

ANALISIS PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA DI BENDUNG KARET BANDAR SIDORAS

Wiwin Nurzanah¹, Said Iskandar Muda², Randi Gunawan³, Sri Devi Tara Diva⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Mukhtar Basri No.3 Medan, Kota Medan 20238

Email : *wiwinnurzanah@umsu.ac.id

Artikel Info	Abstrak
Artikel Historis : Terima 22 April 2022 Terima dan di revisi 24 April 2022 Disetujui 25 April 2022 Kata Kunci : Bendung Karet, Debit Air, Daerah Irigasi Bandar Sidoras	Tulisan ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh curah hujan yang meningkat pada aliran Sungai Sei Percut terhadap bendung karet Bandar Sidoras. Dari hasil penelitian, besar nya curah hujan maksimum yang diambil dari Stasiun hujan klimatologi Sampali, pada bendung karet Bandar Sidoras untuk empat kala ulang sebesar: Kala ulang 2 Tahun = 125,04 mm, Kala ulang 10 Tahun = 169,77 mm, Kala ulang 25 Tahun = 186,66 mm dan Kala ulang 50 Tahun = 197,51 mm. Data debit air stasiun AWLR Tembung didapat debit maksimum Q50 sebesar 304,59 m³/det. Hasil analisis debit banjir dengan metode nakayasu untuk kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun adalah 323,71m³/det, 401,51m³/det, 483,24m³/det, 1008,40 m³/det. Hasil analisis debit banjir dengan metode rasional untuk kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun adalah 648,166 m³/det, 879,993 m³/det, 967,579 m³/det, dan 1023,788 m³/det. Hasil analisis debit banjir dari kedua metode sintetik dengan menggunakan data sungai yang sama diperoleh hidrograf satuan sintetik yang dapat diterapkan untuk mendapatkan hasil yang relevan adalah metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.
Keywords : Rubber Weir, Water Discharge, Bandar Sidoras Irrigation Area	Abstract <i>This work aims to investigate the impact of higher rainfall on the Sei Percut River's flow at the Bandar Sidoras rubber weir. The most significant quantity of rainfall measured from the sentenceology rain station up to the Bandar Sidoras rubber weir is two a year return period = of 125.04 mm; ten year return period = 169.77 mm, 25 year return period = 186.66 mm, and the 50th birthday = 197.51 mm, according to the study's findings. The maximum flow rate obtained from the AWLR Tembung station was 304.59 m³/sec Q50. The Nakayasu method was used to calculate flood discharge for return periods of 2, 10, 25, and 50 years, and the findings were 323.71m³/sec, 401.51m³/sec, 483.24m³/sec, and 1008.40 m³/sec. Using the rational method, the flood discharge study yielded 648,166 m³/s, 879.993 m³/s, 967,579 m³/s, and 1023,788 m³/s for return periods of 2, 10, 25, and 50 years, respectively. The Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph approach uses the findings of flood discharge analysis from both synthetic methods utilizing the same river data to produce a synthetic unit hydrograph that may be used to achieve appropriate conclusions.</i>

PENDAHULUAN

Analisis hidrologi adalah analisis awal yang umum digunakan ketika merancang bangunan hidrolis. Pemahaman yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan kuantitas yang diperoleh dari analisis hidrologi merupakan masukan penting untuk analisis lebih lanjut. Hampir tidak mungkin untuk melakukan analisis untuk menentukan sifat dan kuantitas hidrologi yang berbeda sampai informasi yang jelas tentang sifat dan kuantitas hidrologi tersedia. [1]

Langkah perhitungan adalah

a. Menghitung curah hujan

Curah hujan dihitung untuk kepentingan perencanaan dan manajemen sedimen, bukan pada intensitas hujan di titik tertentu, tetapi rata-rata intensitas hujan pada seluruh lokasi yang terkena dampak hujan tersebut. Intensitas hujan itu disebut *presipitasi regional* yang dinyatakan dalam mm [2] Karena hanya ada dua stasiun curah hujan di DPS, maka metode yang digunakan adalah metode rata-rata.. Caranya yaitu menghitung pada setiap stasiun jumlah curah hujannya yang terjadi serta membagi hasil tersebut dengan jumlah stasiun yang dimiliki. Cara ini tidak memperhitungkan topografi stasiun, sehingga masih memiliki banyak kelemahan. Cara ini dapat digunakan dengan hasil yang memuaskan bila daerah datar, alat pengukur tersebar merata, dan curah hujan tidak menyimpang secara signifikan dari rata-rata..

$$R_{\text{ave}} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \quad (1)$$

Di mana :

$\bar{R}$ = curah hujan rata-rata (mm)

R = tinggi curah hujan di stasiun i (mm)

$A_1 - A_n$ = luas daerah pengaruh stasiun i (km^2)

b. Analisis Distribusi Frekuensi

Dalam menentukan distribusi frekuensi, beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam hal parameter statistik seperti::

1. Harga Rata-rata Hujan ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

2. Standar Deviasi (S_x)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

3. Koefisien Skewness (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \quad (4)$$

4. Koefisien Curtosis (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S^3} \quad (5)$$

5. Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{X}} \quad (6)$$

Tujuan dari menganalisis distribusi frekuensi dari curah hujan yaitu untuk meramalkan besarnya variabel acak tertentu. Beberapa jenis distribusi biasanya digunakan untuk menganalisis probabilitas banjir. :

1. Metode E.J. Gumbel

$$X_T = \bar{X} + s \cdot K \quad (7)$$

X_T = Variate yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

$\bar{X}$ = Nilai tengah sampel

s = Standar deviasi sampel

K = Faktor frekuensi

2. Metode Log Pearson Type III

Rumus :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X}_r + K \cdot \text{Log } S_x \quad (8)$$

X_T = Besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang pada T tahun

K = Faktor frekuensi yang berfungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi

3. Metode Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \quad (9)$$

Keterangan :

X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$\bar{X}$ = Nilai tengah sampel

S_d = Standar deviasi sampel

K_T = Faktor frekuensi

4. Metode Distribusi Log Normal

Rumus :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \cdot \text{Log } S_x \quad (10)$$

Keterangan :

K = Variabel standar, besarnya bergantung pada koefisien kemiringan

c. Uji Kecocokan Agihan

Uji kesesuaian data masih diperlukan apabila di dalam Uji distribusi frekuensi data dilakukan. Uji kesesuaian distribusi frekuensi diperlukan untuk membuktikan apakah fungsi distribusi probabilitas cocok untuk distribusi frekuensi. Pengujian ini dilakukan setelah menggambarkan korelasi antara curah hujan atau limpasan dan nilai probabilitas pada kertas probabilitas.

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji *Chi-kuadrat* menggunakan χ^2 yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \quad (11)$$

χ^2 = Nilai *Chi-Kuadrat* terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya

Of = Frekuensi yang terbaca

n = Banyak data.

2. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji kecocokan *Smirnov-kolmogorof*.

Langkah-langkah penyelesaian:

- Urutkan data curah hujan dari kecil ke besar (atau sebaliknya)
- Probabilitas dihitung dengan persamaan *Weibull* sebagai berikut:

$$p = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (12)$$

P = Probabilitas

m = Nomor urut data yang telah disusun

n = Jumlah data

- Plot pada Xi dan Probabilitas
- Plot persamaan analisis frekuensi yang sesuai

Uji ini digunakan untuk membandingkan metode kemungkinan maksimum antara distribusi yang diamati dan distribusi teoritis. Yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta \max = P_e - P_t \quad (13)$$

$\Delta \max$ = Selisih maksimum antara peluang empiris dan peluang teoritis

P_e = Peluang empiris/pengamatan

P_t = Peluang teoritis

Syarat agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima yaitu harga $\Delta \max < \Delta \alpha$.

d. Distribusi Hujan Jam - Jam an

Perhitungan banjir rencana memerlukan *input* berupa hujan rencana yang didistribusikan pada kedalaman hujan per jam (*Hyetograph*). Untuk mengubah curah hujan prakiraan menjadi curah hujan per jam, terlebih dahulu perlu dihitung diagram distribusi curah hujan per jam. [3] Curah hujan per jam diperlukan untuk mengubah hujan rencana menjadi limpasan banjir rencana. Distribusi curah hujan per jam dihitung menggunakan rumus Mononobe. Adapun langkah perhitungannya sebagai berikut (Soemarto, 1987 hal. 40):

1. Persamaan Rata-Rata Curah Hujan Sampai Jam Ke-t

$$R_t = \frac{R_{24}}{T} \left(\frac{T}{t} \right)^{2/3} \quad (14)$$

R_t = curah hujan rata-rata sampai jam ke-t (mm),

R_{24} = curah hujan harian maksimal dalam 24 jam (mm),

T = periode hujan (jam),

T = jumlah jam-jaman (jam).

2. Curah Hujan pada Jam ke-t

$$R_t' = R_t \cdot t - (t - 1)R_{(t-1)} \quad (15)$$

t = waktu hujan (jam)

3. Curah Hujan Efektif

$$R_c = R_n \cdot C \quad (16)$$

$$R_{ct} = R_n \cdot \text{Ratio}. \quad (17)$$

$$Ratio = R_t \cdot 100\% \quad (18)$$

R_{eff} = hujan efektif pada jam ke-t (mm),

C = koefisien pengaliran,

R_n = kemungkinan hujan pada T tahun (mm)

e. Debit Banjir Rancangan

Limpasan banjir rencana dihitung berdasarkan rasio curah hujan terhadap limpasan. Salah satu cara untuk menentukan aliran banjir rencana adalah dengan metode rasional. Metode ini sering digunakan untuk menganalisis debit banjir dengan daerah tangkapan air yang relatif sempit. Rumus rasional ini didasarkan pada hubungan aliran puncak. Bentuk umum rumus Rasional adalah:

$$Q_t = 0,278 C I_{tc} T A \quad (19)$$

Q_t = debit puncak (m³/det) untuk kala ulang T tahun

C = koefisien aliran (*run off*), yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan pada daerah tangkapan air (DAS)

$I_{tc,T}$ = intensitas hujan rata-rata (mm/jam) untuk waktu konsentrasi (tc) dan kala ulang T tahun

A = luas daerah tangkapan air/DAS (km²)

f. Koefisien Pengaliran

Koefisien aliran merupakan variabel yang didasarkan pada kondisi cekungan dan sifat curah hujan pada cekungan tersebut. Adapun kondisi dan karakteristik yang dimaksud adalah :

- Keadaan Hujan
- Luas dan Bentuk daerah aliran
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan per lokasi tanah
- Kebasahan tanah
- Suhu udara dan angin serta *evaporasi*
- Tata guna lahan
- Koefisien pengaliran yang disajikan pada tabel berikut, didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien sangat tergantung pada faktor-faktor fisik.

Tabel 1. Angka Koefisien Pengaliran [2]

Kondisi DAS	Koefisien Pengaliran (C)
Pegunungan curam	0,75 – 0,90
Pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Tanah berelief berat dan berhutan kayu	0,50 – 0,75
Dataran pertanian	0,45 – 0,60
Dataran sawah irigasi	0,70 – 0,80
Sungai di pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai di dataran rendah	0,45 – 0,75

Bendung Sidoras terletak di DAS Tukad Penet yang merupakan sungai dengan sebagian kondisi DAS berada di dataran rendah. Dengan kondisi alam demikian maka koefisien pengaliran Tukad Penet diambil berkisar antara 0,45-0,75.

PEMBAHASAN

A. Data Curah Hujan

Tabel 2. Data curah hujan stasiun Sampali

No	Tahun	Tanggal Terjadi	Curah Hujan Maksimum
1	2011	6 -8 - 2011	98
2	2012	7 – 5 -2012	83
3	2013	11-12-2013	111
4	2014	19 -12-2014	165
5	2015	14-12-2015	90
6	2016	9 -9-2016	84
7	2017	2-12-2017	135
8	2018	9 -10 - 2018	147
9	2019	5 – 5 - 2019	159
10	2020	29 - 01 - 2020	146

Sumber : Stasiun Hujan Kalimatologi, Sampali

B. Perhitungan Parameter Statistik

Dalam perhitungan parameter statistik, data hujan pada tabel 2 diurutkan atau di rangking terlebih dahulu. Berikut perhitungan parameter statistik yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan parameter statistik

Thn	x	X ranking	X - Xr	(X - Xr) ²	(X - Xr) ³	(X - Xr) ⁴
2014	98	165	43.2	1866.24	80621.568	3482851.738
2019	83	159	37.2	1383.84	51478.848	1915013.146
2018	111	147	25.2	635.04	16003.008	403275.8016
2020	165	146	24.2	585.64	14172.488	342974.2096
2017	90	135	13.2	174.24	2299.968	30359.5776
2013	84	111	-10.8	116.64	-1259.712	13604.8896
2011	135	98	-23.8	566.44	-13481.272	320854.2736
2015	147	90	-31.8	1011.24	-32157.432	1022606.338
2016	159	84	-37.8	1428.84	-54010.152	2041583.746
2012	146	83	-38.8	1505.44	-58411.072	2266349.594
Jumlah	1218		0	9273.6	5256.24	11839473.31

Sumber hasil perhitungan

Dari Tabel 3, diperoleh parameter-parameter sebagai berikut :

- a. Nilai Rata-Rata (*Mean*)

$$Xr = \frac{1218}{10} = 121,8$$

- b. Standar Deviasi

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{9273,6}{9}} = 32,09984424$$

- c. Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{10 \times 5256,24}{(10 - 1)(10 - 2)(32,0998)^3} = 0,022071605$$

- d. Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{10 \times 11839473,3}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3)(32,0998)^4} = 2,212534$$

- e. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{32,0998}{121,8} = 0,263545519$$

Dari perhitungan parameter diatas, maka metode analisa distribusi yang digunakan adalah metode log Person Tipe III dan log Normal

C. Perhitungan Analisa Distribusi Log Person Tipe III

Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5. Perhitungan dengan Log Pearson III

Tahun	x	X ranking	Log x	Log Xr	(Log X - Xr)	(Log X - Xr) ²	(Log X - Xr) ³	(Log X - Xr) ⁴
2014	98	165	2.2175	2.08564729	0.13184	0.01738	0.00229	0.000302
2019	83	159	2.2014	2.08564729	0.11575	0.01340	0.00155	0.000180
2018	111	147	2.1673	2.08564729	0.08167	0.00667	0.00054	0.000044
2020	165	146	2.1644	2.08564729	0.07871	0.00619	0.00049	0.000038
2017	90	135	2.1303	2.08564729	0.04469	0.00200	0.00009	0.000004
2013	84	111	2.0453	2.08564729	-0.04032	0.00163	-0.00007	0.000003
2011	135	98	1.9912	2.08564729	-0.09442	0.00892	-0.00084	0.000079
2015	147	90	1.9542	2.08564729	-0.13140	0.01727	-0.00227	0.000298
2016	159	84	1.9243	2.08564729	-0.16137	0.02604	-0.00420	0.000678
2012	146	83	1.9191	2.08564729	-0.16657	0.02775	-0.00462	0.000770
Jumlah	1218		20.7150	20.8564729	-0.14144	0.12723	-0.00704	0.002397

Sumber hasil perhitungan

- a. Standar Deviasi

$$\sigma_{n-1} = 0,1189$$

- b. Koefisien Variasi

$$Cv = 0,05701$$

- c. Koefisien *Skewness*

$$Cs = -0,581368$$

- d. Faktor distribusi (k) Menggunakan Tabel K log Person III dengan membandingkan nilai Cs dan periode ulang.

Tabel 6. Curah Hujan Rencana Metode Log Person III

No	T	Log Xr	K	Sx	Log Xt	XT
1	2	2.08565	0.0958	0.1189	2.097041	125.04
2	10	2.08565	1.2128	0.1189	2.229852	169.77
3	25	2.08565	1.5592	0.1189	2.271039	186.66
4	50	2.08565	1.7656	0.1189	2.295558	197.51
5	100	2.08565	1.9400	0.1189	2.316316	207.10
6	1000	2.08565	2.3750	0.1189	2.368038	233.8

Sumber hasil perhitungan

D. Perhitungan Distribusi Hujan

Perhitungan Rata-Rata Hujan sampai ke-t dihitung dengan menggunakan persamaan 14

$$\text{Jam 1} = 0,585 R_{24}$$

$$\text{Jam 2} = 0,369 R_{24}$$

$$\text{Jam 3} = 0,281 R_{24}$$

$$\text{Jam 4} = 0,232 R_{24}$$

$$\text{Jam 5} = 0,2 R_{24}$$

Perhitungan Tinggi Hujan Pada Jam Ke - t

Dihitung menggunakan persamaan 15

$$R1 = 1 \times 0,585 R_{24} = 0,585 R_{24}$$

$$R2 = 2 \times 0,368 R_{24} - 1 \times 0,585 R_{24} \\ = 0,151 R_{24}$$

$$R3 = 3 \times 0,281 R_{24} - 2 \times 0,368 R_{24} \\ = 0,107 R_{24}$$

$$R4 = 4 \times 0,232 R_{24} - 3 \times 0,281 R_{24} \\ = 0,085 R_{24}$$

$$R5 = 5 \times 0,200 R_{24} - 4 \times 0,232 R_{24} \\ = 0,072 R_{24}$$

Perhitungan Curah Hujan Efektif.

Dihitung dengan menggunakan persamaan 16, 17, 18 dan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 7

Tabel 7. Curah Hujan Efektif

Priode Ulang	R	C	Reef
2	125,04	0,5	62,52
10	169,77	0,5	84,885
25	186,66	0,5	93,33
50	197,51	0,5	98,755
100	207,1	0,5	103,55
1000	233,8	0,5	116,9

Sumber hasil perhitungan

Sedangkan hasil perhitungan curah hujan efektif jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Curah hujan jam-jaman

Waktu (jam)	Rasio (%)	Hujan jam-jaman (mm)					
		2 Tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 thn	1000 thn
1	58,5	36,5742	49,65773	54,59805	57,77168	60,57675	68,3865
2	15,1	9,44052	7,215225	14,09283	14,912005	15,63605	17,6519
3	10,7	6,68964	9,082695	9,98631	10,566785	11,07985	12,5083
4	8,5	5,3142	7,215225	7,93305	8,394175	8,80175	9,9365
5	7,2	4,50144	6,11172	6,71976	7,11036	7,4556	8,4168
Hujan efektif (mm)		62,52	84,885	93,33	98,755	103,55	116,9
Koefisien C		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hujan Harian (mm)		125,04	169,77	186,66	197,51	207,1	233,8

Sumber hasil perhitungan

E. Data Debit Sungai Percut

Wilayah Sungai Belawan Ular Padang (WS BUP) yang terdiri dari 11 (sebelas) Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Batang Kuis, Belawan, Belutu, Deli, Hapal, Nalipang, Padang, Percut, Serdang, Sialang Buah dan Ular dengan luas DAS seluruhnya 6.107,20 km². Untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendung Bandar Sidoras termasuk Percut mempunyai luas 402,37 km². Data Debit Sungai Percut selengkapnya dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Daerah Aliran Sungai WS Belawan Ular Padang

No.	Nama DAS	Luas (km ²)	(%)
1	Batang Kuis	139,86	2,29
2	Belawan	972,6	15,93
3	Belutu	718,07	11,76
4	Deli	382,34	6,26
5	Hapal	32,5	0,53
6	Nalipang	67,77	1,11
7	Padang	1.002,09	16,41
8	Percut	402,37	6,59
9	Serdang	766,18	12,55
10	Sialang Buah	286,05	4,68
11	Ular	1.337,37	21,9
Total		6.107,20	100

sumber : BWS –II Sumatera Utara

Tabel 10. Debit Sungai Percut AWLR Tembung

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2011	417,34	16,35	9,63	420,20	354,69	5,78	0,67	2,14	6,51	14,68	8,12	71,20
2012	100,57	93,27	56,00	34,35	75,34	36,38	1,33	2,86	10,95	14,68	17,08	13,49
2013	13,49	22,01	22,52	54,25	32,39	36,38	3,02	4,27	22,01	25,03	21,50	36,20
2014	22,52	4,47	6,02	9,63	33,04	9,01	8,71	8,12	25,21	26,91	28,67	55,12
2015	4,47	9,63	22,52	4,47	7,84	4,47	9,82	10,17	26,91	50,01	38,01	26,33
2016	92,08	11,29	1,54	1,05	23,05	15,50	9,95	12,24	28,67	50,01	43,90	18,13
2017	48,18	20,5	18,13	41,38	12,73	35,70	10,28	18,59	30,50	57,18	46,76	82,91
2018	33,91	10,17	4,67	4,95	5,24	36,38	26,72	26,72	30,50	76,04	68,19	12,36
2019	28,08	33,04	3,95	17,08	17,97	60,21	66,22	33,04	41,88	79,61	140,50	38,72
2020	5,24	20,01	18,90	18,43	35,02	83,28	108,20	63,33	42,38	110,81	226,32	104,77

sumber : BWS –II Sumatera Utara

Tabel 11. Data Debit Probabilitas AWLR Tembung Di Bandar Sidoras

Tahun	Probabilitas	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	9,09%	5,24	4,47	1,54	420,20	5,24	4,47	0,67	2,14	6,51	14,68	8,12	12,36
2	18,18%	13,49	9,63	3,95	1,05	7,84	5,78	1,33	2,86	10,95	14,68	17,08	13,49
3	27,27%	22,52	10,17	4,67	4,47	12,73	8,41	3,02	4,27	22,01	25,03	21,50	18,13
4	36,36%	28,08	11,29	6,02	4,95	17,97	9,01	8,71	8,12	25,21	26,91	28,67	26,33
5	45,45%	33,91	16,35	9,63	9,63	23,05	9,74	9,82	10,17	26,91	50,01	38,01	36,20
6	54,54%	48,18	20,01	18,13	17,08	32,39	15,50	9,95	12,24	28,67	50,01	43,90	38,72
7	63,63%	61,15	20,5	18,9	18,43	33,04	35,70	10,28	18,59	30,50	57,18	46,76	55,12
8	72,72%	92,08	22,1	22,52	34,35	35,02	36,38	26,72	26,72	30,50	76,04	68,19	71,20
9	81,82%	100,57	33,04	22,52	41,38	75,34	60,21	66,22	33,04	41,88	79,61	140,50	82,91
10	90,91%	417,34	83,22	56	54,25	354,69	83,28	108,20	63,33	42,38	110,81	226,32	104,77
Q25		20,28	10,04	4,33	3,82	11,51	7,75	2,59	1,95	19,24	22,44	20,39	16,97
Q50		41,55	18,18	13,88	13,36	27,72	12,62	9,89	11,20	27,79	50,01	40,85	37,46

sumber : BWS –II Sumatera Utara

F. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana ini menggunakan 2 metode yaitu Metode Rasional dan Metode Nakayasu.

1. Metode Nakayasu

- Panjang DAS = 70 km
 $0,5 \cdot T_{0,3} = 4,46$
- Luas DAS = $402,37 \text{ km}^2$
 $1,5 \cdot T_{0,3} = 13,38$
- RO = 1 mm
 $2 \cdot T_{0,3} = 17,84$
- $T_g = 0,4 + 0,058 \cdot L$
 $= 4,46 \text{ jam}$
- C = 0,5
- $\bar{\alpha} = 2$
- $T_{0,3} = \bar{\alpha} \cdot T_g$
 $= 8,92 \text{ jam}$
- $T_r = 0,5 T_g$
 $= 2,23 \text{ jam}$
- $T_p = T_g + 0,8 T_r$
 $= 6,244 \text{ jam}$
- $Q_p = \frac{C \times A \times R_o}{3,60(0,3 \times T_p + T_{0,3}) + 0,5 \times 402,37 \times 1}$
 $= \frac{3,60(0,3 \times 15,164)}{201,185}$
 $= 38,855$
 $= 5,1777 \text{ m}^3/\text{Detik}$
- $T_p + T_{0,3} = 6,244 + 8,92$
 $= 15,164$
- $T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3} = 15,164 + 13,38$
 $= 28,544$

Mencari Ordinat Hidrograf

Berikut ini tabel kurva pada tiap-tiap parameter

Tabel 12. Kurva naik ($0 < t < T_p$)

t	Q (M ³ /s)	keterangan
1	0,063831041	Qa
2	0,336902253	
3	0,891503262	
4	1,778180751	
5	3,037805302	
6	4,705382428	

Sumber hasil perhitungan

Tabel 13. Kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$) atau ($6,244 < T < 15,164$)

t	Q (M ³ /s)	keterangan
6,244	5,177771395	

7	4,675490078	Qd 1
8	4,085154125	
9	3,569355072	
10	3,118681754	
11	2,724911276	
12	2,38085898	
13	2,080247358	
14	1,817591511	
15	1,588099073	

Sumber hasil perhitungan

Tabel 14. Kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$) atau ($15,164 < t < 28,544$)

t	Q (M ³ /s)	keterangan
15,154	1,554729782	Qd 2
16	1,440767737	
17	1,316784925	
18	1,203471242	
19	2,488894184	
20	1,005257817	
21	0,918752069	
22	0,839690425	
23	0,767432297	
24	0,701392218	
25	0,641035106	
26	0,585871923	
27	0,535455713	
28	0,489377984	

Sumber hasil perhitungan

Tabel 15. Kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$) atau ($t > 28,544$)

t	Q (M ³ /s)	keterangan
28,544	0,850794657	Qd 3
29	0,82501091	
30	0,771170389	

Sumber hasil perhitungan

Selanjutnya akan di hitungan hidrograf banjir untuk periode ulang 2 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun [5]. Hanya satu perhitungan hidrograf banjir dengan periode ulang 50 tahun yang akan ditampilkan pada tabel 15, sedangkan hasil perhitungan periode ulang 2, 10 dan 25 tahun akan ditampilkan pada tabel 16.

Tabel 16. Hidrograf Banjir 50 Tahun

T	Q	Q akibat hujan netto (m ³ /det)					Q
		Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	
jam	m ³ /det	34.99926679	31.987465	54.59805	26.719084	46.451729	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					
1	0.063831	2.23	0				2.23
2	0.3369023	11.79	10.78	0			22.57
3	0.8915033	31.20	28.52	48.67	0		108.39
4	1.7781808	62.24	56.88	97.09	47.51	0.00	263.71
5	3.0378053	106.32	97.17	165.86	81.17	141.11	450.52
6	4.7053824	164.68	150.51	256.90	125.72	218.57	916.40
6.244	5.1777714	181.22	165.62	282.70	138.35	240.52	1008.40
7	4.6754901	163.64	149.56	255.27	124.92	217.18	910.58
8	4.0851541	142.98	130.67	223.04	24.51	189.76	710.97
9	3.5693551	124.92	114.17	194.88	95.37	165.80	695.15
10	3.1186818	109.15	99.76	170.27	83.33	144.87	607.38
11	2.7249113	95.37	87.16	148.77	72.81	126.58	530.69
12	2.380859	83.33	76.16	129.99	63.61	110.60	463.69
13	2.0802474	72.81	66.54	113.58	55.58	96.63	405.14
14	1.8175915	63.61	58.14	99.24	48.56	84.43	353.99
15	1.5880991	55.58	50.80	86.71	42.43	73.77	309.29
15.154	1.5547298	54.41	49.73	84.89	41.54	72.22	302.79
16	1.4407677	50.43	46.09	78.66	38.50	66.93	280.60
17	1.3167849	46.09	42.12	71.89	35.18	61.17	256.45
18	1.2034712	42.12	38.50	65.71	32.16	55.90	234.38
19	1.0999086	38.50	35.18	60.05	29.39	51.09	214.21
20	1.0052578	35.18	32.16	54.89	26.86	46.70	195.78
21	0.9187521	32.16	29.39	50.16	24.55	42.68	178.93
22	0.8396904	29.39	26.86	45.85	22.44	39.01	163.53
23	0.7674323	26.86	24.55	41.90	20.51	35.65	149.46
24	0.7013922	24.55	22.44	38.29	18.74	32.58	136.60
25	0.6410351	22.44	20.51	35.00	17.13	29.78	124.85
26	0.5858719	20.51	18.74	31.99	15.65	27.21	114.10
27	0.5354557	18.74	17.13	29.23	14.31	24.87	104.28
28	0.489378	17.13	15.65	26.72	13.08	22.73	95.31
28.544	0.8507947	29.78	27.21	46.45	22.73	39.52	165.70
29	0.8250109	28.87	26.39	45.04	22.04	38.32	160.68
30	0.7711704	26.99	24.67	42.10	20.60	35.82	150.19

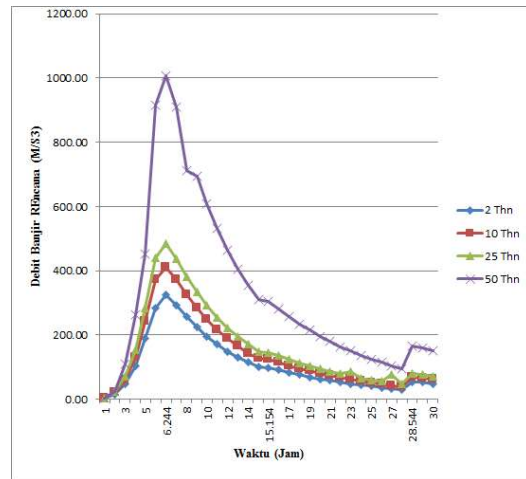
Sumber hasil perhitungan

Tabel 17. Hidrograf Satuan Nakayasu Debit Banjir Rencana maksimum DAS Percut

Periode Ulang	Banjir Maksimum (m ³ /det)
2	323,71
10	410,51
25	483,24
50	1008,40

Sumber hasil perhitungan

Selanjutnya dibuat grafik perbandingan unit hidrograf Metode Nakayasu [7] ditunjukkan oleh gambar 1 Debit maksimum yang terjadi pada periode ulang 50 tahun adalah 1008,40 m³/det.



Gambar 1. Grafik Hidrograf Banjir Rencana Metode Nakayasu

2. Metode Rasional

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode rasional menggunakan data dan perhitungan sebagai berikut:

data:

Luas DAS (A) = 402,37 Km

Panjang sungai (L) = 70 Km
= 70.000 m

Koefisien Limpasan (C) = 0.5

Kemiringan sungai (S) = 0.02500m

Nilai Curah Hujan Maksimum :

- Rt 2 Tahun = 125,04 mm
- Rt 10 Tahun = 169,77 mm
- Rt 25 Tahun = 186,66 mm
- Rt 50 Tahun = 197,51 mm

Langkah-langkah Perhitungan :

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

$$T_c = 0,0195 \times 70000^{0,77} \times 0,02500^{-0,385} = 434,06 \text{ jam}$$

Intensitas curah hujan di hitung setelah T_c didapat.

$$I = \frac{125,04}{24} \times \left(24 / \left(\frac{434,06}{60}\right)\right)^{\frac{2}{3}} = 11,589 \text{ mm/jam}$$

$$I = \frac{169,77}{24} \times \left(24 / \left(\frac{434,06}{60}\right)\right)^{\frac{2}{3}} = 15,734 \text{ mm/jam}$$

$$I = \frac{189,66}{24} \times \left(24 / \left(\frac{434,06}{60}\right)\right)^{\frac{2}{3}} = 17,300 \text{ mm/jam}$$

$$I = \frac{197,51}{24} \times \left(24 / \left(\frac{434,06}{60}\right)\right)^{\frac{2}{3}} = 18,305 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan Debit Banjir dengan Metode Rasional. Dihitung dengan menggunakan persamaan

- $Q = 0,278 \times 0,5 \times 11,589 \times 402,37 = 648,166 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q = 0,278 \times 0,5 \times 15,734 \times 402,37 = 879,993 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q = 0,278 \times 0,5 \times 17,300 \times 402,37 = 967,579 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q = 0,278 \times 0,5 \times 18,305 \times 402,37 = 1023,788 \text{ m}^3/\text{detik}$

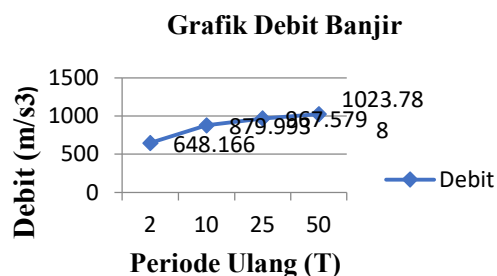
Tabel 18. Hasil Perhitungan Metode Rasional

T	A	L	XT	C	Tc	I (mm/jam)	Q
						(jam)	(m ³ /det)
2	402,37	70	125,04	0,5	434,06	11,589	648,166
10	402,37	70	169,77	0,5	434,06	15,734	879,993
25	402,37	70	186,66	0,5	434,06	17,30	967,579
50	402,37	70	197,51	0,5	434,06	18,305	1,023,788

Sumber: Hasil Perhitungan

Dimana:

- T : Periode Ulang
 Xt : Hujan Rencana (Hasil Perhitungan rencana Log Person tipe III)
 Tc : Waktu Konsentrasi
 I : Intensitas Hujan
 Q : Debit Banjir Rencana (m³/detik)



Gambar 2. Grafik Banjir Rencana Metode Rasional

Kesimpulan

Dari hasil analisis, maka dapat disimpulkan bahwa debit banjir rencana dengan menggunakan metode Rasional didapat debit Q50 sebesar 1023,788 m³/detik. Sedangkan metode Nakayasu di debit Q50 sebesar 1008,40 m³/detik. Dari kedua metode sintetik banjir rencana, dengan menggunakan data sungai

yang sama maka diperoleh hidrograf satuan sintetik yang dapat diterapkan untuk mendapatkan hasil yang relevan adalah metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Perencanaan Bangunan Bertingkat & Pengantar, (2017b). Modul Perhitungan Hidrologi Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar 2017.
- [2] Kiyotuka Mori Dkk, Suyono Sosrodarsono, (2017) “Hidrologi Untuk Pengairan” PT. Pradnya Paramita,
- [3] Reynaldo C., (2017). “Pola Distribusi Hujan Jam-jaman Wilayah Bolaang Mongondow“, Fakultas Teknik, T. Sipil., Universitas Sam Ratulangi.
- [4] Soni Irawan, Eko Noerhayati, Bambang Suprpto. 2019. “Studi Perencanaan Ambang Pelimpah (spillway) pada Bendungan Logung Kabupaten Kudus.” Jurnal Rekayasa Sipil/Vol.7.No.2
- [5] Asdak Chay. 2020, “Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai”, UGM Press
- [6] Limantara, Lily Montarcih. 2019, “Rekayasa Hidrologi”, Penerbit Andy.
- [7] Indarto, 2016,” Hidrologi: Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai”, Bumi Aksara, Jakarta - Indonesia