



ANALISIS HIDROLIKA SUNGAI TALLO MENGGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS

Andi Nurul Khafifah^{1*}, Wardan Mustari², Kasmawati³, Farida Gaffar⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim: 24-Februari-2023
Revisi: 18-April-2023
Diterima: 28 Juni 2023
Tersedia online: 30 Juni 2023

Keywords:

River; Hydraulic; Flow characteristics;
HEC-RAS 6.0

*Penulis Korespondensi:

Andi Nurul Khafifah,
Program Studi Teknik Pengairan,
Universitas Muhammadiyah
Makassar,
Jl Sultan Hasanuddin No. 259, Kota
Makassar, Indonesia.
Email:
andinurulkhafifah@gmail.com

ABSTRACT

The Tallo River has a watershed around 432.21 km². If the river reservoir capacity is unable to drain the water discharge, there will be an overflow in the river and cause inundation in the flood banks. The purpose of this study is to determine the maximum debit that passes through the Tallo River in Tamalanrea District Makassar City and find out the results of the analysis of the Tallo River hydraulics using HEC-RAS 6.0. This study using quantitative methods with the results, the maximum discharge value obtained is 1861.75 m³/sec at the time of 200 years. Hydraulic analysis using HEC-RAS 6.0 software in the river flow shows that STA 0 to 1000 is a subcritical flow where $FR < 1.0$.

ABSTRAK

Sungai Tallo memiliki Daerah Aliran Sungai atau DAS sekitar 432.21 km². Apabila kapasitas tampungan sungai tidak mampu mengalirkan debit air maka akan terjadi luapan yang menyebabkan genangan pada daerah bantaran banjir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui debit maksimum yang melewati Sungai Tallo di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar dan mengetahui hasil analisis hidrolika alirannya menggunakan aplikasi HEC-RAS 6.0. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan hasil yaitu nilai debit maksimum yang diperoleh sebesar 1861,75 m³/detik pada kala ulang 200 tahun. Analisis hidrolika aliran menggunakan software HEC-RAS 6.0 pada aliran sungai menunjukkan bahwa STA 0 sampai dengan 1000 merupakan jenis aliran subkritis dimana $Fr < 1,0$.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

A. Pengertian Sungai

Sungai merupakan sebagai aliran terbuka yang dimensi geometrisnya (lintang, profil samping, dan lereng lembah) bervariasi terhadap waktu, bergantung pada aliran, kualitas dasar, dan tebing, serta jumlah dan jenis air yang dibawa oleh sungai sedimen [1].

Sungai Tallo merupakan salah satu sungai yang ada di Sulawesi Selatan. Sungai Tallo memiliki panjang 10 km yang berasal dari pegunungan Pangkajene dan Pegunungan Parigi Tinggi Moncong sampai ke Selat Makassar. Sungai Tallo yang memiliki DAS sekitar 432,21 km yang sampai saat ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar bantaran sungai untuk lahan pertanian dan sumber air bersih. Jika terjadi hujan yang lebat sungai Tallo akan meluap dan mengakibatkan banjir [2].

B. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan tertentu yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang

berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami. Berdasarkan fungsinya DAS dibagi menjadi tiga bagian yaitu DAS bagian hulu, DAS bagian tengah, dan DAS bagian hilir [3].

C. Banjir

Banjir merupakan aliran air sungai yang mengalir melampaui kapasitas tampung sungai tersebut dan banjir merupakan suatu ancaman yang bermusim sering terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilayah sekitarnya [4].

Dalam menentukan hujan rerata pada suatu daerah ada beberapa metode yang bisa digunakan adalah metode rerata aritmatik (aljabar), metode polygon Thiessen dan metode isohyet. Pada penelitian ini digunakan metode polygon Thiessen [5]

Rumus menentukan hujan rerata dengan metode polygon Thiessen yaitu

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

$$R = C_1 R_1 + C_2 R_2 + \dots + C_n R_n$$

$$C = \text{Koefisien Thiessen} = A / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Dimana R merupakan curah hujan rata-rata (mm), $R_1+R_2+\dots+R_n$ merupakan curah hujan pada setiap stasiun hujan 1, 2, dan seterusnya (mm) serta $A_1+A_2+\dots+A_n$ merupakan luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan 1, 2, dan seterusnya (km²)

D. Curah Hujan Rencana

Dalam menentukan curah hujan rencana terlebih dahulu harus di hitung besarnya parameter statistic yaitu koefisien kemencengan (skewness) dan koefisien kepuncakan (kurtosis) [6].

1) Harga Rata-Rata (Mean)

$$\bar{x} = (\sum x) / n$$

2) Standar Deviasi (sd)

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}}{n-1}$$

3) Koefisien kemencengan (Skewness)

$$C_s = n = \frac{n}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \sum (x_i - \bar{x})^3$$

4) Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^4} \sum (x_i - \bar{x})^4$$

5) Koefisien Variansi (Cv)

$$C_v = \frac{s_1}{\log X}$$

Dimana C_s merupakan koefisien kemencengan, C_k merupakan koefisien kurtosis, X_i merupakan Data Hujan Ke -i, N merupakan Jumlah Data dan S merupakan Standar Deviasi.

Tabel 1. Syarat Penentuan Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s = 0$
	$C_k = 3$
Gumbel	$C_s = 1,1396$
	$C_k = 5,4002$
Log Person Type III	Selain dari nilai diatas/flexibel
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 3$
	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 5,383$

Pada Distribusi Log Person Type III, terlebih dahulu data diubah kedalam bentuk logaritma persamaan curah hujan rencana. dengan persamaan sebagai berikut :

$$\log X_{ranc} = \log \bar{x} + G S \quad (7)$$

Dimana X_{ranc} merupakan Curah Hujan rancangan, $\bar{x}$ merupakan Data curah hujan (mm/hari), $\bar{x}$ merupakan Rerata curah hujan harian (mm/h), G merupakan Nilai kostan berdasarkan kala ulang, S_n merupakan Standar deviasi (mm/hari).

Pada Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) digunakan metode manonobe dengan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} X \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (8)$$

Dimana I_t merupakan Intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam), t merupakan lamanya curah hujan (jam), R_{24} merupakan curah hujan maksimum selama 24 jam (mm).

- (2) Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) nakayasu merupakan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan di dalam suatu daerah sungai (DAS)
- (3) dapat membuat suatu hidrograf banjir pada sungai perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut [8].

E. Analisis Hidrolika

Hidrolika mencakup banyak aspek yang disiplin ilmu dan teknik, termasuk konsep aliran tertutup, desain bendungan, turbin, tenaga air perhitungan dinamika fluida, pengukuran aliran, perilaku aliran di saluran terbuka seperti sungai. Analisis hidrolika digunakan untuk mengetahui kapasitas saluran dengan pertimbangan karakteristik hidrolika yang terjadi pada suatu saluran karakteristik tersebut meliputi kualifikasi aliran, kofisien kekasaran (*manning*) [9]

F. HEC-RAS

Hydraulic Engineering Center-River Analysis System atau HEC-RAS adalah suatu program yang didesain untuk memodelkan aliran di sungai dan memperhitungkan penampang muka air aliran subkritis dan superkritis. Sistem ini mengandung 4 komponen analisis hidroliksatu dimensi, yaitu perhitungan penampang muka air aliran tetap (*steady flow*), aliran tidak tetap (*unsteady flow*), perhitungan transportasi sedimen, dan kualitas air [10].

G. Penelitian Terdahulu

- 1) *Analisis Karakteristik Aliran pada Sungai Jeneberang di Kecamatan Pallangga Kabupaten Gowa dengan Menggunakan HEC-RAS 6.0* : Analisis karakteristik aliran dengan menggunakan software HEC-RAS 6.0 pada aliran Sungai Jeneberang diperoleh suatu hasil analisis karakteristik aliran dimana STA 0 adalah aliran kritis, sedangkan STA 1 s/d 62 merupakan aliran subkritis ($Fr < 1,0$) [5].

2) *Analisis Depth-Area-Duration Dengan HEC-RAS 2D Dalam Penentuan Infrastruktur Pengendalian Banjir Di Banjir Sungai Pedolo* : Hasil simulasi menunjukkan terjadinya penurunan tinggi genangan dari 2.49m menjadi 0.32m, area genangan dari 11.50km, dan durasi genangan dari 9.25 jam menjadi 2.50 jam. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa infrastruktur pengendali banjir yang direncanakan mampu menurunkan DAD banjir di Sungai Pedolo [10].

3) *Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan HECRAS dan QGIS untuk Sub Das Babura* : Setelah dilakukan perbandingan dari jumlah luasan bangunan yang tergenang akibat banjir dari hasil analisa perbandingan prediksi kerugian banjir tiap periode, angka luasan banjir cukup berbeda [4].

H. Tujuan Umum Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui debit maksimum yang melewati Sungai Tallo di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar dan mengetahui hasil analisis hidrolika alirannya menggunakan aplikasi HEC-RAS 6.0.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang merupakan proses menemukan pengetahuan dengan mengumpulkan data berupa angka sebagai alat untuk menganalisis mengenai hal yang ingin diketahui.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1) *Lokasi Penelitian* : Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai Tallo (DAS TALLO) tepatnya pada Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar. Panjang lokasi yang diteliti adalah 1000 meter.

2) *Waktu Penelitian* : Penelitian ini dilaksanakan kurang lebih dua bulan yaitu bulan Januari sampai Februari 2023.

C. Teknik Pengumpulan Data

1) *Data Geometri Sungai* : Data geometri didapatkan dengan melakukan pengukuran di lapangan menggunakan data peta DEMNAS dan peta lokasi dari google earth yang akan diolah menggunakan software Global Mapper.

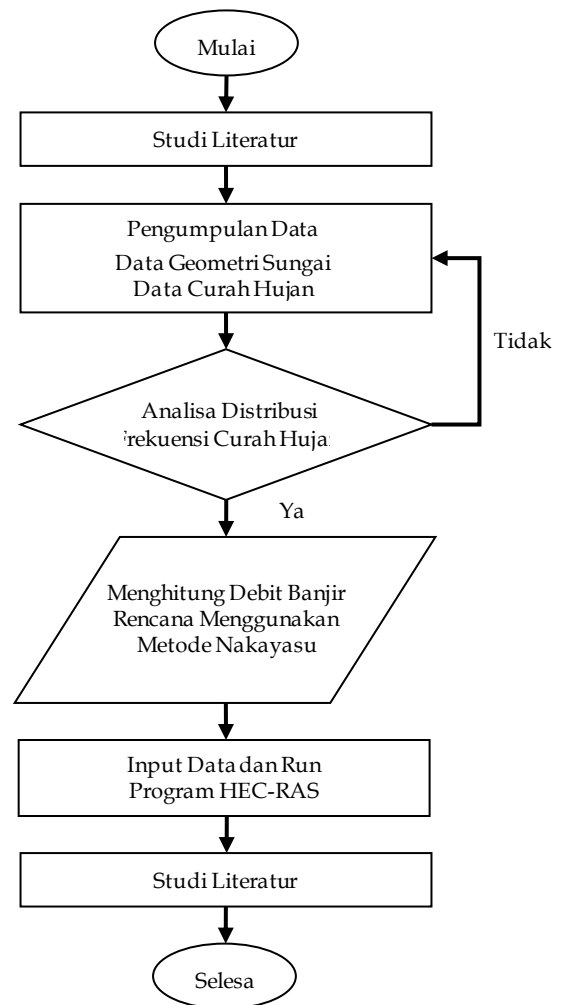
2) *Data Curah Hujan* : Data curah hujan atau debit sungai tercatat dari setiap stasiun curah hujan di cakupan daerah aliran sungai yang akan ditinjau. Data ini diperoleh dari Dinas Pengairan dan Sumber Daya Air Kementerian PUPR Provinsi Sulawesi Selatan.

D. Teknik Analisis Data

Data yang telah terkumpul selanjutnya akan dianalisis untuk mencari curah hujan rerata DAS, intensitas curah hujan dan nilai debit banjir yang kemudian akan diinput

ke dalam aplikasi HEC-RAS 6.0 agar diketahui jenis alirannya

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi bertujuan untuk dapat mengetahui debit maksimum pada DAS Tallo dengan luas sekmen area DAS 141.92 km².

1) *Perhitungan Curah Hujan Rerata* : Analisis hujan rerata daerah yang dicari menggunakan Metode Polygon Thissen.

Tabel 2. Luas Das Yang Masuk Pengaruh Tiga Stasiun Hujan

No	Nama Stasiun	Luas Pengaruh (Km)	(%)	koefisien Thissen
1	STA. PAOTERE	23.87	17	0.20
2	STA. SENRE	90.65	64	0.60
3	STA. PANAKUKANG	27.4	19	0.20
Jumlah		141.92	100	1.0

2) *Perhitungan polygon Thyssen*

$$\begin{aligned}
 R &= (R_1 * A_1) + (R_2 * A_2) + (R_3 * A_3) \\
 &= (91 * 0.20) + (67 * 0.60) + (8 * 0.20) \\
 &= 18.20 + 40.20 + 1.58 \\
 &= 59.68
 \end{aligned}$$

3) *Distribusi Curah Hujan Rancangan* : Untuk menghitung faktor Cs, Ck, dan Cv maka perlu parameter perhitungan faktor yang di sajikan dalam bentuk tabel. Hasil pengujian statistic dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Distribusi Statistik

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	-0.02 2.65	Tidak memenuhi
3	Gumbel	Cs = 1,1396 Ck = 5,4002	-0.02 2.65	Tidak memenuhi
2	Log Normal	Cs = Cv ³ +3Cv = 3 Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ +16Cv ² + 3 = 5,383	0.26 3.12	Tidak memenuhi
4	log pearson III	Selain dari nilai diatas/flexibel	-0.39 2.62	Memenuhi

Berdasarkan dari hasil pengujian statistik pada tabel diatas dapat kita simpulkan bahwa log person type III memenuhi persyaratan dari pengujian distribusi.

4) *Distribusi Log Person Type III*

Tabel 4 Hasil Perhitungan Dengan Metode Log Person Type III

No.	Periode Ulang	Log Xrt	G	S Log Xi	Log Xt	Xt
1	5	2.06	0.855	0.18	2.21	163.52
2	10	2.06	1.232	0.18	2.28	190.73
3	20	2.06	1.545	0.18	2.34	216.78
4	50	2.06	1.837	0.18	2.39	244.20
5	100	2.06	2.033	0.18	2.42	264.55
6	200	2.06	2.206	0.18	2.45	283.91

Hasil dari perhitungan curah hujan rencana metode Log Person Type III dapat dilihat dari tabel diatas, nilai Xt di peroleh setiap kala ulang. Kala ulang 5 tahun sebesar 163.52 mm, 10 tahun sebesar 190.73 mm, 20 tahun sebesar 216.78 mm, 50 tahun sebesar 244.20 mm, 100 tahun sebesar 264.55 mm, dan 200 tahun sebesar 283.91 mm.

5) *Analisis Intensitas Hujan*

Tabel 5 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

No.	Kala Ulang (Tahun)	Distribusi Log Person III (mm)
1	5	163.521
2	10	190.727
3	20	216.778
4	50	244.202
5	100	264.551

6	200	283.910
---	-----	---------

Untuk perhitungan interval 5 tahun dengan t = 10 menit maka di dapat intensitas hujan sebesar:

$$I = \frac{163.521}{24} \left[\frac{24}{10/60} \right]^{2/3}$$

$$I = 6.81 [144]^{2/3}$$

$$I = 187.185 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan metode manonobe di dapat intensitas hujan sebesar 187.185 mm.

6) Debit Maksimum Menggunakan HSS Nakayasu

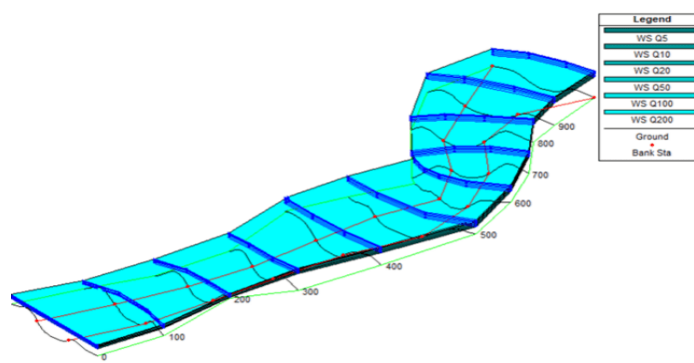
Tabel 6 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rencana Metode Nakayasu Kala Ulang Semua Tahun

t	Qt	Q total						
		5 thn	10 thn	20 thn	25 thn	50 thn	100 thn	200 thn
0	0.00	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29
1	5.15	413.18	481.21	546.35	560.41	614.92	665.80	714.21
1.41	11.78	1074.11	1252.11	1422.54	1459.33	1601.96	1735.09	1861.75
2	10.60	1063.79	1240.06	1408.85	1445.28	1586.54	1718.39	1843.82
3	8.86	958.23	1116.94	1268.91	1301.71	1428.89	1547.60	1660.54
4	7.40	851.57	992.54	1127.52	1156.65	1269.62	1375.06	1475.36
5	6.19	712.47	830.29	943.12	967.47	1061.88	1150.01	1233.85
6	5.17	596.20	694.68	788.98	809.34	888.25	961.91	1031.99
7	4.32	499.03	581.34	660.16	677.17	743.13	804.69	863.26
8	3.61	417.80	486.60	552.48	566.70	621.83	673.29	722.24
8.12	3.53	408.66	475.94	540.36	554.26	608.17	658.49	706.37
9	3.18	368.48	429.07	487.09	499.62	548.17	593.49	636.61
10	2.82	327.44	381.21	432.69	443.80	486.88	527.10	565.35
11	2.51	291.03	338.73	384.41	394.27	432.50	468.18	502.13
12	2.22	258.72	301.05	341.58	350.33	384.25	415.91	446.03
13	1.97	230.05	267.60	303.57	311.33	341.43	369.52	396.25
14	1.75	204.61	237.93	269.85	276.73	303.44	328.37	352.08
15	1.55	182.03	211.60	239.92	246.03	269.73	291.85	312.89
16	1.38	162.00	188.24	213.37	218.79	239.82	259.44	278.12
17	1.22	144.23	167.51	189.81	194.62	213.28	230.69	247.26
18	1.08	128.46	149.12	168.90	173.17	189.73	205.18	219.88
18.19	1.06	125.60	145.78	165.11	169.28	185.46	200.55	214.91
19	0.99	117.15	135.93	153.91	157.79	172.84	186.88	200.24
20	0.90	107.47	124.64	141.08	144.63	158.38	171.22	183.44
21	0.82	98.62	114.32	129.35	132.59	145.17	156.91	168.07
22	0.75	90.53	104.88	118.62	121.59	133.09	143.82	154.03
23	0.69	83.14	96.25	108.82	111.53	122.04	131.85	141.19
24	0.63	76.37	88.37	99.85	102.33	111.94	120.91	129.44
25	0.58	70.19	81.16	91.66	93.92	102.71	110.91	118.71
26	0.53	64.54	74.56	84.16	86.23	94.27	101.76	108.90
27	0.48	59.37	68.54	77.31	79.21	86.55	93.40	99.93
28	0.44	54.65	63.03	71.05	72.78	79.50	85.76	91.72
29	0.40	50.33	57.99	65.32	66.91	73.05	78.77	84.22
30	0.37	46.38	53.38	60.09	61.54	67.15	72.39	77.37
31	0.34	42.77	49.17	55.30	56.63	61.76	66.55	71.10
32	0.31	39.47	45.32	50.93	52.14	56.83	61.21	65.37
33	0.28	36.45	41.81	46.93	48.04	52.32	56.33	60.13
34	0.26	33.70	38.59	43.27	44.28	48.20	51.86	55.34
35	0.23	31.17	35.65	39.93	40.85	44.44	47.78	50.97
36	0.21	28.87	32.96	36.87	37.72	40.99	44.05	46.96
37	0.20	26.76	30.50	34.08	34.85	37.85	40.64	43.30
38	0.18	24.83	28.25	31.52	32.23	34.97	37.52	39.96
Jumlah		1074.11	1252.11	1422.54	1459.33	1601.96	1735.09	1861.75

Dapat di lihat dari tabel diatas di dapatkan debit maksimum di setiap kala ulang. Kala ulang 5 tahun sebesar 1074.11 m³/dtk, kala ulang 10 tahun sebesar

1252.11 m³/dtk, kala ulang 20 tahun sebesar 1459.33 m³/dtk, kala ulang 50 tahun sebesar 1601.96 m³/dtk, kala ulang 100 sebesar 1735.09 m³/dtk, kala ulang 200 tahun sebesar 1861.75 m³/dtk.

B. Analisis Hidrolika Denga HEC-RAS 6.0



Gambar 2 Tampilan Hasil Running HEC-RAS pada Sungai

Tabel 7 Hasil Analisis Hidrolika Aliran Sungai Dengan Menggunakan HEC-RAS

River Sta	Froude # Chl						Hidrolika Aliran
	I	II	III	IV	V	VI	
1000	0.31	0.33	0.34	0.35	0.36	0.36	Subkritis
900	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	Subkritis
800	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.47	Subkritis
700	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.46	Subkritis
600	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.41	Subkritis
500	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	Subkritis
400	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41	Subkritis
300	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	Subkritis
200	0.81	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87	Subkritis
100	0.77	0.82	0.85	0.84	0.85	0.85	Subkritis
0	0.89	0.86	0.88	0.90	0.90	0.91	Subkritis

II. SIMPULAN

Dari hasil perhitungan debit maksimum, dapat disimpulkan bahwa nilai debit maksimum yang melewati sungai tallo yang di dengan metode HSS Nakayasu didapatkan debit tertinggi terjadi pada kala ulang 200 tahun. Sementara itu Hasil analisis hidrolika aliran sungai dengan menggunakan software HEC-RAS 6.0 pada sungai Tallo di peroleh hasil yaitu STA 0-1000 merupakan aliran subkritis ($Fr < 1.0$), dengan fisik yaitu kecepatan aliran lambat dengan gaya gravitasi mempunyai peran lebih besar kecepatan aliran lebih kecil dari pada kecepatan rambat gelombang, dalam hal ini ditunjukan aliran sungai yang tenang.

REFERENSI

- [1] B. Triatmodjo. Hidrologi Terapan. Yogyakarta, Indonesia: Beta Offset, 2008.
- [2] L. A. Tarigan. "Analisis Karakteristik Bentuk Aliran Sungai Tuntungan Desa Sei Beras Sekata, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara," *Jurnal Samudera Geografi*, vol. 5, no. 1, hlm. 84, Januari 2022. Tersedia: <https://doi.org/10.33059/jsg.v5i1.4710>
- [3] Moch. Shofwan, W. Angriani, dan Pungut. "Karakteristik Sub Daerah Aliran Sungai Silo di Kecamatan Dompur," *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, vol. 10, no. 2, hlm. 179, September 2022. Tersedia: <https://doi.org/10.23887/jjppg.v10i2.44610>
- [4] M. Sinurat, A. P. Mulia, dan M. Faisal. "Analisis Spasial Daerah Banjir Menggunakan HEC-RAS dan QGIS untuk Sub Das Babura," *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 3, no. 1, hlm. 141, Januari 2022. Tersedia: <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i1.382>
- [5] I. F. Isha, A. R. Septiani, Nurnawaty, F. Gaffar, Kasmawati, Indriyanti, F. A. Wangsa dan Maupah. "Analisis Karakteristik Aliran pada Sungai Jeneberang di Kecamatan Pallangga Kabupaten Gowa dengan Menggunakan HEC-RAS 6.0," *JUMPTech*, vol. 1, no. 1, hlm. 27, 2022. Tersedia: <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/jumpteck/article/view/7309>
- [6] A. Agustina, Bertarina, dan Kastamto. "Analisis Karakteristik Aliran Sungai Pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten Dengan Menggunakan HEC-RAS," *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, vol. 3, no. 1, hlm. 31, Januari 2022. Tersedia: <https://doi.org/10.33365/jice.v3i01.1768>
- [7] P. G. Widiarsini, G. S. Pariartha, dan M. I. Yekti. "Analisis Hidrolika Penampang Alami Di Sungai Unda Hilir," *JURNAAL SPEKTRAN*, vol. 9, no. 1, hlm. 85, Juli 2021. Tersedia: <https://doi.org/10.24843/spektran.2021.v09.i01.p10>
- [8] K. Amri, Besperi, dan C. A. Negara. "Analisis Hidrologi Untuk Mendapatkan Debit Puncak Sungai Bengkulu Dengan Menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Studi Kasus DAS Sungai Bengkulu)," *Jurnal Fropil*, vol. 6, no. 2, hlm. 82, Desember 2018. Tersedia: <https://doi.org/10.33019/fropil.v6i2.1293>
- [9] C. D. Soemarto, Hidrologi Teknik, 2 ed. Semarang, Indonesia : Universitas Muhammadiyah Semarang, 1999.
- [10] K. W. Candrayana, I. N. Sinarta, dan A. C. Yujana. "Analisis Depth-Area-Duration Dengan HEC-RAS 2D Dalam Penentuan Infrastruktur Pengendalian Banjir Di Banjir Sungai Pedolo,"

Jurnal Konferensi Nasional Teknik Sipil, vol. 15, hlm. 1, Okt 2021.

Tersedia: <http://repository.warmadewa.ac.id/id/eprint/1468/>