

Pengendalian Banjir Wilayah Sungai Kali Lamong Kabupaten Lamongan

Vanezia Yuniar Caroline¹, Ahmad Vicky Nur Alfian Firmansyah², Elfan Wahyu P^{3*}

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Darul Ulum Lamongan, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi dan Bisnis Ahmad Dahlan Lamongan, Indonesia

*Penulis korespondensi, email: elfan.wahyuu@gmail.com

Abstrak— Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Kabupaten Lamongan, khususnya pada wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Lamong yang memiliki topografi relatif datar dan kapasitas sungai yang terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik banjir serta merumuskan alternatif pengendalian banjir pada wilayah Sungai Kali Lamong. Metode penelitian meliputi analisis hidrologi dan hidrolika menggunakan data curah hujan, data topografi, serta survei lapangan. Curah hujan rencana dihitung menggunakan metode distribusi Gumbel, sedangkan debit banjir rencana dianalisis dengan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Simulasi kondisi aliran sungai dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun berturut-turut sebesar 52,45 mm; 62,56 mm; 69,26 mm; 77,72 mm; dan 83,99 mm, dengan debit puncak banjir mencapai 213,9 m³/s. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kapasitas penampang sungai pada kondisi eksisting belum mampu menampung debit banjir maksimum sehingga berpotensi menimbulkan luapan. Oleh karena itu, pengendalian banjir direkomendasikan melalui normalisasi sungai, pembangunan tanggul, pengelolaan DAS, serta penerapan sistem peringatan dini banjir. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengelolaan infrastruktur pengendalian banjir di Kabupaten Lamongan.

Kata kunci: banjir, Kali Lamong, HEC-RAS, hidrologi

This article is licensed under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

1. Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak yang signifikan terhadap aspek sosial, ekonomi, serta infrastruktur. Peningkatan intensitas hujan, perubahan tata guna lahan, berkurangnya daerah resapan, dan sedimentasi sungai menjadi faktor utama yang menyebabkan meningkatnya kejadian banjir di berbagai daerah aliran sungai [1], [2]. Selain itu, perkembangan kawasan permukiman dan aktivitas pembangunan yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan turut meningkatkan limpasan permukaan sehingga memperbesar risiko terjadinya genangan dan banjir [3].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji alternatif pengendalian banjir pada daerah aliran sungai di Indonesia. Kajian pada DAS Babakan Kabupaten Brebes menunjukkan bahwa pengendalian banjir memerlukan pendekatan terpadu yang mempertimbangkan karakteristik hidrologi dan kondisi fisik DAS secara menyeluruh [4]. Penelitian pada DAS Batang Pangian membuktikan bahwa pembangunan kolam retensi mampu mereduksi debit puncak banjir dan meningkatkan kapasitas tampungan air selama periode hujan ekstrem [5]. Sementara itu, studi pada Sub DAS Melawi Kalimantan Barat menekankan

pentingnya kombinasi strategi struktural dan non-struktural dalam pengelolaan banjir yang berkelanjutan [6].

Pendekatan struktural dalam pengendalian banjir telah banyak diterapkan melalui pembangunan waduk regulasi, tanggul, sudetan, maupun bangunan pengendali lainnya. Penelitian menunjukkan bahwa waduk regulasi dapat berfungsi sebagai pengendali debit banjir yang efektif pada DAS Wanggu Kota Kendari [7]. Pembangunan sudetan pada Sungai Marmoyo Kabupaten Jombang juga terbukti mampu mengurangi beban aliran pada saluran utama saat terjadi debit puncak [8]. Selain itu, pembangunan tanggul sebagai upaya pengendalian banjir telah banyak dikaji dan menunjukkan efektivitas dalam mengurangi risiko luapan sungai pada kawasan permukiman dan lahan produktif [9]–[12].

Perkembangan teknologi pemodelan hidrolika telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam analisis pengendalian banjir. Pendekatan pemodelan banjir dua dimensi telah digunakan untuk mengevaluasi alternatif pengendalian banjir pada Sungai Welang [13], sedangkan penggunaan perangkat lunak HEC-RAS terbukti mampu digunakan secara efektif untuk menganalisis kapasitas sungai dan berbagai skenario pengendalian banjir [14]. Pendekatan tersebut semakin banyak diterapkan karena mampu menggambarkan profil muka air dan potensi luapan secara lebih rinci.

Selain pendekatan struktural, pengendalian banjir juga perlu didukung oleh upaya non-struktural melalui pengelolaan daerah aliran sungai, pengendalian erosi, konservasi lahan, serta penataan ruang berbasis risiko banjir. Pentingnya pemetaan sungai sebagai dasar perencanaan pengendalian banjir perkotaan telah ditunjukkan dalam berbagai penelitian [15]. Penataan ruang sempadan sungai juga berperan penting dalam mengurangi kerentanan wilayah terhadap banjir [16]. Selain itu, peningkatan kapasitas sistem drainase perkotaan menjadi salah satu strategi yang efektif dalam mengurangi risiko genangan dan banjir [17].

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Timur yang memiliki tingkat kerawanan banjir cukup tinggi, terutama pada kawasan yang berada di sekitar DAS Kali Lamong. Sungai Kali Lamong berfungsi sebagai saluran utama yang menerima limpasan dari wilayah tangkapan hujan dan mengalirkannya menuju hilir. Namun demikian, kondisi topografi yang relatif datar, sedimentasi sungai, serta perubahan penggunaan lahan menyebabkan kapasitas aliran sungai sering kali tidak mampu menampung debit banjir pada musim hujan. Akibatnya, banjir masih menjadi permasalahan yang berulang dan berdampak pada aktivitas masyarakat serta infrastruktur wilayah.

Meskipun berbagai penelitian mengenai pengendalian banjir telah dilakukan pada beberapa DAS di Indonesia, kajian yang mengintegrasikan analisis hidrologi menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dan simulasi hidrolika menggunakan HEC-RAS pada DAS Kali Lamong masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada evaluasi bangunan pengendali banjir tertentu atau pada wilayah DAS yang berbeda [18]–[20]. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan analisis hidrologi dan simulasi hidrolika secara terintegrasi untuk mengevaluasi kapasitas Sungai Kali Lamong dalam menampung debit banjir rencana serta merumuskan alternatif pengendalian banjir yang sesuai dengan karakteristik wilayah penelitian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik banjir pada DAS Kali Lamong melalui perhitungan curah hujan dan debit banjir rencana, mengevaluasi kapasitas sungai menggunakan simulasi HEC-RAS 5.0.7, serta merumuskan alternatif pengendalian banjir yang dapat diterapkan guna mengurangi risiko banjir di Kabupaten Lamongan.

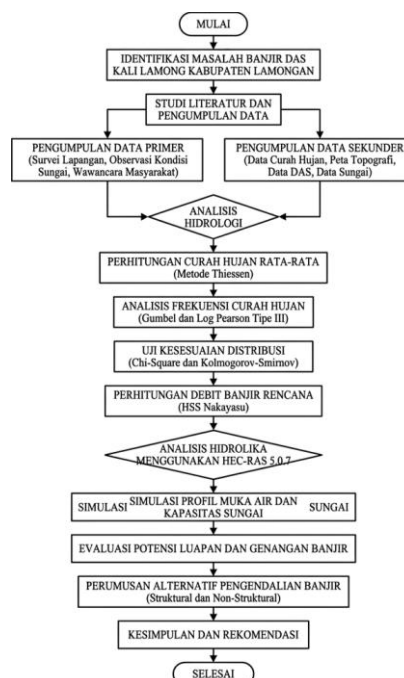
2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang dirancang secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, analisis hidrologi, analisis hidrolika,

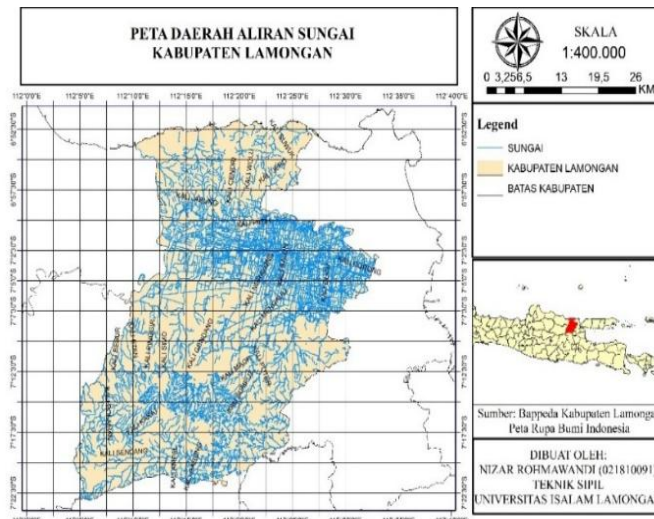
simulasi banjir menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.7, serta penyusunan rekomendasi pengendalian banjir. Setiap tahapan saling berkaitan sehingga hasil yang diperoleh pada suatu tahap menjadi dasar untuk pelaksanaan tahap berikutnya. Alur pelaksanaan penelitian secara lengkap disajikan pada Gambar 1. Penelitian dilakukan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Lamong yang berada di Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur. DAS Kali Lamong merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerawanan banjir cukup tinggi karena kondisi topografi yang relatif datar, sedimentasi sungai, serta tingginya limpasan permukaan pada musim hujan. Sungai ini berfungsi sebagai saluran utama yang mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan menuju wilayah hilir sehingga memiliki peranan penting dalam sistem drainase regional Kabupaten Lamongan. Lokasi dan batas wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan untuk mengamati kondisi eksisting sungai, karakteristik penampang sungai, serta informasi mengenai kejadian banjir yang diperoleh melalui wawancara dengan masyarakat sekitar. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari instansi terkait yang meliputi data curah hujan, peta topografi, data karakteristik DAS, serta berbagai dokumen pendukung lainnya. Data-data tersebut digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan analisis hidrologi dan hidrolika. Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana dan debit banjir rencana pada DAS Kali Lamong. Curah hujan rata-rata daerah dihitung menggunakan metode Polygon Thiessen, sedangkan analisis frekuensi dilakukan menggunakan distribusi Gumbel dan Log Pearson Tipe III. Untuk memastikan kesesuaian distribusi yang digunakan, dilakukan pengujian menggunakan metode Chi-Square dan Kolmogorov-Smirnov. Selanjutnya, debit banjir rencana dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang mempertimbangkan karakteristik fisik DAS dan respon aliran terhadap kejadian hujan.

Analisis hidrolika dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS versi 5.0.7 dengan memanfaatkan data geometri sungai dan debit banjir rencana yang diperoleh dari analisis hidrologi. Simulasi dilakukan untuk mengetahui profil muka air dan kapasitas penampang sungai dalam menampung debit banjir pada berbagai kala ulang. Hasil simulasi digunakan untuk mengidentifikasi potensi luapan sungai pada kondisi eksisting serta mengevaluasi tingkat kerawanan banjir di wilayah penelitian. Berdasarkan hasil tersebut, dirumuskan beberapa alternatif pengendalian banjir baik melalui pendekatan struktural maupun non-struktural yang dapat diterapkan pada DAS Kali Lamong.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Peta DAS Kabupaten Lamongan

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis hidrologi pada DAS Kali Lamong dilakukan menggunakan data curah hujan dari beberapa stasiun hujan yang berada di sekitar wilayah penelitian, yaitu Stasiun Lamongan, Sukodadi, Karanggeneng, Maduran, Blawi, Kuro, dan Karangbinangun. Data yang digunakan merupakan data curah hujan harian maksimum tahunan selama periode pengamatan 2013–2022. Curah hujan wilayah dihitung menggunakan metode Polygon Thiessen untuk memperoleh hujan rata-rata daerah yang mewakili karakteristik DAS Kali Lamong.

Tahapan analisis hidrologi meliputi perhitungan hujan rata-rata DAS, analisis frekuensi curah hujan, pengujian distribusi probabilitas, serta perhitungan debit banjir rencana menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hasil analisis frekuensi menunjukkan bahwa distribusi Gumbel memberikan kesesuaian yang baik terhadap data curah hujan yang tersedia. Nilai curah hujan rencana untuk berbagai kala ulang yang digunakan dalam analisis debit banjir ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hujan Rencana Distribusi Gumbel

| Kala Ulang (Tahun) | Reduced Variate (Yt) | Faktor Frekuensi (K) | Hujan Rencana (mm) |
|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| 2 | 0,367 | -0,102 | 52,45 |
| 5 | 1,500 | 1,084 | 62,56 |
| 10 | 2,250 | 1,869 | 69,26 |
| 25 | 3,199 | 2,862 | 77,72 |
| 50 | 3,902 | 3,597 | 83,99 |

Hasil pengujian distribusi menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov menunjukkan bahwa nilai Δ_{maks} sebesar 0,147 lebih kecil dibandingkan nilai Δ_{kritik} sebesar 0,409. Hasil tersebut menunjukkan bahwa distribusi Gumbel dapat diterima dan layak digunakan dalam analisis hidrologi DAS Kali Lamong. Berdasarkan curah hujan rencana kala ulang 5 tahun, dilakukan perhitungan debit banjir menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit puncak banjir rencana sebesar 213,9 m³/s. Hidrograf debit banjir rencana hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 3.

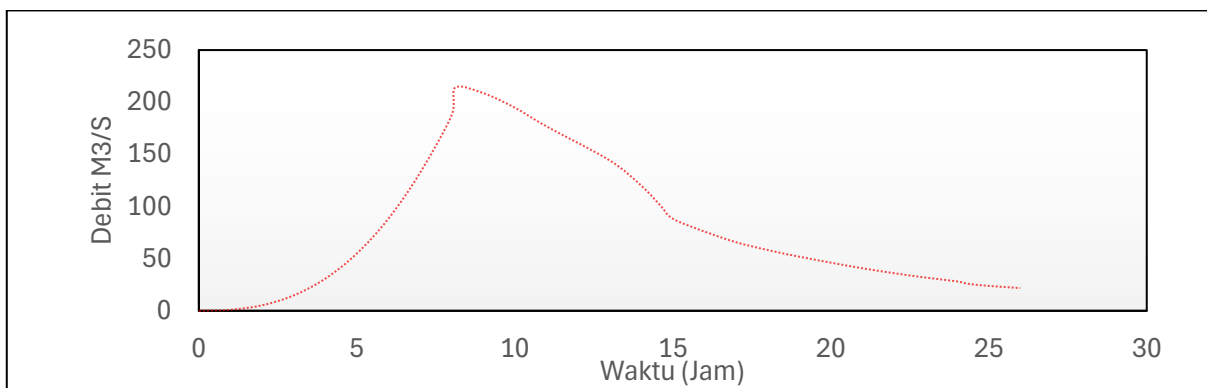
Simulasi hidrolika kemudian dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.7 untuk mengetahui kemampuan penampang sungai dalam mengalirkan debit banjir rencana. Simulasi dilakukan pada beberapa penampang sungai yang dianggap mewakili kondisi hidrolika DAS Kali Lamong. Hasil simulasi pada penampang pertama menunjukkan bahwa elevasi muka air telah mendekati tebing sungai sehingga

kapasitas penampang berada pada kondisi kritis. Kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

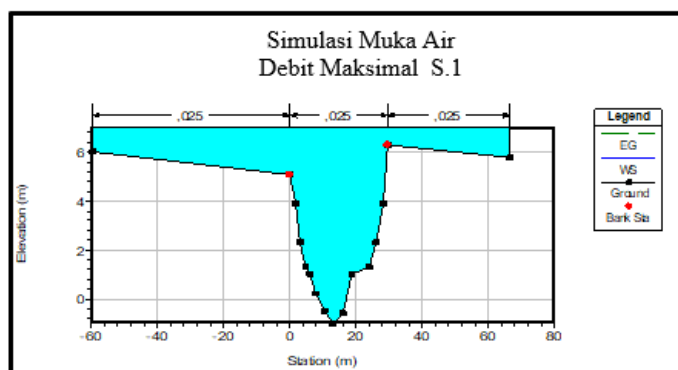
Pada penampang kedua, hasil simulasi menunjukkan adanya kenaikan muka air yang lebih tinggi dibandingkan penampang sebelumnya akibat penyempitan penampang aliran dan pengaruh sedimentasi. Kondisi ini menyebabkan sebagian aliran berpotensi melimpas ke area sekitar sungai apabila terjadi peningkatan debit yang lebih besar. Hasil simulasi pada penampang kedua ditunjukkan pada Gambar 5.

Hasil simulasi pada penampang ketiga menunjukkan bahwa kapasitas aliran sungai mulai tidak mampu menampung debit banjir rencana secara optimal. Pada kondisi tertentu, muka air melampaui elevasi tebing sungai sehingga berpotensi menimbulkan genangan pada lahan di sekitar bantaran sungai. Profil muka air hasil simulasi tersebut disajikan pada Gambar 6. Pada penampang keempat, kondisi luapan sungai terlihat lebih dominan akibat kombinasi antara debit yang besar dan kapasitas penampang yang terbatas. Hasil simulasi menunjukkan bahwa beberapa segmen sungai memerlukan penanganan khusus untuk meningkatkan kapasitas aliran dan mengurangi risiko banjir. Profil muka air pada penampang ini ditunjukkan pada Gambar 7.

Berdasarkan hasil simulasi HEC-RAS pada beberapa penampang, dapat diketahui bahwa kondisi eksisting Sungai Kali Lamong belum sepenuhnya mampu mengalirkan debit banjir rencana kala ulang 5 tahun. Beberapa lokasi menunjukkan potensi luapan akibat kapasitas penampang yang terbatas dan adanya sedimentasi yang mengurangi luas penampang basah. Temuan ini menunjukkan bahwa upaya pengendalian banjir perlu dilakukan secara terpadu melalui pendekatan struktural maupun non-struktural. Alternatif pengendalian banjir secara struktural yang dapat diterapkan meliputi normalisasi sungai, pembangunan tanggul pengaman, pembangunan kolam retensi, pembuatan check dam pada daerah hulu, serta pembangunan retarding basin pada lokasi yang berpotensi menjadi daerah tampungan sementara. Selain itu, peningkatan kapasitas penampang sungai melalui pengerukan sedimen secara berkala juga perlu dilakukan untuk menjaga kapasitas aliran tetap optimal.

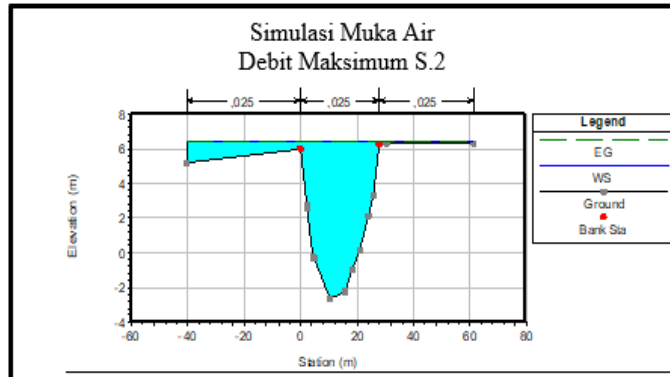


Gambar 3. Hidrograf Debit Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun DAS Kali Lamong

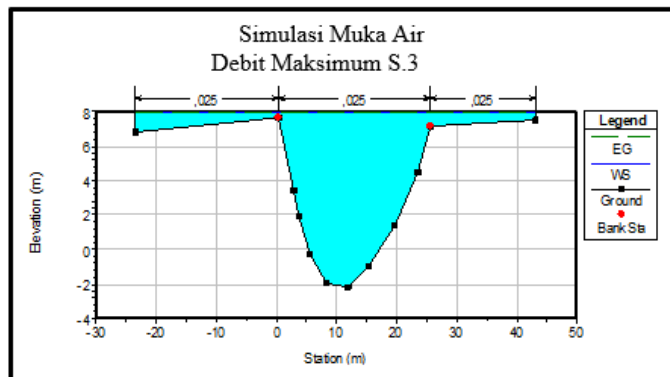


Gambar 4. Simulasi Profil Muka Air pada Penampang S.1

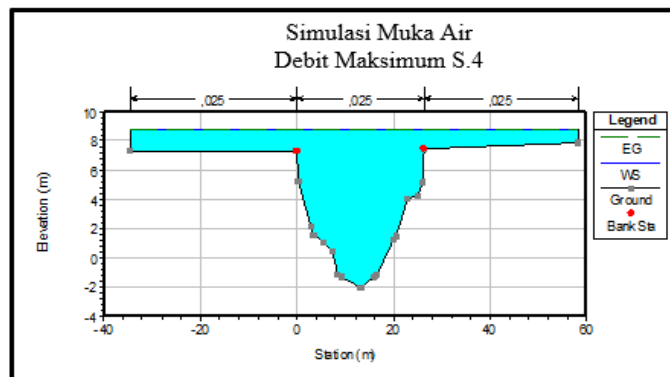
Di sisi lain, pengendalian banjir secara non-struktural dapat dilakukan melalui pengelolaan daerah aliran sungai secara berkelanjutan, pengendalian perubahan tata guna lahan, konservasi daerah resapan air, serta penerapan sistem peringatan dini banjir. Kombinasi antara metode struktural dan non-struktural diharapkan mampu mengurangi risiko banjir secara lebih efektif dibandingkan penerapan salah satu metode saja. Dengan demikian, pengelolaan DAS Kali Lamong perlu dilakukan secara terintegrasi untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan mengurangi dampak banjir terhadap masyarakat Kabupaten Lamongan.



Gambar 5. Simulasi Profil Muka Air pada Penampang S.2



Gambar 6. Simulasi Profil Muka Air pada Penampang S.3



Gambar 7. Simulasi Profil Muka Air pada Penampang S.4

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik banjir serta merumuskan alternatif pengendalian banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Lamong, Kabupaten Lamongan. Hasil analisis hidrologi menunjukkan bahwa distribusi Gumbel merupakan distribusi yang paling sesuai untuk digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan hasil uji Kolmogorov-Smirnov. Curah hujan rencana untuk

kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun berturut-turut sebesar 55,82 mm; 66,47 mm; 73,91 mm; 83,54 mm; dan 90,72 mm.

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu menghasilkan debit puncak sebesar 228,4 m³/s pada kala ulang 5 tahun. Hasil simulasi hidrolika menggunakan HEC-RAS 5.0.7 menunjukkan bahwa kapasitas penampang Sungai Kali Lamong pada kondisi eksisting belum sepenuhnya mampu mengalirkan debit banjir rencana. Beberapa penampang menunjukkan kondisi kritis hingga potensi luapan akibat keterbatasan kapasitas penampang dan pengaruh sedimentasi sungai.

Berdasarkan hasil analisis, pengendalian banjir pada DAS Kali Lamong perlu dilakukan secara terpadu melalui kombinasi pendekatan struktural dan non-struktural. Alternatif pengendalian struktural meliputi normalisasi sungai, pembangunan tanggul, kolam retensi, check dam, retarding basin, serta pengerukan sedimen secara berkala. Sementara itu, upaya non-struktural dapat dilakukan melalui pengelolaan DAS yang berkelanjutan, konservasi daerah resapan, pengendalian perubahan tata guna lahan, dan penerapan sistem peringatan dini banjir. Implementasi strategi tersebut diharapkan mampu meningkatkan kapasitas pengendalian banjir dan mengurangi risiko genangan pada wilayah Kabupaten Lamongan.

Daftar Pustaka

- [1] A. Andriawan, “Kajian hidrologi pada sistem pengendalian banjir,” *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, vol. 7, no. 1, pp. 35–41, 2021.
- [2] E. Erlina, “Analisis banjir dan sedimentasi wilayah Sungai Brantas (Tinjauan terhadap metode pengendalian),” *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 1–14, 2018.
- [3] C. F. Candraningtyas, L. P. W. Syahrani, dan L. Luthfia, “Pengaruh perubahan tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo terhadap fungsi pengendalian banjir Surakarta 2023,” *Sibatik Journal: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, vol. 2, no. 8, pp. 2481–2496, 2023.
- [4] M. Qoyyim, W. Wahidin, M. Taufiq, I. Imron, dan Y. Feriska, “Kajian aspek pengendalian banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Babakan Kabupaten Brebes,” *Infratech Building Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 89–97, 2021.
- [5] Z. Syofyan, “Kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir pada Daerah Aliran Sungai Batang Pangian,” *Rang Teknik Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 124–136, 2022.
- [6] S. B. Soeryamassoeka, D. Gunarto, F. Rahmanto, dan R. Nurcahyo, “Strategi pengendalian banjir terpadu di Sub DAS Melawi Kalimantan Barat,” *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan-CENTECH*, vol. 4, no. 2, pp. 67–84, 2023.
- [7] H. C. Maddi, R. Musa, dan H. Ashad, “Kajian pengendalian banjir dengan menggunakan waduk regulasi: Studi kasus DAS Wanggu Kota Kendari,” *Jurnal Flyover*, vol. 1, no. 1, pp. 21–32, 2021.
- [8] M. K. Ningrum, M. N. Trilita, dan N. Handajani, “Pengendalian banjir dengan sudetan pada Sungai Marmoyo Kabupaten Jombang,” *KERN: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 27–34, 2021.
- [9] E. Zainuri, H. Suprijanto, dan D. Sisinggih, “Studi perencanaan bangunan dinding penahan sebagai upaya pengendalian banjir Sungai Meduri Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah,” *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 1–15, 2021.
- [10] M. S. Syaelendra, H. Suprijanto, dan D. Sisinggih, “Studi perencanaan tanggul (turap beton dan urugan tanah) sebagai upaya pengendalian banjir pada Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah,” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 2, no. 1, pp. 424–437, 2022.
- [11] A. Zevri, “Analisis rencana tinggi tanggul banjir DAS Bangkatan sebagai alternatif pengendalian banjir Kota Binjai,” *Jurnal Sumber Daya Air*, vol. 16, no. 2, pp. 63–76, 2020.
- [12] H. Nurfauziah, S. Permana, A. Zhafirah, dan M. Fathir, “Perencanaan dan pemodelan tanggul untuk pengendalian banjir Kampung Cimacan Kecamatan Tarogong Kidul,” *Jurnal Konstruksi*, vol. 23, no. 1, pp. 128–138, 2025.

- [13] L. Immanuella, V. Dermawan, dan B. Winarta, “Studi alternatif pengendalian banjir Sungai Welang dengan pendekatan pemodelan banjir aliran 2D,” *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, vol. 13, no. 2, pp. 245–257, 2022.
- [14] A. Meris, “Aplikasi HEC-RAS dalam pengendalian banjir Sungai Way Kandis-Lampung Selatan,” *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [15] E. Mutia, E. N. Lydia, dan M. Purwandito, “River Map Sungai Krueng Langsa sebagai pengendalian banjir Kota Langsa,” *Jurnal Teknologi*, vol. 12, no. 2, pp. 141–150, 2020.
- [16] M. Y. Al-Qadri dan S. L. W. Darsono, “Penataan ruang air milik Sungai Tallo dalam rangka pengendalian banjir,” *Jurnal Sosial Teknologi*, vol. 4, no. 6, pp. 317–334, 2024.
- [17] I. N. Sholi, R. R. R. Hadiani, dan E. S. Suryandari, “Analisis kapasitas drainase sebagai upaya pengendalian banjir di Kelurahan Sangkrah, Surakarta,” *Matriks Teknik Sipil*, vol. 8, no. 2, 2020.
- [18] S. Arifianto, U. Andawayanti, dan R. D. Lufira, “Analisis upaya pengendalian banjir Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang,” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 5, no. 2, pp. 1296–1307, 2025.
- [19] F. Fadhila, B. Badrun, dan R. Yusuf, “Studi pengendalian banjir Sungai Balang Sikuyu Kabupaten Bantaeng,” *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, vol. 3, no. 2, pp. 149–156, 2025.
- [20] W. M. F. Ishak, A. R. Yusuf, dan S. Cangara, “Analisis pengendalian banjir pada wilayah Kelurahan Takkalasi Kabupaten Barru,” *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, vol. 3, no. 2, pp. 183–187, 2025.