Pemodelan HEC-RAS 2D untuk Menilai Efektivitas Embung dalam Pengendalian Banjir di DAS Bogel

Putri Fatmawati[1], Widha Ardhiansyah[2], Eva Khafidotu Purnia[3]
Teknik Sipil, Universitas Islam Balitar
e-mail: pfatmawati385@gmail.com [1] novaritacawoxz@gmail.com [2]

Kata Kunci:

Embung
HEC-RAS 2D
Banjir
DAS Bogel
Efektivitas

ABSTRAK

Kapasitas Sungai Bogel yang terbatas menyebabkan sungai meluap saat hujan berintensitas tinggi sehingga memicu banjir di DAS Bogel, Kecamatan Sutojayan, Kabupaten Blitar. Salah satu alternatif pengendalian banjir adalah pembangunan embung sebagai bangunan retensi untuk menahan limpasan permukaan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas perencanaan embung dalam mengurangi luas genangan banjir menggunakan pemodelan hidraulika dua dimensi HEC-RAS 2D. Analisis dilakukan melalui simulasi kondisi eksisting dan tiga skenario pembangunan embung pada debit banjir rencana kala ulang 25 tahun (Q25). Efektivitas embung dinilai berdasarkan perubahan luas genangan hasil simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh skenario mampu menurunkan luas genangan dibandingkan kondisi eksisting. Skenario tiga embung memberikan hasil terbaik dengan luas genangan 5,918 km², lebih kecil dibandingkan kondisi eksisting 9,381 km² atau mengalami penurunan sebesar 36,92%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembangunan embung berpotensi menjadi alternatif yang efektif untuk pengendalian banjir di DAS Bogel.

Keyword:

Reservoir
HEC-RAS 2D
Flood
Bogel Watershed
Effectiveness

ABSTRACT

The limited capacity of the Bogel River causes the river to overflow during heavy rainfall, triggering flooding in the Bogel Watershed, Sutojayan Subdistrict, Blitar Regency. One flood control measure that can be implemented is the construction of a retention pond to hold back surface runoff. This study aims to evaluate the effectiveness of retention pond planning in reducing the flood inundation area using two-dimensional hydraulic modeling with HEC-RAS 2D. The analysis was conducted through simulations of existing conditions and three scenarios for reservoir placement under a 25-year return period flood discharge (Q25). The effectiveness of the reservoirs was assessed based on changes in the flood inundation area resulting from the simulations. The results show that all scenarios were able to reduce the flood inundation area compared to existing conditions. The three-retention-pond scenario yielded the most effective results, with a floodplain area of 5.918 km², which is smaller than the existing condition of 9.381 km² representing a reduction of approximately 36.92%. These results indicate that the construction of retention ponds has the potential to serve as an effective flood control alternative in the Bogel Watershed.

I. PENDAHULUAN

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi akibat tingginya curah hujan, perubahan tata guna lahan, dan terbatasnya kapasitas sungai. Kondisi tersebut menyebabkan debit limpasan melebihi kapasitas sungai sehingga menimbulkan genangan pada wilayah sekitarnya. Di DAS Bogel, Kecamatan Sutojayan, Kabupaten Blitar, kapasitas Sungai Bogel yang terbatas menyebabkan banjir pada saat hujan berintensitas tinggi. Hasil pemodelan HEC-RAS 2D menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, luas genangan banjir mencapai sekitar 9,381 km² pada debit banjir kala ulang 25 tahun (Q25).

Salah satu alternatif pengendalian banjir adalah pembangunan embung yang berfungsi sebagai tampungan sementara untuk menahan limpasan dan melepaskan air secara bertahap sehingga mampu mereduksi debit puncak banjir [1]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS 2D efektif digunakan untuk mengevaluasi perubahan debit dan luas genangan akibat penerapan bangunan pengendali banjir [2].

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas perencanaan embung di DAS Bogel menggunakan pemodelan HEC-RAS 2D melalui perbandingan kondisi eksisting dengan skenario pembangunan satu, dua, dan tiga embung pada debit banjir kala ulang 25 tahun (Q25). Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario tiga embung memberikan kinerja terbaik dengan menurunkan luas genangan dari 9,381 km² menjadi 5,918 km² atau sekitar 36,92%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembangunan embung berpotensi menjadi alternatif yang efektif dalam mengurangi risiko banjir di DAS Bogel.

Secara nasional, Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat banjir sebagai bencana yang paling dominan di Indonesia sepanjang tahun 2025, dengan total 441 kejadian hingga pertengahan tahun tersebut yang mengakibatkan 110 orang meninggal dunia, 17 orang hilang, lebih dari 2 juta jiwa terdampak dan mengungsi, serta lebih dari 7 ribu rumah mengalami kerusakan. Kecamatan Sutojayan, yang berada di bagian selatan Kabupaten Blitar dengan luas wilayah 44,20 km² dan terbagi menjadi 11 desa, dilewati oleh dua anak Sungai Brantas, yaitu Sungai Bogel dan Sungai Unut, yang menjadi penyebab utama banjir di wilayah tersebut. Pada musim hujan yang berlangsung sekitar bulan November hingga Mei, kecamatan ini diguyur hujan selama 162 hari dalam kurun waktu lebih dari lima bulan berdasarkan pencatatan dua stasiun pengamat aktif [3].

Sungai Bogel melintasi lima desa, yaitu Pandanarum, Bacem, Sumberjo, Sutojayan, dan Kedungbunder, serta berfungsi sebagai sumber irigasi pertanian sekaligus saluran pengalir air hujan dari hulu perbukitan menuju hilir. Meskipun telah dilakukan normalisasi, banjir masih kerap terjadi dalam kurun waktu lima tahun terakhir. Banjir terparah pascanormalisasi terjadi pada 17 Oktober 2022 dengan ketinggian genangan berkisar 30-100 cm yang mengakibatkan tanah longsor, terendamnya rumah warga, jalan, sawah, talud, dan tanggul sungai di beberapa titik, serta berdampak pada 1.095 kepala keluarga [4]. Banjir kembali terjadi pada 24 Februari 2023 dengan ketinggian genangan sekitar 40 cm yang menyulitkan aktivitas harian warga setempat.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

Penelitian terdahulu berjudul Pemetaan Area Genangan Banjir menggunakan Model HEC-RAS 2D dan GIS pada DAS Bogel Kecamatan Sutojayan [4] merekomendasikan beberapa alternatif penanganan, meliputi normalisasi sungai, peningkatan saluran drainase, penerapan drainase berwawasan lingkungan, dan pembangunan kolam retensi berupa embung pada tiga titik lokasi yang dipilih berdasarkan luas genangan dan ketersediaan lahan terbuka dengan kepadatan penduduk minim. Embung dipilih sebagai alternatif yang dinilai paling tepat karena bersifat multifungsi, yaitu menampung kelebihan air hujan untuk mereduksi debit puncak banjir sekaligus menyediakan cadangan air irigasi pada musim kemarau, sebagaimana telah terbukti efektif diterapkan di berbagai daerah [5].

II. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan pemodelan hidrologi dan hidraulika untuk mengevaluasi efektivitas embung sebagai upaya pengendalian banjir di DAS Bogel, Kecamatan Sutojayan, Kabupaten Blitar. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 2D untuk mensimulasikan kondisi aliran eksisting dan skenario pembangunan embung.

Data yang digunakan meliputi data curah hujan, data topografi berupa *Digital Elevation Model (DEM)*, serta data geometri sungai yang diperoleh dari hasil survei dan pengolahan spasial. Seluruh data diolah untuk membangun model hidraulika dua dimensi yang mewakili kondisi eksisting DAS Bogel. Selanjutnya dilakukan simulasi pada serta debit banjir rencana kala ulang 25, 50, dan 100 tahun (Q25, Q50, dan Q100) dengan empat skenario, yaitu kondisi tanpa embung, satu embung, dua embung, dan tiga embung. Seluruh data digunakan untuk membangun model hidraulika dua dimensi pada HEC-RAS 2D dengan kondisi aliran tidak tunak (*unsteady flow*).

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data topografi berupa Digital Elevation Model (DEM) yang diolah menggunakan perangkat lunak Global Mapper untuk memperoleh luas tangkapan air, panjang sungai utama, dan kemiringan garis energi (energy slope) Sungai Bogel. Hasil delineasi menunjukkan DAS Bogel memiliki luas tangkapan air sebesar 45,861 km² dengan panjang sungai utama 8,59 km, elevasi hulu 151 m, dan elevasi hilir 139 m, sehingga diperoleh nilai energy slope rata-rata sebesar 0,0013. Simulasi hidraulika dilakukan menggunakan modul Unsteady Flow Analysis dua dimensi pada tiga debit banjir rencana, yaitu kala ulang 25 tahun (Q25), 50 tahun (Q50), dan 100 tahun (Q100).

Efektivitas embung dievaluasi berdasarkan perubahan luas genangan banjir yang dihasilkan dari setiap skenario simulasi. Hasil pemodelan kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting untuk menentukan skenario yang memberikan reduksi luas genangan paling besar sebagai alternatif pengendalian banjir di DAS Bogel. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, penyusunan model HEC-RAS 2D, simulasi kondisi eksisting, simulasi skenario embung, serta analisis hasil pemodelan.

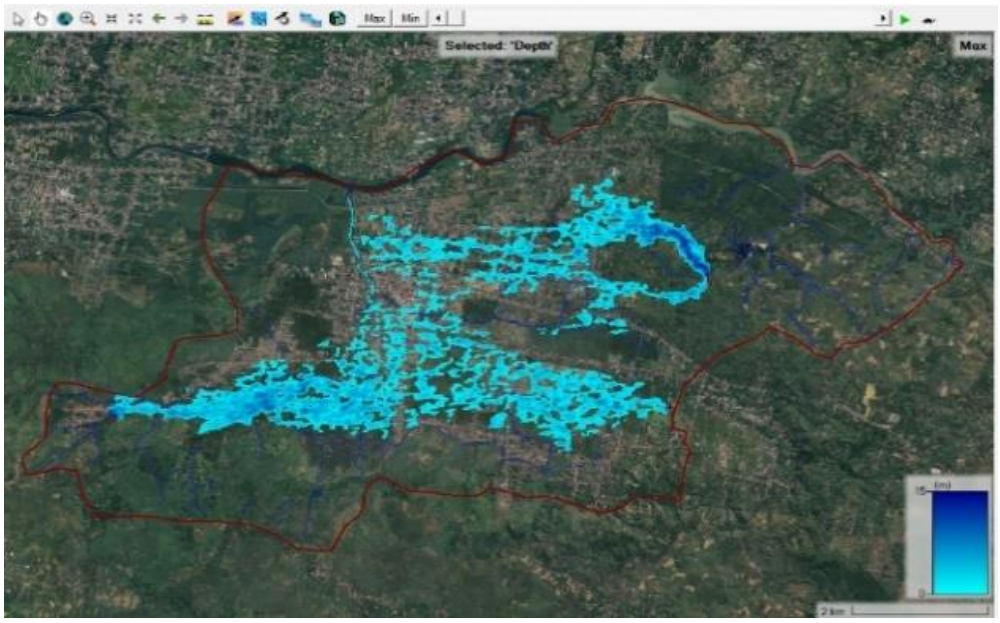
Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidraulika Kondisi Existing

Hasil pemodelan hidraulika menggunakan HEC-RAS 2D menunjukkan bahwa Sungai Bogel belum mampu menampung debit banjir rencana sehingga menyebabkan genangan pada wilayah hilir. Pada kondisi eksisting, luas genangan mencapai 9,381 km² pada Q25 (Gambar 1), meningkat menjadi 10,101 km² pada Q50 dan 10,890 km² pada Q100 (Tabel 1). Terhadap luas DAS Bogel sebesar 45,861 km², angka tersebut setara sekitar 20,5%, 22,0%, dan 23,7% dari luas DAS. Kenaikan luas genangan dari Q25 ke Q100 sebesar 16,1% relatif kecil dibandingkan kenaikan debit rencana, yang menunjukkan bahwa kapasitas alur sungai telah terlampaui sejak kala ulang 25 tahun sehingga wilayah hilir rentan banjir bahkan pada kejadian yang relatif sering. Sepuluh desa terdampak pada seluruh kala ulang, yaitu Kalipang, Jegu, Kembangarum, Jingglong, Sukorejo, Sumberjo, Bacem, Sutojayan, Kedungbunder, dan Pandanarum. Kondisi ini menjadi pembanding bagi seluruh skenario embung.



Gambar 1. Genangan Air Existing Q25

Konfigurasi Embung Rencana

Perencanaan dilakukan dengan menyusun tiga skenario pembangunan embung pada bagian hulu DAS Bogel berdasarkan kondisi topografi dan potensi tampungan alami. Penentuan lokasi mempertimbangkan elevasi wilayah serta kemampuan area dalam menahan limpasan banjir. Berdasarkan hasil analisis topografi, diperoleh tiga lokasi rencana tampungan, yaitu Tampungan 1 di Kelurahan Jinggolong (112°14'55.17" BT; 8°09'35.45" LS), Tampungan 2 di Desa Pandanarum (112°11'42.04" BT; 8°11'17.07" LS), dan Tampungan 3 di Desa Kalitengah (112°14'48.76" BT; 8°11'12.21" LS). Dimensi embung ditentukan berdasarkan hasil analisis hidraulika menggunakan

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

HEC-RAS 2D hingga memenuhi kriteria perencanaan dan keamanan sebagai alternatif pengendalian banjir.



Gambar 2. Lokasi Rencana Embung di DAS Bogel

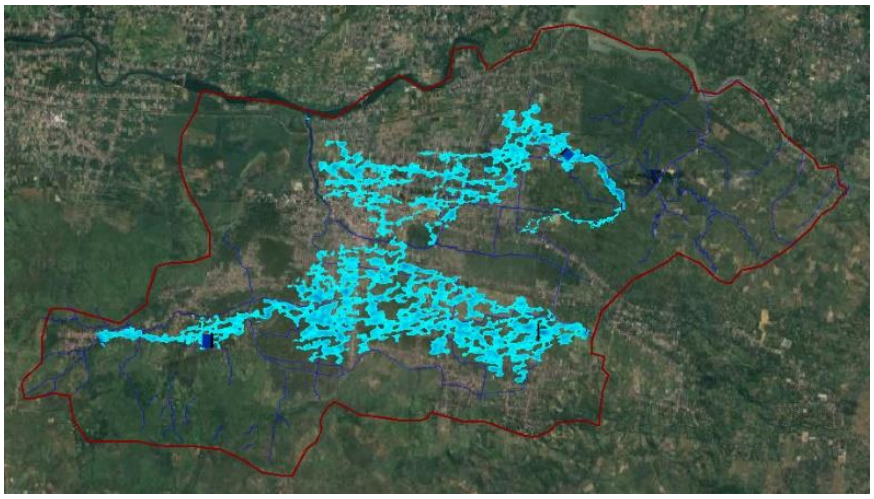
Analisis Hidraulika Kondisi Simulasi

Seluruh skenario embung menurunkan luas genangan pada ketiga debit rencana (Tabel 1 dan Gambar 3). Pada Q25, luas genangan berkurang dari 9,381 km² menjadi 6,992 km² dengan satu embung, 6,444 km² dengan dua embung, dan 5,918 km² dengan tiga embung, atau reduksi masing-masing 25,47%, 31,31%, dan 36,92%. Pola yang sama tampak pada Q50 (25,11%, 29,50%, dan 34,52%) dan Q100 (24,17%, 29,47%, dan 35,66%). Dengan demikian, skenario tiga embung menghilangkan genangan seluas 3,463 km² pada Q25, 3,487 km² pada Q50, dan 3,883 km² pada Q100.

Tabel 1. Perbandingan Luas Genangan Kondisi Eksisting dan Skenario Tiga Embung

Skenario	**Luas Genangan km2**					
	Q25	**Reduksi%**	**Q50**	**Reduksi%**	**Q100**	**Reduksi%**
Sebelum Embung	9,381	0	10,101	0	10,89	0
1 Embung	6,992	25,46	7,565	25,10	8,258	24,16
2 Embung	6,444	31,30	7,121	29,50	7,681	29,46
3 Embung	5,918	**36,91**	6,614	**34,52**	7,007	**35,65**

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076



Gambar 3. Area Genangan Q25 3 Tampungan

Berdasarkan Tabel 1, reduksi meningkat seiring bertambahnya jumlah embung karena setiap embung menambah kapasitas tampungan sementara di hulu sehingga debit yang mencapai dataran banjir semakin kecil, tetapi tambahan manfaatnya menurun. Satu embung sudah menurunkan luas genangan sebesar 2,389 km² pada Q25 (25,47%), sedangkan embung kedua dan ketiga masing-masing menambah 0,548 km² dan 0,526 km² (5,84 dan 5,61 poin persentase). Pola serupa terlihat pada Q50, yaitu 2,536 km² untuk skenario satu embung dengan tambahan 0,444 km² dan 0,507 km², dan pada Q100, yaitu 2,632 km² dengan tambahan 0,577 km² dan 0,674 km². Sebagian besar manfaat karenanya diperoleh dari embung pertama, sementara embung kedua dan ketiga tetap memberi tambahan reduksi yang berarti, sekitar 4–6 poin persentase pada setiap debit rencana. Penelitian ini tidak memisahkan kontribusi masing-masing lokasi embung sehingga urutan prioritas pembangunan belum dapat ditentukan.

Pengaruh besarnya debit tampak dari kenaikan luas genangan antara Q25 dan Q100. Tanpa embung, luas genangan naik 16,1% (9,381 menjadi 10,890 km²), sedangkan pada skenario tiga embung naik 18,4% (5,918 menjadi 7,007 km²). Kenaikan yang sedikit lebih besar ini menandakan bahwa efektivitas tampungan berkurang tipis pada debit yang lebih besar. Meskipun demikian, reduksi relatif skenario tiga embung tetap berada pada kisaran 34–37% untuk seluruh debit rencana, sehingga efektivitasnya dapat dikatakan relatif stabil terhadap kenaikan kala ulang banjir. Temuan ini sejalan dengan kajian terdahulu yang menunjukkan bahwa tampungan di hulu dapat mengurangi limpasan dan genangan di hilir. Namun, besarnya reduksi bersifat khas lokasi karena bergantung pada topografi, kapasitas tampungan, dan posisi embung terhadap area genangan, sehingga angka reduksi ini tidak dapat digeneralisasi ke DAS lain.

Luas Genangan pada Desain Akhir Tiga Embung

Hasil di atas diperoleh dari Simulasi 1 yang efektivitas tampungan masih berkurang tipis. Kemudian dilakukan penyesuaian pada Simulasi 2, luas genangan skenario tiga embung menjadi

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

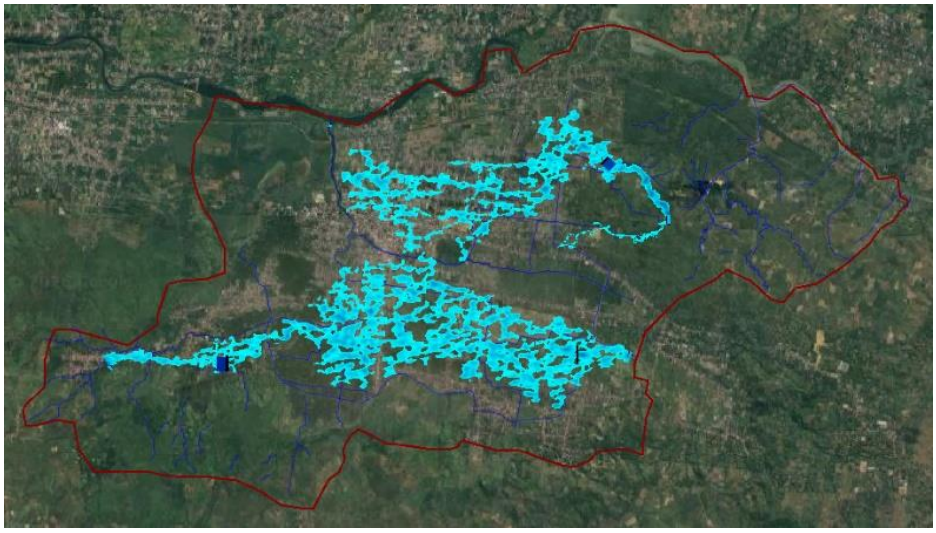
6,184 km² pada Q25, 6,924 km² pada Q50, dan 7,401 km² pada Q100, atau reduksi 34,08%, 31,45%, dan 32,04% terhadap kondisi eksisting (Tabel 2). Luas genangan yang dihilangkan adalah 3,197 km², 3,177 km², dan 3,489 km².

Tabel 2. Perbandingan Reduksi Luas Genangan Skenario Tiga Embung pada Simulasi 1 dan Desain Akhir (Simulasi 2)

Debit Rencana	Eksisting (km²)	Tiga Embung Simulasi 1 (km²)	Reduksi (%)	Tiga Embung Desain Akhir (km²)	Reduksi (%)
Q25	9,381	5,918	**36,92**	6,184	**34,08**
Q50	10,101	6,614	**34,52**	6,924	**31,45**
Q100	10,890	7,007	**35,66**	7,401	**32,04**

Reduksi desain akhir lebih kecil daripada Simulasi 1 dengan selisih sekitar 0,27–0,39 km² atau 2,8–3,6 poin persentase, yang menunjukkan bahwa luas genangan cukup sensitif terhadap geometri dan elevasi mercu embung. Desain akhir dijadikan acuan karena telah memenuhi tinggi jagaan minimum, sedangkan hasil Simulasi 1 lebih tepat dibaca sebagai indikasi awal potensi reduksi. Terhadap luas DAS, genangan pada desain akhir menurun dari 20,5% menjadi 13,5% pada Q25, dari 22,0% menjadi 15,1% pada Q50, dan dari 23,7% menjadi 16,1% pada Q100.

Sebaran genangan Q25 pada desain akhir ditunjukkan pada Gambar 4. Jika dibandingkan dengan Gambar 1, area yang tergenang menyempit dan genangan yang tersisa terutama berada pada dataran rendah di bagian tengah DAS, sedangkan bagian hulu yang berbukit relatif bebas dari genangan.



Gambar 4. Area Genangan Q25 pada Skenario Tiga Embung (Desain Akhir)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa embung berfungsi sebagai bangunan retensi yang mampu menahan sebagian limpasan banjir dan melepaskannya secara bertahap melalui pelimpah. Mekanisme tersebut menyebabkan debit puncak yang mengalir menuju wilayah hilir menjadi lebih

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

kecil sehingga luas genangan juga mengalami penurunan. Dibandingkan skenario satu dan dua embung, sistem tiga embung memberikan kinerja terbaik karena memiliki kapasitas tampungan yang lebih besar dalam mengendalikan limpasan banjir. Temuan ini menunjukkan bahwa pembangunan embung merupakan alternatif yang efektif untuk mendukung pengendalian banjir di DAS Bogel.

IV. SIMPULAN

Perbandingan hasil simulasi HEC-RAS 2D menunjukkan bahwa seluruh skenario embung mampu mengurangi luas genangan banjir di DAS Bogel dibandingkan kondisi eksisting, dan pengurangan tersebut semakin besar ketika jumlah embung ditambah, meskipun sebagian besar manfaat diperoleh dari embung pertama. Skenario tiga embung memberikan kinerja terbaik pada semua debit banjir rencana. Setelah geometrinya disesuaikan agar memenuhi kriteria keamanan, desain akhir tiga embung tetap mampu mengurangi sekitar sepertiga luas genangan, dengan efektivitas yang relatif stabil pada debit banjir yang lebih besar. Oleh karena itu, sistem tiga embung dapat direkomendasikan sebagai alternatif pengendalian banjir di DAS Bogel. Namun, karena masih terdapat area yang tergenang, embung sebaiknya dikombinasikan dengan normalisasi sungai dan perbaikan drainase, dan penelitian lanjutan perlu mengkaji aspek biaya serta pengaruh perubahan iklim.

DAFTAR RUJUKAN

[1] P. Agung, B. Ab, and R. D. Kusdian, “Kajian dampak pembangunan embung konservasi mendekati zero run off dalam pengendalian banjir kawasan,” *Techno-Socio Ekon.*, vol. 12, no. 1, pp. 47–60, 2019.

[2] N. K. Sari, N. Herlina, and H. Hidayanto, “Pemanfaatan model HEC-RAS dan metode ECLAC dalam menganalisis genangan banjir di Daerah Aliran Sungai Cilamajang,” *Teras J. J. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 100–113, Mar. 2025, doi: 10.29103/tj.v15i1.1207.

[3] BPBD Kabupaten Blitar, “Kejadian banjir Kecamatan Sutojayan,” Blitar, Indonesia, 2025.

[4] A. Arsyahudin, “Pemetaan area genangan banjir menggunakan model HEC-RAS 2D dan GIS pada DAS Bogel Kecamatan Sutojayan,” Skripsi, Universitas Islam Balitar, Blitar, Indonesia, 2025.

[5] Kementerian PUPR, “Modul pengantar perencanaan embung,” Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, Jakarta, Indonesia, 2017. [Online]. Available: https://simantu.pu.go.id/epel/edok/45a22_04._Modul_4_Pengantar_Perencanaan_Embung.pdf

[6] Kustamar, *Pengendalian Banjir Berbasis Konservasi Sumber Daya Air (Bagian III)*. Malang, Indonesia: CV. Dream Litera Buana, 2018.

[7] Kementerian PUPR, “Bab I: Kriteria dan komponen embung kecil, long storage, dan dam parit,” Jakarta, Indonesia, 2018.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

[8] R. Rahayu and S. Permana, “Analisis kestabilan lereng bendungan akibat fluktuasi muka air,” *J. Konstr.*, vol. 19, no. 2, pp. 398–409, 2021, doi: 10.33364/konstruksi/v.19-2.916.

[9] A. Rustini and S. Permana, “Analisis hidrologi perencanaan Embung Bratayudha,” *J. Konstr.*, vol. 20, no. 2, pp. 339–347, Nov. 2022, doi: 10.33364/konstruksi/v.20-2.1227.

[10] I. Sadad and R. Embung, “Analisis embung terhadap genangan yang terjadi di Perumahan Pemda Way Hui Lampung Selatan,” *JUMATISI J. Mhs. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 356–362, Jun. 2024, doi: 10.24127/jumatisi.v5i1.6218.

[11] N. Saiful Rizal, *Aplikasi HEC-RAS Versi 6.1 untuk Rekayasa Bangunan Air*. 2022.

[12] D. Setyawan, M. Huda, and H. T. Tjendani, “Analisis risiko dan mitigasi proyek pembangunan embung di Kabupaten Bojonegoro,” *J. Spes. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, Oct. 2023, doi: 10.30996/jspts.v4i2.10686.

[13] A. T. Putra, “Studi pengendalian banjir Sungai Bogel di Kecamatan Sutojayan Kabupaten Blitar,” Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, 2016.

[14] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta, Indonesia: Beta Offset, 2019.

[15] U. Sideng, M. S. Lamada, M. A. S. Mandra, and A. M. I. Z. Jassin, *Morfometri, Perubahan Lahan, Zonasi & Pemodelan Banjir; Daerah Aliran Sungai (DAS) Saddang & Mata Allo Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan*. Malang, Indonesia: Media Nusa Creative, 2022.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076