

DEBIT BANJIR RENCANA BENDUNG BRANG RURIS BAWAH DENGAN METODE HIDROGRAF SATUAN SINTETIS NAKAYASU

Ady Purnama^{1*}, Didin Najimuddin², Hardianti Indah Safitri³

^{1,2,3} Fakultas Teknik Universitas Samawa, Sumbawa, Indonesia

*Email: adypurnama48@gmail.com

Abstrak: Kecamatan Alas Barat merupakan kecamatan paling barat yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Sumbawa Barat. Sebagian besar masyarakat di Kecamatan Alas Barat berprofesi sebagai petani dan pekebun. Mereka memanfaatkan fungsi dari bendung untuk pengairan lahan persawahan, terutama Daerah Irigasi Tiu Bulu. Namun sebagian lahan sudah mengalami penurunan kinerja karena kekurangan suplai air terutama pada musim kemarau. Hal tersebut disebabkan karena Bendung Brang Ruris Bawah yang mengalami kerusakan. Sudah beberapa kali dilakukan perbaikan pada bendung, namun masih saja terjadi kerusakan di hampir seluruh bagian penyusun bendung. Oleh karena kondisi bendung yang mengalami kerusakan, maka diperlukan analisis terhadap bendung terutama analisis debit banjir rencana pada kala ulang tertentu yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan atau perbaikan di Bendung Brang Ruris Bawah, mengingat debit banjir yang terjadi sudah melebihi kapasitas. Metode yang digunakan untuk menganalisis debit banjir rencana yaitu Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dengan data curah hujan yang digunakan di Stasiun Hujan Alas Barat yakni 10 tahun (dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2022). Hasil analisis pada Bendung Brang Ruris Bawah didapat $Q_{5th}=295,040 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{10th}=333,153 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{25th}=371,921 \text{ m}^3/\text{det}$, $Q_{50th}=394,780 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $Q_{100th}=413,320 \text{ m}^3/\text{det}$. Dan hasil analisis terhadap stabilitas bendung pada kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun baik dilihat dari tingkat keamanan terhadap guling, geser dan daya dukung tanah secara keseluruhan konstruksi bendung berada pada kondisi aman.

Kata Kunci: *Bendung, Debit, Stabilitas, HSS Nakayasu*

Pendahuluan

Bendung merupakan konstruksi yang sengaja dibangun untuk menaikkan muka air agar dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi persawahan, mengukur debit sungai, dan memperlambat laju air agar sungai lebih mudah dilalui (Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, 2017). Fungsi bendung sangat diperlukan terutama untuk daerah yang sebagian besar penduduknya masih bergantung pada sektor pertanian, tak terkecuali di Kecamatan Alas Barat. Kondisi bendung yang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021), sektor pertanian masih merupakan andalan di wilayah Kabupaten Sumbawa, termasuk Kecamatan Alas Barat. Namun pada kenyataannya sebagian besar wilayah mengalami penurunan kinerja karena kekurangan suplai air terutama untuk Daerah Irigasi Tiu Bulu. Hal tersebut diakibatkan oleh rusaknya Bendung Brang Ruris Bawah yang terletak di Desa Mapin Beru. Diperoleh dari data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (2023), curah hujan pada musim penghujan beberapa tahun terakhir ini memang mengalami peningkatan yang mengakibatkan laju aliran air menjadi cukup deras terlebih lagi lokasi Bendung Brang Ruris Bawah yang berada di bagian paling hilir dari beberapa bendung yang ada di kecamatan tersebut. Bahkan sudah beberapa kali dilakukan perbaikan pada bendung tersebut namun masih saja terjadi kerusakan di hampir seluruh bagian penyusun bendung.

Pada akhirnya hal ini akan menimbulkan kerugian bagi masyarakat di Kecamatan Alas Barat yang memanfaatkan fungsi dari Bendung Brang Ruris Bawah. Oleh karena itu perlu

dilakukannya pengukuran atau perhitungan debit dalam manajemen keairan untuk mengetahui batas waktu fungsi optimal suatu bangunan air. Pengukuran debit juga bertujuan untuk mengetahui besar debit air yang mengalir agar mampu memperkirakan pemberian air pada suatu lahan pertanian sehingga penggunaan air lebih efektif dan efisien. Selain itu, perhitungan stabilitas juga menjadi salah satu syarat dalam pembangunan bangunan air untuk mengetahui kestabilan pada saat bendung mendapatkan gaya pengaruh dari luar.

Metode

Metode yang digunakan untuk menganalisis curah hujan yaitu Metode Chi-Kuadrat yang mana penggunaan metode ini dilakukan secara statistik dengan mengikuti kurva *Chi-Square*, sedangkan dalam menganalisis debit banjir rencana digunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu yang menyajikan data ukur sintetis dari parameter-parameter aliran sungai yang ditinjau. Lokasi penelitian yaitu di bendung Brang Ruris Bawah Kecamatan Alas Barat.

1. Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

Perhitungan curah hujan rata-rata diperuntukan untuk menyelamatkan bangunan hidrolik yang mengandung resiko besar pada saat terjadinya curah hujan maksimum untuk durasi tertentu. Dengan menghitung curah hujan rata-rata dapat dihitung juga kemungkinan besarnya debit banjir yang akan terjadi. Untuk menghitung nilai curah hujan rata-rata maka digunakan Metode Chi-Kuadrat dengan persamaan (SNI 03-2415-2016):

$$X^K = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

Dimana: X = Parameter Chi-Kuadrat terhitung
 K = Jumlah sub kelompok
 O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
 E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

2. Analisis Distribusi Frekuensi

Pada analisis distribusi frekuensi ini dilakukan penyusunan data yang dimuat dalam suatu daftar baik berdasarkan kategori tertentu maupun menurut kelas-kelas interval tertentu, yang mana semua data tersebut dihubungkan dengan masing-masing frekuensi sehingga data yang diperoleh dapat memberikan suatu gambaran sederhana dan sistematis. Adapun jenis distribusi yang digunakan yaitu Distribusi Log Person Tipe III, dengan persamaan (SNI 03-2415-2016):

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } x} + (k \cdot S_{(\text{Log } x)}) \quad (2)$$

Dimana: X_t = Besarnya curah hujan dengan periode t (mm)
 x = Rata-rata nilai logaritma data x hasil pengamatan (mm)
 k = Faktor frekuensi
 $S_{(\text{Log } x)}$ = Standar deviasi nilai logaritma data x (mm)

3. Analisis Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana adalah proses analisis yang datanya diambil dari data curah hujan kala ulang yang proses pengolahan data tersebut menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Metode ini sendiri ialah kurva yang memberikan hubungan antara parameter aliran dan parameter waktu. Parameter tersebut biasa berupa elevasi aliran ataupun debit aliran. Bentuk HSS Nakayasu diberikan pada persamaan berikut ini (SNI 03-2415-2016):

$$Q_{max} = \frac{1}{36} \left(\frac{ARe}{0,3TP + T0,3} \right) \quad (3)$$

Dimana: A = Luas daerah pengaliran sampai outlet (km²)
 R = Hujan satuan (mm)
 TP = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
 $T0,3$ = Waktu penurunan debit puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

Adapun perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dihitung berdasarkan prinsip super posisi dengan persamaan sebagai berikut:

$$Qt = R_{n1} \cdot HS_1 \quad (4)$$

Dimana: Qt = Debit jam-jaman (m³/det)
 R_n = Curah hujan efektif (mm)
 HS = Hidrograf satuan debit maksimum (m³/det/mm)

4. Analisis Stabilitas Bendung

Analisis stabilitas bendung adalah proses analisis untuk mengetahui kestabilan bendung pada saat menerima gaya pengaruh dari luar (Sihaloho, 2019). Data analisis diambil dari data hasil analisis debit banjir kala ulang tertentu yang kemudian diolah agar mencapai hasil analisis yang akurat. Ada beberapa tinjauan stabilitas yang dipertimbangkan pada perhitungan stabilitas bendung, meliputi:

a. Tinjauan terhadap guling

Tinjauan terhadap guling adalah stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug dibelakang dinding penahan tanah. Nilai kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung menggunakan persamaan:

$$SF = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} > 1,5 \quad (5)$$

Dimana: SF = Stabilitas terhadap guling
 M_{VA} = Momen melawan guling gaya vertikal (ton)
 M_{HA} = Momen melawan guling gaya horizontal (ton)

b. Tinjauan terhadap geser

Stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya-gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Nilai kestabilan struktur terhadap kemungkinan bergeser dihitung dengan persamaan:

$$SF = \frac{\sum R_h}{\sum P_{ah}} \geq 1,5 \tag{6}$$

Dimana: SF = Stabilitas terhadap geser
 R_h = Tahanan dinding penahan tanah terhadap geser (ton)
 P_{ah} = Jumlah gaya horizontal (ton)

c. Tinjauan terhadap daya dukung tanah

$$\sigma_{maks} = \frac{RV}{L} \left(1 + \frac{6e}{L} \right) < \sigma \tag{7}$$

$$\sigma_{min} = \frac{RV}{L} \left(1 - \frac{6e}{L} \right) > 0 \tag{8}$$

Dimana: σ_{maks} = Tekanan tanah maksimum (ton/m²)
 σ_{min} = Tekanan tanah minimum (ton/m²)
 RV = Tekanan gaya vertikal (ton)
 L = Panjang jalur rembesan (m²)
 e = Eksentrisitas
 σ = Tegangan ijin tanah (ton/m²)

Hasil dan Pembahasan

Bendung Brang Ruris Bawah adalah salah satu bendung yang berada di Kecamatan Alas Barat tepatnya di Desa Mapin Beru. Secara astronomis bendung ini terletak pada 08°31'04,0" LS dan 116°58'01,0" BT. Data curah hujan yang digunakan untuk menganalisis debit banjir rencana adalah data yang diambil dari data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Nusa Tenggara Barat yang tersaji dari tahun 2013 sampai dengan taun 2022 (data curah hujan 10 tahun terakhir).

Tabel 1. Data Curah Hujan Stasiun Hujan Alas Barat

Tahun/ Bulan	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	446	255	149	135	126	236	346	83	241	191
Feb	135	89	160	400	226	58	256	151	546	281
Mar	190	97	169	122	101	21	368	96	190	251
Apr	100	109	258	233	205	153	8	36	189	366
Mei	99	13	92	57	75	91	-	91	4	221
Jun	139	1	3	119	45	2	-	23	64	136
Jul	3	19	-	46	4	4	-	-	2	3
Ags	-	-	-	4	-	-	-	1	9	4
Sep	-	-	-	68	1	1	2	23	58	95
Okt	5	-	3	83	39	3	1	14	28	303
Nov	66	109	116	49	138	24	5	15	206	39
Des	237	215	182	133	69	45	29	131	270	505
Rata-rata	188,3	75,6	94,3	120,8	85,8	53,2	84,6	55,3	150,6	199,6

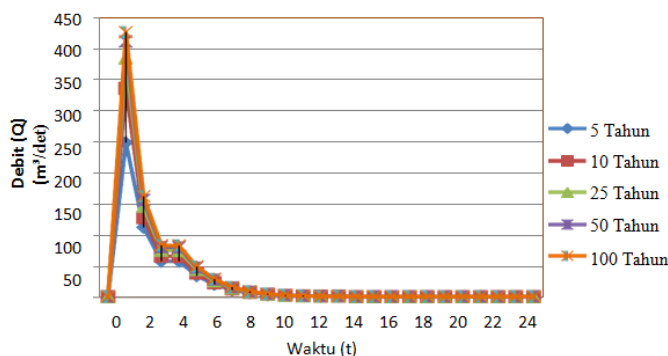
Dari data curah hujan yang tersedia didapatkan curah hujan rata-rata tahunan maksimum terjadi pada tahun 2022 yaitu sebesar 199,6 mm.

Dengan menggunakan persamaan (4) maka didapatkan besar debit banjir rencana pada kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun yang terjadi di Bendung Brang Ruris Bawah Kecamatan Alas Barat berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun terakhir yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Debit Banjir Rencana Periode Ulang

t (Jam)	HS (m ³ /det)	Debit Periode Ulang (m ³ /det)				
		5	10	25	50	100
0	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
1	1,372	295,040	333,153	371,921	394,780	413,320
2	0,412	112,668	127,109	141,799	150,461	157,485
3	0,184	58,327	65,715	73,231	77,663	81,255
4	0,167	58,072	65,426	72,909	77,320	80,897
5	0,091	34,692	39,013	43,407	45,998	48,100
6	0,050	20,901	23,432	26,005	27,523	28,754
7	0,027	11,933	13,300	14,690	15,510	16,174
8	0,015	7,255	8,014	8,787	9,242	9,610
9	0,008	4,525	4,929	5,342	5,586	5,782
10	0,004	3,356	3,608	3,866	4,018	4,141
11	0,002	2,186	2,289	2,390	2,450	2,499
12	0,001	1,795	1,846	1,898	1,928	1,953
13	0,001	1,795	1,846	1,898	1,928	1,953
14	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
15	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
16	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
17	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
18	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
19	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
20	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
21	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
22	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
23	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406
24	0,000	1,406	1,406	1,406	1,406	1,406

Dari hasil perhitungan debit banjir rencana periode ulang yang tercatat selama 24 jam, maka diperoleh bentuk hidrograf satuan seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Hidrograf Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Berdasarkan hidrograf satuan debit banjir rencana periode ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dengan besar debit maksimum yang dihasilkan untuk waktu perhitungan 24 jam secara berturut-turut yaitu 295,040 m³/det, 333,153 m³/det, 371,921 m³/det, 394,780 m³/det dan 413,320 m³/det. Perhitungan tersebut dianalisis dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu sehingga dapat dilihat waktu konsentrasi hujan terjadi pada jam ke-1 serta disajikan visualisasi hidrograf dengan lengkung naik dan lengkung turun. Lengkung naik menunjukkan bahwa pada tenggang waktu tertentu terjadi puncak banjir (menghasilkan debit puncak), sedangkan lengkung turun menunjukkan adanya penurunan debit dari puncak banjir yakni mencapai 30% dari besar debit puncak.

Dengan diperolehnya besaran nilai debit banjir rencana pada kala ulang tertentu, maka dapat diketahui besarnya pengaruh gaya dari luar (gaya vertikal dan gaya horizontal) yang dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Gaya Pada Kondisi Banjir.

No.	Banjir Kala Ulang	ΣRH (ton)	ΣRV (ton)	ΣMomen (t.m)	
				Guling	Tahanan
1.	5 Tahun	26,256	71,305	214,364	642,275
2.	10 Tahun	27,066	74,048	229,839	663,680
3.	25 Tahun	27,766	76,588	244,109	683,533
4.	50 Tahun	28,146	78,065	252,321	695,050
5.	100 Tahun	28,456	79,331	262,828	704,932

Gaya-gaya yang bekerja pada bendung terjadi pada dua arah yaitu arah vertikal dan horizontal. Yang termasuk gaya vertikal yaitu gaya akibat berat sendiri bendung dan gaya angkat (*uplift pressure*), sedangkan yang termasuk gaya horizontal pada bendung yaitu gaya hidrostatis, gaya gempa, dan gaya akibat tekanan tanah aktif dan pasif.

Dengan menggunakan persamaan (5), (6), (7) dan (8) maka didapatkan nilai stabilitas pada Bendung Brang Ruris Bawah yang dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Stabilitas Bendung Pada Kondisi Banjir.

No.	Banjir Kala Ulang	Stabilitas Terhadap		Daya Dukung Tanah		
		Guling (>1,5)	Geser (≥1,5)	Eks (<L/2)	Max (<σ)	Min (>0)
1.	5 Tahun	2,996	2,716	1,919	7,774	7,774
2.	10 Tahun	2,888	2,736	2,016	8,324	8,324
3.	25 Tahun	2,800	2,758	2,183	8,833	8,833
4.	50 Tahun	2,755	2,774	2,248	9,125	9,125
5.	100 Tahun	2,682	2,788	2,347	9,461	9,461

Jadi, nilai stabilitas bendung terhadap guling dan geser bernilai >1,5 serta nilai stabilitas terhadap daya dukung tanah memenuhi syarat aman bendung. Maka hal tersebut menunjukkan bahwa stabilitas bendung terhadap guling, geser dan daya dukung tanah baik daya dukung tanah maksimum maupun minimum untuk kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun berada pada kondisi aman.

Kesimpulan

Besar debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu untuk kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun secara berturut-turut adalah 294,040 m³/det, 333,153 m³/det, 371,921 m³/det, 394, 780 m³/det dan 413,320 m³/det. Berdasarkan hasil analisis terhadap kinerja bendung, diperoleh hasil bahwa tingkat keamanan stabilitas bendung terhadap guling pada kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun secara berturut-turut yaitu 2,996, 2,888, 2,800, 2,755 dan 2,682 berada pada kondisi aman (nilai stabilitas >1,5). Untuk tingkat keamanan stabilitas bendung terhadap geser pada kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun secara berturut-turut yaitu 2,716, 2,736, 2,758, 2,774 dan 2,788 berada pada kondisi aman (nilai stabilitas $\geq 1,5$). Berdasarkan perhitungan daya dukung tanah maksimum dan minimum pada kala ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun secara berturut-turut adalah 7,774, 8,324, 8,833, 9, 125 dan 9,461 berada pada kondisi aman ($\sigma_{maks} < \sigma$, $\sigma_{min} > 0$).

Referensi

- Badan Pusat Statistik. (2021). *Kecamatan Alas Barat Dalam Angka 2021*. Sumbawa.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. SNI-03-2415-2016. Jakarta.
- BMKG | Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2023). *BMKG / Stasiun Klimatologi Lombok Barat*.
- Krisnayanti Denik S, dkk. (2020). Perbandingan debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, Gama I dan Limantara pada DAS Raknomo, *jurnal Teknik Sipil*. 9(1), 1-14.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). *Modul Perhitungan Hidrologi. Pelatihan Perencanaan Bendung Tingkat Dasar*. 148
- Sihaloho, B. M., Hermanto, E., & Nurmaidah. (2019). Analisa Stabilitas Bendung Gerak Pada Proyek Pembangunan Bendung Sei Padang D. I. Bajayu Tebing Tinggi Sumatera Utara. (*Journal of Civil Engineering and Transportation*), 3(1), 2549-6387.
- Sihotang Rico, dkk. (2019), Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, *Jurnal Relayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(1), 56-76