



Evaluasi Kapasitas Eksisting Sungai Batang Mangor di Hulu Bendung Ladang Laweh Dengan Peningkatan Debit Banjir Rencana 25 Tahun

¹ Hartati, ² Dalrino, ³ Desnila Sari, ⁴ Mafriyal, ⁵ Suhendrik Hanwar, ⁶ Sadtin, ⁷ Maulia Desvani, ⁸ Nadhia Hanifah Putri

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang, Sumatera Barat, Indonesia
Corresponding author: *dalrino350@gmail.com

Abstract

Ladang Laweh Irrigation District Dam is located in Sicincin nagari, Padang Pariaman Regency with an irrigation service area of 1,140 Ha. The Ladang Laweh Irrigation Area weir receives flow from the Batang Mangor river which is included in the Batang Mangor watershed. On September 22, 2021 a flood occurred on September 22, 2021 resulting in an overflow with a height of 2.5 m above the lighthouse with an estimated discharge of 141.946 m³ /dt resulting in runoff flow in the area upstream of dam. Research was conducted to review ability of riverbed against to predicted flood events. Analysis of the capacity of the existing river upstream of the weir was carried out with a 25-year plan flood discharge. Modeling is done by analyzing 15 years of rain data and catchment area starting from the location point of the weir upstream. The validation results under full bank capacity conditions obtained the closest match to the theoretical flood discharge value of the Nakayasu method. Simulation showed that cross section for P1 to P19 segments at Korong Gadang location was inundated during flood events with 41.56% exceed to average discharge of maximum river capacity. The results also provide recommendations for flood management by suggesting the addition of river embankments at locations that experience inundation.

Keywords: *batang mangor river, ladang laweh weir, river capacity, numerical simulation*

Abstrak

Bendung Daerah Irigasi Ladang Laweh terletak di nagari Sicincin Kabupaten Padang Pariaman dengan luas area layanan irigasi sebesar 1.140 Ha. Bendung Daerah Irigasi Ladang Laweh menerima aliran dari sungai Batang Mangor yang termasuk dalam Daerah aliran sungai (DAS) Batang Mangor. Tanggal 22 September 2021 terjadi banjir pada 22 September 2021 mengakibatkan luapan dengan tinggi 2,5 m di atas mercu dengan debit perkiraan sebesar 141,946 m³ /dt sehingga mengakibatkan terjadinya limpasan aliran pada daerah daerah yang berada di hulu bendung. Penelitian dilakukan untuk meninjau kemampuan palung sungai terhadap terhadap prediksi kejadian banjir. Analisis kapasitas sungai eksisting di hulu bendung dilakukan dengan debit banjir rencana 25 tahun. Pemodelan dilakukan dengan melakukan analisis terhadap data hujan 15 tahun dan *catchment area* dimulai dari titik lokasi bendung ke arah hulu. Hasil validasi pada kondisi *full bank capacity* mendapatkan kesesuaian terdekat pada nilai debit banjir teoritik metode Nakayasu. Hasil simulasi memperlihatkan penampang eksisting segmen P1 sampai dengan P19 di lokasi Korong Gadang mengalami genangan saat kejadian banjir dengan besaran lampauan debit rata – rata sebesar 41,56 % dari kapasitas tampung maksimum palung sungai. Hasil penelitian juga memberikan rekomendasi penanganan banjir dengan memberikan saran penambahan tanggul sungai pada lokasi lokasi yang mengalami genangan

Kata kunci: sungai batang mangor, bendung ladang laweh, kapasitas sungai, simulasi numerik

1. Pendahuluan

Sumatera Barat merupakan provinsi yang memiliki potensi sumberdaya air cukup besar.

Terdapat 606 sungai besar dan kecil, 27 diantaranya merupakan sungai lintas provinsi dan 84 sungai lintas Kabupaten/Kota. Salah satu sungai yang terdapat di Sumatera Barat

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 02-11-2024 | Selesai Revisi: 29-11-2024 | Diterbitkan Online: 02-12-2024

adalah sungai Batang Mangor dengan posisi hulu di Kabupaten Padang Pariaman dan bermuara di Samudera Indonesia dengan aliran sungai melewati Kota Pariaman [1]. Secara umum, gambaran topografi bagian hulu sungai didominasi perbukitan dengan kecuraman dasar sungai yang tajam dan berubah menjadi daerah dataran disisi hilir dengan kemiringan landai.

Selain dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar, pada badan aliran Sungai Batang Mangor, tepatnya di Kenagarian Sicincin, Kecamatan 2x11 Enam Lingkung, Kabupaten Padang Pariaman juga terdapat struktur bendung untuk melayani Daerah Irigasi Ladang Laweh seluas 1.140 Ha. Bencana banjir menjadi fenomena rutin saat musim penghujan di berbagai daerah aliran sungai (DAS) pada sebagian besar wilayah Indonesia. Jumlah kejadian banjir selama musim hujan dalam beberapa tahun terakhir terus meningkat dan mengakibatkan berbagai kerugian harta benda masyarakat terdampak selain juga sarana dan prasarana umum sosial lainnya.

Tanggal 22 September 2021 telah terjadi banjir yang melanda daerah bendung Ladang Laweh dengan tinggi 2,5 m di atas mercu dengan debit perkiraan sebesar 141,946 m³/detik. Banjir telah mengakibatkan terjadinya limpasan aliran pada daerah hulu bendung yang merendam rumah warga dan sarana umum lainnya seperti sekolah dan tempat ibadah. Besarnya banjir juga mengakibatkan kerusakan struktur tubuh bendung sehingga berdampak pada berkurangnya kemampuan fungsi layanan bendung sebagaimana mestinya. Tingginya intensitas gerusan pada tebing tebing sungai Batang Mangor

berpotensi menciptakan terjadinya pendangkalan pada badan sungai sehingga dapat mengurangi kapasitas layanan sungai.



Gambar 1. Kerusakan yang terjadi di sayap kanan bendung



Gambar 2. Kondisi Penampang Eksisting Sungai Batang Mangor



Gambar 3. Kondisi Tebing Sungai Di Hulu Bendung Ladang Laweh Sungai Batang Mangor

Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan evaluasi terhadap kapasitas sungai

Informasi Artikel

untuk berbagai tinjauan. Pengembangan dan kalibrasi model hidrodinamika untuk mengevaluasi kapasitas pengangkutan banjir telah dilakukan untuk kasus Sungai Yingna [2]. Simulasi data banjir rancangan dan pengamatan ketinggian air dilakukan secara real-time. Model yang dihasilkan menunjukkan kesesuaian yang dapat digunakan untuk analisis kapasitas banjir di sungai-sungai kecil dan menengah. Pemodelan hidrodinamika digunakan menggunakan model MIKE HYDRO River untuk memahami kondisi sungai pasang surut yang rentan terhadap banjir di Queensland Tenggara, Australia, dengan menyesuaikan koefisien kekasaran Manning berdasarkan data ketinggian air yang diamati [3]. Metode analisis sensitivitas baru diterapkan untuk mengevaluasi dampak variasi acak pada kondisi batas, menunjukkan bahwa bagian tengah sungai lebih sensitif terhadap perubahan di batas hilir, dengan variasi muka air maksimum mencapai 15%. Hasilnya tidak hanya menunjukkan kesepakatan yang baik antara simulasi dan observasi, tetapi juga memberikan alat bagi perencanaan kota dan pengambilan keputusan terkait prediksi ketinggian air dalam skenario banjir dan perubahan iklim. Evaluasi kecocokan model 1-D dalam pemodelan sistem sungai yang kompleks di bagian hilir dengan fokus pada kemudahan aplikasi dan kebutuhan data yang lebih sedikit telah dilakukan [4]. Menggunakan komponen Sistem Informasi Geografis (SIG) Mike Hydro untuk memproses Digital Elevation Model (DEM), didapatkan kesesuaian yang baik antara keluaran debit model dan pengamatan. Analisis penampang Sungai Bringin di Semarang Barat untuk menentukan kapasitas tampung sungai terhadap debit

banjir dilakukan menggunakan Program HEC-RAS [5]. Perhitungan debit banjir rencana dilakukan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dengan debit puncak maksimum mencapai 79,95 m³/detik. Hasil menunjukkan penampang sungai yang mengalami luapan dengan kapasitas yang tidak memadai untuk menampung debit banjir yang direncanakan.

Kajian atas potensi luapan banjir di DAS Krueng Tamiang, Aceh telah dilakukan menggunakan pemodelan hidrodinamis 2D untuk berbagai skenario periode ulang debit banjir. Hasil pemodelan menunjukkan luas genangan banjir untuk setiap periode ulang dengan kedalaman genangan bervariasi antara 0 hingga lebih dari 2 m. Validasi model genangan banjir menunjukkan bahwa dari 12 titik survei, 10 titik berada di area genangan banjir, yang membuktikan akurasi model yang digunakan [6]. Studi numerik pola aliran di sungai Batang Mahat menunjukkan lokasi-lokasi dengan peningkatan elevasi dasar sungai yang berpotensi menyebabkan banjir dan genangan. Hasil penelitian menyarankan untuk mempertimbangkan perubahan karakteristik lahan yang dapat meningkatkan suplai sedimen ke sungai, sebagai faktor penyebab banjir [7]. Pemodelan aliran 1D menggunakan HEC RAS dilakukan untuk menganalisis kapasitas penampang eksisting sungai batang Mangor di section hulu bendung Ladang Laweh dengan mensimulasikan debit sungai Batang Mangor terhadap banjir rencana 25 tahun. Terjadinya peningkatan debit akan memberikan peningkatan aliran terhadap kapasitas tampung alur sungai pada penampang eksisting sehingga menyebabkan terjadinya limpasan yang berdampak sebagai

Informasi Artikel

banjir pada lokasi dengan topografi yang relatif cekung ataupun datar terhadap bantaran palung sungai.

2. Metode Penelitian

Secara administratif bendung Ladang Laweh terletak di Kecamatan 2x11 Enam Lingkung, Kabupaten Padang Pariaman, Provinsi Sumatera Barat. Posisi koordinat struktur bendung berada pada $0^{\circ}34'24.05''S$ dan $100^{\circ}16'58.25''E$ sejarak jarak 51 km dengan waktu tempuh ± 1.30 jam dari kota Padang. Penentuan catchment area diambil dari posisi bendung sebagai titik hilir dan kearah hulu sesuai Daerah Aliran Sungai Batang Mangor secara utuh.

Penentuan hujan rata rata wilayah dilakukan dengan menggunakan metode Poligon Thiesen. Terdapat 3 stasiun curah hujan sekitar *catchment area* digunakan untuk membentuk poligon. Namun, dari hasil plotting posisi stasiun hujan terhadap luasan *catchment area* didapatkan hanya dua stasiun curah hujan berpengaruh, yaitu stasiun hujan Lubuk Napar dan stasiun hujan Kandang IV.



Gambar 4. Daerah Aliran Sungai Batang Mangor di Hulu Bendung Ladang Laweh

Data curah hujan digunakan selama 15 tahun pencatatan (2008 sd 2022). Uji konsistensi dan homogenitas data hujan dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*) dan pengujian Parameter Statistik [8]. Pengujian Chi Square dan Smirnov Kolmogorov dilakukan untuk mendapatkan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan sebaran data.

Debit banjir rencana teoritis selanjutnya ditentukan dengan menerapkan metode Nakayasu, Hasper dan Weduwen untuk periode ulang yang ditetapkan [9]. Validasi untuk mendapatkan kesesuaian antara debit banjir rencana teoritis terhadap data lapangan dilakukan dengan melakukan simulasi terhadap kapasitas maksimum palung sungai terhadap nilai debit banjir rencana teoritis periode ulang 2 tahun.

Metode teoritis dipilih berdasarkan kesesuaian terdekat dengan kapasitas maksimum palung

Informasi Artikel

sungai. Selanjutnya, digunakan nilai debit banjir rencana periode ulang 25 tahun untuk melakukan simulasi banjir. Pemodelan menggunakan HEC RAS diaplikasikan dengan menetapkan aliran sebagai *steady flow*. Kondisi ini ditetapkan dengan mempertimbangkan faktor keamanan desain terhadap taraf muka air hasil simulasi. Pemodelan dilakukan dengan menerapkan kondisi batas hulu sebagai nilai debit teoritis maksimum yang didapatkan, dan tingi aliran diatas bendung sebagai kondisi batas hilir. Peritungan dilakukan secara maju bertahap pada setiap *cross section* sungai dengan menggunakan persamaaneergi sebagai berikut [10] :

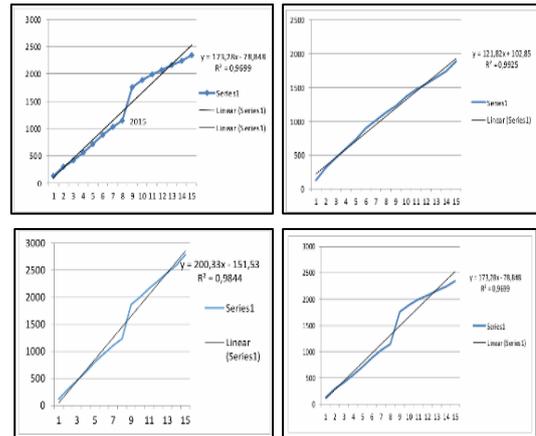
$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

Dimana Y_1, Y_2 merupakan kedalaman aliran, Z_1, Z_2 adalah elevasi dasar saluran, V_1, V_2 adalah kecepatan rata – rata, α_1, α_2 adalah koefisien, g adalah percepatan gravitasi, h_e adalah kehilangan tinggi energi.

Kondisi banjir hasil simulasi didapatkan dengan membandingkan elevasi bantaran sungai terhadap taraf muka air hasil simulasi pada lokasi – lokasi yang ditinjau untuk setiap segment sungai yang ditetapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Uji konsistensi menggunakan metode kurve massa ganda menggunakan data periode 15 tahun di stasiun Lubuak Napar, Kandang IV dan Paraman Talang. Pada data hujan Stasiun Lubuak Napar memperlihatkan perubahan kemiringan kurva signifikan terjadi pada tahun 2015.



Gambar 5. Analisa kurve massa ganda

- (a) Stasiun Lubuak Napar ; (b). Stasiun Kandang IV; (c). Stasiun Paraman Talang ; (d) Hasil koreksi Data Hujan Stasiun Lubuak Napar

Oleh karena itu, data stasiun Lubuak Napar dari sebelum dan sesudah tahun 2015 dikoreksi dengan hasil koreksi diperlihatkan pada Gambar 5(d). Hasil uji homogenitas dari data hujan setiap stasiun menunjukkan data yang homogen atau berasal dari satu populasi. Curah hujan rata – rata wilayah pada catchment area (Gambar 6) didapatkan sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

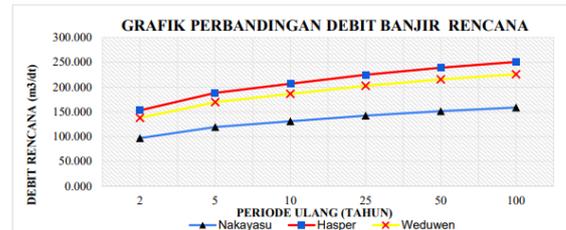
Hasil uji Chi Square dan Smirnov Kolmogorov terhadap distribusi probabilitas data mendapatkan bahwa distribusi probabilitas Normal mendekati kondisi sebaran populasi data hujan terukur, sehingga jenis distribusi ini selanjutnya yang akan digunakan dalam prediksi debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu (Tabel 2).



Gambar 6. Catchment Area DAS Batang Mangor di Hulu Bendung Ladang Laweh

Tabel 2. Hujan Rencana Untuk Setiap Periode Ulang berdasarkan Distribusi Probabilitas Normal

No	Curah Hujan (mm)	Peluang (%)	Periode Ulang (tahun)
1	119.38	50	2
2	146.86	20	5
3	161.26	10	10
4	175.33	4	25
5	186.46	2	50
6	195.62	1	100

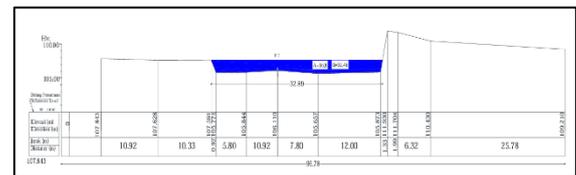


Gambar 7. Perbandingan Debit Rencana Teoritis

Penentuan debit banjir rencana periode ulang tertentu dilakukan secara teoritis menggunakan metode Nakayasu, Hasper dan Weduwen dengan hasil diperlihatkan pada Table 3 untuk setiap periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Hasil validasi terhadap aliran pada kondisi *full bank capacity* mendapatkan kesesuaian terdekat pada nilai debit banjir teoritik metode Nakayasu (Gambar 8). Dengan demikian simulasi banjir selanjutnya dilakukan dengan menggunakan debit periode ulang 25 tahun dari Nakayasu.

Tabel 1. Curah hujan rata – rata wilayah catchment area

No	Kejadian			Hujan Harian Maksimum Rata rata (mm)
	Tahun	Bulan	Tanggal	
1	2008	Apr	25	64.91
2	2009	Apr	9	126.46
3	2010	Feb	6	134.91
4	2011	Nov	3	158.21
5	2012	Feb	14	99.57
6	2013	Des	28	106.45
7	2014	Des	13	116.79
8	2015	Mar	14	97.07
9	2016	Mar	22	70.66
10	2017	Jun	26	87.27
11	2018	Okt	25	160.4
12	2019	Jan	2	128.7
13	2020	Apr	24	128.94
14	2021	Sep	29	129.34
15	2022	Sep	21	180.98



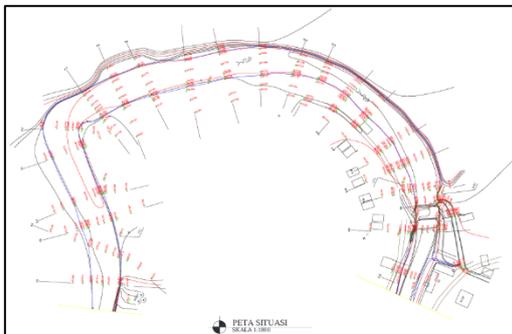
Gambar 8. Kondisi Full Bank Capacity menggunakan Debit Banjir Teoritis Metode Nakayasu Periode Ulang T = 2 Tahun

Hasil simulasi pada penampang eksisting segmen P1 sampai dengan P19 di lokasi Korong Gadang (Gambar 9 dan Gambar 10) yang mengalami genangan saat kejadian banjir memperlihatkan kapasitas tampung palung sungai yang pada beberapa lokasi telah melampaui kapasitas maksimum sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 11 dan Tabel 4.

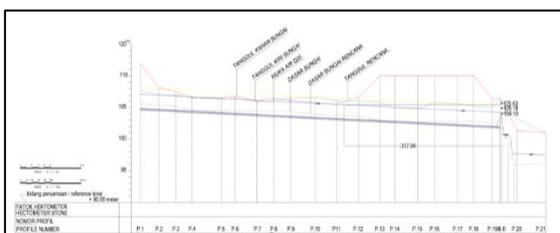
Tabel 3. Debit Banjir Rencana Teoritis Untuk Setiap Periode Ulang

T	Nakayasu	Hasper	Weduwen
2	96.882	152.834	137.749
5	119.188	188.023	169.465
10	130.873	206.455	186.078
25	142.291	224.469	202.314
50	151.320	238.712	215.151
100	158.756	250.442	225.723

Penampang sungai yang tidak mampu menampung debit banjir periode ulang 25 tahun didapatkan pada section P1, P2, P3, P4, P6, P9, P12 dan P13. Kemiringan dasar sungai antara P.1 hingga P.19 didapatkan relatif curam yaitu sebesar 0,0127. Hal ini mengakibatkan terjadinya kecepatan aliran yang cepat, namun seketika melambat saat aliran melewati dasar yang landai.



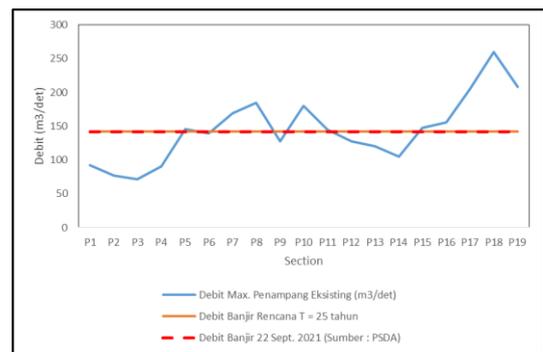
Gambar 9. Situasi Layout Sungai Batang Mangor P1 – P19 (Kondisi Eksisting)



Gambar 10. Profil Memanjang Kondisi Aliran Dan Dasar Sungai

Melandainya kondisi dasar sangat dimungkinkan oleh adanya perubahan konfigurasi dasar sungai akibat proses pengendapan yang diakibatkan oleh

sedimentasi yang terlihat sangat banyak terjadi. Disamping itu, kondisi eksisting sungai yang cenderung berbelok juga sangat mempengaruhi terjadinya proses perlambatan aliran. Dampak dari meningkatnya taraf aliran melampaui tinggi bantaran sungai mengakibatkan luapan banjir yang merusak fasilitas umum dan sayap bendung sebelah kanan sehingga mengakibatkan terhentinya pasokan aliran menuju inlet saluran irigasi.



Gambar 11. Hasil Simulasi Debit Rencana Q25 (P1 hingga P19)

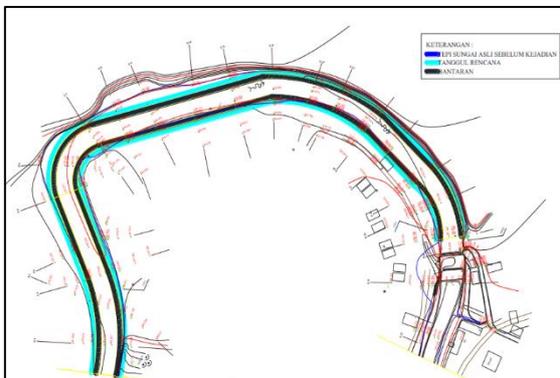
Cara yang paling umum dilakukan untuk mencegah meluapnya aliran sungai saat debit besar adalah dengan membuat tanggul sungai. Keberadaan tanggul dapat menghalau luapan air atau banjir dari aliran sungai memasuki wilayah pemukiman[11]. Kebutuhan tinggi tanggul yang diambil dapat ditentukan dengan cara mengkorelasikan hasil simulasi ketinggian muka air banjir. Pada segment P1 hingga P19 dbutuhkan ketinggian tanggul 3,22 meter dari dasar sungai sesuai dengan limpasan yang terjadi akibat debit banjir Q25 (Gambar 12).

Informasi Artikel

Tabel 4. Kapasitas Tampung Palung Sungai (P1 hingga P19) terhadap kondisi Debit Aliran

Section	Debit Max. Penampang Eksisting (m ³ /det)	Debit Banjir Rencana T = 25 tahun	Debit Banjir 22 Sept. 2021 (Sumber : PSDA)	Keterangan
P1	92.46	142.29	141.96	Meluap
P2	76.88	142.29	141.96	Meluap
P3	71.45	142.29	141.96	Meluap
P4	90.74	142.29	141.96	Meluap
P5	145.36	142.29	141.96	
P6	139.31	142.29	141.96	Meluap
P7	169.44	142.29	141.96	
P8	184.63	142.29	141.96	
P9	127.53	142.29	141.96	Meluap
P10	179.67	142.29	141.96	
P11	145.23	142.29	141.96	
P12	127.47	142.29	141.96	Meluap
P13	120.73	142.29	141.96	Meluap
P14	104.67	142.29	141.96	Meluap
P15	147.45	142.29	141.96	
P16	155.28	142.29	141.96	
P17	204.33	142.29	141.96	
P18	259.28	142.29	141.96	
P19	207.91	142.29	141.96	

sebesar 142,291 m³/dt. Dari hasil analisa hidrolika penampang existing pada bagian hulu sungai Batang Mangor didapat bahwa kapasitas penampang sungai existing bagian hulu adalah P1 sampai P19, tidak mampu untuk menampung aliran debit banjir yang telah terjadi pada 22 September 2021. Untuk menanggulangi luapan aliran akibat banjir yang terjadi pada daerah hulu sunga bendung Ladang Laweh ini terutama di section P.1 hingga P.19 disarankan penambahan tanggul sungai dengan tinggi tanggul 3,22 meter dari dasar sungai berdasarkan debit rencana Q25 = 142,291 m³/dt.



Gambar 12. Rekomendasi Lokasi Penempatan Tanggul Sungai

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Negeri Padang melalui dana DIPA 2024.

Daftar Rujukan

- [1] Peraturan Daerah Provinsi Sumatera Barat Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Tahun 2021 – 2026
- [2] Zeng, Fanzhang, Sifan Jin, Lei Ye, Xuezhi Gu and Jun Guo. "Analysis of flood conveyance capacity of small- and medium-sized river and flood managements." *Natural Hazards* 116 (2022): 447-467.
- [3] Jahandideh-Tehrani, Mahsa, Fernanda Helfer, Hong Zhang, G. O. Jenkins and Yingying Yu. "Hydrodynamic modelling of a flood-prone tidal river using the 1D model MIKE HYDRO River: calibration and sensitivity analysis." *Environmental Monitoring and Assessment* 192 (2020): 1-18.
- [4] Bulti, Abebe Tadesse, Wenhong Dai and Mengjiao Ding. "Modeling of complex flooding and sedimentation events on the downstream portion of the Yellow River using a 1-D model." *Modeling Earth Systems and Environment* 8 (2022): 5193 - 5206.
- [5] Satria perdana, A., & Sejati, W. (2023). Flood Water Level Simulation Bringin River, Semarang City By Using The HEC-RAS 6.3.1 Programming. *APTISI Transactions on Management (ATM)*.
- [6] Maulina, R., Meilianda, E., & Kasury, A.R. (2023). Pemodelan Hidrodinamis 2D Skenario Penggenangan Banjir Luapan Krueng Tamiang. *Journal of The Civil Engineering Student*.
- [7] Dalrino, Sadtim, Hartati, Indra Agus, 2018, Analisis Kapasitas Penampang Sungai Batang Mahat Terhadap Besaran Debit Banjir Menggunakan Pendekatan Model Matematik, *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, Politeknik Negeri Padang* Vol. XV No. 2 Edisi Oktober 2018, pp : 53 – 63

4. Kesimpulan

Kapasitas eksisting Batang Mangor hulu bendung Ladang laweh perlu di analisa kembali terhadap banjir rencana 25 tahun karena telah terjai limpasan pada P1, P2, P3, P4, P6, P9, P12, P13 dan P14 yang merusak sayap bendung dan fasilitas pemukiman disekitar bendung. Banjir yang terjadi pada 22 September 2021 dengan tinggi aliran, H = 2,5 m dan debit, Q = 141,96 m³/dt, berdasarkan metode Hidrograf Nakayasu data hujan adalah setara dengan periode ulang 25 tahun, yatu

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 02-11-2024 | Selesai Revisi: 29-11-2024 | Diterbitkan Online: 02-12-2024

- [8] Karim, M., Labdul, B.Y., & Husnan, R. (2021). Analisis Pola Distribusi Dan Intensitas Curah Hujan Di Das Bolango Bone. Composite Journal.
- [9] Nggarang, Y.E., Pattiraja, A.H., & Henong, S.B. (2020). Analisa Perbandingan Penentuan Debit Rencana Menggunakan Metode Nakayasu Dan Simulasi Aplikasi Hec-Hms Di Das Lowo Rea. Eternitas: Jurnal Teknik Sipil.
- [10] Brunner, Gary W. 2010. HEC-RAS Technical Reference Manual. USACEHEC., Davis, CA
- [11] Riyadi, F.A., Linggasari, S., & Suharyadi, H. (2022). Penentuan Tinggi Tanggul Penahan Banjir Berdasarkan Model Sejarah Tinggi Air Sungai dan Data Curah Hujan. Jurnal Teknologi Pertambangan.

Informasi Artikel