



---

**ANALISA DAM BREAK BENDUNGAN TANJU DI KABUPATEN DOMPU**

Oleh

Aditya Febrianto N<sup>1)</sup>, Yusron Saadi<sup>2)</sup> & Ery Setiawan<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram

<sup>2,3</sup>Dosen Magister Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram

Email: [9belas1993@gmail.com](mailto:9belas1993@gmail.com)

**Abstract**

Besides being useful for meeting various needs, a dam also has a very big potential for danger. In order to know the impact of the collapse of the Tanju Dam, it is necessary to make an approach through a dam failure analysis or Dam Break analysis. The collapse of the Tanju Dam was simulated by a scenario due to overtopping and piping using the HEC-RAS v.5 application. The maximum possible rainfall or probable maximum precipitation (PMP) by the Hersfield method is 143.16 mm and the maximum design flood discharge or probable maximum flood (PMF) is 485.44 m<sup>3</sup> / s. Based on the results of runoff modeling, the collapse of the tanju dam due to overtopping occurred within a period of 4.83 hours with a peak discharge due to the collapse of the dam of 8674.2 m<sup>3</sup> / s and with a total inundation area of 703.52 hectares, where for Dompus Regency there are 7 villages affected in total an area of 464.38 ha, while the inundation area of 239.14 hectares in Bima Regency and the time it takes to get to the estuary is 7 hours. Based on the results of modeling runoff due to piping with a peak discharge of 8582.1 m<sup>3</sup> / s, the total inundation area is 697.35 hectares, where for Dompus Regency there are 7 affected villages with a total area of 458.90 hectares, while the inundation area is 238.45 ha in Bima Regency

**Keywords: Tanju Dam, Dam Break, HEC-RAS, Overtopping & Piping**

**PENDAHULUAN**

Bendungan Tanju merupakan bendungan tipe urugan *random* inti tegak, dengan tinggi dari dasar sungai 21 m, volume tampungan normal waduk 18,27 juta m<sup>3</sup> pada elevasi +120,00, volume tampungan maksimum 27,97 juta m<sup>3</sup>, luas genangan waduk maksimum 361,99 Ha dan elevasi puncak bendungan + 123,00 m. Selain memberikan dampak positif, adanya Bendungan Tanju juga menyimpan potensi bahaya yang besar. Potensi bahaya pada bendungan tipe urugan adalah keruntuhan yang diakibatkan oleh *overtopping* dimana air melimpas melalui puncak bendungan menyebabkan terjadinya erosi dan longsoran pada tubuh bendungan, keruntuhan dapat juga diakibatkan oleh erosi buluh atau *piping*. Keruntuhan bendungan akibat rembesan menyumbang 28% dari total penyebab runtuhnya sebuah bendungan (Costa, 1985). Sebanyak 50% keruntuhan bendungan terjadi antara 0-5 tahun setelah dilakukan penggenangan (Azdan & Samekto, 2008).

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>

Open Journal Systems

Mengingat adanya kemungkinan malapetaka yang diakibatkan oleh runtuhnya bendungan terhadap kondisi yang ada di hilir, perlu dilakukan studi analisis keruntuhan bendungan (*Dam Break Analysis*) yang akan menghasilkan panduan Rencana Tindak Darurat, sesuai dengan yang disebutkan dalam Permen PUPR No. 27/PRT/M/2015, tentang Bendungan.

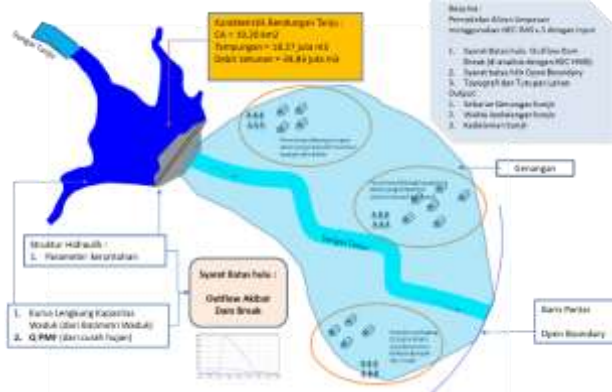
Tujuan utama dari *dam break analysis* bukanlah untuk *redesign* dan mencegah terjadinya kegagalan bendungan, tetapi untuk membantu membuat kebijakan dalam mitigasi bencana, mengurangi resiko kerusakan/kerugian dan mencegah terjadinya korban jiwa jika terjadi keruntuhan bendungan. Secara sederhana bendungan harus disimulasikan terjadi keruntuhan (Siswanto, 2019). Pemodelan ini meliputi beberapa skenario seperti penyebab dan bagaimana keruntuhan pada bendungan terjadi, kecepatan aliran pada alur sungai, debit banjir yang terjadi, area yang terdampak, ketinggian genangan pada setiap lokasi terdampak,

Vol.15 No.6 Januari 2021



ketinggian genangan pada setiap lokasi terdampak sampai waktu terjadinya banjir dan waktu yang dibutuhkan untuk sampai ke muara.

**Gambar 1. Skema pemodelan dam break analysis Bendungan Tanju**



**METODE PENELITIAN**

**Analisis Topografi**

Proses pengumpulan data bentuk permukaan bumi yang selanjutnya data hasil ukuran tersebut dipresentasikan dalam bentuk peta memanjang atau melintang. Pengukuran topografi untuk Bendungan Tanju dilaksanakan sepanjang palung/ lembah ke arah hilir bendungan.

**Analisis Hidrologi**

Perhitungan curah hujan yang mungkin terjadi (P juga bisa menggunakan metode Hersfield SNI 7746:2012, Tata cara penghitungan hujan maksimum yang mungkin terjadi dengan metode Hersfield). Setelah didapatkan curah hujan rencana dan curah hujan PMP, nantinya diambil curah hujan yang memiliki nilai terbesar antara curah hujan analisis frekuensi periode ulang 1.2 x R1000 tahun dan curah hujan PMP.

**Pemodelan Analisis Keruntuhan Bendungan Routing Waduk menggunakan Software HEC-HMS**

Program HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre-Hydrologic Modelling System*) merupakan program komputer untuk menghitung transformasi hujan dan proses routing pada suatu sistem DAS. Model ini merupakan model hidrologi numerik yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering*

*Centre (HEC)* dari *US Army Corps of Engineers*. Program ini mempunyai keunggulan pemodelan hujan secara semi-distribusi sehingga hasil pemodelan akan lebih mendekati kondisi nyata dengan memperhatikan tutupan lahan di wilayah DAS. Fasilitas perhitungan dan model yang terdapat dalam HEC-HMS meliputi *precipitation, volume runoff, direct runoff, baseflow, dan channel flow*.

**Skenario Keruntuhan**

Keruntuhan bendungan dapat dimodelkan dengan menggunakan HEC-HMS dengan memasukan parameter *dam break*. Pada HEC-HMS diperlukan parameter-parameter penyebab keruntuhan yaitu, *development time/failure time*, besarnya rekahan yang terjadi, dan *trigger elevation*. Parameter keruntuhan dapat mengacu kepada *Manual Book* dari *Software Boss Dambrk*. Sebelum mengalami keruntuhan, kegagalan bendungan biasanya diawali dengan adanya rekahan. Sebenarnya mekanisme keruntuhannya tidak begitu dipahami, baik untuk bendungan urugan tanah maupun bendungan beton, sehingga digunakan anggapan bahwa bendungan runtuh secara total dan mendadak. Pada umumnya, studi analisa keruntuhan bendungan didasarkan pada dua skenario, yaitu *overtopping* dan *piping*.

**Tabel 1. Parameter rekahan akibat keruntuhan**

Parameter/Tipe Bendungan	Bendungan Urugan	Bendungan Beton	Bendungan Pelengkung
Lebar rekahan	½ hingga 4 x tinggi bendungan	Beberapa kali lebar monolit	Lebar total bendungan
Lereng samping rekahan	0 - 1	0	Lereng dinding lembah
Waktu keruntuhan (jam)	0,5 - 4	0,1 - 0,5	Mendekati tiba-tiba (0,1 jam)
Elevasi muka air waduk pada keruntuhan	1 - 5 ft di atas puncak bendungan	10 - 50 ft di atas puncak bendungan	10-50 ft diatas puncak bendungan

Pemodelan aliran limpasan akibat keruntuhan bendungan dapat dilakukan dengan Model Numerik menggunakan beberapa *Software* seperti HEC-RAS v.5, BOSS DAMBRK dan Zhong Xing HY21. HEC-RAS v.5 merupakan *Software model numeric* yang memiliki kelebihan dibandingkan 2 *software*



pemodelan lainnya. *License* yang dimiliki HEC-RAS v.5 *free* sehingga mempermudah dalam mengakses *software* nya. Pada studi ini HEC-RAS v.5 digunakan sebagai model *numeric* untuk memodelkan limpasan akibat keruntuhan bendungan, sedangkan simulasi keruntuhan bendungannya dilakukan dengan menggunakan HEC-HMS yang *output* nya berupa *hidrograf outflow* ketika bendungan runtuh.

### Simulasi Keruntuhan Bendungan

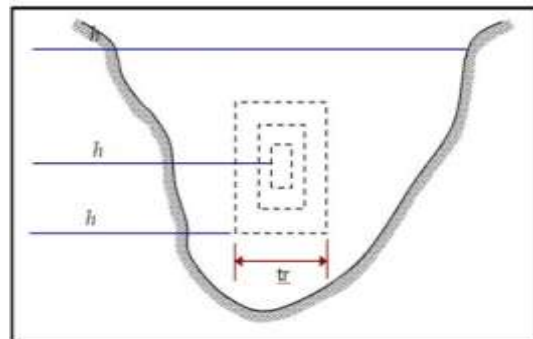
Simulasi keruntuhan bendungan dilakukan dengan menggunakan HEC-HMS dan HEC-RAS. HEC HMS digunakan untuk memodelkan *routing* debit di bendungan dan keruntuhannya. Adapun HEC-RAS digunakan untuk memodelkan aliran limpasan permukaan yang terjadi akibat keruntuhan bendungan tersebut. Keruntuhan bendungan diawali dengan rekahan (*breaching*). Pada umumnya rekahan ditinjau dalam 2 cara yaitu *overtopping* dan *piping*. *Breaching* pada pemodelan ini menggunakan skenario *piping* dengan alasan bahwa *piping* menimbulkan dampak yang lebih luas (Xiong, 2011: dalam Siswanto et al, 2019). Skenario *piping* berpotensi terjadi sepanjang musim (kering atau basah). Tetapi, skenario *overtopping* hanya terjadi jika waduk tidak mampu mengeluarkan debit melebihi kapasitasnya. Hal ini lebih sering diakibatkan karena curah hujan yang sangat tinggi disertai dengan kegagalan peralatan (*equipment malfunction*). Dalam catatan kegagalan bendungan di Indonesia kondisi *overtopping* belum pernah terjadi (Siswanto, 2019).

Skenario *piping* yang menjadi penyebab keruntuhan bendungan disimulasikan dengan menentukan elevasi sumbu *piping* bendungan. *Breaching* ini disimulasikan sebagai rekahan lubang (*orifice*) berbentuk segi panjang (Gambar 2) (Purwanto, Juwono, & Asmaranto, 2017). Skenario *piping breach* pada HEC-RAS, memulai perhitungan waktunya saat terjadi keluarnya debit air dan material dalam jumlah yang signifikan. Waktu keruntuhan (*breach time*) dinyatakan selesai bukan berdasar tampungan waduk yang sudah kosong, tetapi tubuh bendungan yang sudah tidak mengalami

perubahan akibat *piping*, erosi dan longsoran yang terjadi. Ilustrasi *time lapsed breach* akibat *piping* dapat dilihat dalam Gambar 3. Penggunaan simulasi hidrolis dan sistem informasi geografis dapat berkontribusi secara signifikan untuk mengembangkan strategi dalam mitigasi bahaya banjir bandang (mendadak). Terlebih resiko tersebut meningkat dengan adanya potensi keruntuhan bendungan besar dan fenomena ekstrem meteorologis dan hidrologi (Abdelbasset et al., 2015).

Penggabungan analisa HEC-GeoRAS dan simulasi banjir akibat keruntuhan bendungan pada HEC-RAS akan menghasilkan peta dinamis 2D. Hasil utama dalam peta digital tersebut adalah: luas area terdampak, kecepatan aliran, waktu kedatangan, waktu genangan, debit aliran dan kedalaman genangan pada area terdampak (Derdous, Djemili, Bouchehed, & Tachi, 2015).

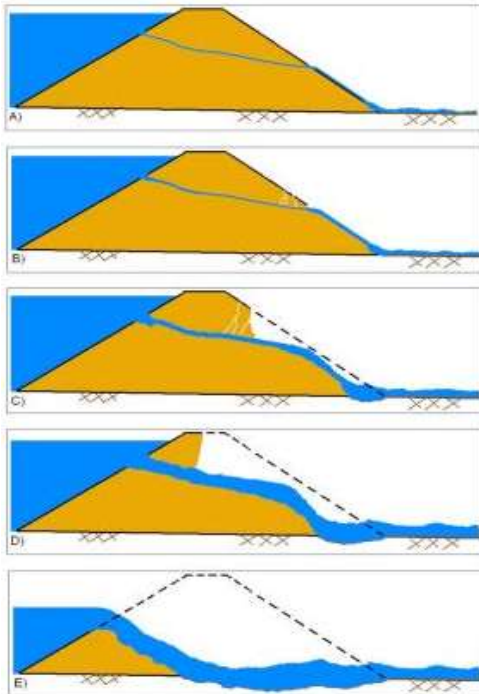
**Gambar 2.** Skenario *breacing* akibat *piping* (Purwanto et al., 2017).





6	0.06	15.339
---	------	--------

Gambar 3. Proses *breach* akibat *piping* (Hydrologic Engineering Center, 2014).



**Tahapan Penelitian**

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu melakukan pengumpulan data seperti data hasil pengukuran/topografi dan tutupan lahan, data hidrologi, bathimetri waduk dan data-data penunjang bendungan. Hasil dari pengumpulan data tersebut terbagi menjadi beberapa output seperti debit rencana, *routing* waduk dan skenario keruntuhan. Dari *output* tersebut selanjutnya melakukan pemodelan aliran limpasan akibat *dam break*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Distribusi hujan jam-jaman hasil analisis distribusi frekuensi hujan dan uji kesesuaian distribusi adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Distribusi hujan jam-jaman

Jam	%	Hujan (mm)
		PMP
1	0.55	143.160
2	0.14	37.210
3	0.1	26.102
4	0.08	20.780
5	0.07	17.548

Analisis karakteristik dan Tutupan lahan dilakukan pada DAS Bendungan Tanju. DAS Bendungan di deliniasi berdasarkan Peta SRTM DEM 30x30 dengan outletnya berdasarkan lokasi Bendungan Tanju. Jenis tutupan lahan di dapatkan dari Peta RBI Indonesia, jenis tutupan lahan perlu diketahui untuk menentukan nilai “C” koefisien pengaliran pada masing-masing DAS.

Tabel 3. Tutupan lahan dan koefisien pengaliran di DAS Tanju

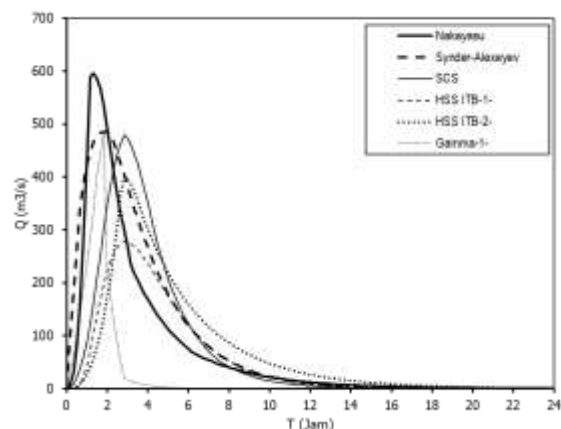
Tutupan Lahan DAS Tanju	Area (Km <sup>2</sup> )	Percentage (%)	C
Perkebunan	7.176	37	0.4
Hutan Kering	1.666	9	0.5
Semak Belukar	7.772	40	0.35
Permukiman	0.136	1	0.7
Ladang	2.680	14	0.7
<b>Total</b>	<b>19.43</b>	<b>100</b>	<b>0.43</b>

Tabel 4. Karakteristik DAS Bendungan Tanju

Karakteristik DAS	
A (Km <sup>2</sup> )	19.43
Panjang sungai, L (Km <sup>2</sup> )	5.17

Analisis debit banjir rencana pada DAS Bendungan Tanju akan menggunakan hidrograf satuan sintetis. Debit banjir rencana selanjutnya akan dibandingkan antara debit banjir rencana PMF berdasarkan analisis frekuensi dan debit rencana PMF Metode Hersfield.

Gambar 4. HSS PMF dari curah hujan PMP Hersfield



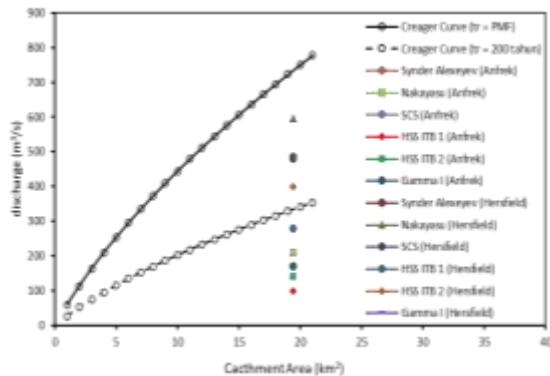


Gambar 5. Debit puncak PMF dari curah hujan PMP analisis frekuensi



Selanjutnya nilai debit puncak dari kedua metode PMF akan dibandingkan dengan debit puncak berdasarkan Lengkung Creager untuk memilih metode mana yang akan digunakan untuk perencanaan.

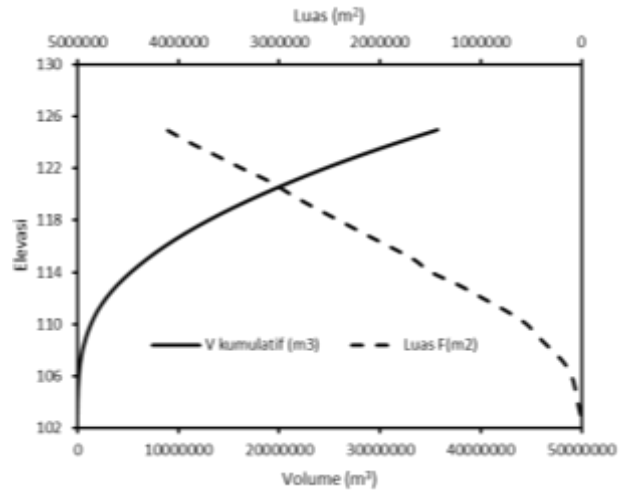
Gambar 6. Lengkung Creager DAS Bendungan Tanju



Dapat diambil simpulan terdapat beberapa hidrograf satuan sintesis yang mendekati dengan Lengkung Creager dan berada di dalam rentang *Creager Curve 200 tahun* dan *PMF*. Berdasarkan SNI 2415:2016 - Tata cara perhitungan debit banjir rencana maka HSS yang digunakan adalah **HSS Snyder-Alexeyev PMP Hersfield**.  
**Pemodelan Dam Break**

Kurva lengkung waduk dibutuhkan sebagai input parameter di HEC-HMS.

Gambar 7. Kurva lengkung kapasitas Waduk Tanju



Gambar 8. Kontur Bendungan Tanju



### Skenario Keruntuhan

Tabel 5. Skenario keruntuhan (*development time*)

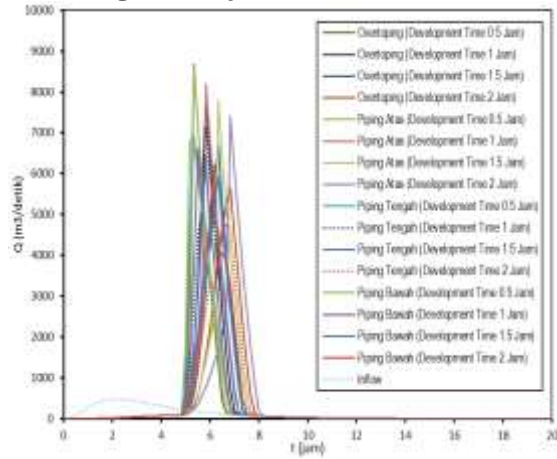
Skenario/waktu	0.5	1	1.5	2
<i>Overtopping</i>	X	X	X	X
<i>Piping atas</i>	X	X	X	X
<i>Piping tengah</i>	X	X	X	X
<i>Piping bawah</i>	X	X	X	X

Untuk Bendungan Tanju tidak terjadi keruntuhan akibat *overtopping*. Untuk skenario *overtopping* dianggap terjadi *sliding* pada tubuh bendungan



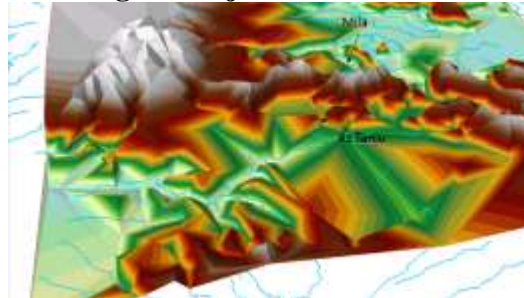
sehingga elevasi puncak Bendungan Tanju diasumsikan turun 2 m menjadi +121 m.

**Gambar 9. Outflow akibat keruntuhan Bendungan Tanju.**

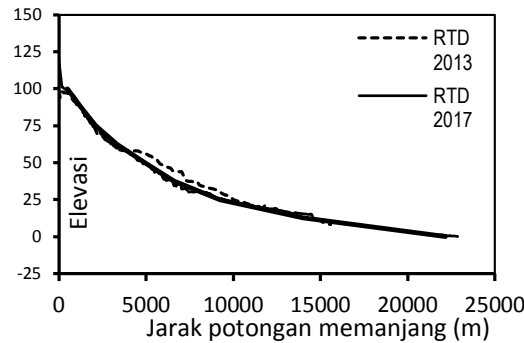


**Pemodelan Aliran Banjir Akibat Dam Break**  
Data topografi yang digunakan pada pemodelan berasal dari data RBI BIG Indonesia dan hasil pengukuran *cross section* dan *long section* sungai di lokasi pekerjaan.

**Gambar 10. Tampilan 3 dimensi topografi Bendungan Tanju**



**Gambar 11. Jarak potongan memanjang (m)**



**Kekasaran Dasar**

Semakin besar nilai angka kekasaran *Manning*, maka semakin kecil kecepatan aliran

pada suatu penampang. Berdasarkan buku *open channel hydraulics* yang ditulis Ven T. Chow (1988) dalam Putro dan Hadihardaja (2013) disebutkan bahwa kesulitan terbesar dalam pemakaian rumus *Manning* adalah menentukan koefisien kekasaran *n*, sebab tidak ada cara yang tertentu untuk pemilihan nilai *n*. Pada pengetahuan saat ini, memilih nilai *n* sebenarnya memperkirakan hambatan aliran pada saluran tertentu, yang benar-benar tidak dapat diperhitungkan.

Nilai *n* selanjutnya dikenal dengan nama koefisien kekasaran *Manning*, dimana dipengaruhi oleh kekasaran permukaan, tetumbuhan, ketidak teraturan saluran trase saluran, pengendapan dan penggerusan, hambatan, ukuran dan bentuk saluran, taraf air dan debit. Pemilihan angka *Manning* dengan tepat dapat memperhitungkan elevasi muka air. Pada dasarnya, angka *Manning* seharusnya dikalibrasi saat sewaktu-waktu mengamati informasi tentang elevasi muka air tersedia. Ada beberapa referensi pengguna yang dapat diakses untuk menunjukkan angka *Manning* untuk beberapa tipe saluran. Kompilasi yang luas dari angka kekasaran untuk saluran utama dan daratan banjir dapat dilihat pada Chow-1959 “*Open-Channel Hydraulics*”.

Berikut ini nilai *Manning* yang digunakan pada pemodelan bendungan Tanju.

**Gambar 12. Nilai Manning pemodelan aliran Bendungan Tanju**





**Gambar 13. Kedalaman genangan akibat keruntuhan *overtopping* Bendungan Tanju**



**Gambar 14. Waktu kedatangan akibat keruntuhan *overtopping* Bendungan Tanju**



**Tabel 6. Hasil analisis akibat keruntuhan *overtopping* Bendungan Tanju**

Skenario	Debit puncak (m <sup>3</sup> /dtk)	Waktu runtuh tr (jam)	Luas Genangan (ha)	Waktu sampai ke muara (jam)
<i>Overtopping</i>	8674.2	4.83	703.52	7

**Tabel 7. Dampak genangan akibat keruntuhan *overtopping* Bendungan Tanju**

Kab/Kota	Kec	Desa	Luas Desa (ha)	Luas Genangan (ha)	% Luas Genangan
Dompu	Kilo	Taropo	1642.99	87.39	5.32%
Dompu	Kilo	Mbuju	5559.23	126.11	2.27%
Dompu	Manggalewa	Persiapan Teka sire	3371.57	62.49	1.85%
Dompu	Manggalewa	Tanju	865.61	0.83	0.10%
Dompu	Manggalewa	Nusa Jaya	791.19	16.80	2.12%
Dompu	Manggalewa	Lanci Jaya	1426.73	107.73	7.55%
Dompu	Manggalewa	Kampas Meci	1047.62	63.02	6.02%
total			14704.94	464.38	

Berdasarkan hasil pemodelan limpasan di atas akibat keruntuhan Bendungan Tanju *overtopping* luas genangan total 703.52 ha, dimana untuk Kab/Kota Dompu terdapat 7 Desa yang terdampak dengan total luas 464.38 ha, sedangkan luas genangan 239.14 ha pada Kabupaten Bima.

**Gambar 15. Kedalaman genangan akibat keruntuhan *piping* Bendungan Tanju**



**Gambar 16. Waktu kedatangan akibat keruntuhan *piping* Bendungan Tanju**



**Tabel 8. Hasil analisis akibat keruntuhan *piping* Bendungan Tanju**

Skenario	Debit puncak (m <sup>3</sup> /dtk)	Waktu runtuh tr (jam)	Luas Genangan (ha)	Waktu sampai ke muara (jam)
<i>Piping atas</i>	8582.1	4.83	697.35	7

**Tabel 9. Dampak genangan akibat keruntuhan *piping* Bendungan Tanju**

Kab/Kota	Kec	Desa	Luas Desa (ha)	Luas Genangan (ha)	% Luas Genangan
Dompu	Kilo	Taropo	1642.99	85.97	5.23%
Dompu	Kilo	Mbuju	5559.23	124.59	2.24%



Dompu	Manggalewa	Persiapan teka sire	3371.57	62.47	1.85%
Dompu	Manggalewa	Tanju	865.61	0.82	0.09%
Dompu	Manggalewa	Nusa jaya	791.19	16.55	2.09%
Dompu	Manggalewa	Lanci jaya	1426.73	105.48	7.39%
Dompu	Manggalewa	Kampas meci	1047.62	63.02	6.02%
Total			14704.94	458.90	

Berdasarkan hasil pemodelan limpasan diatas akibat keruntuhan bendungan tanju *piping* luas genangan total 697.35 ha, dimana untuk Kab/Kota Dompu terdapat 7 Desa yang terdampak dengan total luas 458.90 ha, sedangkan luas genangan 238.45 ha pada Kabupaten Bima.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Bendungan Tanju terletak di Desa Teka Sire Kecamatan Manggelewa, Kabupaten Dompu, pada aliran Sungai Tanju, Wilayah Sungai Sumbawa, pada koordinat 08°28'20.94"LS dan 118°20'56.83"BT.
2. Tipe bendungan Tanju adalah Urugan *Random Inti Tegak*, dengan tinggi dari dasar sungai 21 m, volume tampungan normal waduk 18,27 juta m<sup>3</sup> pada elevasi +120,00, volume tampungan maksimum 27,97 juta m<sup>3</sup>, luas genangan waduk maksimum 361,99 Ha dan elevasi puncak bendungan + 123,00 m.
3. Berdasarkan hasil pemodelan limpasan diatas akibat keruntuhan Bendungan Tanju *overtopping* luas genangan total 703.52 ha, dimana untuk Kab/Kota Dompu terdapat 7 Desa yang terdampak dengan total luas 464.38 ha, sedangkan luas genangan 239.14 ha pada Kabupaten Bima.
4. Berdasarkan hasil pemodelan limpasan diatas akibat keruntuhan bendungan tanju *piping* luas genangan total 697.35 ha, dimana untuk Kab/Kota Dompu terdapat 7 Desa yang terdampak dengan total luas 458.90 ha, sedangkan luas genangan 238.45 ha pada Kabupaten Bima.

## Saran

1. Peningkatan akurasi pemodelan dapat dilakukan dengan memperbaiki kualitas input peta digital DEM atau peta kontur yang lebih akurat. Kelengkapan data pengukuran *cross* dan *long section mainstream* hilir akan meningkatkan akurasi simulasi hidrolis.
2. Dalam penelitian yang telah dilakukan tidak memperhitungkan faktor sedimen, kedepan sebaiknya memperhitungkan besaran angkutan sedimen agar pendekatan bisa lebih efektif lagi.
3. Perlu dilakukan analisa dam break menggunakan *Software* lain seperti BOSS DAMBRK dan ZHONG XING HY21 guna menambah referensi.
4. Melihat dari potensi bahaya yang ditimbulkan, diperlukan kesadaran dari pemerintah dan masyarakat untuk menjaga daerah hulu guna menekan laju aliran (koefisien C).

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini bisa terlaksana tidak lepas dari bantuan kedua orang tua dan saudara-saudara saya serta teman-teman yang banyak membantu dalam pengolahan data guna keperluan analisa. Tidak lupa saya ucapkan juga terimakasih sebesar-besarnya terhadap Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, khususnya dibawah PPK Perencanaan dan Program dalam *support* data baik itu data primer dan sekunder.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdelbasset, M., Abderrahim, L., Ali, C. A., Abdallah, B., Lahcen, B., & Laila, B. 2015. Integration Of GIS And Hec-Ras In Floods Modeling Of The Ouergha River, Northern Morocco. *European Scientific Journal*, 11(2), 196–204.
- [2] Azdan, M. D., & Samekto, C. R. 2008. Kritisnya Kondisi Bendungan di Indonesia. *Seminar Nasional Bendungan Besar Indonesia*, (Juli 2008). Surabaya.
- [3] Chow, Van Te. 1985. Hidrolika Saluran Terbuka (*Open Chanel Hydraulics*). Terjemahan Suryatman, VFX Kristanto





- Sugiharto dan E.V. Nensi Rosalina Jakarta : Erlangga.
- [4] Costa, J. E. 1985. *Floods from Dam Failures*. Denver: Geological Survey, United States Department of the Interior.
- [5] Derdous, O., Djemili, L., Bouchehed, H., & Tachi, S. E. 2015. A GIS based approach for the prediction of the dam break flood hazard – A case study of Zardezas reservoir “Skikda, Algeria.” *Journal of Water and Land Development*, 27(1), 15–20. <https://doi.org/10.1515/jwld-2015-0020>
- [6] Hydrologic Engineering Center. 2014. Using HEC-RAS for Dam Break Studies. *California: US Army Corps of Engineer*.
- [7] Purwanto, P. I., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. 2017. Analisa Keruntuhan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Teknik Pengairan*, 8(2), 222-230.
- [8] Putro, H., Hadihardaja, J., 2013. Variasi Koefisien Kekasaran Manning (n) pada Flume Akrilik pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran. *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil*, 19(2).
- [9] Siswanto, Suprpto, Huda. 2019. Pendekatan GIS Dalam Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D (Studi Kasus Bendungan Logung, Kabupaten Kudus). *Journal os Science and Technology*, Rekayasa.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN