

PERBANDINGAN MODEL UNSTEADY DAN STEADY FLOW ALIRAN BANJIR SUNGAI WAY LAALA SEBAGAI DASAR SOLUSI PENANGANAN PASCA BENCANA

Gilang Idfi¹, Eko Setyawan², Eko Suwarno³, M. Musthofa Al Ansyorie⁴

¹ Universitas Negeri Malang, email: gilang.idfi.ft@um.ac.id

² Universitas Negeri Malang, email:eko.setyawan.ft@um.ac.id

³ Universitas Negeri Malang, email:eko.suwarno.ft@um.ac.id

Abstrak:Tujuan Penelitian ini memberikan acuan dasar pemilihan solusi pengendalian banjir dengan melakukan perbandingan permodelan aliran banjir unsteady flow dan steady flow. Metode analisis data hidrologi menggunakan software HEC-HMS serta hidraulika dengan software HEC-RAS 5.0.7. Perhitungan curah hujan rata-rata wilayah diambil dari data hujan BMKG, Kairatu dan diperoleh hasil 144,69 mm. Sedangkan untuk perhitungan hujan rencana digunakan metode distribusi Log Person Tipe III dan didapatkan curah hujan rencana 25 tahun sebesar 290,46 mm. Keabsahan data hujan diuji dengan Smirnov-Kolmogorov dan Chi Kuadrat. Analisis hidrologi menggunakan program bantu HEC-HMS dan Microsoft excel 2019 dengan membandingkan 3 metode hidrograf satuan sintetik. Hidrograf dibandingkan antara metode SCS, Snyder, dan Nakayasu dengan data kondisi dilapangan saat permodelan banjir untuk kalibrasi data. Hasil permodelan HEC-HMS didapat nilai debit puncak metode SCS sebesar 42,9 m³/s, dan metode Snyder sebesar 60,8 m³/s, sedangkan hasil perhitungan dengan ms. Excel 2019 metode Nakayasu didapat nilai debit puncak sebesar 158 m³/s. Analisa hidraulika menggunakan program bantu HEC-RAS 5.0.7 membutuhkan data berupa cross section, long section, data terrain, serta data hidrograf kala ulang 25 tahun hasil permodelan HEC-HMS metode Nakayasu. Analisis HEC-RAS dibandingkan antara model aliran steady flow dan model unsteady flow. Dari HEC-RAS didapatkan hasil bahwa kondisi Sungai Way Laala terjadi overtopping setinggi 0.5 – 1 m pada aliran steady flow dan menggenang permukiman warga di Desa Loki pada simulasi unsteady flow. Hasil permodelan HEC-RAS menunjukkan bahwa profil elevasi muka air rata-rata dari permodelan steady flow lebih tinggi dari elevasi yang dihasilkan permodelan unsteady flow. Elevasi muka air rata-rata permodelan steady flow sebesar + 30.519 m, sedangkan untuk permodelan unsteady flow sebesar + 29.849 m. selain itu kecepatan aliran permodelan steady flow juga cenderung lebih tinggi daripada model unsteady flow. Kecepatan rata-rata model Steay flow diperoleh nilai sebesar 2,791 m/s, sedangkan pada model unsteady diperoleh nilai 2,025 m/s.

Kata-kata kunci: debit banjir, pengendalian banjir, unsteady flow, steady flow, Sungai Way Laala

Abstract: The purpose of this study is to provide a basic reference for selecting flood control solutions by comparing unsteady flow and steady flow flood flow models. Hydrological data analysis method using HEC-HMS software and hydraulics with HEC-RAS 5.0.7 software. The calculation of the regional average rainfall was taken from BMKG, Kairatu rain data and the result was 144.69 mm. Meanwhile, for the calculation of the planned rainfall, the Log Person Type III distribution method was used and the 25-year planned rainfall was 290.46 mm. The validity of the rain data was tested with Smirnov-Kolmogorov and Chi Square. Hydrological analysis used the HEC-HMS and Microsoft excel 2019 programs by comparing 3 synthetic unit hydrograph methods. Hydrographs are compared between the SCS, Snyder, and Nakayasu methods with field condition data during flood modeling for data calibration. The results of the HEC-HMS modeling show that the peak discharge value of the SCS method is 42.9 m³/s, and the Snyder method is 60.8 m³/s, while the calculation results with ms. The Excel 2019 Nakayasu method obtained a peak discharge value of 158 m³/s. Hydraulic analysis using the HEC-RAS 5.0.7 program requires data in the form of cross sections, long sections, terrain data, and 25 year return period hydrograph data from the HEC-HMS Nakayasu modeling method. The HEC-RAS analysis was compared between the steady flow model and the unsteady flow model. From the HEC-RAS, it was found that the Way Laala River was overtopped as high as 0.5 – 1 m in steady flow and inundated residents' settlements in Loki Village in the unsteady flow simulation. The HEC-RAS modeling results show that the average water level profile of the steady flow model is higher than the elevation produced by the unsteady flow model. The average water level for the steady flow model is + 30,519 m, while for the unsteady flow model it is + 29,849 m. besides that the flow velocity of the steady flow model also tends to be higher than the unsteady flow model. The average speed of the Steay flow model is 2.791 m/s, while the unsteady model is 2.025 m/s.

Keywords: flood discharge, flood control, unsteady flow, steady flow, Way Laala River

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan suatu fenomena alam yang paling menghancurkan di dunia. Banjir terjadi saat aliran air melebihi kapasitas maksimum dari suatu sungai. (Siregar dan Indrawan, 2017). Menurut Idati, dkk., (2020) bencana banjir pada dasarnya disebabkan oleh tiga hal: 1) Banjir dapat terjadi karena ulah dari manusia yang menyebabkan adanya perubahan terhadap tata ruang yang berdampak pada perubahan alam; 2) Banjir terjadi disebabkan faktor alami, seperti tingginya curah hujan yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS); 3) Banjir disebabkan karena degradasi yang terjadi pada lingkungan seperti pendangkalan sungai karena sedimen, berkurangnya daya serap tanah (infiltrasi) pada permukaan tanah, maupun sempitnya alur sungai dan lainnya. Banjir juga dapat terjadi akibat salah perencanaan awal dalam pengendalian banjir.

Sebagai acuan dasar pengendalian banjir maka perlu diadakan model perencanaan yang optimal dengan melakukan metode analisis dan perhitungan yang mendekati kondisi eksiting. Untuk mendapatkan model perencanaan yang optimal, metode simulasi dengan software Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) serta Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) sering menjadi solusi perencanaan banjir. Permodelan HEC-HMS sering digunakan dalam analisis hidrologi guna mendapatkan debit banjir, sedangkan analisis hidraulika digunakan program HEC-RAS guna dilakukan permodelan aliran banjir pada sungai. (Idfi, 2017). Dalam melakukan permodelan banjir analisis hidraulika model aliran unsteady flow sering dijumpai kendala sehingga para engineer dapat mengganti dengan model aliran steady flow. Basis permodelan menggunakan HEC-HMS untuk analisis hidrologi serta HEC_RAS untuk analisis hidraulika sering menjadi dasar perencanaan banjir pada suatu sungai, seperti penelitian yang dilakukan oleh: 1) Ikhsan, dkk (2019) dalam jurnal “Skenario Penurunan Debit Puncak Banjir pada Sungai Sampean dengan Memanfaatkan Cekungan Alam di Kabupaten Situbondo”; dan 2) Siregar dan Indrawan (2017) dalam jurnal “Studi Komparasi Permodelan 1-D (Satu Dimensi) Dan 2-D (Dua Dimensi) Dalam Memodelkan Banjir Das Citarum Hulu”. Dalam kedua penelitian tersebut peneliti melakukan analisis HEC-HMS dalam analisis hidrologi dengan menggunakan 1 metode hidrograf satuan sintetik dan HEC-RAS 1D dalam analisis hidraulika dalam permodelan aliran banjirnya.

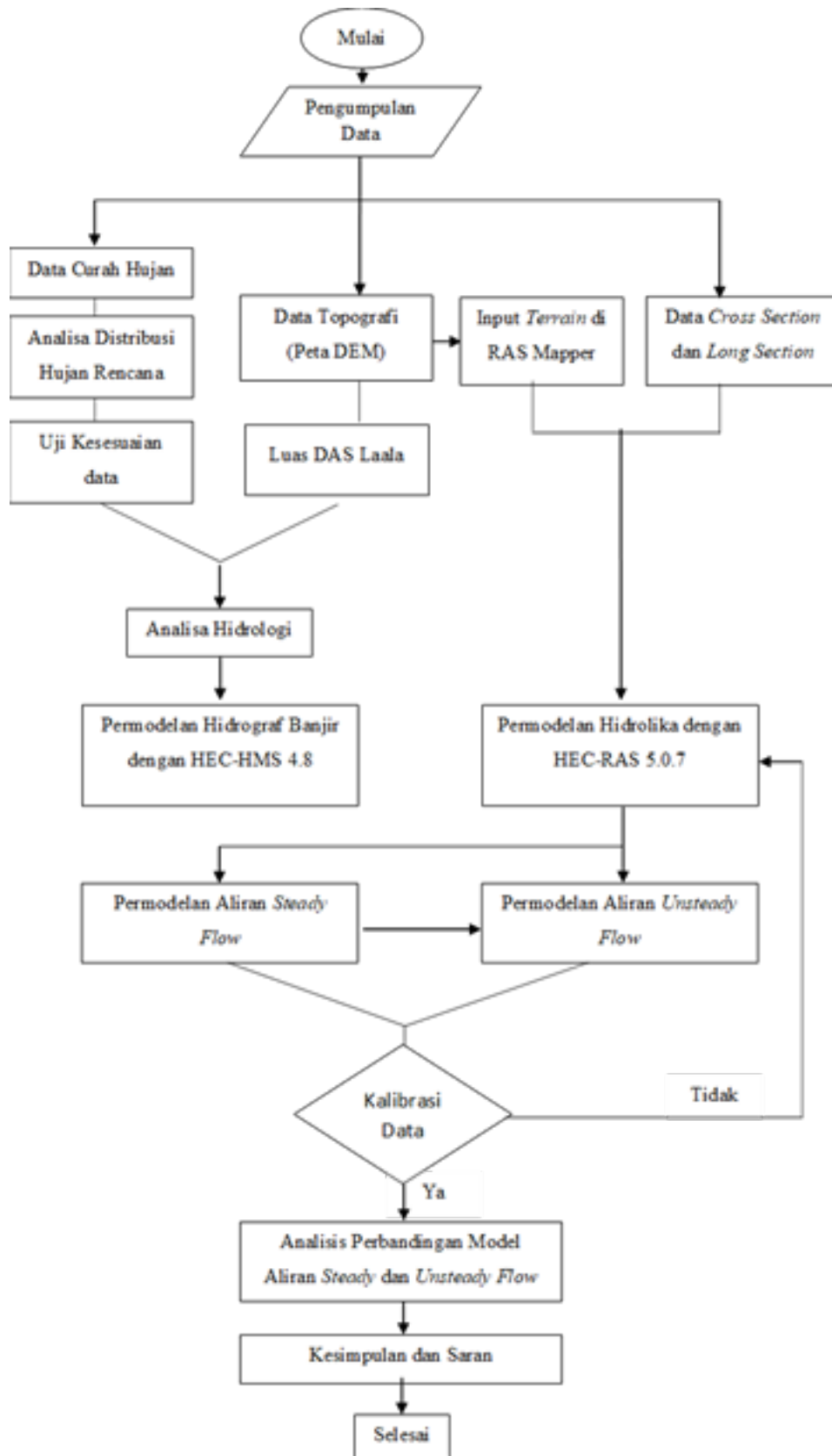
Banjir menjadi bencana alam yang banyak terjadi di Indonesia, salah satu kabupaten yang

sering terjadi banjir adalah Kabupaten Seram Bagian Barat tepatnya di Desa Loki, Kecamatan Huamual. Dalam artikel cengkepala.com memaparkan bahwa banjir besar pernah melanda Desa Loki pada 26 Maret tahun 2018. Banjir terjadi akibat kapasitas alir dari Sungai Way Laala yang tidak mampu menahan debit banjir limpasan. Banjir pada Sungai Way Laala juga disebabkan adanya penumpukan sedimen pada sungai tersebut. Sedimen terjadi akibat degradasi lahan daerah aliran sungai (DAS) yang ditandai adanya perubahan tata guna lahan pada daerah tersebut, lahan yang awalnya hutan lindung menjadi kebun cengkeh milik warga sekitar. Hal tersebut mengakibatkan adanya perubahan nilai curve number pada lahan sehingga mempengaruhi nilai infiltrasi lahan. Nilai infiltrasi akan berpengaruh pada potensi longsor yang akan membawa longSORan menuju sungai menjadi sebuah sedimen.

Sungai Way Laala merupakan sungai induk yang terdapat di Desa Loki, Kecamatan Huamual, Kabupaten Seram Barat dan berada pada kawasan DAS Laala dengan luas wilayah DAS 24,291 km². Aliran pada sungai Way Laala memiliki dampak merusak yang sangat tinggi. Pada musim penghujan aliran pada Sungai Way Laala sangat deras hingga mengganggu aktifitas warga Limpasan Sungai Way Laala juga menyebabkan jalan utama Huamual, Lintas Pulau Seram, penghubung antar desa di Kecamatan Huamual dan Kota Piru terendam banjir. Dalam upaya untuk mengatasi banjir yang terjadi akibat limpasan Sungai Way Laala, desa Loki, Kecamatan Huamual, Kabupaten Seram Bagian Barat, maka perlu diadakan penelitian mengenai analisis hidrologi serta hidraulika sebagai acuan dasar pemilihan solusi pengendalian banjir. Dalam analisis penelitian, peneliti melakukan analisis hidrologi dengan software HEC-HMS guna mendapatkan data debit banjir maksimum serta debit hidrograf banjir dengan melakukan tiga perbandingan metode hidrograf satuan sintetik yang mendekati kondisi lapangan yakni metode SCS, Snyder, dan Nakayasu. Sedangkan dalam analisis hidraulika peneliti melakukan perbandingan antara model aliran banjir unsteady flow dan steady flow menggunakan software HEC-RAS guna mendapatkan elevasi muka banjir maksimum.

2. METODE

Dalam pelaksanaan penelitian disusun diagram alir penelitian agar tidak menyimpang dari rumusan masalah dan tujuan penelitian. Penyusunan diagram alir disusun dengan metode analisis data sesuai data yang didapatkan. Diagram alir disusun seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Rancangan Penelitian

Konsep dasar dalam penelitian ini adalah mengendalikan banjir pada Sungai Way Laala dengan cara melakukan skenario aliran banjir dengan model steady flow dan unsteady flow. Skenario permodelan aliran banjir steady flow akan dibandingkan dengan aliran unsteady flow guna mendapatkan elevasi banjir tertinggi. Elevasi muka air banjir akan digunakan sebagai acuan dasar terhadap solusi pengendalian banjir. Perbandingan juga dianalisis pada kecepatan, kedalaman, luas genangan serta karakteristik air pada masing-masing aliran.

2.2 Data Penelitian

Data yang diperlukan dalam untuk skenario permodelan aliran steady dan unsteady flow adalah data topografi pada DAS Laala, peta Digital Elevation Model (DEM), data tata guna lahan pada DAS Laala, data curah hujan, data penampang Sungai Way Laala, dan data skunder tentang wawancara warga terkait kondisi eksisting aliran banjir dilokasi penelitian.

2.3 Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis data dengan dua analisis, yakni analisis hidrologi serta analisis hidraulika. Analisis hidrologi dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai debit puncak banjir rencana yang digunakan untuk inputan permodelan aliran pada sungai. Dalam analisis hidrologi dilakukan perhitungan hujan rata-rata wilayah, parameter statik data hidrologi, curah hujan rencana, dan uji kesesuaian distribusi. Setelah didapatkan nilai hujan rencana maka dilakukan skenario permodelan hidrograf banjir dengan 3 metode, yakni hidrograf satuan sintetik SCS, Snyder, dan Nakayasu. Pada permodelan HSS SCS dan Snyder dilakukan dengan bantuan software HEC-HMS sedangkan untuk HSS Nakayasu dilakukan dengan bantuan software Microsoft Office Excel 2019. Pada permodelan HEC-HMS dilakukan perhitungan parameter input berupa curve number, initial abstraction, impervious area, serta time lag.

Setelah didapatkan hidrograf banjir kala ulang 25 tahun dari analisis hidrologi maka dilakukan permodelan analisis hidraulika dengan bantuan software HEC-RAS 5.0.7 untuk mengetahui kapasitas sungai ketika debit maksimum banjir terjadi. Dalam permodelan HEC-RAS dilakukan 2 (dua) model aliran yakni steady flow dan unsteady flow. Data input yang dibutuhkan dalam analisis HEC-RAS berupa data terrain, data geometri sungai, koefisien manning, flow hydrograph, data debit puncak banjir, serta data initial conditions. Pada permodelan steady flow akan dimasukkan data aliran berupa debit banjir maksimum, sedangkan pada aliran unsteady flow dimasukkan data flow hydrograph.

3. HASIL

3.1 Curah Hujan Rata-Rata Kawasan DAS Laala

Data curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Kairatu dengan jumlah data hujan kurun waktu 16 tahun mulai dari tahun 2001 - 2016. Data hujan hanya didapatkan dari 1 stasiun hujan Kairatu sehingga dalam analisis hujan rata-rata kawasan data hujan dianggap telah mewakili hujan rata-rata daerah perencanaan banjir pada DAS Laala. Dalam perhitungan curah hujan rerata diperoleh nilai hujan rerata sebesar 144,69 mm.

3.2 Curah Hujan Rencana

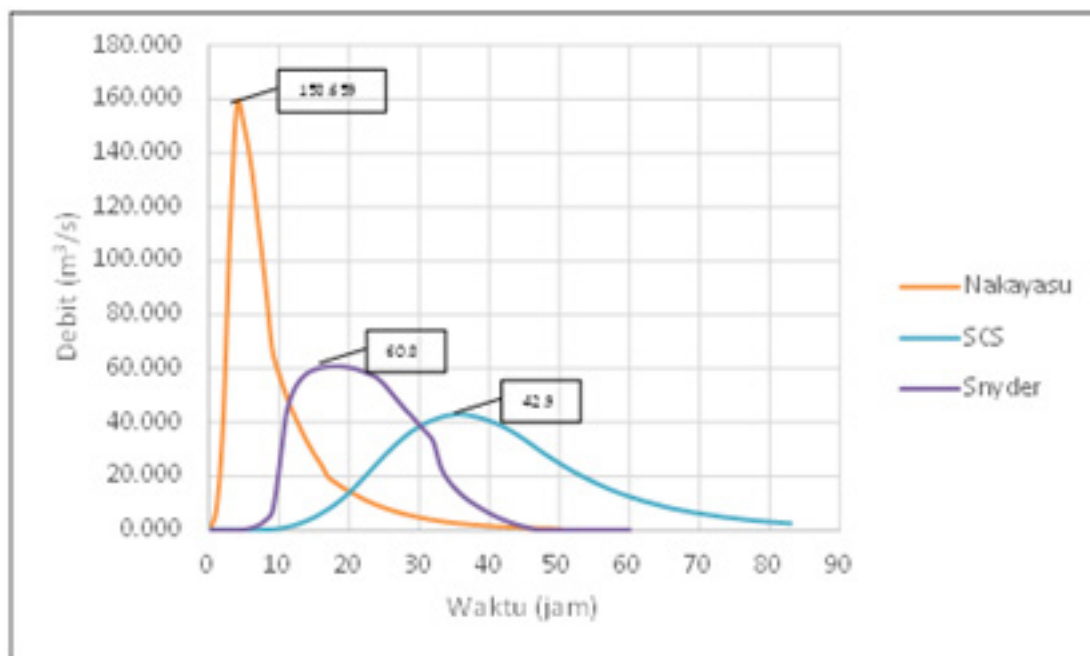
Perhitungan hujan rencana menggunakan metode Log Person Tipe III dilakukan pada periode ulang hujan 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Berikut hasil perhitungan hujan rencana masing-masing periode hujan metode Log Person Tipe III pada tabel 1.

Tabel 1. Curah Hujan Rencana Metode Log Person Tipe III

Periode Ulang Hujan	Curah Hujan
	(mm)
2 tahun	1,311,338
5 tahun	1,909,157
10 tahun	2,335,765
25 tahun	2,904,642
50 tahun	3,350,072
100 tahun	3,814,782

3.3 Permodelan Hidrograf Banjir

Permodelan hidrograf banjir pada Sungai Way Laala dilakukan dengan membandingkan 3 metode hidrograf satuan sintetik, yakni SCS, Snyder, dan Nakayasu. Permodelan hidrograf satuan sintetik dihasilkan output running seperti pada gambar 2.

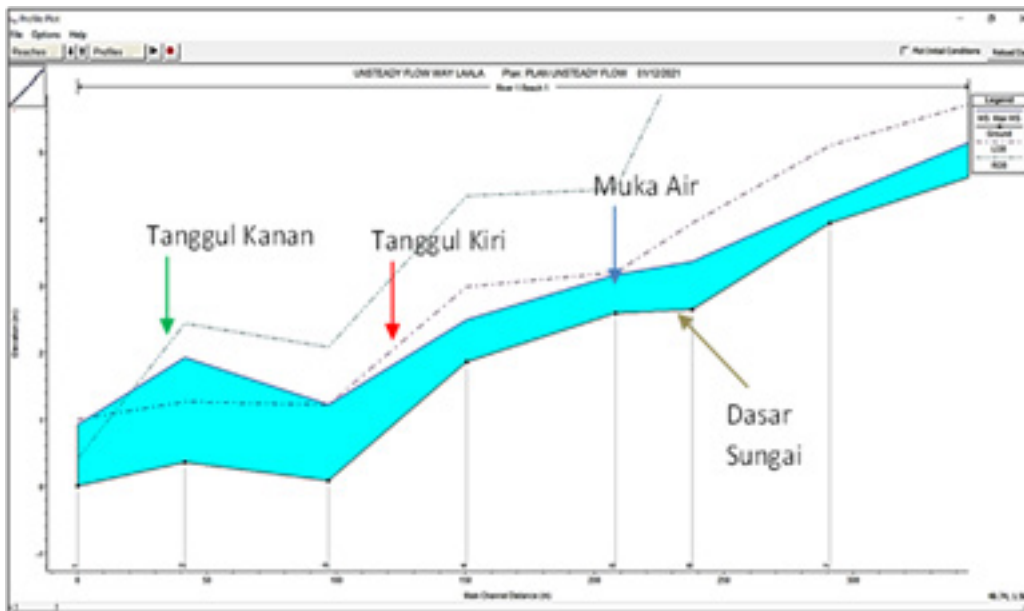


Gambar 2. Perbandingan Hidrograf Banjir

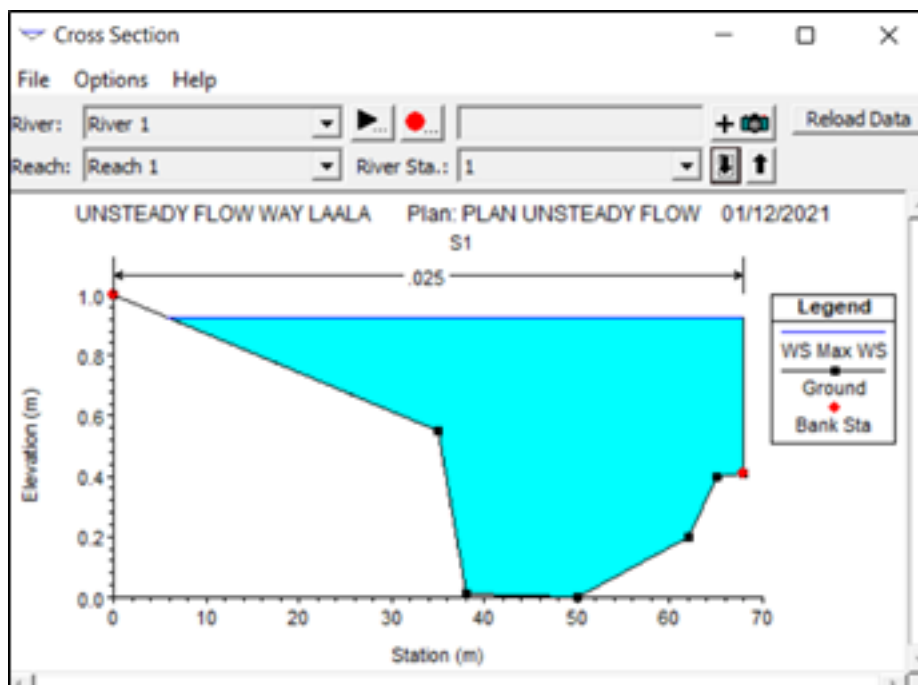
3.4 Analisis Hidraulika

3.4.1 Permodelan Aliran Unsteady Flow

Hasil running program HEC-RAS 5.0.7 akan didapatkan kondisi penampang sungai berupa potongan melintang (cross section), memanjang (long section), luas genangan, kecepatan aliran serta kedalaman air saat terjadi banjir. Berikut merupakan hasil analisis hidraulika berupa cross section dan long section sungai pada permodelan aliran unsteady flow dengan software HEC-RAS 5.0.7 yang dapat dilihat pada gambar 3 dan 4



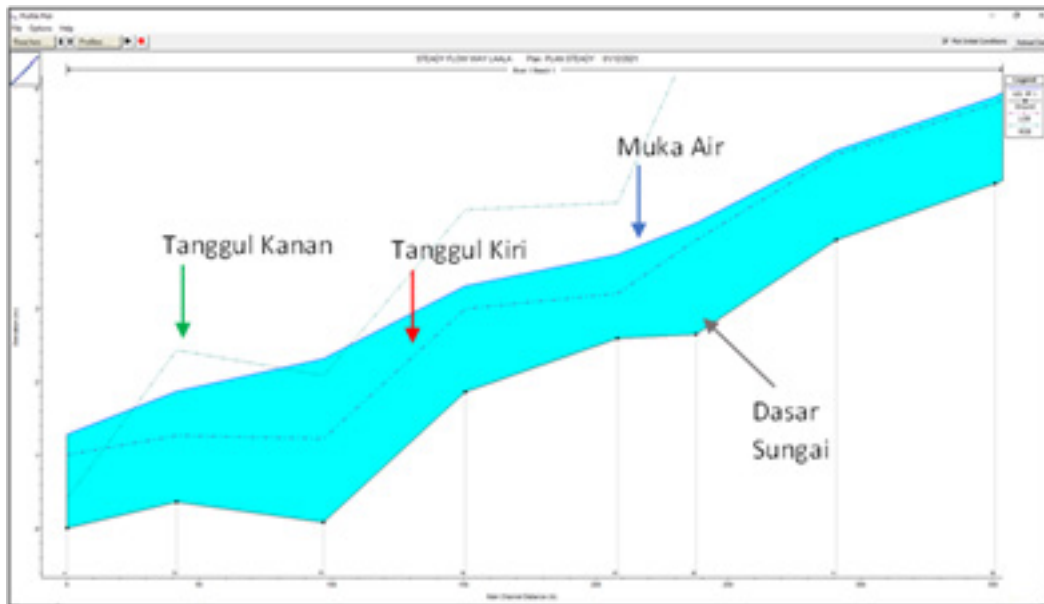
Gambar 3. Potongan Memanjang Sungai



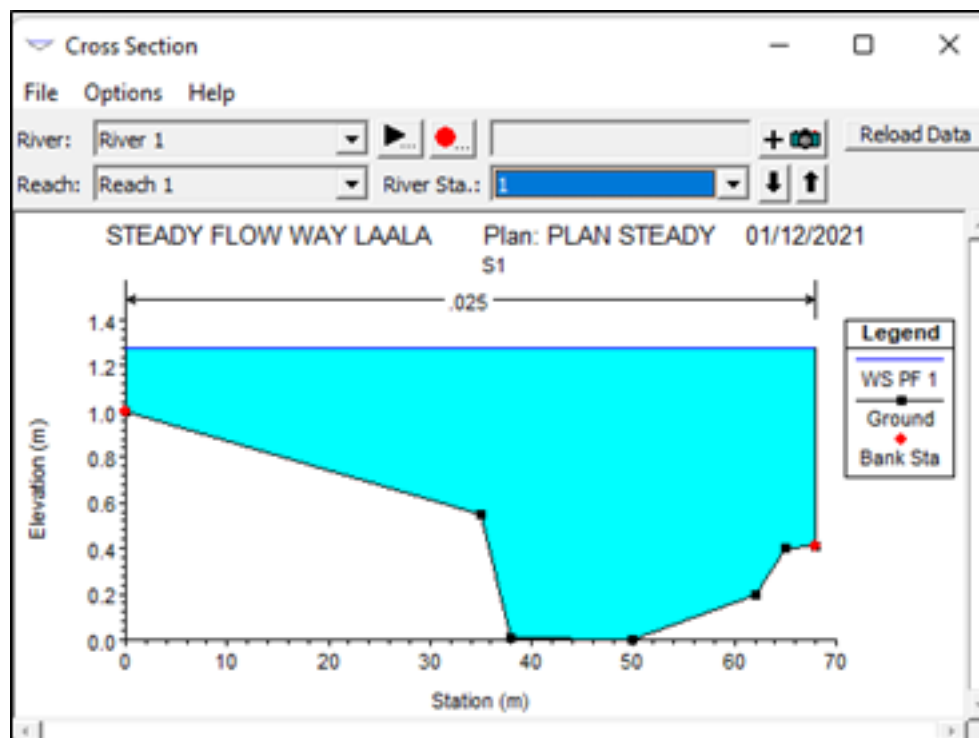
Gambar 4. Potongan Melintang Sungai

3.4.2 Permodelan Aliran Steady Flow

Hasil running program HEC-RAS 5.0.7 akan didapatkan kondisi penampang sungai berupa potongan melintang (cross section), memanjang (long section), luas genangan, kecepatan aliran serta kedalaman air saat terjadi banjir. Hasil output akan berbeda dengan analisis unsteady flow karena data aliran yang diinputkan akan berbeda. Berikut merupakan hasil analisis hidraulika berupa cross section dan long section sungai pada permodelan aliran steady flow dengan software HEC-RAS 5.0.7 yang dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Potongan Memanjang Sungai

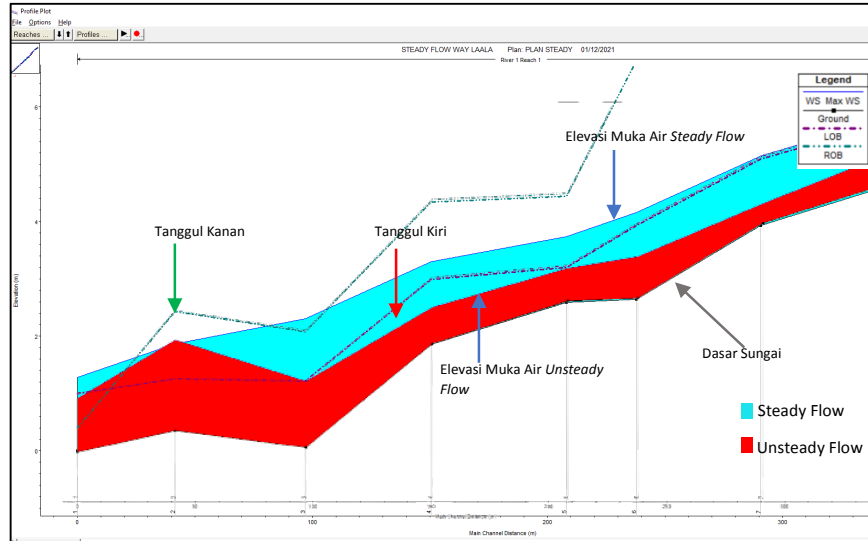


Gambar 6. Potongan Melintang Sungai

4. PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Permodelan Aliran Unsteady Flow dan Steady Flow

Dalam permodelan HEC-RAS pada Sungai Way Laala digunakan model aliran unsteady flow dan steady flow. Aliran steady flow digunakan untuk melihat kondisi eksisting saluran saat debit maksimum rencana di inputkan, sedangkan aliran unsteady flow dilakukan analisis dikarenakan Sungai Way Laala merupakan saluran yang memiliki aliran tidak tetap. Analisis perbandingan aliran Unsteady Flow dan Steady Flow dilakukan dengan membandingkan karakteristik banjir pada masing-masing aliran. Elevasi rata-rata muka air banjir pada model aliran unsteady flow diperoleh nilai elevasi setinggi + 29.849 m, sedangkan untuk elevasi muka air model aliran steady flow didapatkan nilai rata-rata sebesar + 30.519 m. Perbandingan elevasi muka air area kritis hilir pada masing-masing aliran dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Model Steady dan Unsteady

Permodelan geometri sungai pada model aliran steady flow tidak diperlukan 2D flow area untuk menghindari error pada saat komputasi permodelan. Perbedaan pada geometri saluran akan berdampak pada hasil luas genangan yang akan dihasilkan pada permodelan. Perbandingan luas genangan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Luas Genangan Model Steady dan Unsteady

Berikut merupakan hasil perbandingan model steady flow dan unsteady flow yang telah dirangkum pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Model Unsteady Flow dan Steady Flow

Aspek	Model Unsteady Flow	Model Steady Flow
Metode	Komponen aliran yang tidak tetap dan berubah pada fungsi jarak dan waktunya. Analisis dilakukan dengan persamaan momentum.	Komponen aliran yang tetap sama antara tempat dan waktunya. Analisis digunakan persamaan kekekalan massa dan persamaan momentum atau empiris.
Data Geometri	Geometri sungai digunakan data long section, cross section, serta 2D Flow Area.	Geometri sungai digunakan data long section, cross section.
Data Aliran	Bagian Hulu : Hidrograf banjir 25 Tahunan	Bagian Hulu : Debit banjir maksimum
	Bagian Hilir : Data normal depth	Bagian Hilir : Data normal depth
Pengaruh Kestabilan	Geometri, besaran debit aliran	Tidak ada
Luas genangan	· Mendekati kondisi eksisting	· Hanya sebatas area cross section
	· Luas genangan total 3833.68 m ²	· Luas genangan total 3790.01 m ²
Elevasi Muka Air	Rata – rata = + 29.849 m	Rata – rata = + 30.519 m
Kecepatan Aliran	Rata – rata = 2.0252 m/s	Rata – rata = 2.791 m/s
Overtopping Area Pemukiman	STA 1, 2, dan 3	STA 1, 2, 3, 4, 5, serta 6

5. SIMPULAN

1. Kondisi eksisting Sungai Way Laala mengalami kenaikan elevasi muka air yang ditandai pada perubahan kedalaman freeboard jembatan. Freeboard jembatan pada tahun 2000 yang memiliki kedalaman sekitar 3 meter menjadi 0,7 meter saat survey dilakukan pada tahun 2021.
2. Dari hasil analisis hidrologi didapatkan nilai hujan rata-rata pada DAS Laala sebesar 144,69 mm.
3. Skenario permodelan hidrograf banjir Sungai Way Laala diambil hasil permodelan hidrograf satuan sintetik metode Nakayasu periode hujan 25 tahunan dengan kalibrasi data mendekati kondisi lapangan.
4. Perbandingan model aliran unsteady dan steady flow didapatkan nilai elevasi rata-rata muka air pada model unsteady flow didapatkan nilai lebih tinggi daripada model steady flow, yakni masing-masing setinggi + 29.849 m dan + 30.519 m.
5. Evaluasi penanganan banjir pasca bencana pada Sungai Way Laala diberikan 2 saran penanganan, yakni dengan perencanaan normalisasi sungai dan perencanaan block ramp.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Farid, N. I., Mujiyon, & Idfi, G. (2019). Skenario Penurunan Debit Puncak Banjir pada Sungai Sampean dengan Memanfaatkan Cekungan Alam di Kabupatn Situbondo [Universitas Negeri Malang]. <http://journal2.um.ac.id>
- Idati, L. O. M. A., Maghribi, L. O. M., & Lakawa, I. (2020). Analisis Banjir, Faktor Penyebab Dan Prioritas Penanganan Sungai Anduonuhu. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 54–56. <http://jurnal-unsultra.ac.id/index.php/scej/article/download/144/79>
- Idfi, G. (2017). Perbandingan Model Aliran Banjir Unsteady Flow dan Steady Flow Pada Sungai Ngotok Ring Kanal. *Bangunan*, 22(2), 31–40. <http://journal2.um.ac.id>
- Siregar, R. I., & Indrawan, I. (2017). Studi Komparasi Pemodelan 1-D (Satu Dimensi) Dan 2-D (Dua Dimensi) Dalam Memodelkan Banjir Das Citarum Hulu. *Educational Building*, 3(2), 31–37. <https://doi.org/10.24114/eb.v3i2.8255>
- Ageng, A. M. 2019. Studi Perbandingan Debit Puncak Banjir Di Das Kali Ngotok Dengan Menggunakan Metode SCS, SNYDER, dan Nakayasu Untuk Kebutuhan Pengendalian Banjir Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang.
- Arifah, A. U. 2015. Prediksi tinggi genangan banjir pada Daerah Aliran Sungai Bedadung di Jember. Jember: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. 1998. *Applied Hydrology*. Mc Graw-Hill. Singapore.
- Gray, D. M. 1970. *Hand Book On The Principles of Hydrology*. Water Information Center, Inc.

