banjir pada beberapa wilayah dikarenakan outflow pelimpah Bendungan Jatibarang. Pada pukul 04.32, muka air waduk berada pada elevasi +155,18 m. Saat elevasi tersebut, tubuh bendungan terjadi *piping* yang mulai menimbulkan rekahan sehingga terjadi keruntuhan bendungan.

Pukul 04.50 sebagian air tampungan waduk keluar dan mulai membanjiri area hilir Bendungan Jatibarang. Pukul 05.05 seluruh volume tampungan waduk sejumlah 22,93 Juta

m<sup>3</sup> telah keluar dari waduk dan membanjiri area hilir bendungan. Pukul 05.35 banjir akibat keruntuhan Bendungan Jatibarang mengalir pada Sungai Banjir Kanal Barat dan mulai membanjiri sebagian wilayah Kota Semarang. Pukul

12.35 banjir akibat Keruntuhan Bendungan Jatibarang telah menyebar seluruhnya pada area hilir bendungan. Pukul 16.35 dan 20.35 banjir akibat keruntuhan Bendungan Jatibarang surut pada beberapa wilayah.



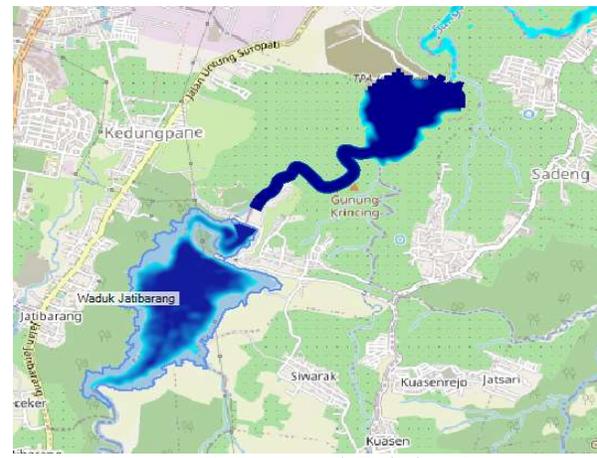
Gambar 15. Area Genangan pada Pukul 00.00



Gambar 16. Area Genangan pada Pukul 04.00



Gambar 17. Area Genangan pada Pukul 04.32



Gambar 18. Area Genangan pada Pukul 04.50



Gambar 19. Area Genangan pada Pukul 05.05



Gambar 20. Area Genangan pada Pukul 05.35



Gambar 21. Area Genangan pada Pukul 12.35



Gambar 22. Area Genangan pada Pukul 20.35

Pukul 04.50 sebagian air tampungan waduk keluar dan mulai membanjiri area hilir Bendungan Jatibarang. Pukul 05.05 seluruh volume tampungan waduk sejumlah 22,93 Juta m<sup>3</sup> telah keluar dari waduk dan membanjiri area hilir bendungan. Pukul 05.35 banjir akibat keruntuhan Bendungan Jatibarang mengalir pada Sungai Banjir Kanal Barat dan mulai membanjiri sebagian wilayah Kota Semarang. Pukul 12.35 banjir akibat Keruntuhan Bendungan Jatibarang telah menyebar seluruhnya pada area hilir bendungan. Pukul 16.35 dan 20.35 banjir akibat keruntuhan Bendungan Jatibarang surut pada beberapa wilayah.

D. Wilayah Terdampak Banjir

Berdasar skenario *piping* muka air banjir dengan kondisi laut maksimum didapatkan sebanyak 55 kelurahan dalam 12 kecamatan pada Kota Semarang yang terdampak banjir akibat keruntuhan Bendungan Jatibarang. Adapun beberapa kelurahan yang 90 persen wilayahnya terdampak banjir adalah Kelurahan Panggung Kidul, Kelurahan Bulu Lor, Kelurahan Kuningan, Kelurahan Barusari, Kelurahan Sampangan, Kelurahan Tawangmas, Kelurahan Cabean, Kelurahan Bulustalan, Kelurahan Krobokan, Kelurahan Plombokan, Kelurahan Purwosari Semarang Utara, Kelurahan Pindrikan Lor, dan Kelurahan Dadapsari. Untuk kelurahan yang terdampak banjir dapat dilihat pada **Tabel 6** beserta informasi jarak kelurahan ke bendungan dalam km, wilayah terdampak dalam persen, kedalaman genangan dalam meter, dan waktu tiba banjir dalam jam.

Tabel 6. Wilayah Terdampak Banjir

Kelurahan	Jarak (Km)	Terdampak (%)	Kedalaman (m)	Waktu Tiba (Jam)
Kedungpane	0,00	6,21%	61,94	0,00
Kandri	0,00	2,25%	32,87	0,00
Sadeng	0,97	22,77%	51,20	0,41
Bambankerep	1,77	15,42%	51,85	0,63
Pongangan	2,30	0,05%	0,69	0,00
Sukorejo	2,88	20,80%	21,14	0,76
Sekaran	3,00	0,23%	2,75	0,00
Kalisegoro	3,05	0,06%	0,77	0,00
Kalipancur	3,22	17,11%	30,36	0,71
Bendan Dhuwur	4,54	24,87%	14,06	0,86
Manyaran	4,67	25,15%	12,59	0,9
Sampangan	4,74	99,17%	12,58	0,93
Bendan Ngisor	5,24	18,24%	65,45	1,58
Gisikdrono	5,60	4,78%	1,32	3,35
Jerakah	5,62	1,50%	0,77	3,43
Ngemplak Simongan	5,80	61,89%	8,24	1,10
Tinjomoyo	5,90	2,09%	5,07	0,93
Petompon	6,05	40,08%	10,41	1,10
Bongsari	6,21	9,55%	4,19	1,26
Gajahmungkur	6,30	0,04%	1,22	1,50
Tambakharjo	6,32	73,33%	0,53	2,86
Tawangsari	6,83	58,61%	2,47	1,98
Salamanmloyo	6,95	51,11%	4,34	2,10
Bojongsalaman	7,26	50,18%	4,76	1,46

Kelurahan	Jarak (Km)	Terdampak (%)	Kedalaman (m)	Waktu Tiba (Jam)
Barusari	7,28	99,40%	5,80	1,33
Tugurejo	7,29	0,23%	1,42	3,43
Karangayu	7,31	81,53%	3,82	2,38
Bulustalan	7,64	97,84%	3,76	1,48
Cabean	7,68	98,43%	5,86	1,48
Randusari	7,77	9,33%	6,16	1,33
Krobokan	7,83	97,34%	4,23	1,48
Tawangmas	7,96	99,02%	1,53	1,80
Pindrikan Lor	8,34	94,91%	2,56	1,60
Pindrikan Kidul	8,51	82,54%	4,29	1,48
Bulu Lor	8,62	99,98%	3,00	1,83
Sekayu	8,68	15,54%	1,48	2,13
Pekunden	8,84	1,24%	1,87	2,20
Plombokan	9,07	97,10%	2,19	2,03
Panggung Kidul	9,37	100,00%	2,91	1,86
Panggung Lor	9,56	89,87%	2,65	1,88
Purwosari	9,73	97,09%	1,37	2,38
Pandansari	9,81	17,61%	1,40	3,11
Kuningan	10,31	99,56%	2,20	2,53
Dadapsari	10,45	93,37%	2,89	2,86
Kauman	10,79	11,63%	1,61	3,41
Rejosari	10,98	1,16%	0,87	5,61
Purwodinatan	10,98	0,63%	0,13	3,43
Bandarharjo	11,18	61,20%	2,40	2,65
Tanjung Mas	11,42	52,77%	1,70	3,41
Bugangan	11,55	13,35%	0,58	5,70
Rejomulyo	11,62	32,81%	0,60	5,40
Mlatibaru	11,85	36,50%	0,71	6,15
Kemijen	12,01	81,26%	1,73	5,35
Mlatiharjo	12,37	8,37%	0,33	5,58
Tambakrejo	13,52	26,81%	2,25	5,41

#### 4. Simpulan

Simulasi ini dimodelkan dengan *piping* bawah dikarenakan Bendungan Jatibarang tidak mengalami *overtopping* dan *piping*. Dari hasil analisis menggunakan program HEC – RAS 2D dengan metode Froehlich 2008 didapatkan simulasi keruntuhan dengan skenario *piping* bawah pada kondisi MAB memiliki genangan lebih luas dibandingkan skenario MAN. Keruntuhan ini mengakibatkan 30,590 Km<sup>2</sup> di 55 kelurahan pada 12 kecamatan tergenang, dengan durasi keruntuhan 0,35 jam dengan lebar rata – rata 73,53 m dengan lebar rekahan 20 m.

#### Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat , Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat , 2015.
- [2] K. M. Murdiani, S. Sangkawati and W. K. Sadono, “Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D,” *Rekayasa*, pp. 205 -211, 2020.
- [3] Usage (US Army Corps Engineers), Using HEC - RAS for Dam Break Studies, 2014 : US Army Corps Engineers.
- [4] L. A. Costa , *Developing Minds*. California: Association for Supervision and Curriculum Development., 1985
- [5] Badan Stadarisasi Nasional , SNI 7746 2012 tentang Tata Cara Perhitungan Hujan Maksimum Boleh Jadi Dengan Metode Hesfield, Badan Stadarisasi Nasional , 2012.
- [6] S. Siswanto, S. Suprpto and S. S. Sachro, “Hubungan Antara Elevasi Muka Air Waduk dan Panjang Lintasan Rembesan Terhadap Debit Rembesan Pada Bendungan Urugan Batu Inti Tegak (Studi Kasus Bendungan Jatibarang),” *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol. 10, p. 3, 2019.