

Pendekatan GIS dalam Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D (Studi Kasus Bendungan Logung, Kabupaten Kudus)

Siswanto⁽¹⁾, Suprpto⁽²⁾, Adib Lathiful Huda⁽³⁾

¹⁾ Dinas PU SDA Prov. Jawa Timur, Surabaya ²⁾ Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang

³⁾ BBWS Pemali Juana, Semarang

¹⁾ siwato@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.5807>

ABSTRAK

Keruntuhan bendungan merupakan sumber potensi bahaya terbesar pada sebuah bendungan. Rencana Tindak Darurat (RTD) merupakan syarat yang harus dipenuhi oleh operator bendungan sebelum bendungan tersebut beroperasi. Analisa keruntuhan bendungan tidak dimaksudkan untuk mendesain ulang bendungan agar lebih kuat, tetapi untuk memperkirakan potensi resiko jika terjadi kegagalan bendungan. Makalah ini fokus pada analisis geospasial dan analisis hidrolis yang terjadi pada daerah hilir bendungan ketika terjadi kegagalan bendungan. Sebagai studi kasus penelitian ini adalah Bendungan Logung yang berada di Kudus, Indonesia. Bendungan ini mempunyai kapasitas 20jt m³ dengan ketinggian bendungan 55m pada DAS Muria. Dam Break Analysis (DBA) dimodelkan 2D pada kondisi unsteady-flow menggunakan HEC-RAS dan HEC-GeoRAS. Analisis spasial dan analisis hidrologi digunakan sebagai input dalam pemodelan tersebut. Output dari Dam Break Analysis ini adalah peta dinamis 2D yang memberikan informasi debit, kecepatan, luasan dan kedalaman pada setiap titik yang terdampak runtuhnya bendungan. Informasi tersebut dapat digunakan untuk rencana mitigasi dan proses evakuasi dalam Emergency Action Plan (EAP), sehingga dapat meminimalisir resiko ketika bencana tersebut terjadi.

Kata kunci : RTD; resiko; banjir; pemodelan 2D; Logung

A GIS approach for Dam Break Modelling by using HEC-RAS 2D (A Case Study of Logung Dam, Kudus-Indonesia)

ABSTRACT

The Dam collapse is a greatest potential hazard of a dam. Emergency Action Plan (RTD) is a condition that must be fulfilled by dam operators before the dam operates. Dam break analysis is not intended to redesign the dam to be stronger, but to estimate the potential risk if a dam failure occurs. This paper focuses on geospatial analysis and hydraulic analysis that occurs in the downstream area of a dam when a dam failure occurs. As a case study this research take Logung Dam in Kudus, Indonesia. The dam has a capacity of 20 million m³ with a dam height of 55m in the Muria watershed. Dam Break Analysis (DBA) is modeled 2D at unsteady-flow conditions using HEC-RAS and HEC-GeoRAS. Spatial analysis and hydrological analysis are used as input in the modeling. The output of the Dam Break Analysis is a 2D dynamic map that provides discharge, speed, area and depth information at each point affected by the dam collapse. This information can be used for mitigation plans and evacuation processes in the Emergency Action Plan (EAP), so as to minimize risks when a disaster occurs.

Keywords : EAP; risk; flood; 2D Modelling; Logung

PENDAHULUAN

Bendungan Logung merupakan bendungan multipurpose dengan kapasitas 20jt m³(BBWS Pemali Juana, 2014). Manfaat yang besar pada Bendungan ini terdapat potensi bahaya yang besar juga. Potensi bahaya utama pada sebuah bendungan adalah jika terjadi keruntuhan atau kegagalan struktur. Oleh karena itu diperlukan analisis dan simulasi bagaimana jika bendungan tersebut mengalami kegagalan.

Terdapat 5 tipe bendungan yang umum dibangun yaitu *earthen embankment (rockfill/earthfill), concrete arch, concrete gravity, buttress dan composite (timber, steel, composite)*. Secara kuantitas, Bendungan di Indonesia didominasi oleh bendungan tipe urugan (*earthfill dam, rockfill dam and random*). Penyebab keruntuhan pada bendungan tersebut yaitu banjir, *piping/seepage*, longsor, gempa bumi, kegagalan pondasi, kegagalan peralatan (malfunction), kegagalan struktur, kondisi surut cepat (RDD) dan sabotase.

Article History:

Received: August, 4th 2019; Accepted: September, 29th 2019
ISSN: 2502-5325 (Online) **Terakreditasi Peringkat 3** oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (ARJUNA), berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan No: 23/E/KPT/2019 tanggal 8 Agustus 2019

Cite this as:

Siswanto, S. Suprpto, & Huda, A.L. (2019). Pendekatan GIS dalam Pemodelan Keruntuhan Bendungan Menggunakan HEC-RAS 2D (Studi Kasus Bendungan Logung, Kabupaten Kudus). *Rekayasa*, 12(2), 112-119. doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.5807>

© 2019 Siswanto, Suprpto, Adib Lathiful Huda

Bendungan type urugan mempunyai potensi keruntuhan akibat rembesan (*seepage and 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).

Adanya potensi bahaya yang besar ini harus dibuat *emergency action plan (EAP)* dengan hati-hati dan efektif. Input utama dari EAP adalah *dam break analysis (DBA)* (Lakshmi, Ambujam, & Balamurugan, 2017). Berdasarkan DBA inilah akan didapatkan simulasi dan karakteristik keruntuhan bendungan dan dampak yang diakibatkan olehnya.

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. 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. Data-data tersebut sangat penting sebagai input dalam mengambil keputusan EAP, perencanaan evakuasi dan manajemen bencana akibat runtuhnya sebuah bendungan (Veról, Miguez, & Mascarenhas, 2011).

METODE PENELITIAN

Data Input dan Software

Analisa hidrologi pada penelitian ini menggunakan software HEC-HMS 4.2.1 sedangkan DBA 2D menggunakan software HEC-RAS 5.0.3. Olah data geospasial ArcGIS menggunakan HEC-GeoRAS. Keuntungan menggunakan software ini selain *user interface* yang mudah, penggunaan yang luas juga bersifat *opensource* tanpa perlu khawatir masalah lisensi dan biaya.

Input utama *Dam Break Analysis 2D* adalah peta digital, data hidrologi dan data teknis bendungan itu sendiri. Peta digital yang dibutuhkan setidaknya meliputi Digital Elevation Model (DEM), daerah tangkapan air (DTA) dan batas administrasi. Data curah hujan diperlukan untuk membuat routing banjir dan desain hidrologi bendungan. Data teknis bendungan yang menentukan kulit DBA adalah lengkung kapasitas waduk, sistem pengaliran bendungan dan pengukuran *cross-long section* sungai khususnya dihilir bendungan sampai

dengan muara. *Cross-long section* ini akan memberikan data kapasitas pengaliran sungai dan kemiringan secara lebih akurat. Jika terdapat bagian sungai yang belum mempunyai data pengukuran *cross-long section* dapat menggunakan peta DEM untuk menghasilkan data yang diperlukan.

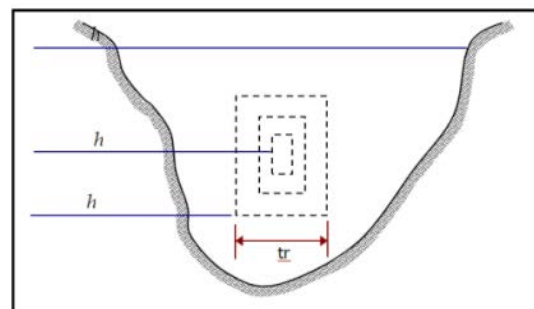
Konsep Keruntuhan Bendungan

Keruntuhan bendungan diawali dengan rekahan (*breaching*). Pada umumnya rekahan ditinjau dalam 2 cara yaitu *over topping* dan *piping*. *Breaching* pada pemodelan ini menggunakan skenario *piping* dengan alasan bahwa piping menimbulkan dampak yang lebih luas (Xiong, 2011). Skenario *piping* berpotensi terjadi sepanjang musim (kering atau basah). Tetapi, skenario *over topping* 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.

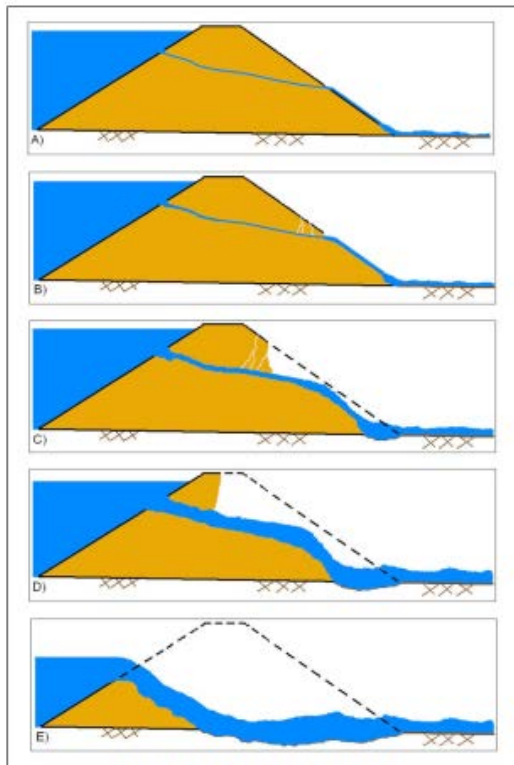
Skenario *piping* yang menjadi penyebab keruntuhan bendungan disimulasikan dengan menentukan elevasi sumbu *piping* bendungan. *Breaching* ini disimulasikan sebagai rekahan lubang (*orifice*) berbentuk segipanjang (**Gambar 1**) (Purwanto, Juwono, & Asmaranto, 2017).

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 tumpukan 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.

Penggunaan simulasi hidrolik dan sistem informasi geografis dapat berkontribusi secara signifikan untuk mengembangkan strategi dalam mitigasi bahaya banjir bandang (mendadak). Terlebih resiko



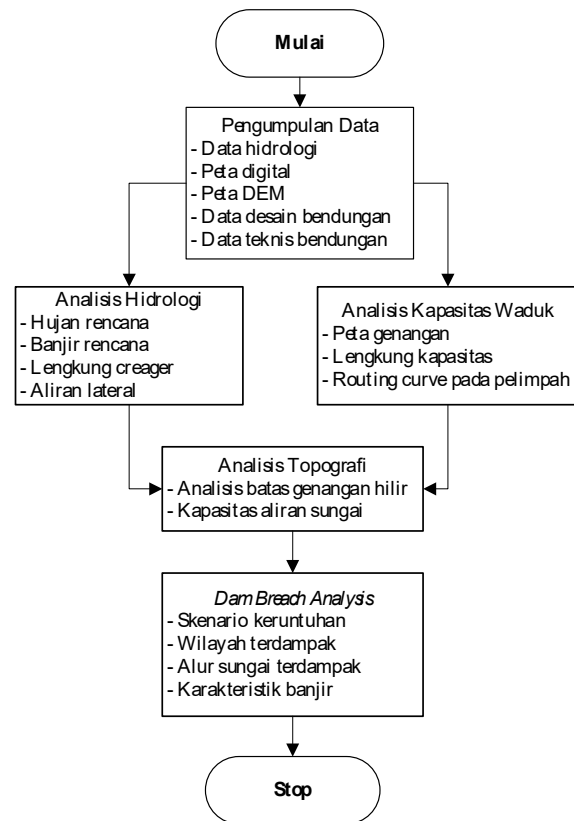
Gambar 1 Skenario *breaching* akibat piping (Purwanto et al., 2017)



Gambar 2 Proses breach akibat piping (Hydro-logic Engineering Center, 2014)

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)however the consequences resulting from their failure could result in major damage, including loss of life and property destruction. To mitigate the threats of dam break it is essential to appreciate the characteristics of the potential flood in realistic manner. In this study an approach based on the integration of hydraulic modelling and GIS has been used to assess the risks resulting from a potential failure of Zardezas dam, a concrete dam located in Skikda, in the North East of Algeria. HEC-GeoRAS within GIS was used to extract geometric information from a digital elevation model and then imported into HEC-RAS. Flow simulation of the dam break was performed using HEC-RAS and results were mapped using the GIS. Finally, a flood hazard map based on water depth and flow velocity maps was created in GIS environment. According to this map



Gambar 3 Tahapan penelitian

the potential failure of Zardezas dam will place a large number in people in danger. The present study has shown that Application of Geographical Information System (GIS). Setiap titik pada area terdampak mempunyai nilai berbeda tergantung lokasi dan kondisi topografi pada daerah tersebut.

Tahapan Penelitian

Secara umum tahapan *Dam Break Analysis (DBA)* adalah pemenuhan kebutuhan data terlebih dahulu yang dilanjutkan dengan analisis hidrologi dan analisis kapasitas waduk. *DBA* merupakan gabungan dari output analisis hidrologi, geospasial dan data teknis bendungan. Analisis topografi akan tergantung pada data pengukuran *long-cross section* dan ketelitian data DEM(Razack, 2014)(Ehsan, Afzal, Usman, Rasheed, & Jamil, 2016). Tahapan penelitian dapat dilihat dalam *flow chart Gambar 3*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas daerah tangkapan air Bendungan Logung adalah 43,81 km², dengan panjang sungai 20,13 km serta kemiringan rata-rata 0,0600. Dimana sungai-sungai yang terdapat di DAS tersebut merupakan pensuplai utama dari Waduk Logung, yaitu Sungai Logung dan Sungai Gajah yang berasal dari Pegunungan Muria. Bendungan Logung tidak terdapat aliran lateral, namun di hilir bendungan

sungai Logung bertemu dengan Sungai Juana yang mempunyai kapasitas alir 225 m³/dt.

Analisis Banjir Rancangan

Terdapat tiga stasiun hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi yaitu Gembong, Tanjung Rejo dan Rahtawu. Sebelum data hujan digunakan harus melewati uji homogenitas, uji konsistensi, uji kepengangahan dan uji pencilan.

Hujan rancangan dibedakan menjadi dua, yaitu besaran hujan rancangan dengan kala ulang tertentu, dimana analisisnya menggunakan metode distribusi frekuensi dan hujan rancangan maksimum boleh jadi (PMP) yang analisisnya menggunakan cara *Hersfield* maupun cara *Isohyete*. Untuk menentukan distribusi frekuensi mana yang mempunyai simpangan terkecil, maka dilakukan uji distribusi frekuensi dengan metode Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square.

Sehubungan pada DAS Logung tidak terdapat pos pengamatan debit banjir, maka untuk menginterpretasikan hujan efektif menjadi limpasan diperlukan hidrograf satuan sintesis (HSS). HSS Nakayasu dipilih dikarenakan waktu konsentrasi paling kecil dengan rasio debit mendekati satu.

Berdasarkan analisis Lengkung Creager, bahwa banjir rancangan maksimum boleh jadi (PMF) DTA Logung 806,04 m³/dt berada di antara koefisien C=30 dan C=70 dan berada di antara bendungan-bendungan di Indonesia.

Pada hilir bendungan, Sungai Logung bertemu dengan Sungai Silugonggo. Hidrograf rancan-

gan (**Gambar 4**) digunakan sebagai kondisi batas bawah (*lower limit boundary*) dalam analisis DBA Bendungan Logung.

Kapasitas Waduk

Data teknis waduk berdasarkan sertifikasi desain pada tahun 2015 adalah sebagai berikut:

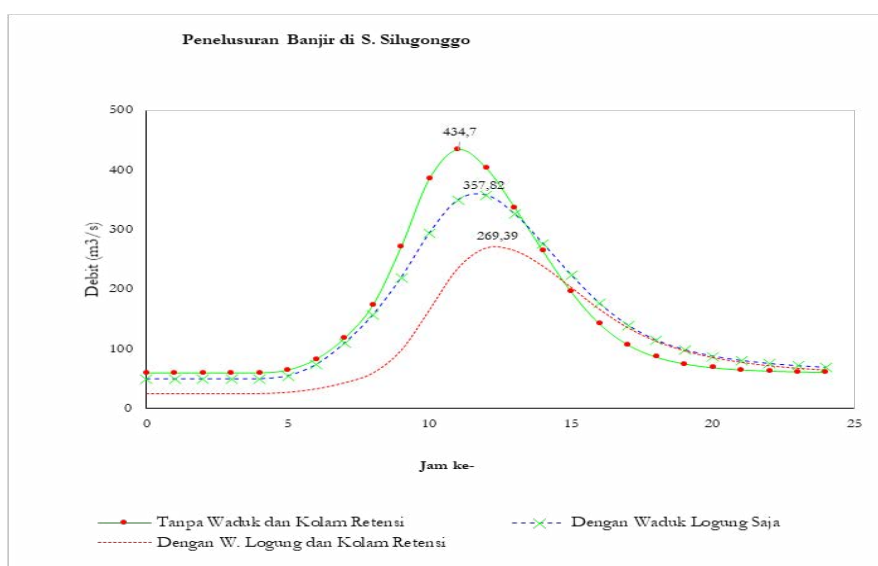
- Elevasi Muka Air Banjir PMF (MAB): +92,853m.
- Elevasi Muka Air Normal (MAN): +88,50m.
- Elevasi Muka Air Rendah (MAR): +74,00m.
- Tampungan Normal : 20.150.000 m³.
- Luas Genangan : 122,89ha.
- Tampungan Mati 6.430.000m³.
- Tampungan Efektif 13.720.000m³.

Sesuai dengan hasil pengukuran pada sertifikasi design Bendungan Logung, lengkung kapasitas waduk ditunjukkan dalam **Gambar 5**. Dari hasil perhitungan debit banjir rencana bendungan Logung untuk Q PMF sebesar 878,711 m³/dt dengan tinggi muka air waduk maksimum EL. 92,793 m dan outflow sebesar 566,345 m³/dt (**Gambar 6**).

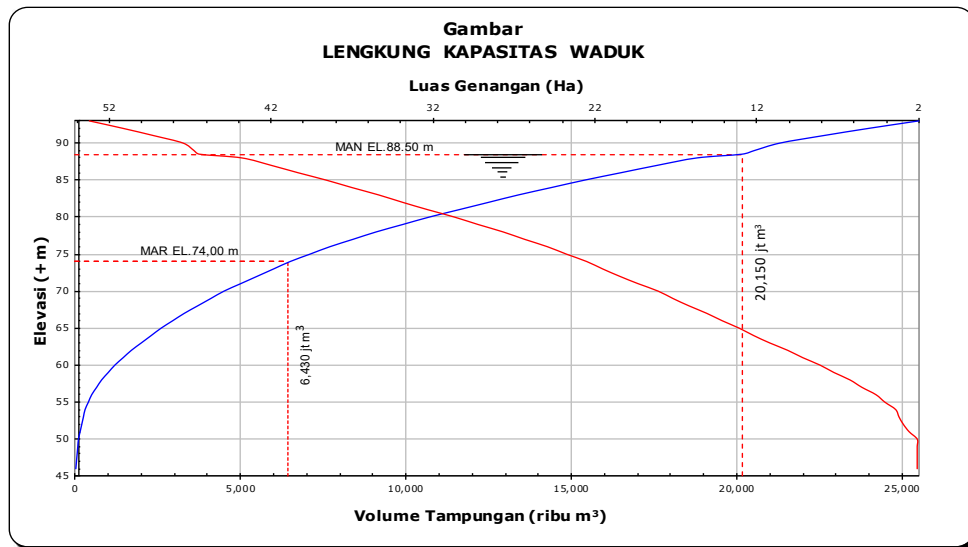
Desain hidrograf dan lengkung kapasitas waduk digunakan sebagai input HEC-RAS untuk disimulasikan dalam berbagai skenario *dam breach* yang diinginkan..

Skenario Keruntuhan Bendungan

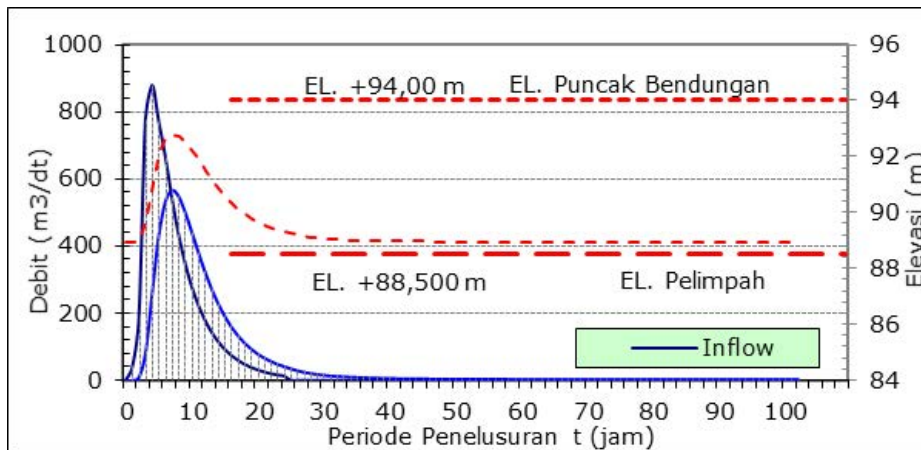
Analisis keruntuhan bendungan dilakukan menggunakan skenario piping atas di elevasi pelimpah. Pada skenario ini *breach* saat kondisi tanpa hujan (*sunnyday*) dimasukkan dalam perhitungan. Hal ini dikarenakan piping dianggap dapat terjadi sepanjang musim. Perbandingan outflow skenario *breach* dalam **Gambar 7**.



Gambar 4 Hidrograf aliran lateral Sungai Silugonggo (BBWS Pemali Juana, 2017)



Gambar 5 Lengkung kapasitas waduk (BBWS Pemali Juana, 2015)



Gambar 6 Hidrograf penelusuran banjir melalui pelimpah (BBWS Pemali Juana, 2015)

Berdasarkan kelima skenario keruntuhan bendungan didapatkan hidrograf outflow keruntuhan Bendungan Logung, dimana keruntuhan yang diakibatkan oleh skenario piping atas dengan puncak banjir sebesar 45.620 m³/dt diperkirakan akan memberikan dampak terbesar pada wilayah hilir Bendungan Logung diikuti dengan piping dasar dengan puncak banjir 40.204 m³/dt, piping tengah dengan puncak banjir 37.190 m³/dt, piping atas tanpa inflow dengan debit puncak mencapai 37.092 m³/dt serta kondisi overtopping dengan debit puncak 28.481 m³/dt.

Kapasitas aliran Sungai Logung sebesar 75 m³/dt atau debit kala ulang 25 tahunan. Debit yang melebihi kapasitas aliran akibat keruntuhan bendungan akan disimulasikan secara spasial oleh HEC-RAS & HEC-GeoRAS sehingga dapat diketahui sifat hidroliknya.

Output yang didapat dari analisis keruntuhan

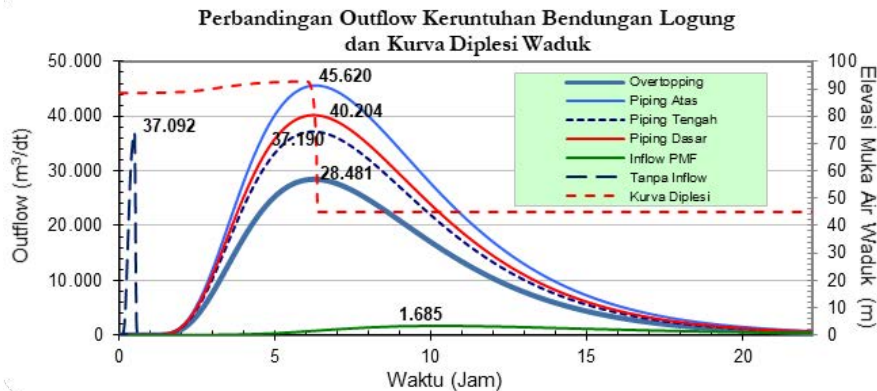
bendungan adalah hydrograph banjir di setiap lokasi yang ingin dianalisis, yang terdiri dari informasi:

- Hydrograph banjir di setiap lokasi terpilih Q (m³/dt)
- Elevasi banjir di setiap lokasi terpilih (m)
- Waktu perambatan banjir di setiap lokasi terpilih
- Waktu surutnya banjir di setiap lokasi terpilih
- Kecepatan perambatan banjir di setiap lokasi terpilih.

Dari running simulasi tersebut utput berupa peta genangan banjir dapat dioverlaykan dengan peta pemukiman dan prasarana yang ada untuk mengetahui wilayah pemukiman dan prasarana umum mana yang masuk dalam klasifikasi bahaya banjir keruntuhan bendungan.

Wilayah Terdampak

Berdasarkan Peta Genangan Banjir (**Gambar 8**)



Gambar 7. Perbandingan outflow skenario breach pada keruntuhan Bendungan Logung

diperkirakan sebanyak 19 desa yang berada di 3 kecamatan di Kabupaten Kudus dan 2 desa yang berada di 2 kecamatan di Kabupaten Pati Jawa Tengah diperkirakan akan terkena dampak banjir akibat keruntuhan Bendungan Logung dengan total penduduk kena resiko (penris) diperkirakan mencapai 58.285 jiwa dan 14.572 kk (**Tabel 1**). Debit puncak banjir pada kondisi piping atas diperkirakan mencapai 45.620 m³/dt dengan durasi banjir mencapai antara 10jam s.d 77 jam. Sesuai dengan posisi lokasi terdampak, waktu kedatangan banjir diperkirakan terjadi pada 0,5jam s.d 9jam sejak terjadinya awal keruntuhan (*breach*).

Karakteristik banjir dengan skenario keruntuhan piping atas yaitu kedalaman banjir rata-rata yang terjadi adalah 2,51m dengan kecepatan rata-rata adalah 4 m/dt. Kedalaman banjir tertinggi terjadi di Desa Tanjungrejo Kecamatan Jelokudus, Kabupaten Kudus dengan ketinggian banjir rata-rata mencapai 3,90m.

Ketinggian banjir rata-rata di Kabupaten Kudus diperkirakan mencapai 2,59m dibandingkan, sedangkan ketinggian rata-rata di Kabupaten Pati sebesar 0.5 m. Kedalaman rata-rata banjir di alur sungai di hilir bendungan diperkirakan mencapai 2,96 m dengan kecepatan rata-rata super kritis mencapai 4,4 m/dt. Dimana banjir tertinggi terjadi di alur sungai di Desa Tanjungrejo Kecamatan Jekulo Kudus yang berjarak ± 1,54 km dari Bendungan Logung.

Data spasial hasil simulasi DBA dapat diolah dan ditabelkan dalam batas-batas administrasi yang lebih kecil untuk berbagai tujuan. Peta genangan yang memuat informasi kedalaman, kecepatan aliran, waktu kedatangan dan durasi genangan akan memudahkan pembuat kebijakan dalam menyusun rencana evakuasi dan anggaran jika terjadi kegagalan bendungan. Untuk membuat data potensi kerusakan dan menghitung kerugian akibat jebolnya bendungan, dapat dilakukan den-

gan menggabungkan data spasial *modelling DBA* dengan data instansi lain yang memuat informasi mengenai administrasi, jumlah jiwa, binatang ternak, tempat usaha, fasilitas umum, infrastruktur (rumah, sekolah, kantor, jembatan, lapangan, rumah ibadah dll), sawah/kebun dan data lainnya yang diperlukan. Semakin lengkap data pendukung yang tersedia maka kita akan mendapatkan informasi yang menyeluruh.

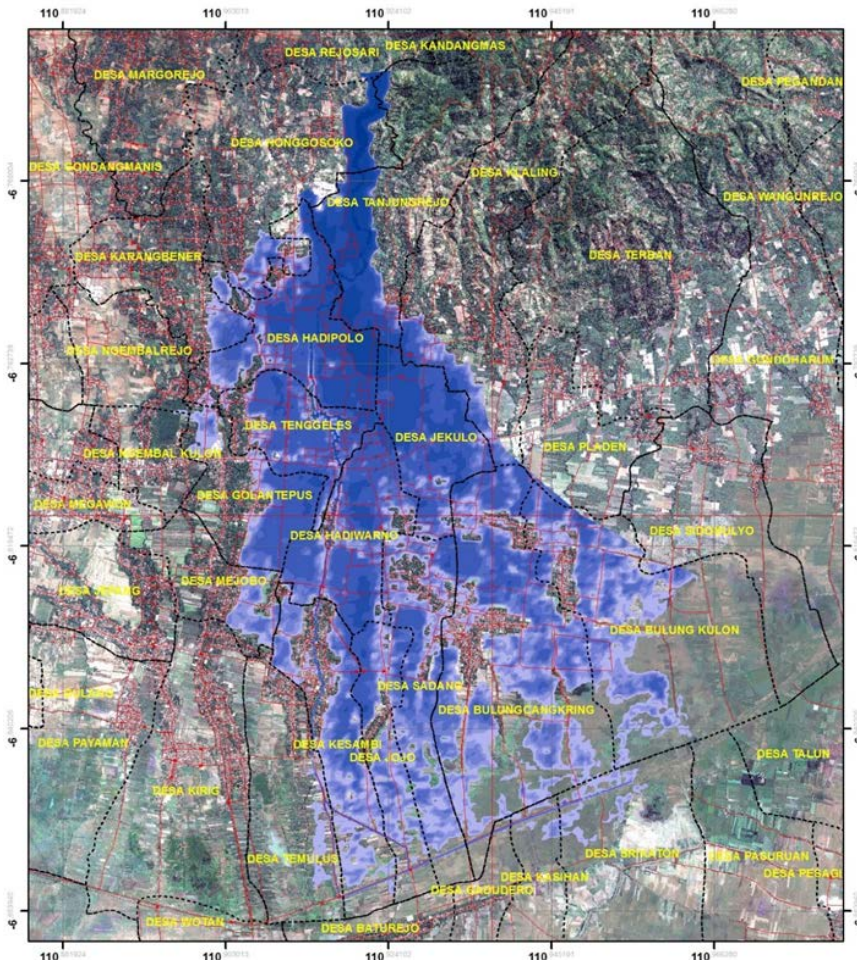
Jumlah penduduk dihilir bendungan yang berpotensi kena resiko (penris) sebanyak 58.285 jiwa atau 14.571 KK (**Tabel 1**). Semua wilayah terdampak tersebut mempunyai jarak dibawah 30km dari Bendungan Logung. Desa terjauh yang terkena dampak berdasarkan peta banjir (**Gambar 8**) adalah 9.5km.

Berdasarkan Surat Keputusan Dirjen SDA Nomor 257/KPTS/D/2011 tentang Pedoman Klasifikasi Bahaya Bendungan, klasifikasi bahaya sebuah bendungan ditentukan oleh variabel jarak pemukiman warga terhadap bendungan serta jumlah kepala keluarga (KK) pada wilayah pemukiman tersebut di atas yang terdekat dengan bendungan yang dimaksud. Sehingga disimpulkan bahwa Bendungan Logung termasuk dalam klasifikasi kelas 4 atau Bahaya Sangat Tinggi.

Kelas bahaya sangat tinggi mengharuskan operator untuk membuat *Emergency Action Plan* dalam rangka mitigasi bencana untuk mengurangi resiko kerugian dengan adanya potensi bahaya jika Bendungan Logung terjadi kegagalan.

Karakteristik Banjir di Jalan Pantura

Jalan yang menghubungkan Kudus-Pati merupakan bagian dari jalan Pantura. Jalan ini merupakan salah satu infrastruktur vital nasional yang akan terkena dampak banjir akibat keruntuhan Bendungan Logung. Berdasarkan simulasi *DBA*, rerata kedalaman genangan banjir yang terjadi antara 0.5-2m, dengan rerata kecepatan aliran 0.05m/dt.



Gambar 8. Peta 2D hasil Dam Break Analysis HEC-RAS pada skenario pipa atas
Tabel 1 Wilayah terdampak akibat runtuhnya Bendungan Logung

No	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Kedalaman	Luas Desa	Penduduk
1	Hadipolo	Jekulo	Kudus	1 - 4	51,650	12,546
2	Honggosoco	Jekulo	Kudus	1 - 4	50,283	9,511
3	Jekulo	Jekulo	Kudus	1 - 4	224	10,911
4	Tanjungrejo	Jekulo	Kudus	1 - 4	734	11,065
5	Sadang	Jekulo	Kudus	0 - 4	358	5,575
6	Klaling	Jekulo	Kudus	0 - 2	589	8,904
7	Bulung Cangkring	Jekulo	Kudus	0 - 4	1,024	12,941
8	Bulung Kulon	Jekulo	Kudus	0 - 2	1,486	10,721
9	Sidomulyo	Jekulo	Kudus	0 - 0.5	497	2,913
10	Tenggeles	Mejobo	Kudus	0 - 4	211	7,973
11	Hadiwarno	Mejobo	Kudus	0 - 4	259	5,262
12	Mejobo	Mejobo	Kudus	0 - 2	205	8,881
13	Kesambi	Mejobo	Kudus	0 - 2	325	7,933
14	Jojo	Mejobo	Kudus	0 - 4	210	3,257
15	Golan Tepus	Mejobo	Kudus	0 - 4	262	5,921
16	Temulus	Mejobo	Kudus	0 - 0.5	415	6,575
17	Karangbener	Bae	Kudus	0 - 2	393	8,917
18	Sri Katon	Kayen	Pati	0 - 1.5	839	3,141
19	Kasiyan	Sukolilo	Pati	0 - 1.5	633	2,534

Tabel 2 Dampak banjir di Jalan Pantura

No	Desa	Jarak dari Bendungan (m)	Tinggi Genangan (m)	Panjang (km)
1	Golantepus	5.6	0.5 - 1.0	0.14
2	Tenggeles	5.6	1.0 - 2.0	1.05
3	Hadiwarno	5.5	1.5 - 2.0	0.74
4	Jekulo	5.3	0.5 - 2.0	1.40
5	Klaling	5.3	0.0 - 0.5	0.18
Total				3.5

Jalur yang akan terkena dampak banjir sepanjang 3.5km yang melintasi lima desa di wilayah kabupaten Kudus dengan ketinggian banjir yang bervariasi (**Tabel 2**).

Berdasarkan data hidrolis yang ada, banjir tidak bersifat destruktif karena mempunyai kecepatan yang rendah dan dengan durasi waktu yang cepat. Tetapi dengan kedalaman rerata 1m akan menyebabkan terhentinya jalur transportasi utama yang perlu diantisipasi.

KESIMPULAN

Pendekatan spasial dengan pemodelan 2D pada analisa keruntuhan bendungan akan memberikan data yang detail pada lokasi terdampak. Data spasial tersebut dapat diubah kedalam data numeris per bagian tertentu sehingga dapat digunakan untuk menyusun *Emergency Action Plan* secara lebih akurat dan efektif. Pemanfaatan software opensource HEC (RAS, GeoRAS, HMS, ResSim) memungkinkan untuk pemodelan hidrolis lebih luas tanpa.

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.

PENGHARGAAN

Terimakasih kepada BPSDM Kementerian PUPR, BBWS Pemali Juana Kementerian PUPR dan Departemen Teknik Sipil Universitas Diponegoro atas semua support yang diberikan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelbasset, M., Abderrahim, L., Ali, C. A., Abdellah, B., Lahcen, B., & Laila, B. (2015). Integration Of Gis And Hec-Ras In Floods Modeling Of The Quergha River, Northern Morocco. *European Scientific Journal*, 11(2), 196–204.

Azdan, M. D., & Samekto, C. R. (2008). Kritisnya Kondisi Bendungan di Indonesia. *Seminar Nasional Bendungan Besar Indonesia*, (July 2008). Surabaya.

BBWS Pemali Juana. (2014). *Sertifikasi Desain Bendungan Logung di Kabupaten Kudus*. Semarang.

BBWS Pemali Juana. (2015). *Sertifikasi Desain Bendungan Logung*. Semarang.

BBWS Pemali Juana. (2017). *RTD Bendungan Logung*. Semarang.

Costa, J. E. (1985). *Floods from Dam Failures*. Denver: Geological Survey, United States Department of the Interior.

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>

Ehsan, S., Afzal, S., Usman, M., Rasheed, M., & Jamil, W. (2016). Dam Break Modeling by using HEC-RAS. *NFC-IEFR Journal of Engineering and Scientific Research*, 4(1), 26–31. <https://doi.org/10.24081/nijesr.2016.1.0006>

Hydrologic Engineering Center. (2014). *Using HEC-RAS for Dam Break Studies*. California: US Army Corps of Engineer.

Lakshmi, V. A., Ambujam, N. K., & Balamurugan, R. (2017). Emergency Action Plan (EAP) For Sathanur Dam. *International Journal Of Latest Research in Science and Technology*, 6(1), 46–51.

Purwanto, P. I., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2017). Analisa Keruntuhan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Teknik Penggairan*, 8(2), 222–230.

Razack, R. (2014). Dam Break Analysis using GIS Applications. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(3), 1157–1161.

Veról, A. P., Miguez, M. G., & Mascarenhas, F. C. B. (2011). Emergency Action Plans: Assessment Of The Main Elements For Dam Break Flood Maps. *Safety and Security Engineering*, 117, 441–453.

Xiong, Y. (2011). A Dam Break Analysis Using HEC-RAS. *Journal of Water Resource and Protection*, 03(06), 370–379. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2011.36047>