

Potensi wilayah terdampak keruntuhan Bendungan Matenggeng di Sungai Cijolang

Bagus Prio Utomo¹, Adam Pamudji Rahardjo², Djoko Legono²

¹Magister Teknik Pengelolaan Bencana Alam, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

E-mail: b46u5.pu@gmail.com

Abstrak. Bendungan Matenggeng yang rencana akan dibangun di Sungai Cijolang merupakan bendungan multifungsi yang memiliki banyak manfaat bagi masyarakat diantaranya untuk mengairi lahan irigasi, air baku, pengendalian banjir, pembangkit tenaga listrik, dan pariwisata. Selain memiliki banyak manfaat, pembangunan bendungan juga menyimpan potensi bahaya yang sangat tinggi. Salah satu potensi bahaya yang dapat terjadi adalah keruntuhan bendungan yang diakibatkan adanya rekahan karena limpasan air pada puncak bendungan (overtopping) ataupun rekahan karena adanya rembesan di tubuh bendung (piping). Keruntuhan Bendungan akan menimbulkan banjir bandang yang sangat besar sehingga dapat menyebabkan timbulnya korban jiwa dan kerusakan harta benda. Dengan menggunakan program HEC-RAS 5.0.3, didapatkan hasil bahwa pada skenario keruntuhan overtopping, dimensi pelimpah Bendungan Matenggeng masih mampu untuk melewati debit maksimum (Q_{PMF}) sebesar $9.067 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga air tidak sampai melimpas ke puncak bendungan. Pada skenario keruntuhan piping, diperkirakan luas genangan mencapai 17.568 ha yang akan menggenangi 92 desa, 416 km jalan, dan 169 fasilitas umum. Lebih dari separuh luas wilayah yang tergenang masuk kategori bahaya banjir tinggi hingga ekstrim dengan lahan sawah merupakan wilayah yang paling banyak masuk dalam kategori tersebut.

Kata kunci: genangan, kategori bahaya banjir, bendungan.

Abstract. Matenggeng Dam, which plans to be built on the Cijolang River, is a multifunctional dam that has many benefits for communities to irrigate irrigation, raw water, flood control, power generation and tourism. Besides having many benefits, dam construction also keeps very high potential hazards. One of the potential hazards that can occur is the dam breach caused by a crack due to water going over the crest (overtopping) or fracture due to seepage in the body of the weir (piping). Dam breach will cause very big flood so it can cause casualties and damage to property. Using the HEC-RAS 5.0.3 program, we found that in the overtopping scenario, the spillway dimension was still able to pass the maximum discharge (Q_{PMF}) of $9.067 \text{ m}^3/\text{s}$ so that the water did not reach the crest. In the piping scenario, estimated that the extent of inundation reaches 17.568 ha and will inundate 92 villages, 416 km of roads, and 169 public facilities. Over half of the flooded areas are categorized as high to extreme hazards with rice fields are the areas that fall into the category most.

Keywords: flood hazard categories, inundation, dam

1. Pendahuluan

Rencana Bendungan Matenggeng terletak di Sungai Cijolang wilayah sungai Citanduy perbatasan antara provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah sekitar 15 km dari muara pertemuan Sungai Cijolang dan sungai Citanduy. Secara teknis, Bendungan Matenggeng memiliki tinggi bendung 120,00 m dan lebar puncak 14,00 m dengan volume tampungan sekitar 486,85 juta m³. Bendungan ini banyak memiliki manfaat diantaranya untuk mengairi lahan irigasi seluas 28.000 ha, air baku, pengendalian banjir, pembangkit tenaga listrik, dan pariwisata (Dinas Sumber Daya Air Provinsi Jawa Barat, 2017).

Selain memiliki banyak manfaat, pembangunan bendungan juga menyimpan potensi bahaya yang sangat tinggi (Lave & Balvanyos, 1998; Poff & Schmidt, 2016; Su, Hu, & Wen, 2013). Potensi bahaya ini timbul akibat adanya rekahan karena limpasan air pada puncak bendungan (*overtopping*) ataupun rekahan karena adanya rembesan di tubuh bendung (*piping*) (Mohamed & Elmahdy, 2017). *Overtopping* adalah terjadinya kondisi di mana air melimpas melalui puncak bendungan (*crest*) karena ketidakcukupan pelimpah melewati debit banjir (Wang & Zhang, 2017). *Overtopping* dapat terjadi apabila bendungan belum direncanakan dengan debit PMF atau akibat kesalahan desain (Ahmadisharaf & Kalyanapu, 2015; Foster, Fell, & Spannagle, 2000; Zhang, Xu, & Jia, 2009). Kondisi demikian dapat mengakibatkan erosi/gerusan pada lereng hilir tubuh bendungan sehingga dapat mengawali terjadinya keruntuhan bendungan secara keseluruhan (Salukh, 2004). *Piping* atau bocoran buluh didefinisikan sebagai terjadinya rekahan di tubuh bendungan atau tumpuan bendungan yang mengakibatkan mengalirnya air dari rekahan tersebut dalam jumlah besar atau terjadi peningkatan jumlah air yang keluar dari waduk sehingga dapat mengakibatkan pondasi bendungan mengalami penurunan dan menganggu stabilitas bendungan (Salukh, 2004).

Oleh karena itu, perlu dilakukan simulasi untuk mengetahui kemampuan dimensi pelimpah dalam mengalirkan air ketika debit banjir ada pada kondisi maksimal. Dan juga perlu adanya sebuah analisis genangan dan analisis daya rusak air apabila suatu saat Bendungan Matenggeng mengalami keruntuhan. Dengan adanya simulasi dan analisis yang dilakukan, diharapkan dapat digunakan untuk menyusun rencana tanggap darurat sehingga dapat mengurangi dampak yang ditimbulkan terutama dari sisi korban jiwa.

2. Metode Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan penulis lakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Studi Pustaka
Mengumpulkan dan mempelajari literatur yang memuat teori penelitian terdahulu dan referensi ilmiah yang terkait dengan penelitian.
- 2) Pengumpulan Data
Terdapat dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari sumber asli. Contoh: data geometri sungai, data hidrologi. Sedangkan data sekunder adalah data yang tidak langsung diperoleh dari sumber aslinya antara lain: data teknis bendungan, peta RBI, data kontur
- 3) Analisis Data
Dilakukan setelah data yang dibutuhkan terkumpul. Ada beberapa jenis analisis data yang dilakukan pada penelitian ini, diantaranya melakukan analisis hidrologi, analisis hidraulika, dan analisis rekahan.
- 4) Simulasi HEC RAS
Membuat simulasi keruntuhan bendungan dengan beberapa parameter hasil dari analisis data. Hasil yang diharapkan dari simulasi ini adalah pemetaan daerah rawan genangan akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng. HEC RAS merupakan perangkat *open source* yang umum digunakan untuk melakukan pemetaan daerah rawan genangan (Ismoyojati, Sujono, & Jayadi, 2019;

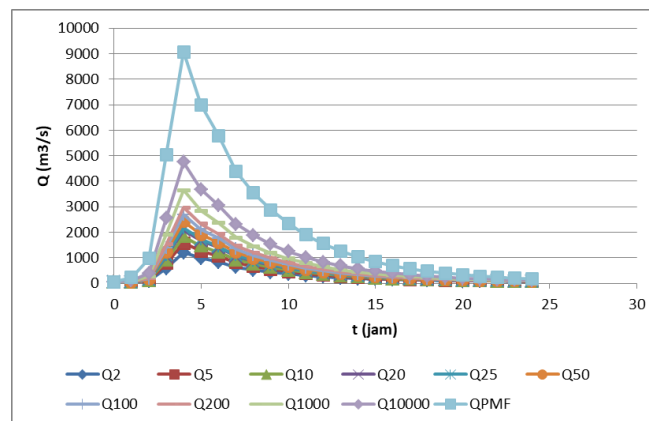
Kusratmoko, Marko, & Elfeki, 2016; Marko, Elfeki, Alamri, & Chaabani, 2019; Marko & Zulkarnain, 2018).

- 5) Analisis Genangan
 - a. Menganalisis potensi daerah yang tergenang akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng dengan cara melakukan *overlay* peta kedalaman genangan, peta kecepatan aliran, peta lama genangan, dan peta waktu tiba banjir hasil dari simulasi HEC RAS dengan peta batas administrasi desa di Wilayah Sungai Citanduy.
 - b. Menganalisis potensi daya rusak air yang ditimbulkan dengan cara melakukan perkalian raster antara peta kedalaman dan peta kecepatan yang didapat dari hasil simulasi HEC RAS
- 6) Pembuatan Layout Peta
Memperjelas peta dan memperindah secara tampilan agar lebih mudah untuk dipahami oleh pembaca dengan menggunakan kaidah kartografi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan diperlukan sebagai data masukan simulasi. Nilai debit puncak tertinggi dari berbagai periode ulang adalah sebesar $9.067 \text{ m}^3/\text{s}$ saat QPMF dengan waktu puncak berada pada jam ke 4.



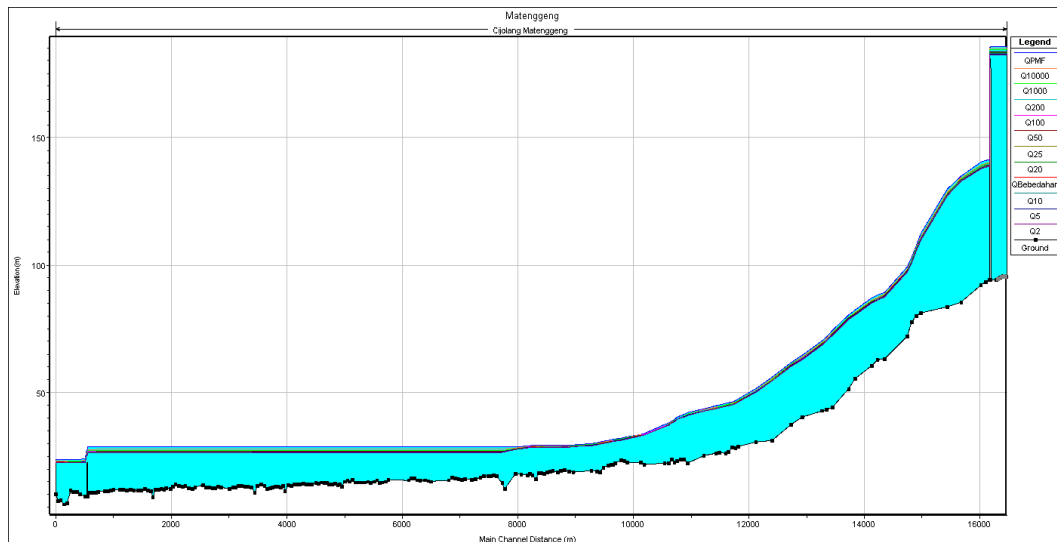
Gambar 1. Debit Banjir Rancangan

3.2 Keruntuhan Skenario Pertama

Pada skenario pertama ini, dilakukan simulasi keruntuhan Bendungan Matenggeng akibat *piping*. Pada skenario ini, dilakukan beberapa simulasi dengan data masukan aliran tidak tunak (*unsteady flow*) menggunakan debit banjir kala ulang terkalibrasi ditambah dengan debit banjir yang tercatat di stasiun AWLR Bebedahan dan debit saat kondisi awal. Dengan menggunakan data masukan hidrogaf banjir yang berbeda-beda, maka akan dapat diketahui perbedaan yang ada saat terjadi keruntuhan.

Dari hasil simulasi (Gambar 2) keruntuhan skenario I dapat diketahui beberapa hasil antara lain:

1. Debit rencana kala ulang maksimal boleh jadi (Q_{PMF}) memiliki profil muka air paling tinggi diantara debit rencana kala ulang yang lainnya.
2. Dari hasil simulasi, air akan melimpas melewati jembatan cijolang.
3. Besar kecepatan aliran yang melewati jembatan cijolang bervariasi.
4. Karena besarnya kecepatan aliran yang melewati jembatan cijolang sangat tinggi, maka diperkirakan akan membuat jembatan cijolang akan mengalami keruntuhan.



Gambar 2. Hasil simulasi profil muka air di sepanjang Sungai Cijolang setelah keruntuhan bendungan

3.3 Keruntuhan Skenario Kedua

Pada skenario kedua, dilakukan simulasi keruntuhan Bendungan Matenggeng akibat *Overtopping*. Dari hasil analisis sebelum keruntuhan, ketinggian elevasi muka air maksimal pada as bendungan saat debit PMF hanya sebesar 187,83 m. Terdapat selisih ketinggian dengan puncak bendungan sebesar 16,17 m.

Untuk lebih memastikan profil muka air pada saat QPMF, maka penelitian ini mensimulasikan aliran sebelum keruntuhan menggunakan *steady flow simulation*. Setelah dilakukan simulasi, ketinggian elevasi muka air maksimal pada tubuh bendungan menjadi sebesar 195,37 m dan masih belum mampu melewati puncak bendungan di elevasi 204 m. Namun terjadi perubahan selisih ketinggian dengan puncak bendungan menjadi hanya sebesar 8,63 m. Selisih ini lebih kecil dari tinggi jagaan yang sebesar 4,1 m. Hal ini tentu membuat kondisi Bendungan Matenggeng menjadi rentan mengalami keruntuhan. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa dengan puncak debit sebesar 9.067,15 m³/s, saluran pelimpah masih dapat mengalirkan debit banjir sehingga Bendungan Matenggeng tidak mengalami *overtopping*.

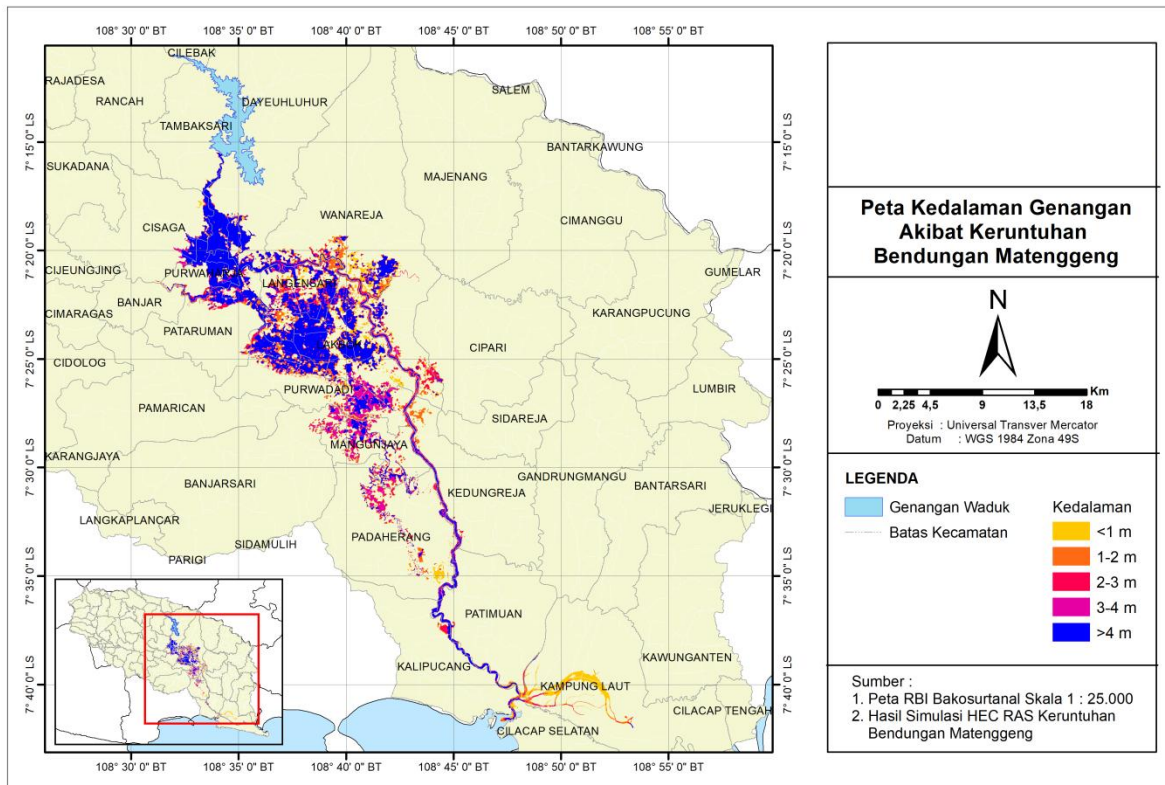
3.4 Analisis Genangan dan Daya Rusak Air

Dalam melakukan analisis genangan dan daya rusak air, penulis menganalisis keruntuhan saat debit rencana kala ulang boleh jadi (QPMF). Pengambilan debit ini dikarenakan penulis ingin mengetahui dampak terburuk saat debit maksimal yang mungkin terjadi

3.4.1 Analisis Genangan

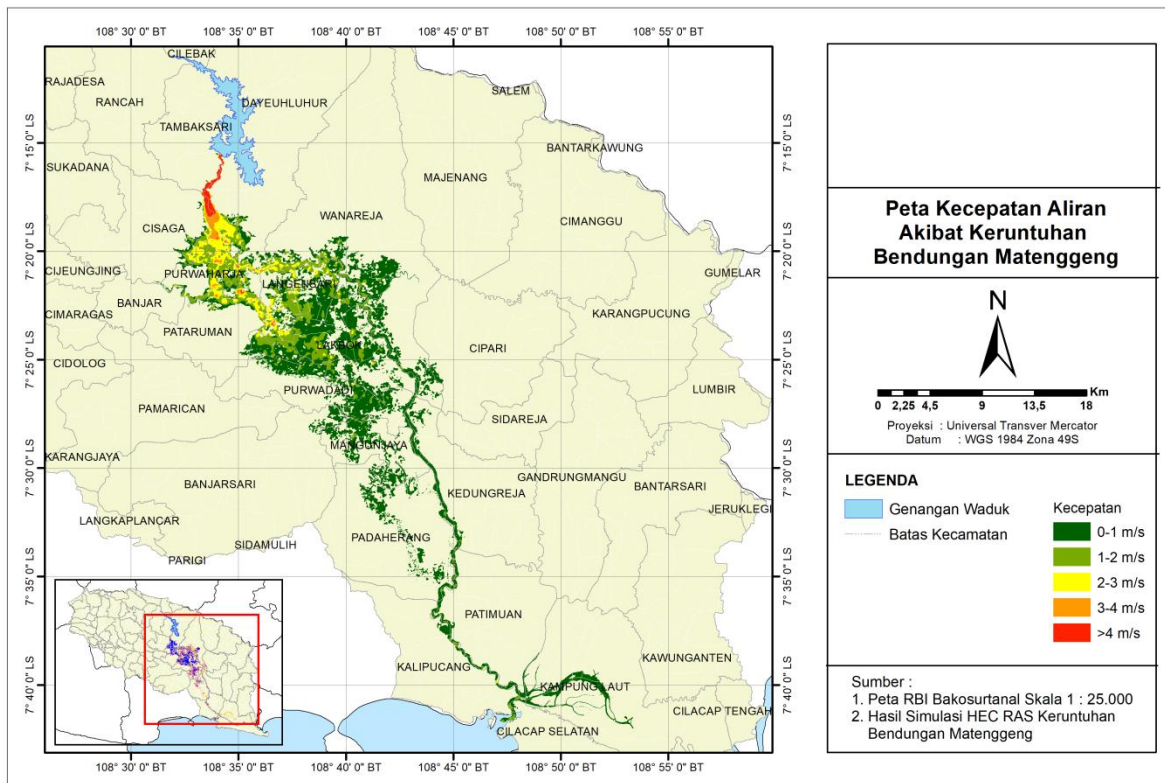
Analisis genangan diperlukan untuk mengetahui seberapa besar wilayah yang akan tergenang akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng. Hasil dari analisis genangan adalah sebagai berikut:

1. Kedalaman genangan maksimal akibat keruntuhan adalah 34,36 m. Rata-rata kedalaman genangan adalah 4,74 m.
2. Luas genangan akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng mencapai 17.566 ha.
3. Desa yang tergenang akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng berjumlah 92 buah. Desa yang terkena dampak genangan paling luas adalah Desa Sukanagara Kecamatan Lakkok Kabupaten Ciamis seluas 822,72 ha.



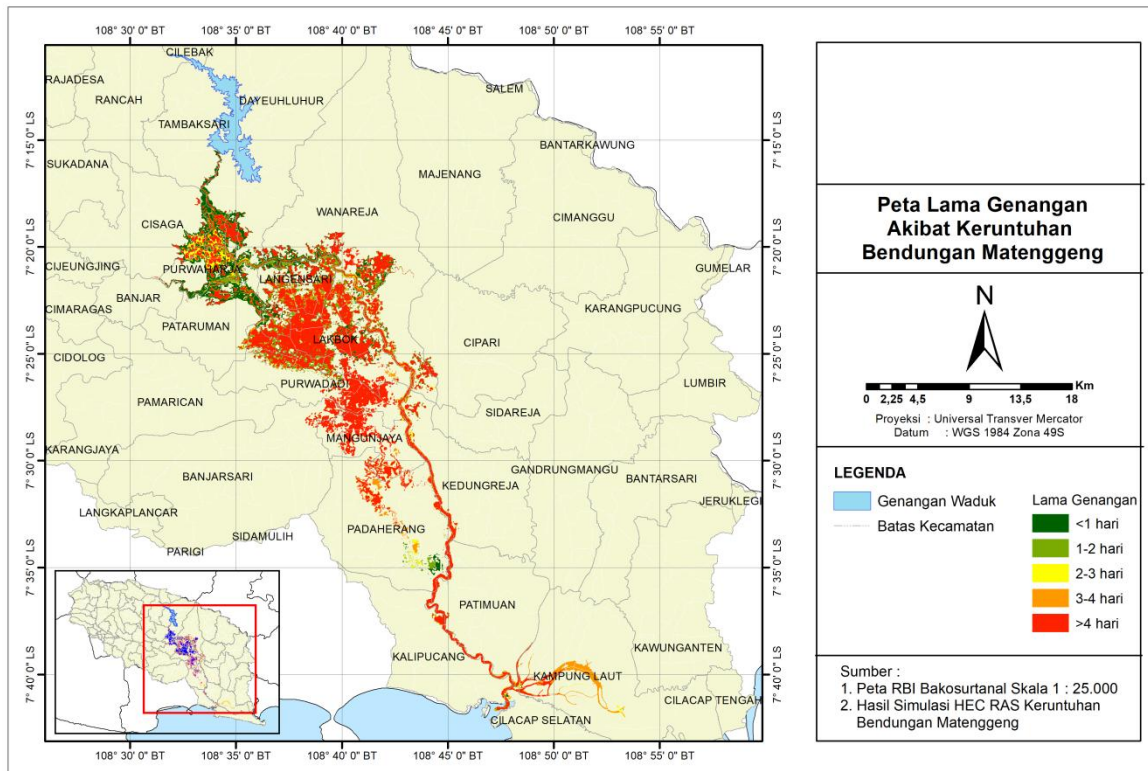
Gambar 3. Peta Kedalaman Genangan

4. Kecepatan aliran maksimal akibat keruntuhan adalah 21,95 m/s. Rata-rata kecepatan aliran adalah 0,99 m/s.



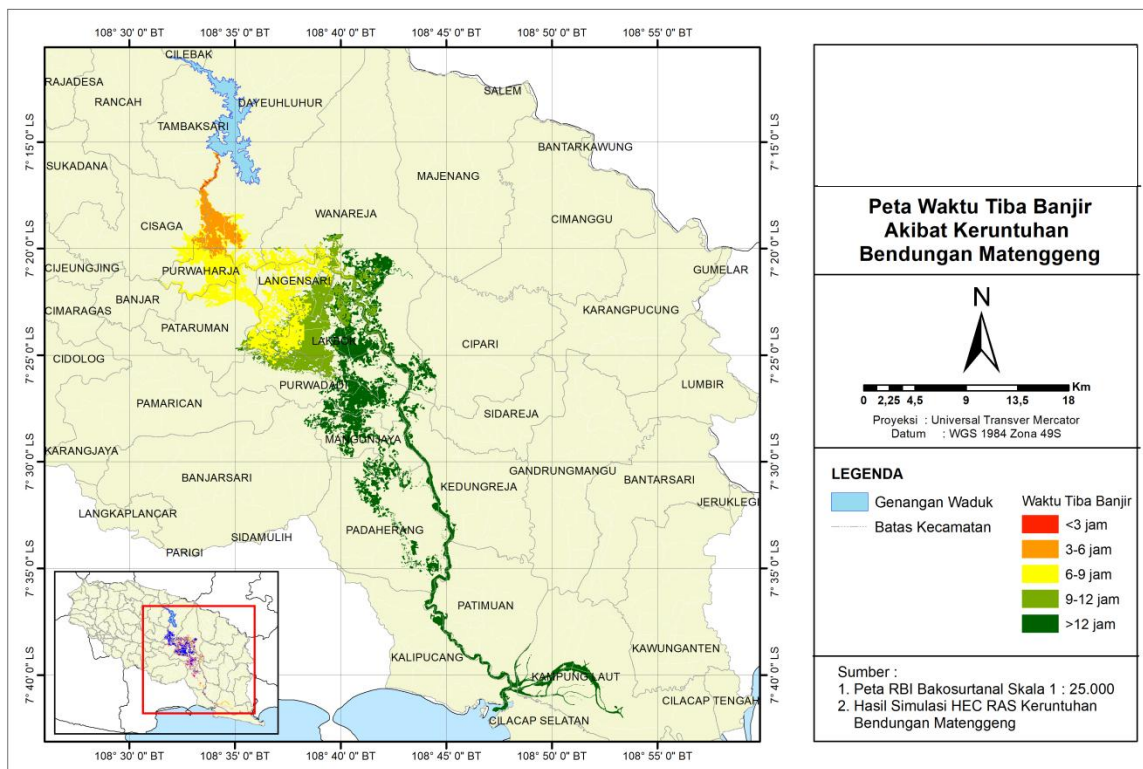
Gambar 4. Peta Kecepatan Aliran

5. Lama Genangan yang diakibatkan keruntuhan Bendungan Matenggeng bisa mencapai lebih dari 48 (empat puluh delapan) jam dengan rata-rata lama genangan 88 (delapan puluh delapan) jam.



Gambar 6. Peta Lama Genangan

6. Waktu tiba banjir akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng bervariasi pada setiap lokasi dengan rata-rata mencapai 6-12 jam.



Gambar 7. Peta Waktu Tiba Banjir

7. Terdapat 5 (lima) jenis lahan yang tergenang akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng yaitu lahan perkebunan, permukiman, sawah, sawah tadah hujan, tegalan/ladang. Lahan yang terkena dampak genangan paling luas adalah lahan sawah seluas 9.862,16 ha atau 61,97%.
8. Terdapat 6 (enam) jenis infrastruktur jalan yang tergenang akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng dengan total panjang 416 km.
9. Terdapat 9 (sembilan) jenis fasilitas umum yang tergenang akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng. Fasilitas umum yang terkena dampak genangan total berjumlah 169 buah.

3.4.2 Analisis Daya Rusak Air

Analisis daya rusak bertujuan untuk mengetahui besar potensi bahaya dari banjir yang terjadi. Daya rusak yang ditimbulkan dari banjir merupakan kombinasi dari kedalaman dan kecepatan aliran (Aboelata, Bowles, & McClelland, 2003). Dalam melakukan analisis daya rusak, penulis mengacu pada *Federal Emergency Management Agency (FEMA) Guidelines and Standards for Flood Risk Analysis and Mapping*. Fema menjelaskan bahwa bahaya banjir dikategorikan menjadi 5 (lima) macam, yaitu (Federal Emergency Management Agency, 2018):

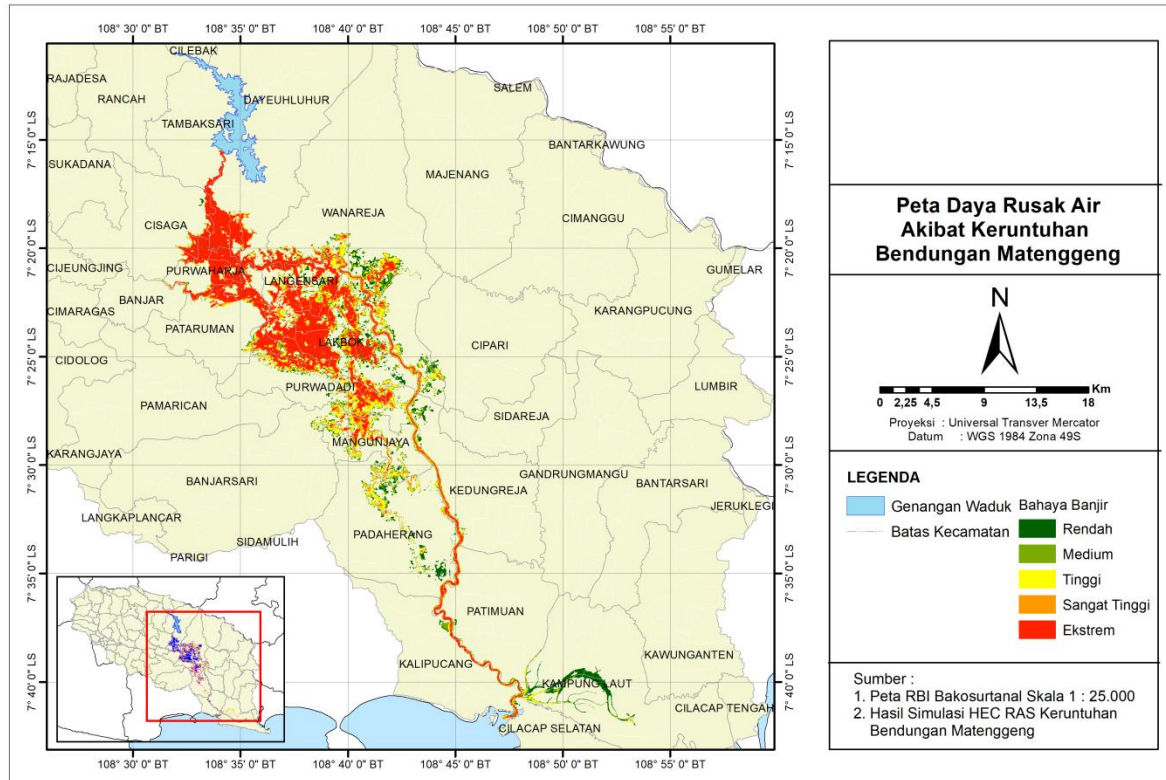
Tabel 1. Kategori Bahaya Banjir Menurut FEMA

No	Kategori	Kedalaman x Kecepatan (m ² /s)
1	Rendah	< 0,2
2	Medium	0,2 – 0,5
3	Tinggi	0,5 – 1,5
4	Sangat Tinggi	1,5 – 2,5
5	Ekstrim	> 2,5

Untuk mengetahui kategori bahaya banjir akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng, maka perlu dibuat peta daya rusak air. Peta ini dibuat dari kombinasi antara peta raster kedalaman aliran dan peta raster kecepatan aliran hasil dari simulasi keruntuhan menggunakan HEC-RAS. Dengan menggunakan *software* ArcMap 10.1, dilakukan perkalian raster antara kedalaman aliran dengan kecepatan aliran sesuai dengan ketentuan dari FEMA. Hasil dari pemrosesan disajikan berikut ini.

Tabel 2. Luasan daerah genangan berdasarkan kategori bahaya banjir

No	Kategori	Luas (ha)	Prosentase (%)
1	Rendah	1.983,33	11,3
2	Medium	1.457,68	8,3
3	Tinggi	3.009,01	17,1
4	Sangat Tinggi	1.999,04	11,4
5	Ekstrim	9.119,40	51,9
Total		17.568,46	100



Gambar 2. Peta Daya Rusak Air

Dari hasil di atas, daerah yang berpotensi mengalami kerusakan tinggi hingga ekstrim berada pada daerah sepanjang Sungai Cijolang sampai muara dan sepanjang sungai citanduy. Lebih dari separuh luas wilayah yang tergenang masuk kategori bahaya banjir tinggi hingga ekstrim yaitu sekitar 71,2%.

4. Kesimpulan

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

1. Dimensi *spillway* Bendungan Matenggeng masih mampu untuk melewati debit Maksimum Boleh Jadi (Q_{PMF}) sebesar $9.067 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga tidak menyebabkan *overtopping*.
2. Apabila terjadi keruntuhan Bendungan Matenggeng, maka Jembatan Cijolang yang menghubungkan antara Jawa Barat dan Jawa Tengah diperkirakan akan tergenang.
3. Lebih dari separuh dari luas wilayah yang tergenang akibat keruntuhan Bendungan Matenggeng masuk kategori bahaya banjir tinggi hingga ekstrim.

Daftar Pustaka

- Aboelata, M., Bowles, D. S., & McClelland, D. M. (2003). GIS Model for Estimating Dam Failure Life Loss. In *Risk-Based Decisionmaking in Water Resources X* (pp. 126–145). Reston, VA: American Society of Civil Engineers. [https://doi.org/10.1061/40694\(2003\)11](https://doi.org/10.1061/40694(2003)11)
- Ahmadisharaf, E., & Kalyanapu, A. J. (2015). Investigation of the Impact of Streamflow Temporal Variation on Dam Overtopping Risk: Case Study of a High-Hazard Dam. In *World Environmental and Water Resources Congress 2015* (pp. 1050–1057). Reston, VA: American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784479162.103>
- Dinas Sumber Daya Air Provinsi Jawa Barat. (2017). *Buku Sumber Daya Air Provinsi Jawa Barat*. Bandung. Retrieved from <http://psda.jabarprov.go.id/Server/file/1490253627-Buku Sumber Daya Air Provinsi Jawa Barat.pdf>

- Federal Emergency Management Agency. (2018). *Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping Flood Depth and Analysis Grids*. Retrieved from www.fema.gov/guidelines-and-standards-flood-risk-analysis-and-
- Foster, M., Fell, R., & Spannagle, M. (2000). The statistics of embankment dam failures and accidents. *Canadian Geotechnical Journal*, 37(5), 1000–1024. <https://doi.org/10.1139/t00-030>
- Ismoyojati, G., Sujono, J., & Jayadi, R. (2019). Studi pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap karakteristik banjir Kota Bima. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2(2). <https://doi.org/10.7454/jglitrop.v2i2.46>
- Kusratmoko, E., Marko, K., & Elfeki, A. (2016). Spatial Modelling of Flood Inundation Case Study of Pesanggrahan Floodplain, Jakarta, Indonesia. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 5(3), 1–10. <https://doi.org/10.9734/JGEESI/2016/23524>
- Lave, L. B., & Balvanyos, T. (1998). Risk Analysis and Management of Dam Safety. *Risk Analysis*, 18(4), 455–462. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1998.tb00360.x>
- Marko, K., Elfeki, A., Alamri, N., & Chaabani, A. (2019). Two Dimensional Flood Inundation Modelling in Urban Areas Using WMS, HEC-RAS and GIS (Case Study in Jeddah City, Saudi Arabia). In *Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications* (pp. 265–267). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01440-7_62
- Marko, K., & Zulkarnain, F. (2018). Pemodelan debit banjir sehubungan dengan prediksi perubahan tutupan lahan di daerah aliran Ci Leungsi Hulu menggunakan HEC-HMS. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2(1). <https://doi.org/10.7454/jglitrop.v2i1.31>
- Mohamed, M. M., & Elmahdy, S. I. (2017). Remote sensing of the Grand Ethiopian Renaissance Dam: a hazard and environmental impacts assessment. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 1225–1240. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1309463>
- Poff, N. L., & Schmidt, J. C. (2016). How dams can go with the flow. *Science*, 353(6304), 1099–1100. <https://doi.org/10.1126/science.aah4926>
- Salukh, F. I. (2004). *Analisis penelusuran banjir akibat keruntuhan bendungan :: Studi kasus pada Bendungan Tilog di Kabupaten Kupang, Prop. NTT*. Universitas Gadjah Mada. Retrieved from http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=24313
- Su, H. Z., Hu, J., & Wen, Z. P. (2013). Optimization of reinforcement strategies for dangerous dams considering time-average system failure probability and benefit–cost ratio using a life quality index. *Natural Hazards*, 65(1), 799–817. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0394-z>
- Wang, F., & Zhang, Q.-L. (2017). Systemic Estimation of Dam Overtopping Probability: Bayesian Networks Approach. *Journal of Infrastructure Systems*, 23(2), 04016037. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000328](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000328)
- Zhang, L. M., Xu, Y., & Jia, J. S. (2009). Analysis of earth dam failures: A database approach. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 3(3), 184–189. <https://doi.org/10.1080/17499510902831759>