Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol. 7 No. 1 (2027) 99 - 107
© Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

JTRESDA

Journal homepage: https://jtresda.ub.ac.id/
p-ISSN : 2798-3420 I e-ISSN : 2477-6068

Studi Perencanaan Penanganan Banjir Menggunakan HEC-RAS pada Hilir Dam Boto Kecamatan Semanding Kabupaten Tuban

Flood Mitigation Planning Study Using HEC-RAS at the Downstream of Boto Dam Semanding District Tuban Regency

Fathul Taufiq Abiyyu[1], Very Dermawan[1], Runi Asmaranto[1]

Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jalan MT.Haryono No.167, Malang, 65145, Indonesia

Korespondensi Email :
fathulabiyu@gmail.com

DOI:
https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2027.7.1.9

Kata kunci: Banjir, HEC-RAS, Penanganan Banjir

Keywords*: Flood, HEC-RAS, Flood Mitigation*

Article history:
Received: 20 – 04 - 2026
Accepted: 05 – 10 - 2026

Abstrak: Banjir yang terjadi secara berulang di wilayah hilir Dam Boto pada Sungai Gembul disebabkan oleh keterbatasan kapasitas penampang sungai dalam menampung debit banjir dari daerah hulu. Kondisi ini mengakibatkan luapan air yang menggenangi kawasan permukiman dan lahan pertanian di Kecamatan Semanding dan beberapa desa disekitarnya. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis besar debit banjir yang direncanakan serta melakukan penanganan terhadap banjir dengan menggunakan pemodelan hidraulik HEC-RAS. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan data curah hujan maksimum harian selama 25 tahun (1996–2020) dari tiga stasiun hujan, yaitu Tegalrejo, Sumurgung, dan Rengel. Curah hujan rancangan dihitung dengan distribusi Log Pearson tipe III, sedangkan debit banjir rancangan dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu). Pemodelan hidraulik dilakukan dengan simulasi aliran tak tunak (*unsteady flow*) menggunakan debit Q_{25} sebesar 164,83 m^3/dt. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kondisi eksisting sungai belum mampu menampung debit banjir rancangan sehingga diperlukan penanganan berupa normalisasi sungai, pembuatan kolam retensi, dan pembuatan tanggul. Kombinasi alternatif tersebut mampu menurunkan tinggi muka air banjir dan mengurangi potensi genangan. Rancangan anggaran biaya dari 3 penanganan banjir ditemukan total biaya Rp. 62.726.852.003.

Abstract*: Flooding that occurs repeatedly in the downstream area of Dam Boto on the Gembul River is caused by the limited capacity of the river cross-section to accommodate flood discharge from the upstream area. This condition results in water overflow that inundates residential areas and agricultural land in Semanding District and several surrounding villages. This study aims to analyze the magnitude of the design flood discharge and to propose flood mitigation measures using hydraulic modeling with HEC-RAS. Hydrological analysis was conducted using maximum daily rainfall data for 25 years (1996–2020) from three rainfall*

**Penulis korespondensi: fathulabiyu@gmail.com*

stations, namely Tegalrejo, Sumurgung, and Rengel. The design rainfall was calculated using the Log Pearson Type III distribution, while the design flood discharge was estimated using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (HSS Nakayasu) method. Hydraulic modeling was performed using unsteady flow simulation with a Q_{25} discharge of 164.83 m³/s. The modeling results indicate that the existing river condition is unable to accommodate the design flood discharge, therefore mitigation measures are required in the form of river normalization, construction of retention ponds, and embankment construction. The combination of these alternatives is able to reduce flood water levels and decrease the potential for inundation. The estimated total construction cost for the three flood mitigation measures is IDR 62,726,852,003.

1. Pendahuluan

Perkembangan Kota Tuban telah dipengaruhi oleh berdirinya perusahaan-perusahaan besar seperti pabrik semen Tuban. Kota ini semakin berkembang dengan cepat, terutama ke arah barat dan selatan. Kota ini memiliki 311 desa, 17 kelurahan, dan 20 kecamatan. Pembangunan perumahan baru, seperti kompleks perumahan Semen Tuban yang relatif baru dan besar, berdampingan dengan blok-blok perumahan lama di lingkungan ini. Disamping itu sejumlah infrastruktur seperti jalan raya pasar, pertokoan, dan sejumlah bangunan lainnya terus meningkat jumlahnya. [1]

Sejumlah desa seperti Sumurgung, Sugiharjo, Tegalrejo, dan desa-desa terdekat di Kecamatan tuban dan Merak Urak, sudah terdampak banjir di bagian barat Kota Tuban. Masalah ini sudah lama terjadi dan masih terus terjadi tiap-tiap musim hujan. Daerah Aliran Sungai Bondosuar, yang juga dikenal sebagai Afvour Jambon berdasar pada penelitian sebelumnya, terletak di wilayah Desa Sumurgung dan memiliki daerah aliran yang cukup luas. Sebab penampang melintangnya yang kecil di hilir Bendungan Boto, sungai itu tidak mampu menampung debit banjir. Akibatnya, Sungai Afvour Jambon membanjiri sawah dan permukiman di sekitarnya tiap-tiap tahun. Untuk melakukan antisipasi dan pencegahan banjir yang terjadi tiap-tiap tahun terjadi maka diperlukan adanya solusi untuk mencegah terjadinya banjir. Berdasar pada studi terdahulu sudah ada kajian untuk alternatif penanganan banjir pada Afvour Jambon. [2]

Untuk menentukan alternatif penanganan banjir diperlukan perhitungan dan penanganan yang tepat di daerah yang ditinjau. Terkait dengan hal itu untuk merencanakan alternatif diperlukan perhitungan dan pemodelan banjir rancangan agar bisa menentukan alternatif penanganan yang tepat. Perangkat lunak HEC-RAS dipakai untuk melakukan perhitungan pada debit banjir desain dan memodelkannya. Untuk menilai kemungkinan genangan banjir, simulasi HEC-RAS bisa dipakai untuk mensimulasikan banjir dengan menggunakan analisis *steady flow* dan *unsteady flow*.

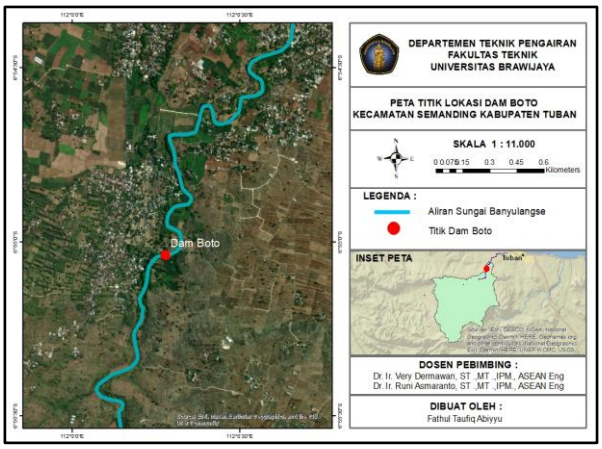
Berdasarkan masalah tersebut, dibutuhkan analisis pemodelan banjir dengan menggunakan simulasi melalui *software* HEC-RAS agar dapat memprediksi aliran air akibat banjir dan menghasilkan alternatif penanganan banjir di area hilir Dam Boto.

2. Bahan dan Metode

2.1 Lokasi Studi

Lokasi Studi di Kecamatan Semanding termasuk sebagian kecil bagian dari Wilayah Sungai Bengawan Solo. Lokasi ini merupakan bagian dari Sub DAS Bendosuar, Kabupaten Tuban. Kakateristik Sungai Bengawan Solo memiliki debit yang besar sehingga seringkali menimbulkan potensi banjir di wilayah sekitarnya.

Wilayah yang sering terkena banjir terletak mulai dari Desa Boto yaitu bagian hilir dari Sungai Banyulangse yaitu yang dikarenakan penampang dan kemiringan dasar Sungai Banyulangse sangat tidak teratur, sebagian penampangnya besar dan sebagian lainya sangat kecil. Beberapa ruas terjadi penyempitan-penyempitan menyebabkan kapasitas *eksisting* sangat kecil sehingga berdampak terjadinya luapan air dari Sungai Banyulangse menggenangi kawasan sekitarnya. Selain itu kapasitas maksimum di bangunan Dam Boto hanya sebesar 100,64 m^3/dt. Dam Boto sendiri merupakan bendung tetap yang digunakan juga untuk irigasi.



Gambar 1: Posisi Lokasi Studi

2.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis data pendukung yang diperoleh dari dua sumber utama, yaitu Dinas PU SDA Kabupaten Tuban dan DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional). Data pertama adalah data curah hujan, yang digunakan sebagai dasar analisis debit banjir rancangan. Data ini berupa data curah hujan harian maksimum tahunan yang dicatat selama 25 tahun, yaitu dari tahun 1996 hingga 2020, yang diperoleh dari tiga stasiun hujan yang berpengaruh terhadap DAS Sungai Gembul, yakni Stasiun Tegalrejo, Stasiun Sumurgung, dan Stasiun Rengel.

Data kedua adalah data bangunan dan kemiringan sungai, yang mencakup informasi mengenai bangunan-bangunan air yang terdapat di sepanjang sistem Sungai Afvour Jambon, seperti dam, jembatan, siphon, dan pelimpah. Data ini digunakan untuk mengetahui kapasitas eksisting penampang sungai di setiap ruas. Sebagai acuan utama, digunakan data Dam Boto dengan kapasitas maksimum sebesar 100,035 m^3/dt dan Dam Winong dengan kapasitas maksimum sebesar 75,401 m^3/dt, dengan kemiringan dasar sungai setelah Dam Boto sebesar 0,0093 dan setelah Dam Winong sebesar 0,003.

Data ketiga adalah data historis kejadian banjir, yang diperoleh dari laporan akhir Studi Afvour Jambon. Data ini menunjukkan bahwa debit banjir dari hulu pernah mencapai 203,21 m^3/dt, serta mencatat desa-desa yang secara berulang terkena dampak banjir di sekitar Sungai Banyulangse, yaitu Desa Tegalrejo, Desa Sumurgung, dan Desa Sugiharjo, sepanjang periode 2008–2024.

Data keempat adalah data Digital Elevation Model (DEM), yang diperoleh dari DEMNAS. Data ini menggambarkan kondisi topografi dan kontur permukaan tanah pada daerah studi, yang selanjutnya digunakan sebagai data geometri dasar dalam proses pemodelan hidraulik menggunakan aplikasi HEC-RAS.

2.3 Metode

Penelitian ini disusun melalui beberapa tahapan analisis yang saling berkaitan, dimulai dari pengumpulan data hingga penyusunan rancangan anggaran biaya penanganan banjir:

- Tahap pertama adalah pengumpulan data, yang meliputi data topografi dan Daerah Aliran Sungai (DAS), data curah hujan, serta data Digital Elevation Model (DEM) sebagaimana dijelaskan pada sub-bab Bahan.
- Tahap kedua adalah analisis hidrologi, yang bertujuan untuk memperoleh besaran debit banjir rancangan. Analisis ini diawali dengan uji kualitas data curah hujan untuk memastikan bahwa data yang digunakan layak secara statistik (dijelaskan lebih lanjut pada sub-bab 2.4.1).

Selanjutnya, curah hujan rata-rata daerah dihitung menggunakan metode Poligon Thiessen, yang mempertimbangkan luas pengaruh masing-masing stasiun hujan terhadap DAS (Suripin, 2004). Curah hujan rancangan pada berbagai kala ulang kemudian dihitung dengan pendekatan distribusi frekuensi Log Pearson Tipe III (Limantara, 2018) [4]. Untuk mendistribusikan hujan rancangan ke dalam sebaran jam-jaman, digunakan metode PSA 007 (Departemen PU, 1985), sebelum akhirnya debit banjir rencana dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu.

- Tahap ketiga adalah pemodelan genangan banjir menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 6.0, yang dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC), U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Pemodelan dilakukan dengan simulasi aliran tidak tunak (unsteady flow) menggunakan debit banjir rancangan kala ulang 25 tahun (Q25), mengacu pada Peraturan Menteri PU No. 12 Tahun 2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan yang berlaku untuk periode ulang 25 tahun. Sebelum digunakan untuk merencanakan alternatif penanganan, model terlebih dahulu dikalibrasi dengan membandingkan pola genangan hasil simulasi terhadap kondisi lapangan, serta melakukan penyesuaian nilai koefisien kekasaran Manning (n) agar diperoleh hasil yang paling representatif.
- Tahap keempat adalah perencanaan alternatif penanganan banjir yang efektif untuk mengurangi limpasan, berupa kombinasi normalisasi sungai, pembuatan kolam retensi, dan pembangunan tanggul, yang efektivitasnya diuji kembali melalui simulasi HEC-RAS.
- Tahap kelima adalah penyusunan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dari ketiga jenis bangunan penanganan banjir tersebut, yang dihitung berdasarkan gambar desain dan spesifikasi teknis pekerjaan, dengan mengacu pada Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 68/SE/Dk/2025 tentang Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

2.4 Landasan Teori

2.4.1 Uji Kualitas Data

Data hidrologi yang digunakan dalam analisis, khususnya data curah hujan, berpotensi mengandung unsur kekeliruan (*error*) yang dapat memengaruhi keandalan hasil analisis. Kesalahan tersebut dapat bersumber dari berbagai faktor, seperti perubahan spesifikasi alat penakar hujan, perpindahan lokasi alat, maupun pengaruh kondisi lingkungan di sekitar stasiun pengukuran. Oleh karena itu, sebelum data curah hujan digunakan sebagai dasar analisis debit banjir rancangan, perlu dilakukan serangkaian uji kualitas data untuk memastikan bahwa data tersebut secara statistik layak digunakan dan mampu menggambarkan kondisi hidrologi yang sebenarnya terjadi di lapangan.

Dalam penelitian ini, uji kualitas data dilakukan terhadap data curah hujan dari Stasiun Tegalrejo, Stasiun Sumurgung, dan Stasiun Rengel, yang mencakup lima jenis pengujian sebagai berikut:

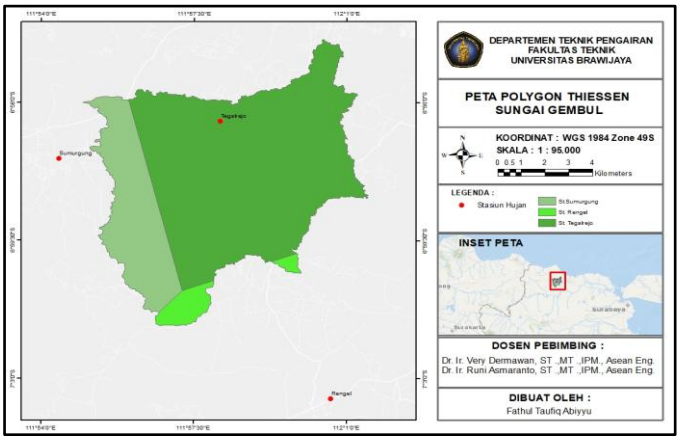
- Pertama, uji konsistensi (*consistency*) dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan data curah hujan terhadap kemungkinan pengaruh perubahan teknis di lapangan. Uji ini dilakukan dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), dengan membandingkan nilai statistik Q dan R terhadap nilai kritis pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99%. Hasil pengujian pada ketiga stasiun menunjukkan bahwa nilai $Q/\sqrt{n}$ dan $R/\sqrt{n}$ berada di bawah nilai kritis pada seluruh tingkat kepercayaan tersebut, sehingga data dinyatakan konsisten.
- Kedua, uji ketiadaan tren (*homogeneity*) dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kecenderungan naik atau turun yang tidak wajar pada rangkaian data. Pengujian dilakukan dengan uji stasioner menggunakan uji F, yaitu dengan membandingkan varian dari dua kelompok data pada periode yang berbeda. Sebagai contoh, pada Stasiun Tegalrejo diperoleh nilai F hitung sebesar 0,684 yang lebih kecil dari F kritis sebesar 2,65, sehingga data dinyatakan memiliki varian yang stabil.
- Ketiga, uji persistensi dilakukan untuk mengetahui ketidakbergantungan (*independensy*) antar nilai dalam deret data, menggunakan koefisien korelasi peringkat metode Spearman. Hasil pengujian pada ketiga stasiun menunjukkan nilai t hitung yang lebih kecil dari t kritis, sehingga data dapat dinyatakan bersifat acak (*random*) dan tidak memiliki ketergantungan antar tahun pengamatan.

- Keempat, uji *inlier-outlier* dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi data yang menyimpang jauh dari kecenderungan umum kelompoknya, guna menghindari kesalahan dalam pemilihan jenis distribusi frekuensi. Pengujian dilakukan dengan menghitung batas nilai ambang atas (XH) dan batas nilai ambang bawah (XL) berdasarkan nilai rata-rata, simpangan baku, dan nilai Kn dari data logaritmik curah hujan. Hasil pengujian pada ketiga stasiun menunjukkan bahwa seluruh data curah hujan tahunan berada di antara batas ambang atas dan bawah tersebut, sehingga tidak terdapat data yang perlu dieliminasi.

Berdasarkan hasil keempat jenis pengujian tersebut, data curah hujan dari Stasiun Tegalrejo, Sumurgung, dan Rengel dinyatakan valid, konsisten, homogen, acak, dan bebas dari data pencilan, sehingga layak digunakan sebagai dasar analisis curah hujan rancangan dan debit banjir rancangan pada tahap selanjutnya.

2.4.2 Analisis Curah Hujan Daerah maksimum Tahunan

Curah hujan harian maksimum tahunan digunakan untuk menghasilkan Curah Hujan Rancangan. Jika ada tiga stasiun hujan, maka akan dilakukan tiga kali perhitungan untuk mengetahui curah hujan tahunan tertinggi di daerah tersebut. Dalam penelitian ini, data curah hujan rata-rata tahunan dari 3 stasiun curah hujan digunakan dengan metode Polyghon Thiessen. Analisis menggunakan metode Polygon Thiessen dilakukan untuk menemukan rata-rata curah hujan di suatu daerah dengan memperhatikan faktor rasio luas wilayah yang dipengaruhi. Metode ini mempertimbangkan cakupan luas hujan yang terjadi di setiap stasiun, kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan curah hujan di suatu wilayah.



Gambar 2: Peta Polyghon Thiessen Lokasi Studi

2.4.3 Analisis Curah Hujan Rencana (Distribusi Frekuensi)

Distribusi frekuensi merupakan perhitungan tinggi curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi dengan kala ulang tertentu, yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan suatu bangunan air sehingga dibutuhkan sebuah analisis frekuensi [4]. Distribusi frekuensi yang akan digunakan Stasiun Tegalrejo, Sumugung, dan Rengel menggunakan pendekatan distribusi frekuensi Log Pearson Tipe III.

2.4.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Pembagian hujan dalam jam tertentu ditentukan dengan mengamati langsung data hujan yang dicatat di stasiun hujan yang paling berpengaruh terhadap DAS. Jika tidak ada data tersebut, bisa diambil contoh dari pola hujan yang serupa dengan daerah setempat yang memiliki garis lintang yang sama.

Analisis distribusi hujan jam – jaman dilakukan untuk memperkirakan persentase dari total hujan yang jatuh dalam setiap jam, serta untuk menghitung rata-rata hujan per jam. Metode yang dapat digunakan salah satunya adalah dengan menggunakan PSA 007 (Departemen PU, 1985) yang menyarankan besarnya intensitas hujan. Selain itu, untuk menghitung debit banjir rencana dapat menggunakan perhitungan dengan persamaan hidrograf satuan sintetik (HSS) yang dikembangkan oleh Nakayama dengan rumus:

$$Q_p = \frac{R_0}{3{,}6(0{,}3T_p + T0{,}3)} \qquad \textit{Pers.}\ 1$$

Dengan
Q_p = Debit puncak banjir (m^3/dt)
R_o = Hujan satuan (mm)
T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

2.4.5 Pemodelan Banjir Menggunakan HEC-RAS

River Analysis System (RAS) dikembangkan oleh *Hydrolic Engineering Center* (HEC) sebagai cabang dari *Institute of Water Resources* (IWR) di dalam *US Army Corps of Engineers* (USACE) sebagai sebuah program aplikasi dengan tujuan agar aliran satu dimensi dan dua dimensi di sungai atau saluran bisa disimulasikan. Perhitungan permukaan air untuk aliran tetap (*steady flow*), aliran tidak tetap (*unsteady flow*), perhitungan transportasi sedimen, dan kualitas air adalah empat komponen analisis hidraulik yang membentuk sistem ini. [5][6]

2.4.6 Bangunan Pengendali Banjir

Kegiatan pengendalian banjir adalah suatu kegiatan yang meliputi tindakan sebagai berikut:

a. Mengenali besarnya debit banjir.
b. Mengisolasi daerah genangan banjir.
c. Mengurangi tinggi elevasi air banjir.

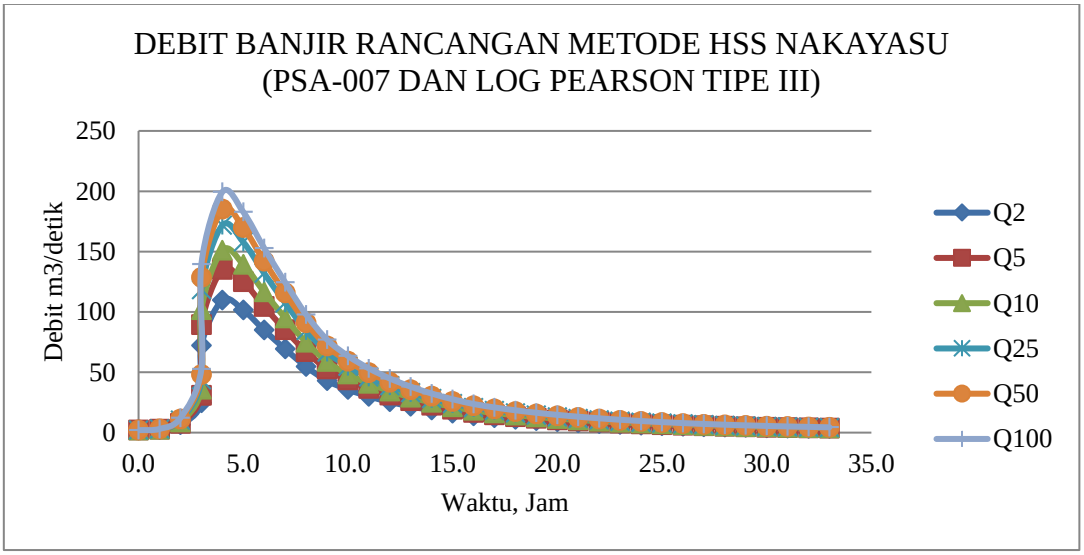
Bangunan pengendalian banjir adalah struktur fisik yang dirancang dan dibangun untuk membantu mengurangi risiko banjir dan meredakan dampak yang ditimbulkannya. Bangunan ini dapat berupa berbagai macam infrastruktur yang bertujuan untuk mengalihkan, mengendalikan, atau memperlambat aliran air selama periode banjir [7]. Bangunan pengendali banjir yang digunakan normalisasi, kolam retensi, dan tanggul.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian hasil dan pembahasan menyajikan data dan analisis penelitian. Bagian ini dapat diatur berdasarkan tujuan yang dinyatakan, garis waktu kronologis, pengelompokan kasus yang berbeda, konfigurasi eksperimental yang berbeda, atau urutan logis apa pun yang dianggap sesuai

3.1 Analisis Hidrologi

Perhitungan persamaan hidrograf satuan sintetik (HSS) banjir metode Nakayasu ditemukan debit banjir rancangan dari Q_2 sampai Q_{100}.

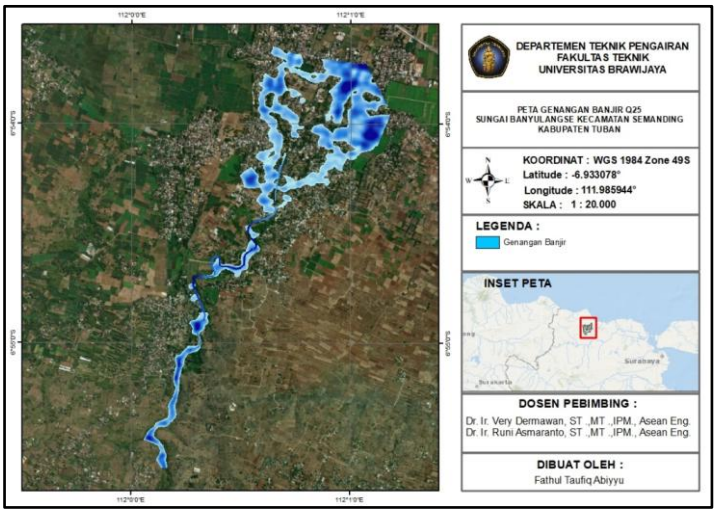


Gambar 3: Grafik Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

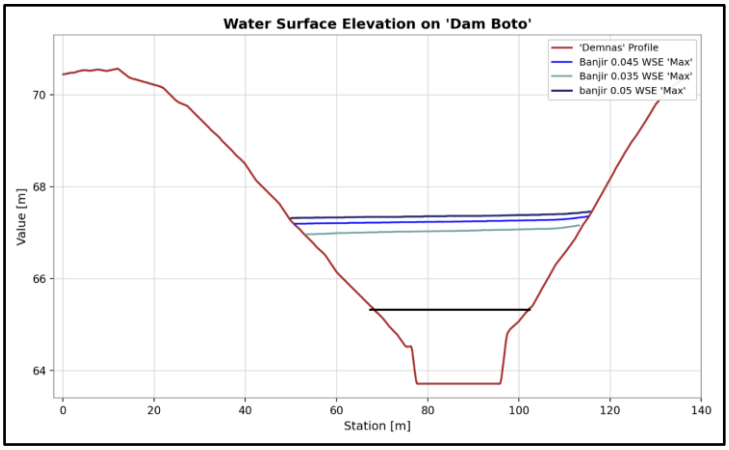
3.2 Pemodelan Banjir dengan HEC-RAS

Pemodelan banjir pada Lokasi menggunakan debit banjir kala ulang Q_{25} tahun karena berdasarkan permen PU no.12 tahun 2014 bahwa rencana penyelenggaraan drainase perkotaan berlaku 25 tahun. Dalam pemodelan ini menggunakan *unsteady flow* (aliran tidak tunak).

Sebelum merencanakan penanganan banjir dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi bertujuan untuk memastikan hasil itu akurat atau tidak dengan dilakukan melihat sebaran banjir dilokasi dan mecari n *manning* yang sesuai. Hasil running bisa dilihat sebagai berikut:



Gambar 4: Hasil *Running* HEC-RAS Menggunakan Debit Q_{25}



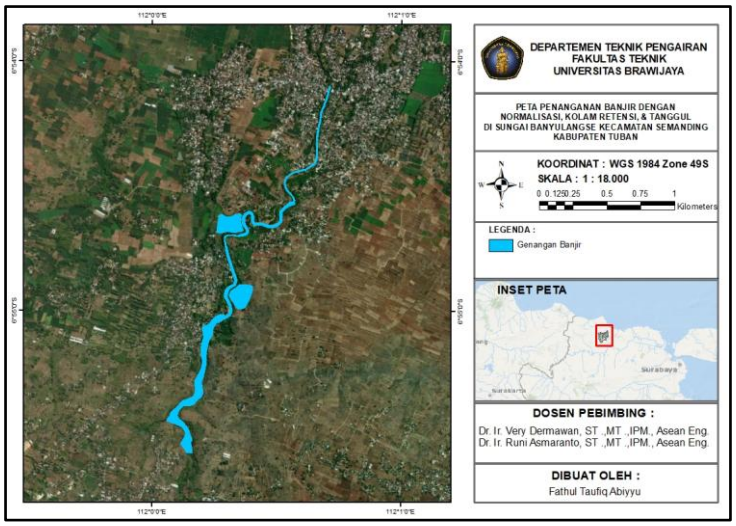
Gambar 5: Nilai Perbandingan Tinggi Banjir dengan n Manning yang Berbeda

Hasil *Water Surface Elevation* (WSE) menunjukkan Air tidak seluruhnya mengalir mengikuti sungai karena kondisi permukaan tanah yang tidak rata. Pada beberapa lokasi terdapat cekungan dengan elevasi lebih rendah yang terpisah dari alur sungai utama. Di area ini, kemiringan lahan sangat kecil sehingga air tidak memiliki cukup energi untuk mengalir. Tetapi bisa dilihat genangan air menggenangi 3 desa yang diberitakan sering terkena banjir yaitu di desa Tegalrejo, Desa Sumurgung, dan Desa Sugiharjo.

Tinggi air pada Dam Boto dengan n *manning* yang berbeda menunjukkan nilai n *manning* 0,035 = 67 m, n *manning* 0,045 = 67,2 m, dan n *manning* 0,05 = 67,4 m. Jadi untuk tinggi Dam Boto hasil perhitungan dielevasi +65,27 m hasil tinggi air diatas bendung menjadi 67,14 m. Jika tinggi air diatas mercu dari hasil hitungan setinggi 67,14 m jadi selisih tinggi air diatas mercu yang paling mendekati dari hasil hitungan yaitu n Manning 0,045.

Setelah dilakukan kalibrasi selanjutnya mencari pengendalian banjir yang sesuai untuk menanggulangi banjir sehingga ditemukan penanganan banjir dengan:

- Normalisasi: normalisasi dilakukan sejauh 2,5 km dengan menggunakan 2 ukuran normalisasi. Normalisasi pertama berada di sungai setelah Dam Boto dengan kemiringan bertingkat yang memiliki ukuran lebar dasar 7 m, tinggi 4 m, dan lebar atas 20 m. Normalisasi kedua berada di sungai setelah Dam Winong dengan ukuran lebar dasar 13 m, tinggi 3 m, dan lebar atas 15 m.
- Kolam Retensi: kolam retensi dibuat di 2 titik dengan masing – masing volumenya 172.230 m^3 dan 119.392,1 m^3. Menggunakan inflow pelimpah samping dengan mercu OGEE 1 [8]dan bilangan *Froude* dengan nilai $4{,}5 \leq Fr$ disarankan untuk menggunakan kolam olak USBR tipe 3 [9]. Ukuran dari pelimpah memiliki lebar 16,38 m dan tinggi 2,5 m dari dasar Sungai. Sedangkan outflow menggunakan pintu klep otomatis yaitu PA-FG1 ukuran 120 [10].
- Tanggul: Tanggul dibuat di tiga titik yaitu di bagian atas, tengah, dan bagian bawah. Tanggul hulu memiliki lebar dasar 8 meter, lebar puncak 3 meter, dan tinggi 3,98 meter. Tanggul tengah memiliki lebar dasar 4,5 meter, lebar puncak 1,5 meter, dan tinggi 1,5 meter. Tanggul hilir menggunakan parapet dengan tinggi 1,5 meter.



Gambar 6: Hasil Running HEC-RAS dengan Penanganan Normalisasi, Kolam Retensi, dan Tanggul

3.3 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) yaitu perhitungan biaya pembangunan yang didasarkan pada gambar dari bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dilakukan, sehingga RAB dapat menjadi acuan dalam pelaksanaan proyek.

Dalam perhitungan ini dibedakan kedalam beberapa subpekerjaan seperti pekerjaan persiapan dan pekerjaan dinding penahan. Dengan dikalikan koefisien yang mengacu pada Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 68/SE/Dk/2025 tentang Tatacara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat maka didapatkan harga satuan pokok kegiatan yang digunakan untuk memperhitungkan rencana anggaran biaya. Berikut penjelaskan mengenai Analisa Harga Satuan Pekerjaan untuk pekerjaan pembuatan normalisasi sungai, pembuatan kolam retensi, dan pembuatan tanggul.

Tabel 1: Total Rancangan Anggaran Biaya Bangunan Penanganan Banjir

No.	Uraian Pekerjaan	Harga (Rp)
1	Normalisasi	Rp. 4.436.528.955
2	Kolam Retensi	Rp. 25.916.932.368
3	Tanggul	Rp. 32.373.390.680
	Total =	Rp.62.726.852.003

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian "Studi Perencanaan Penanganan Banjir Menggunakan HEC-RAS pada Hilir Dam Boto, Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban", dapat disimpulkan bahwa analisis debit banjir rancangan menggunakan Metode HSS Nakayasu menghasilkan debit maksimal yang meningkat seiring bertambahnya kala ulang, yaitu sebesar 109,66 m^3/dt pada Q2, 135,15 m^3/dt pada Q5, 151,15 m^3/dt pada Q10, 164,83 m^3/dt pada Q25, 171,78 m^3/dt pada Q50, dan 185,07 m^3/dt pada Q100.

Hasil simulasi menggunakan HEC-RAS 6.0 menunjukkan bahwa proses kalibrasi debit banjir rancangan Q25 sebesar 164,83 m^3/dt memberikan hasil yang paling mendekati kondisi aktual di lapangan ketika menggunakan nilai koefisien kekasaran Manning sebesar 0,045. Berdasarkan hasil kalibrasi tersebut, pemodelan pengendalian banjir di kawasan hilir Dam Boto selanjutnya dilakukan dengan menerapkan tiga jenis penanganan, yaitu normalisasi sungai, pembuatan kolam retensi, dan pembangunan tanggul, yang secara bersama-sama mampu menurunkan tinggi muka air banjir dan mengurangi potensi genangan di wilayah studi. Adapun total biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan ketiga jenis penanganan banjir tersebut diperoleh sebesar Rp62.726.852.003.

Daftar Pustaka

[1] PU SDA Kabupaten Tuban. (2006). DED Waduk Jadi Tahun 2006

[2] PU SDA Kabupaten Tuban. (2017). FS Waduk Jadi Tahun 2017

[3] Adriantari, N.F. 2019. Studi Perencanaan Bangunan Groundsill dan Revetment Sungai Pengaman Jembatan Bandung di Parit Raya Kabupaten Tulungagung. Malang, jurusan Teknik Pengairan Universitas

[4] Limantara, Lily M. (2018). *Rekayasa Hidrologi.* Yogyakarta: ANDI.

[5] U.S. Army Corps of Engineers. (2023). HEC-RAS Mapper User's Manual Version 6.3. California: U.S. Army Corps of Engineers

[6] Islami, F. A. (2022). *Modul Pelatihan HEC-RAS 2D "Pemodelan Sebaran Genangan Banjir"*

[7] Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2017. *Modul Metode Pengendalian Banjir*. Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi.

[8] Kementrian Pekerjaan Umum Dirjen SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi: Bangunan Utama KP-02. Jakarta: Direktorat Irigasi dan Rawa

[9] Kementrian Pekerjaan Umum Dirjen SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi: Bagian Bangunan KP-04. Jakarta: Direktorat Irigasi dan Rawa

[10] Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Pintu Air Otomatis Tahan Korosi (Bahan Fiber Resin).* Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.

[11] Anto,wiji & Noor salim & Adhitya S,M, 2019.Analisi dan Evakuasi kapasitas penampang sungai jatiroto dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1 ,Jawa timur: Jurusan Teknik Sipil Faktultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

[12] Adriantari, N.F. 2019. Studi Perencanaan Bangunan Groundsill dan Revetment Sungai Pengaman Jembatan Bandung di Parit Raya Kabupaten Tulungagung. Malang, jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

[13] Immanuella, L. A. 2022. Studi Alternatif Pengendalian Banjir Sungai Welang di Kota Pasuruan Dengan Pendekatan Pemodelan Banjir Aliran 2D. Jurnal Teknik Pengairan Universitas Brawijaya