

Analisis Keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji Provinsi Sumatera Selatan Menggunakan Hec-RAS 2D

* Yuli Kurnia Sari¹, Agung Wasono¹, Sri Sangkawati¹, Robert J. Kodoatie¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

^{*)}yuli.kurnias@gmail.com

Abstract

Tiga Dihaji Dam, which is located in Sukabumi Village, Tiga Dihaji Sub-district, is in the Selabung River drainage system and is currently under construction. Tiga Dihaji Dam does not yet have an Emergency Action Plan (EAP) as one of the requirements that must be fulfilled by dam managers in disaster mitigation whose provisions have been stated in the Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing of the Republic of Indonesia No. 27/PRT/M/2015 concerning Dams. One of the inputs in the preparation of the EAP is the analysis of dam failure. This paper models the collapse of Tiga Dihaji Dam using Hec-RAS 6.1.0 software with a piping scenario so that the characteristics of flooding due to dam collapse will be obtained. The results of the analysis of the collapse of the Tiga Dihaji Dam showed that the most severely affected locations were in Tiga Dihaji District and Buay Sandang Haji District, South Oku Regency. Flood characteristics due to the collapse of Tiga Dihaji Dam at the most severely affected location in Tiga Dihaji District, with a maximum flood depth of 8.3 meters, and a maximum flood flow speed of 4.9 m/s with the fastest arrival time of 15 minutes, while in Buay Sandang District Hajj, a maximum flood depth of 6.15 meters and a maximum flood flow speed of 7.55 m/s with the fastest arrival time of 2 hours 1 minute.

Keywords: Dam Break, Hec-RAS, Piping.

Abstrak

Bendungan Tiga Dihaji yang berlokasi di Desa Sukabumi, Kecamatan Tiga Dihaji berada dalam sistem pengaliran Sungai Selabung saat ini masih dalam tahap konstruksi. Bendungan Tiga Dihaji belum memiliki Rencana Tindak Darurat (RTD) sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi pengelola bendungan dalam upaya mitigasi bencana yang ketentuannya telah dituangkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2015 Tentang Bendungan. Salah satu masukan dalam penyusunan RTD adalah analisis keruntuhan bendungan. Makalah ini memodelkan keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji menggunakan software Hec-RAS 6.1.0 dengan skenario piping sehingga akan didapatkan karakteristik banjir akibat keruntuhan bendungan. Hasil analisis keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji menunjukkan bahwa lokasi terdampak paling parah terjadi di Kecamatan Tiga Dihaji dan Kecamatan Buay Sandang Haji, Kabupaten Oku Selatan. Karakteristik banjir akibat keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji pada lokasi terdampak yang paling parah di Kecamatan Tiga Dihaji yaitu kedalaman banjir maksimum 8,3 meter, dan kecepatan aliran banjir maksimum 4,9 m/det dengan waktu tiba tercepat yaitu 15 menit, sedangkan di Kecamatan Buay Sandang Haji kedalaman banjir maksimum 6,15 meter dan kecepatan aliran banjir maksimum 7,55 m/det dengan waktu tiba tercepat 2 jam 1 menit.

Kata Kunci: Keruntuhan Bendungan, Hec-RAS, Piping.

PENDAHULUAN

Salah satu cara untuk mengelola air adalah dengan membentuk wadah buatan berupa bendungan yang nantinya membentuk waduk yang akan menampung air (Maulida et al., 2021). Bendungan sebagai salah satu infrastruktur sumber daya air selain memiliki manfaat yang besar juga memiliki ancaman bencana yang besar apabila terjadi keruntuhan bendungan (Yunik'atiet et al., 2021). Runtuhnya suatu bendungan dapat disebabkan karena beberapa hal, diantaranya adalah melimpasnya air diatas mercu bendungan (*overtopping*), longsornya lereng bendungan (*sliding*), terbawanya butiran tanah dari tubuh bendungan (*internal erosion* atau "*piping*") dan lain sebagainya (Sutisna et al., 2021). Bendungan Tiga Dihaji yang berada di Provinsi Sumatera Selatan adalah salah satu bendungan besar yang saat ini masih dalam tahap konstruksi dan merupakan bendungan tipe urugan dengan tinggi 121 m. Pada Bendungan Urugan, *overtopping* dan *internal erosion/piping* menjadi perhatian khusus, masing-masing bertanggung jawab atas 30-35% dari insiden dan kegagalan serius. *Overtopping* terjadi ketika *spillway* dan/atau *freeboard* tidak memadai untuk mengalirkan air yang melalui puncak bendungan urugan. *Internal erosion/piping*

adalah migrasi atau perpindahan material dari *core* atau material pondasi yang menyebabkan terbentuknya rongga



didalam bendungan atau pada pondasi bendungan (Novak et al., 2007).

Gambar 1. Lokasi Bendungan Tiga Dihaji
Sumber : Google Earth (2022), BBWS Sumatera VII (2022)

Bendungan Tiga Dihaji berada di Sungai Selabung dan secara administratif terletak di Desa Sukabumi, Kecamatan Tiga Dihaji, Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU) Selatan, Provinsi Sumatera Selatan pada koordinat 4°37'44,154" LS dan 103°52'36,748" BT. Bendungan Tiga Dihaji dapat ditempuh melalui perjalanan darat dalam waktu ± 7 jam dari Kota Palembang dengan jarak ± 298 Km. Bendungan Tiga Dihaji merupakan bendungan dengan tipe urugan batu zonal dengan inti tegak. Puncak bendungan direncanakan berada pada elevasi +322 m dengan tinggi bendungan 122 m, panjang puncak bendungan 950 m dan lebar puncak 12 m. Volume tampungan total Waduk Tiga Dihaji yaitu sebesar 129 juta m³ dengan tampungan efektif sebesar 64,68 juta m³ dan direncanakan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, air baku, PLTMH, pengendali banjir, konservasi dan pariwisata.

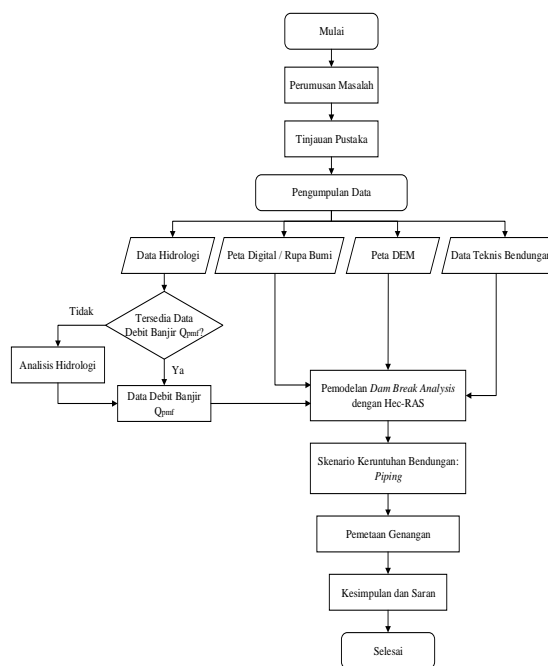
Lokasi Bendungan Tiga Dihaji yang berada pada zona rawan gempa dikhawatirkan akan menyebabkan rekahan sehingga terjadi *piping* dan berpotensi mengalami kegagalan bendungan. Oleh karena itu, diperlukan *emergency action plan* dimana salah satu masukannya yaitu *dam break analysis* (DBA) (Aishwaryalakshmi et al., 2017). Berdasarkan DBA inilah akan didapatkan simulasi dan karakteristik keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji dan dampak yang diakibatkan olehnya. Secara sederhana bendungan harus disimulasikan terjadi keruntuhan. Simulasi ini akan meliputi skenario bagaimana proses keruntuhannya, kecepatan aliran, debit banjir yang terjadi, area terdampak, ketinggian genangan pada setiap lokasi terdampak sampai waktu terjadinya banjir (Siswanto et al., 2019). Makalah ini bertujuan untuk mensimulasikan keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji menggunakan *software* Hec-RAS dan mengetahui karakteristik kedalaman banjir, kecepatan banjir, batas genangan dan waktu tiba banjir.

METODE

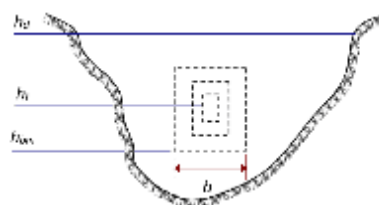
Pemodelan analisis keruntuhan bendungan atau *dam break analysis* dilakukan menggunakan *software* Hec-RAS 6.1.0. Hec-RAS digunakan dengan menggunakan hasil perhitungan hidrograf aliran keluar dari bendungan dan *routing* banjir yang terjadi secara hidrolis di sepanjang lembah hilir. Masukan atau *input* dalam pemodelan menggunakan Hec-RAS ini adalah data hidrologi, data pasang surut, peta digital / rupa bumi, peta DEM dan data teknis bendungan.

Keruntuhan bendungan diawali dengan rekahan (*breaching*) seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pada umumnya rekahan ditinjau dalam 2 cara yaitu *overtopping* dan *piping*. Skenario *piping* berpotensi terjadi sepanjang musim, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Sedangkan, skenario *overtopping* berpotensi terjadi pada saat musim hujan saja yang berarti hanya terjadi jika waduk tidak mampu mengeluarkan debit melebihi kapasitasnya. Hal ini lebih sering selain diakibatkan karena curah hujan yang sangat tinggi, juga disertai dengan kegagalan peralatan (*equipment malfunction*) (Siswanto et al., 2019).

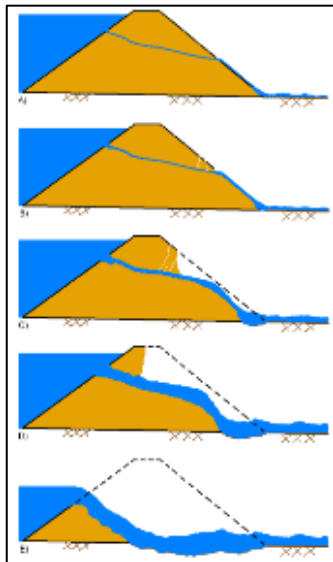
Pada skenario *piping breach* pada Hec-RAS, waktu perhitungannya dimulai saat terjadinya debit air dan material yang keluar dalam jumlah yang signifikan. Waktu keruntuhan (*breach time*) dinyatakan selesai bukan berdasar tumpungan waduk yang sudah kosong, tetapi tubuh bendungan yang sudah tidak mengalami perubahan akibat *piping*, erosi dan longsoran yang terjadi (Murdiani et al., 2020). Skenario *piping* yang menjadi penyebab keruntuhan bendungan disimulasikan dengan menentukan elevasi titik pusat lubang rembesan (*sumbu piping*).



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Tampak Depan Rekahan Akibat *Piping*
Sumber : Purwanto et al. (2017)



Gambar 4. Contoh Proses Keruntuhan Akibat Kegagalan Piping

Sumber : U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (2016)
HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas daerah tangkapan air Bendungan Tiga dihaji yaitu seluas 1158,2 km² dengan sungai utama yaitu Sungai Selabung yang merupakan anak Sungai Komerling yang juga anak Sungai Musi sebagai Sungai utama.

Analisis Banjir Rancangan

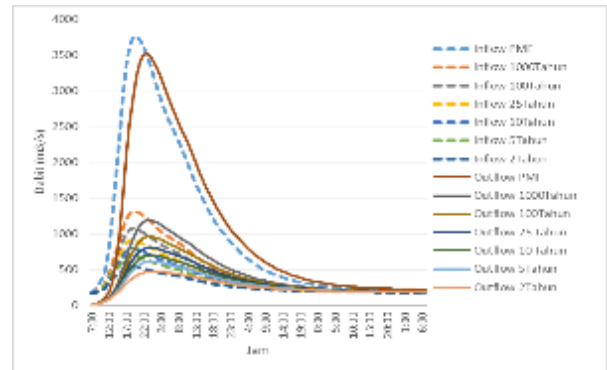
Data hujan harian yang menerus tidak ditemukan di pos hujan yang termasuk dalam DAS studi maupun diluar DAS studi, sehingga digunakan data hujan harian dari satelit. Deret hujan harian maksimum tahunan sebagai dasar perhitungan hujan rencana dapat diambil dari pos hujan yang ada, dikombinasikan dengan yang berasal dari TRMM. Hasil dari analisa frekuensi untuk grid TRMM yang ditinjau diperoleh berdasarkan data hujan harian maksimum tahunan 1998-2015. Banjir rencana dihitung dengan metoda empiris karena data debit banjir tidak tersedia. Metode empiris yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana dalam studi ini adalah menggunakan transformasi unit hidrograf sintetik SCS, kehilangan akibat infiltrasi metode SCS, aliran dasar linier reservoir, dan aliran dalam saluran Muskingum-Cunge. Untuk penentuan *initial condition* dari Losses SCS digunakan juga metode SMA dan Clark dengan parameter diambil dari hasil kalibrasi analisis ketersediaan air. Banjir rencana maksimum dapat dilihat pada Tabel 1, grafik *inflow outflow* dan lengkung kapasitas Waduk Tiga Dihaji dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Tabel 1. Banjir Rencana Waduk Tiga Dihaji

Periode Ulang	Tiga Dihaji		TMA
	Inflow (m ³ /det)	Outflow (m ³ /det)	
2 Tahun	540.3	471.1	326.38
5 Tahun	700.7	608.6	326.79
10 Tahun	797	697.5	327.04

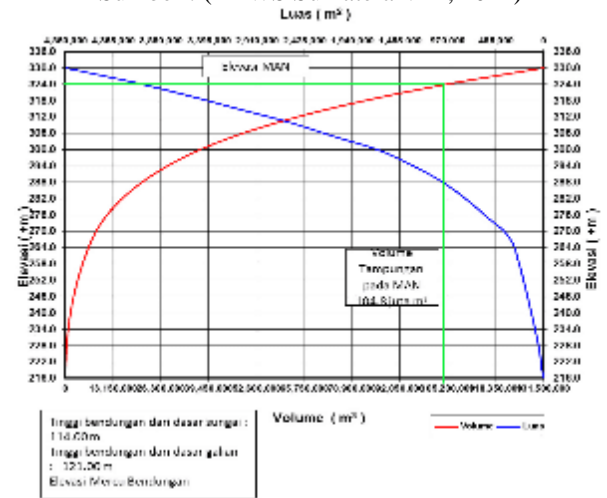
25 Tahun	910.7	804.6	327.32
100 Tahun	1074.9	959.4	327.69
1000 Tahun	1310.6	1187.9	328.21
PMF	3763.9	3523.9	332.47

Sumber : (BBWS Sumatera VIII, 2022)



Gambar 5. Grafik Hubungan Inflow dan Outflow Bendungan Tiga Dihaji

Sumber : (BBWS Sumatera VIII, 2022)

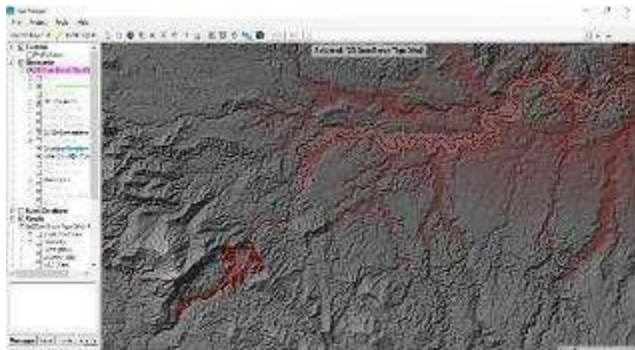


Gambar 6. Lengkung Kapasitas Waduk Tiga Dihaji
Sumber : BBWS Sumatera VIII (2022)

Analisis Keruntuhan Bendungan

Analisis keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji ini, perimeter bagian hilir bendungan dibuat sampai dengan muara Sungai Musi, sehingga dibutuhkan data pasang surut pada muara Sungai Musi. Namun, dikarenakan tidak ada stasiun pasang surut pada muara Sungai Musi, maka digunakan data pasang surut dari stasiun terdekatnya yaitu Stasiun Pasang Surut Bangka yang didapatkan melalui *website* resmi BIG (Badan Informasi Geospasial). Geometri daerah hilir Bendungan Tiga Dihaji yang didapatkan dari fotogrametri DEMNAS dapat dilihat pada Gambar 7, sedangkan rupa bumi didapatkan melalui Peta RBI (rupa bumi Indonesia) yang menampilkan topografi kondisi permukaan bumi Indonesia. Bentuk peta RBI yang telah di *overlay* dengan peta tata guna lahan dapat dilihat pada Gambar 8. Analisis keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji dilakukan dengan skenario *piping* pada elevasi +320 m

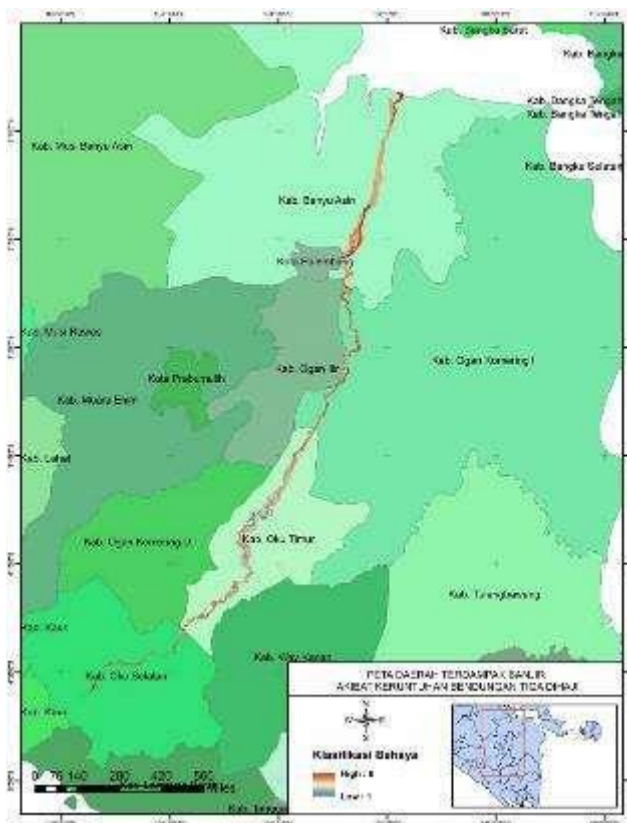
menggunakan debit PMF. Jika dilihat pada Gambar 9, genangan banjir akibat keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji merendam beberapa kabupaten di bagian hilirnya diantaranya Kabupaten Oku Selatan, Kabupaten Oku Timur, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Kabupaten Ogan Ilir, Kabupaten Banyuasin dan Kota Palembang.



Gambar 7. *Terrain* Wilayah Sumatera Selatan yang diambil dari fotogrametri DEMNAS
Sumber : Badan Informasi Geospasial (2022)



Gambar 8. *Overlay* Peta Tata Guna Lahan di Wilayah Sumatera Selatan
Sumber : Badan Informasi Geospasial (2022)



Gambar 9. Peta Wilayah Terdampak Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji
Sumber : Hasil Analisis (2022)

Dapat dilihat pada pada Tabel 2, diketahui karakteristik banjir di lokasi terpilih yang paling parah adalah Kecamatan Tiga Dihaji dan Kecamatan Buay Sandang Aji. Pada Kecamatan Tiga Dihaji diperkirakan terdapat 8000 jiwa penduduk terdampak dari 8 desa yaitu Desa Sukabumi, Desa Kota Agung, Desa Karang Pendeta, Desa Sukarena, Desa Surabaya, Desa Kuripan, Desa Kuripan Dua, dan Desa Peninggiran dengan kedalaman banjir maksimum 8,3 meter, kecepatan aliran banjir maksimum 4,9 m/det, dan waktu tiba banjir 15 menit. Pada Kecamatan Buay Sandang Aji diperkirakan terdapat 3000 jiwa penduduk terdampak dari 3 desa yaitu Desa Tanjung Raya, Desa Sukarami, dan Desa Sukabanjar dengan kedalaman banjir maksimum 6,15 meter, kecepatan aliran banjir maksimum 7,55 m/det, dan waktu tiba banjir 2 jam 15 menit. Karakteristik banjir dalapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Karakteristik Kedalaman Genangan Banjir
Sumber : Hasil Analisis (2022)



Gambar 11. Karakteristik Kecepatan Aliran
Sumber : Hasil Analisis (2022)

Tabel 2. Karakteristik Banjir di Wilayah Terdampak Akibat Keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji dengan Skenario *Piping*

No	Kab/Kota	Kecamatan	Kedalaman Banjir Maks (m)	Kecepatan Maks (m/det)	Waktu Tiba (Jam)	Waktu Surut Maks (Jam)	Durasi Banjir Maks (Jam)
1	Oku Selatan	Tiga Dihaji	8.30	4.90	0.25	94.00	93.75
		Buay Sandang Aji	6.15	7.55	2.25	95.25	93.00
		Buay Rawan	5.80	4.63	4.50	95.25	90.75
		Muara Dua	6.28	5.17	8.00	90.00	82.00
		Buana Pemaca	2.25	1.69	13.50	95.25	81.75
2	Oku Timur	Simpang	6.40	2.44	15.50	96.75	81.25
		Bunga Mayang	5.24	4.50	16.50	96.00	79.50
		Jayapura	7.47	2.50	18.25	92.00	73.75
		Martapura	6.16	4.58	20.00	93.75	73.75
		Buay Pemuka Peliung	4.86	4.04	25.00	93.50	68.50
		Buay Madang	6.84	2.00	28.25	94.75	66.50
		Buay Pemuka Bangsa Raja	4.94	4.28	30.50	93.50	63.00
		Madang Suku II	5.99	4.12	33.00	92.00	59.00
		Madang Suku III	3.67	1.14	35.00	91.00	56.00
		Madang Suku I	3.63	4.02	39.25	90.25	51.00
3	Ogan Komereng Ilir	Semendawai Barat	4.65	2.50	43.50	95.75	52.25
		Cempaka	4.63	2.08	50.25	128.25	78.00
		Tanjung Lubuk	4.60	2.01	51.00	130.75	79.75
		Teluk Gelam	7.40	2.52	56.00	143.00	87.00
		Padamaran	5.80	2.22	60.00	144.00	84.00
		Kayuagung	6.00	2.00	62.00	137.00	75.00
		Sirah Pulau Pandang	6.13	2.75	65.00	138.00	73.00
4	Ogan Ilir	Jejawi	4.72	1.63	66.00	136.00	70.00
		Kandis	5.30	1.95	61.00	135.00	74.00
5	Banyuasin	Rambutan	3.76	0.70	66.50	134.50	68.00
		Banyuasin I	3.00	0.50	63.00	151.00	88.00
		Makarti Jaya	3.30	0.30	62.25	158.25	96.00
		Muara Telang	3.08	0.20	62.50	158.50	96.00
		Air Saleh	2.78	0.20	62.50	158.50	96.00
6	Kota Palembang	Air Kumbang	2.88	0.20	63.25	159.25	96.00
		Plaju	3.40	0.50	66.25	162.25	96.00
		Kalidoni	3.50	0.50	66.25	162.25	96.00

Sumber : Hasil Analisis (2022)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada skenario keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji akibat *piping*, karakteristik banjir di lokasi terpilih yang paling parah terjadi di Kecamatan Tiga Dihaji yaitu kedalaman banjir maksimum 8,3 meter, dan kecepatan aliran banjir maksimum 4,9 m/det, sedangkan karakteristik banjir pada Kecamatan Buay Sandang Aji yaitu kedalaman

banjir maksimum 6,15 meter dan kecepatan aliran banjir maksimum 7,55 m/det;

2. Keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji mengakibatkan genangan banjir pada beberapa lokasi di hilir bendungan yang berakhir sampai di muara Sungai Musi dengan total menggenangi sebanyak 32 Kecamatan di 6 Kabupaten dengan dampak paling parah diperkirakan terjadi di Kecamatan Tiga Dihaji dan Buay Sandang Haji, Kabupaten Oku Selatan dengan waktu tiba banjir masing-masing pada 15 menit dan 2 jam 15 menit.

3. Rekomendasi dalam pemodelan keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji selanjutnya yaitu perlu disimulasikan dengan kondisi *overtopping* agar bisa menjadi pembanding untuk mengetahui dampak keruntuhan bendungan yang paling besar, meningkatkan akurasi simulasi hidrolis dengan menggunakan data pengukuran *cross* dan *long section* mainstream hilir, dan membuat perimeter pemodelan Hec-RAS yang lebih diperluas agar didapatkan hasil yang lebih rinci mengenai lokasi terdampak keruntuhan Bendungan Tiga Dihaji.

Yunik'ati, Noerhayati, E., & Rokhmawati, A. (2021). "Analisis Keruntuhan Bendungan Bendo Ponorogo dengan Aplikasi HEC-RAS". *Jurnal Rekayasa Sipil* Vol. 11, No.1, Desember 2021, Hal 62–79. Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aishwaryalakshmi, V., Ambujam, N. K., & Balamurugan, R. (2017). "Emergency Action Plan (Eap) For Sathanur Dam". *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, Vol. 6, Issue I, January - February 2017, Hal 46–51, Centre For Water Resources, Anna University, India.
- BBWS Sumatera VIII. (2022). "*Laporan Kajian Hidrologi Pada Pekerjaan Supervisi Bendungan Tiga Dihaji*". Palembang.
- Maulida, D. F., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2021). "Analisa Keruntuhan Bendungan Batuaji dan Pengga dengan Aplikasi HEC-RAS 5.0.7". *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, Vol.1(1), Hal 62–75. Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, Malang.
- Murdiani, K. M., Sangkawati, S., & Sadono, K. W. (2020). "Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D Studi Kasus Bendungan Gondang, Kabupaten Karanganyar". *Rekayasa*, Vol.13(2), Mei 2020, Hal 205–211, Universitas Trunojoyo, Madura.
- Novak, P., Moffat, A. I. ., C., N., & Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures*. 4th ed., Taylor & Francis, New York.
- Purwanto, P. I., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2017). "Analisa Keruntuhan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek". *Jurnal Teknik Pengairan*, Vol. 8(2), November 2017, Hal 222–230. Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, Malang.
- Siswanto, S., Suprpto, S., & Huda, A. L. (2019). "Pendekatan GIS dalam Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D (Studi Kasus Bendungan Logung, Kabupaten Kudus)". *Rekayasa*, Vol.12(2), September 2019, Hal 112–119. Universitas Trunojoyo, Madura.
- Sutisna, N., Yusup, M. I., & Euis Amilia, E. A. (2021). "Analisis Stabilitas Timbunan (Maidam) Berdasarkan Data Instrumen Geoteknik Pada Bendungan Sindang Heula Serang Banten". *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, Vol. 3(1), Januari 2021, Hal 48–58. Program Studi Teknik Sipil Universitas Banten Jaya, Banten.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (2016). "HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual". Version 5, Hydrologic Engineering Center, California.