

# ***Analisis Debit Rencana Tukad Unda Bagian Hilir Menggunakan HEC-HMS***

## ***Analysis of Downstream Unda River Plan Discharge Using HEC-HMS***

**I Putu Gustave Suryantara Pariartha<sup>1\*</sup>, I Kadek Dika Arimbawa<sup>1</sup>, Mawiti Infantri Yekti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Bali

---

### **Article info:**

Kata kunci:

Debit Rencana; HEC-HMS; HSS  
Nakayasu; Tukad Unda

Keywords:

Discharge Plan; HEC-HMS; HSS  
Nakayasu; Unda River

### **Article history:**

Received: 15-07-2021

Accepted: 30-11-2021

Koresponden email:

gustave\_sp@unud.ac.id

### **Abstrak**

Pembangunan waduk muara yang berlokasi di Tukad Unda merupakan pembangunan dalam tahap perencananan. Waduk muara dibangun sebagai infrastruktur mitigasi bencana prasarana pengendali banjir. Perkiraan pembangunan waduk muara dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk mencari debit banjir rencana pada DAS Tukad Unda sebagai pertimbangan dalam pembangunan tersebut. Dalam penelitian ini digunakan dua metode untuk mencari debit banjir rencana, diantaranya metode perhitungan HSS Nakayasu dan metode model HEC-HMS. Debit banjir rencana yang dihitung menggunakan perhitungan HSS Nakayasu pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun mempunyai debit puncak ( $Q_p$ ) sebesar 478.70 m<sup>3</sup>/dt, 649.33 m<sup>3</sup>/dt, 763.08 m<sup>3</sup>/dt, 910.01 m<sup>3</sup>/dt, 1019.02 m<sup>3</sup>/dt, dan 1128.03 m<sup>3</sup>/dt. Sedangkan debit banjir yang dihitung dengan metode HEC-HMS pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun mempunyai debit puncak ( $Q_p$ ) sebesar 514,3 m<sup>3</sup>/dt, 697,6 m<sup>3</sup>/dt, 819,8 m<sup>3</sup>/dt, 977,7 m<sup>3</sup>/dt, 1094,8 m<sup>3</sup>/dt, dan 1211,9 m<sup>3</sup>/dt. Parameter yang ditemukan melalui program HEC-HMS adalah *initial abstraction* sebesar 99,987 mm, *curve number* sebesar 35,018, dan *impervious* sebesar 16 %.

### **Abstract**

The construction of estuary reservoir located in Unda River is a development in the planning stage. Estuary reservoirs are built as disaster mitigation infrastructure for flood control. The construction of estuary reservoir is planned from 2020 to 2022. This research aims to find the flood design discharge of Tukad Unda watershed plan as consideration in the construction development. In this study, two methods were used to calculate the flood design discharge such as the HSS Nakayasu calculation method and the HEC-HMS model method. Flood design discharge calculated using HSS Nakayasu calculation at 5 years, 10 years, 20 years, 25 years, 50 years, and 100 years have peak discharge ( $Q_p$ ) respectively are 478.70 m<sup>3</sup>/s, 649.33 m<sup>3</sup>/s, 763.08 m<sup>3</sup>/s, 910.01 m<sup>3</sup>/s, 1019.02 m<sup>3</sup>/s, and 1128.03 m<sup>3</sup>/s. While flood discharge calculated by HEC-HMS method at 5 years, 10 years, 20 years, 25 years, 50 years, and 100 years have peak discharge ( $Q_p$ ) respectively are 514.3 m<sup>3</sup>/s, 697.6 m<sup>3</sup>/s, 819.8 m<sup>3</sup>/s, 977.7 m<sup>3</sup>/s, 1094.8 m<sup>3</sup>/s, and 1211.9 m<sup>3</sup>/s. The parameters found through the HEC-HMS program are an initial abstraction of 99,987 mm, a curve number of 35,018, and an impervious of 16%.

## 1. Pendahuluan

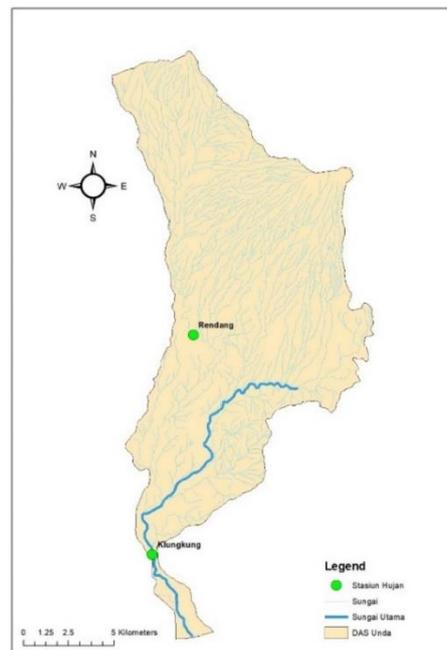
Tukad Unda terletak di Kabupaten Klungkung yang bersumber dari tujuh buah sungai yaitu Sungai Bajing, Sungai Barak, Sungai Krekuk, Sungai Mangening, Sungai Masin, Sungai Sah, Sungai Telagawaja. Tukad Unda memiliki luas 223,06 ha yang mencakup seluruh Provinsi Bali. Tukad Unda merupakan sungai yang mengalir secara tetap sepanjang tahun yang menyebar di Kecamatan Klungkung, Banjarangkan, dan Dawan (Bali Wilayah Sungai Bali-Penida, 2017).

Daerah yang ditinjau dalam penelitian ini yaitu bagian hilir dari Tukad Unda dikarenakan terdapat pembangunan waduk muara yang terletak dibagian hilir Tukad Unda menurut edaran koran Radar Bali terbitan 15 Januari 2020. Waduk muara dibangun sebagai infrastruktur mitigasi bencana prasarana pengendali banjir. Perkiraan pembangunan waduk muara dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2022. DAS Tukad Unda terdiri dari satu sungai utama yang bercabang dan anak-anak sungai. Aliran sungai utama dan anak-anak sungai dari hulu akan berkumpul menuju ke hilir. Debit di hilir lebih besar dibandingkan dengan bagian hulu dikarenakan bagian hilir merupakan tempat terkumpulnya aliran sungai utama dan anak-anak sungai. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi pertimbangan untuk pembangunan waduk muara Tukad Unda.

Seiring perkembangan zaman, teknologi mengalami kemajuan yang sangat meningkat dan memberikan dampak positif pada ilmu teknik sipil dalam bidang hidrologi yaitu telah diciptakannya *software* HEC-HMS. *Software* HEC-HMS adalah *software* yang diciptakan oleh *Hidrologic Engineering Center* (HEC) dari *US Army Corps of Engineers* dalam bentuk hidrologi numerik. Satuan untuk mendekati nilai-nilai proses hidrologi yang terjadi di lapangan dapat disebut dengan pemodelan hujan. Model hujan-aliran dapat digunakan sebagai alat untuk mempertimbangkan debit sungai dengan pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada. Simulasi aplikasi HEC-HMS dipilih sebagai pembanding metode nakayasu dikarenakan dalam HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi (Pattiraja, and Henong 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mencari debit rencana DAS Tukad Unda sebagai pertimbangan dalam pembangunan waduk muara. Metode perhitungan debit rencana yang digunakan adalah menggunakan perhitungan manual dengan menggunakan HSS Nakayasu dan menggunakan simulasi dengan HEC-HMS.

## 2. Bahan dan Metode

Lokasi penelitian ini mencakup keseluruhan DAS Tukad Unda dari hulu sampai hilir dengan 2 stasiun hujan yaitu stasiun Klungkung dan Rendang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. Tukad Unda terletak di Kabupaten Klungkung dengan panjang sungai 20.000 meter, lebar sungai 77 meter, dan ketinggian 75 meter (Bali Wilayah Sungai Bali-Penida 2017).



**Gambar 1.** Peta DAS Tukad Unda

Dalam studi ini menggunakan analisis hidrologi untuk mengetahui debit banjir pada kala ulang tertentu menggunakan metode HSS Nakayasu dan metode model HEC-HMS. Pengumpulan data sekunder berupa curah hujan harian maksimum periode 2009-2018, peta DAS, dan data debit.

### 2.1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi digunakan karena ketidakpastian curah hujan yang akan turun pada selang waktu tertentu. Analisis hidrologi merupakan suatu perhitungan yang kompleks dan rumit (Triatmodjo 2013). Air setinggi satu milimeter yang tertampung pada satu meter persegi luas ditempat yang datar sehingga curah hujan memiliki satuan milimeter (Prawaka et al. 2016). Dalam satuan waktu terdapat jumlah curah hujan disebut intensitas curah hujan yang memiliki satuan mm/waktu (Munajad and Suprayogi 2012).

Tahap pertama dalam analisis hidrologi adalah melakukan uji konsistensi data. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui suatu data konsisten atau tidak konsisten. Dalam penelitian ini uji konsistensi yang digunakan adalah *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) (Pratama et al. 2019). Persamaan RAPS adalah sebagai berikut:

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (1)$$

Dengan  $k = 1, 2, 3, \dots, n$

$$Dy^2 = \frac{Sk^*}{n} \quad (2)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad (3)$$

$Q = \text{maksimum } Sk^{**}, 0 \leq k \leq n$ , atau  $R = \text{nilai terbesar } Sk^{**} - \text{nilai terendah } Sk^{**}, 0 \leq k \leq n$ .

### 2.2. Perhitungan Curah Hujan Rata Rata

Cara yang dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dari curah hujan yang didapat dari penakar hujan disebut dengan metode rerata aljabar (Khotimah 2008). Rumus yang digunakan:

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (4)$$

### 2.3. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan untuk menentukan jenis distribusi frekuensi digunakan untuk mengetahui suatu rangkaian data dicocokkan dengan sebaran tertentu. Tahap awal adalah menghitung parameter-parameter statistik  $C_s$  dan  $C_k$  untuk menentukan macam analisis frekuensi yang akan digunakan (normal, log normal, gumbel, log pearson III)

Untuk memastikan kesesuaian distribusi frekuensi yang dipilih mana dilakukan dua uji yaitu uji Chi Square dan Smirnov-Kolmogorov. Uji Chi Square menentukan parameter  $\chi^2$  kuadrat yang dicari untuk pengambilan keputusan yang ditentukan dengan rumus (Sihotang et al. 2011):

$$X_{h^2} = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5)$$

Dengan:

$X_{h^2}$  = Parameter chi kuadrat terhitung

$G$  = jumlah sub kelompok

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok  $i$

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok  $i$

Persamaan jumlah kelas:

$$K = 1 + 3.32 \log n \quad (6)$$

Dengan:

$K$  = jumlah kelas

$N$  = jumlah data

Derajat bebas:

$$V = K - h - 1 \quad (7)$$

Dengan:

$h$  = jumlah parameter

Pengujian menggunakan uji smirnov-kolmogorov tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, maka dari itu uji smirnov-kolmogorov sering disebut uji non-parametrik parametrik (Upomo and Kusumawardani 2016). Prosedur pelaksanaannya antara lain, pertama data diurutkan berdasarkan peluang dari tiap data, lalu nilai dari peluang teoritis diurutkan, setelah itu hitung selisih terbesar dari peluang teoritis dan peluang pengamat dan menentukan nilai  $Do$  dari tabel.

#### 2.4. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Penelitian ini menggunakan hidrograf satuan sintetik (HSS) Nakayasu. Metode ini telah banyak digunakan di Bali dan Indonesia secara umum (Margini, Nusantara, and Ansori 2017). Persamaan hidrograf satuan sintetik nakayasu dapat dilihat di persamaan 8 sampai 11 (Sutapa 2005):

$$Qp = \frac{A \cdot R_0}{3,6(0,3Tp + T_{0,3})} \quad (8)$$

$$Tp = Tg + 0,8Tr \quad (9)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot Tg \quad (10)$$

$$Tr = 0,75 \cdot Tg \quad (11)$$

Dengan:

$Qp$  = Debit puncak banjir ( $m^3/dt$ )

$A$  = Luas daerah aliran ( $km^2$ )

$R_0$  = Curah hujan satuan (mm)

$Tp$  = Waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

$Tg$  = Time Lag (jam)

$Tr$  = Satuan waktu hujan (jam)

$\alpha$  = Parameter hidrograf

$L$  = Panjang alur sungai (km)

#### 2.5. HEC-HMS

*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)* merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mensimulasikan proses hujan aliran/limpasan (*rainfall-runoff*) pada suatu sistem tangkapan hujan atau daerah aliran sungai (DAS). Pemodelan simulasi dengan HEC-HMS telah umum digunakan dan dapat diterapkan secara luas untuk berbagai permasalahan diantaranya adalah ketersediaan air dan banjir di perkotaan maupun DAS alami (Choudhari, Panigrahi, and Chandra Paul 2014; Gunawan 2021; Halwatura and Najim 2013; Meenu, Rehana, and Mujumdar 2013; Sarminingsih, Rezagama, and Ridwan 2019).

Hidrograf yang dihasilkan dari program ini dapat digunakan untuk studi ketersediaan air, drainase perkotaan, peramalan aliran, pengaruh urbanisasi, perancangan pelimpah bendungan, mitigasi dampak banjir, pengelolaan daerah genangan, hidrologi lahan basah dan operasi sistem seperti waduk, dsb. Ada beberapa tahap untuk membuat model antara lain menyediakan halaman baru, melakukan *input* data topografi DAS, memasukkan data hujan, data debit, dan waktu simulasi, memilih metode untuk perhitungan debit puncak, dan terakhir melakukan Proses *running* untuk mendapatkan hasil (Wicaksana 2011).

Proses kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan beberapa parameter antara lain Nilai CN, initial abstraction dan impervious agar model HEC-HMS memiliki hasil yang mendekati dari kondisi di lapangan. (Sitanggang and Suprayogi 2016).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini digunakan stasiun penakar hujan di DAS Unda yang berasal dari pengukuran hujan balai wilayah sungai penida dimana pada penelitian ini digunakan stasiun klungkung dan stasiun rendang yang dipakai untuk mengetahui rerata curah hujan pada wilayah tersebut. Dalam penelitian ini digunakan stasiun penakar hujan di DAS Unda yang berasal dari pengukuran hujan balai wilayah sungai penida dimana pada penelitian ini digunakan stasiun klungkung dan stasiun rendang yang dipakai untuk mengetahui rerata curah hujan pada wilayah tersebut. Data curah hujan maksimum tahunan di DAS Unda dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data curah hujan maksimum pada DAS Unda

No	Tahun	Stasiun Penakar Hujan	
		Klungkung	Rendang
1	2009	69	86
2	2010	68	95
3	2011	96	91
4	2012	50	97
5	2013	80	87
6	2014	80	64
7	2015	73	66
8	2016	193	180
9	2017	102	122
10	2018	130	96

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, hasil uji konsistensi menggunakan RAPS menunjukkan bahwa data hujan di stasiun hujan Klungkung dan Rendang konsisten. Sementara hasil perhitungan hujan kawasan di DAS Unda menggunakan rerata aritmetik dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 2.** Konsistensi curah hujan Stasiun Klungkung

No.	Tahun	X	SK	Kumulatif SK	SK**	Kumulatif SK**	Absolut
1	2009	69	-25	-25	-1	-1	1
2	2010	68	-26	-51	-1	-1	1
3	2011	96	2	-49	0	-1	1
4	2012	50	-44	-93	-1	-2	2
5	2013	80	-14	-108	0	-3	3
6	2014	80	-14	-122	0	-3	3
7	2015	73	-21	-143	-1	-3	3
8	2016	193	98	-44	2	-1	1
9	2017	102	8	-36	0	-1	1
10	2018	130	36	0	1	0	0
Jumlah		940,6					
Rata-Rata		94,06					
Q/n		1,1<1,14 dengan probabilitas 95% (OK)					
R/n		1,1<1,28 dengan probabilitas 95% (OK)					

**Tabel 3.** Konsistensi curah hujan Stasiun Rendang

No.	Tahun	I	SK	Kumulatif SK	SK**	Kumulatif SK**	Absolut
1	2009	86	-12	-12	0	0	0
2	2010	95	-4	-16	0	0	0
3	2011	91	-7	-23	0	-1	1
4	2012	97	-2	-25	0	-1	1
5	2013	87	-11	-36	0	-1	1
6	2014	64	-35	-71	-1	-2	2
7	2015	66	-33	-103	-1	-3	3
8	2016	180	82	-22	2	-1	1
9	2017	122	24	2	1	0	0
10	2018	96	-2	0	0	0	0
Jumlah		982,08					
Rata-Rata		98,208					
Q/n		0,99<1,05 dengan probabilitas 90% (OK)					
R/n		0,99<1,21 dengan probabilitas 90% (OK)					

**Tabel 4.** Curah hujan rata-rata

No	Tahun	Stasiun Penakar Hujan		Hujan Harian Maksimum Rata- Rata
		Klungkung (mm)	Rendang (mm)	
1	2009	69	86	78
2	2010	68	95	81
3	2011	96	91	94
4	2012	50	97	73
5	2013	80	87	83
6	2014	80	64	72
7	2015	73	66	69
8	2016	193	180	186
9	2017	102	122	112
10	2018	130	96	113

Tahap awal dalam perhitungan analisis frekuensi adalah memilih jenis distribusi frekuensi yang sesuai. Pemilihan jenis distribusi frekuensi dilakukan dengan membandingkan  $C_s$  dan  $C_k$  seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Perhitungan  $C_s$  dan  $C_k$ 

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	$C_s = 2,14$ $C_k = 8,57$
2	Log Normal	$C_s = 0,43$ $C_k = 3,33$	$C_s = 2,14$ $C_k = 8,57$
3	Gumbel	$C_s = 1,1396$ $C_k = 5,4002$	$C_s = 2,14$ $C_k = 8,57$
4	Log Person Tipe III	Selain dari nilai di atas	

Berdasarkan syarat pemilihan jenis distribusi dengan  $C_s = 2,14$  dan  $C_k = 8,57$ , tidak ada sebaran yang cocok sesuai dengan syarat distribusi frekuensi yang ada sehingga metode yang dapat digunakan adalah Log Person Tipe III. Selanjutnya perhitungan hujan kala ulang

**Tabel 6.** Hasil Analisa Hujan Rencanan Metode Log Pearson III

Tr	Log Xr	G	K	S	Log Xt	Xt	Pembulatan
1.01	2,0055	0,153	-2,291	0,157	1,645	44,175	44
2	2,0055	0,153	-0,844	0,157	1,873	74,610	75
5	2,0055	0,153	-0,008	0,157	2,004	100,992	101
10	2,0055	0,153	0,839	0,157	2,137	137,235	137
20	2,0055	0,153	1,286	0,157	2,208	161,360	161
25	2,0055	0,153	1,767	0,157	2,283	192,005	192
50	2,0055	0,153	2,076	0,157	2,332	214,782	215

Selanjutnya, jenis distribusi Log Pearson III yang terpilih dilakukan pengujian sebaran data dengan menggunakan Smirnov-kolmogorov & chi square seperti ditunjukkan pada tabel 7, 8 dan 9.

**Tabel 7.** Pengamatan Uji Smirnov – Kolmogorov

Hujan (mm)	M	m/(n+1)	Log Person III	
			P(x≥X)	Delta P
186,25	1	0,091	0,0324	0,0585
113,05	2	0,182	0,1966	0,0148
112,15	3	0,273	0,2021	0,0706
93,5	4	0,364	0,3732	0,0095
83,4	5	0,455	0,5329	0,0784
81,25	6	0,545	0,5753	0,0299
77,5	7	0,636	0,6569	0,0205
73,25	8	0,727	0,7595	0,0323
71,75	9	0,818	0,7976	0,0206
69,24	10	0,909	0,8615	0,0476
Delta Max =				0,078

**Tabel 8.** Hasil Uji Smirnov – Kolmogorov

A	Δcr	ΔPmax	Ket
0,2	0,32	0,078	Diterima
0,1	0,37	0,078	Diterima
0,05	0,41	0,078	Diterima
0,01	0,19	0,078	Diterima

**Tabel 9.** Hasil perhitungan uji Chi Kuadrat

DISTRIBUSI LOG PEARSON III							
Kelas	P(x ≥ X)		Ef	Hujan (mm)	Of	Ef-Of	(Ef-Of)²/Ef
1	0,200	0,00 <P ≤ 0,200	2,000	112,495	2	0,000	0,000
2	0,400	0,200 <P ≤ 0,400	2,000	91,504	2	0,000	0,000
3	0,600	0,400 <P ≤ 0,600	2,000	80,069	2	0,000	0,000
4	0,800	0,600 <P ≤ 0,800	2,000	71,655	3	-1,000	0,500
5	1,000	0,800 <P ≤ 1,000	2,000	69,240	1	1,000	0,500
Jumlah Ef =			10.000	Jumlah Of =	10	Chi² =	1,000
Derajad Kebebasan =			1.000	Chi Kritik =	3,841	diterima	

Dari uji Smirnov-kolmogorov, dapat dilihat dari nilai  $\Delta P_{max} < \Delta cr$  sehingga metode Log Person Type III dapat diterima. Hal yang sama diperlihatkan oleh uji Chi Kuadrat dimana hasil distribusi data menggunakan Log Person Type III dapat diterima. Sedemikian sehingga Log Person Type III dapat digunakan untuk menentukan hujan desain berbagai kala ulang di DAS Tukad Unda.

### 3.1. Perhitungan Debit Rencana Dengan HSS Nakayasu

Analisis menggunakan metode HSS Nakayasu untuk mendapatkan puncak debit rencana maksimum pada kala ulang tertentu. Dari hasil analisis diperoleh bahwa debit banjir puncak adalah 1128,03 m<sup>3</sup>/det (tabel 10).

**Tabel 10.** Rekapitulasi Perhitungan Debit Rencana

T (jam)	Q5	Q10	Q20	Q25	Q50	Q100	KET
0	0	0	0	0	0	0	
1	44,6	60,49	71,09	84,78	94,93	105,09	
2	257,68	349,53	410,76	489,85	548,53	607,21	
3	462,34	627,14	737	878,91	984,19	1089,48	
4	478,7	649,33	763,08	910,01	1019,02	1128,03	MAX
5	442,22	599,84	704,92	840,65	941,35	1042,05	
6	396,77	538,19	632,48	754,26	844,61	934,97	
7	350,66	475,64	558,97	666,59	746,45	826,3	
8	281,37	381,66	448,52	534,88	598,95	663,03	
9	205,99	279,41	328,36	391,58	438,49	485,4	
10	153,98	208,86	245,45	292,72	327,78	362,84	
11	118,95	161,35	189,61	226,12	253,21	280,3	
12	94,28	127,89	150,29	179,23	200,7	222,17	
13	75,5	102,41	120,35	143,53	160,72	177,91	
14	61,03	82,78	97,28	116,01	129,91	143,81	
15	49,77	67,51	79,33	94,61	105,94	117,27	
16	40,93	55,52	65,25	77,81	87,14	96,46	
17	33,75	45,78	53,8	64,16	71,85	79,53	
18	27,83	37,75	44,36	52,9	59,24	65,58	
19	22,95	31,12	36,58	43,62	48,84	54,07	
20	18,92	25,66	30,16	35,96	40,27	44,58	
21	15,6	21,16	24,87	29,65	33,21	36,76	
22	12,86	17,45	20,5	24,45	27,38	30,31	
23	10,61	14,39	16,91	20,16	22,58	24,99	
24	8,74	11,86	13,94	16,62	18,61	20,61	

Tabel 10 menunjukkan bahwa debit puncak rencana di DAS Tukad Unda adalah 478,7 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 5 tahun, 649,33 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 10 tahun, 763,08 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 20 tahun, 910,01 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 25 tahun, 1019,02 m<sup>3</sup>/det untuk kala ulang 50 tahun, dan 1128,03 untuk kala ulang 100 tahun.

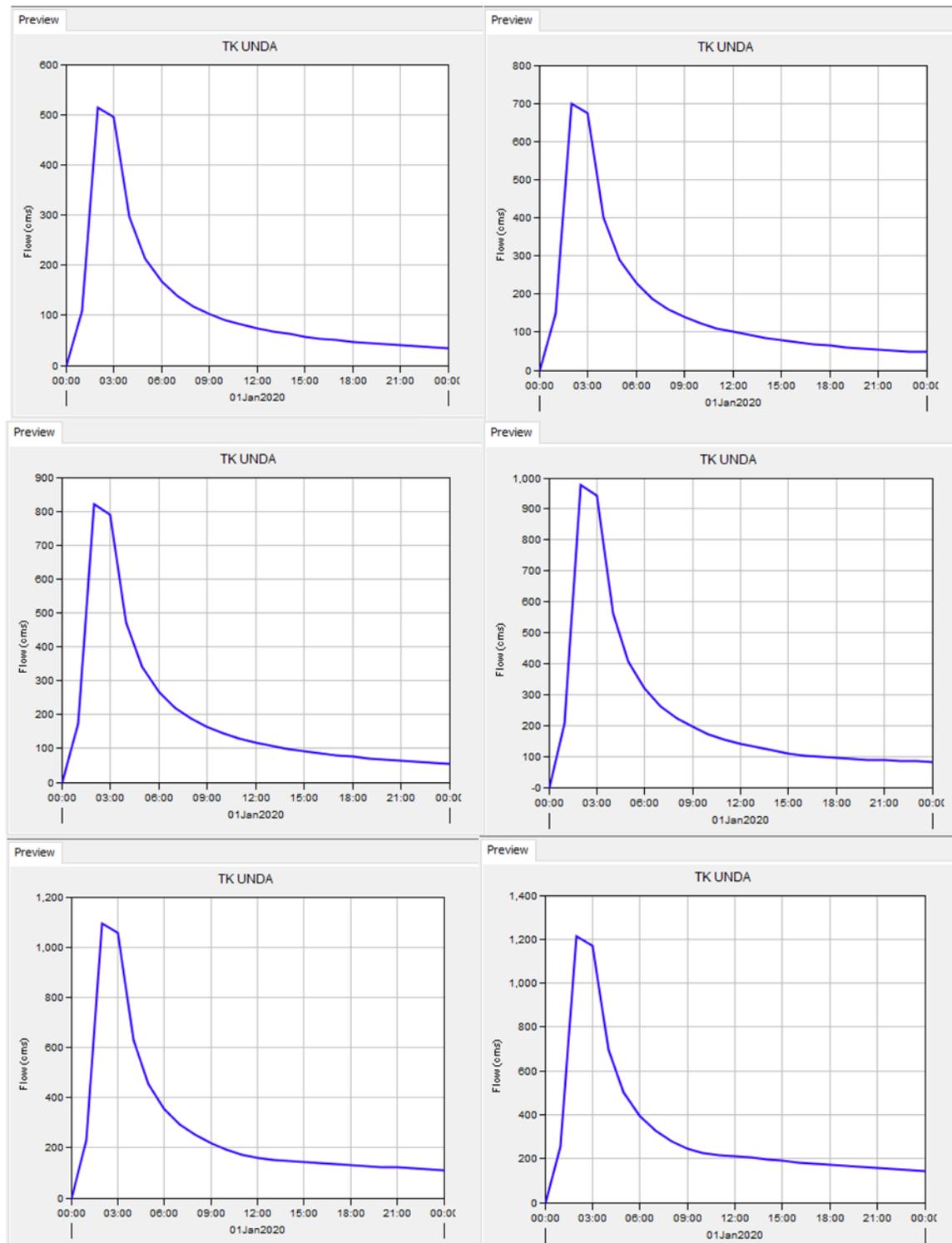
### 3.2. Perhitungan Debit Rencana Dengan HEC-HMS

Dalam menghitung debit rencana menggunakan metode model HEC-HMS terdapat beberapa tahap lainnya yaitu kalibrasi data, pembuatan model das, input parameter, dan running program. Untuk parameter loss method SCS Curve Number terdapat tiga jenis, diantaranya initial abstraction (resapan awal), curve number (estimasi limpasan), dan impervious (luas daerah kedap air). Untuk nilai dari ketiga parameter tersebut menggunakan hasil yang telah dikalibrasi dengan data debit.

Untuk nilai *initial abstraction* didapat 99,987 mm, untuk nilai *curve number* didapat 35,018, dan untuk *impervious* didapat 16%. Parameter tersebut mempengaruhi hasil debit. Jika nilai *curve number* rendah, maka DAS tersebut memiliki infiltrasi yang tinggi sehingga debit yang dihasilkan akan semakin kecil begitu juga sebaliknya. Jika *initial abstraction* tinggi, maka kehilangan air sebelum air meresap sehingga debit yang dihasilkan akan semakin kecil begitu juga sebaliknya. Hasil dari kalibrasi parameter dapat disimpulkan bahwa karakteristik DAS Unda memiliki daya infiltrasi tanah dan resapan awal yang cukup tinggi. Parameter hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 11. Hidrograf banjir yang dihasilkan oleh HEC-HMS ditunjukkan oleh Gambar 2.

**Tabel 11.** Parameter Hasil Kalibrasi

No	Parameter	Nilai Awal	Hasil Kalibrasi
1	<i>Initial Abstraction</i>	80	99,987
2	<i>Curve Number</i>	20	35,018
3	<i>Impervious</i>	15%	16 %

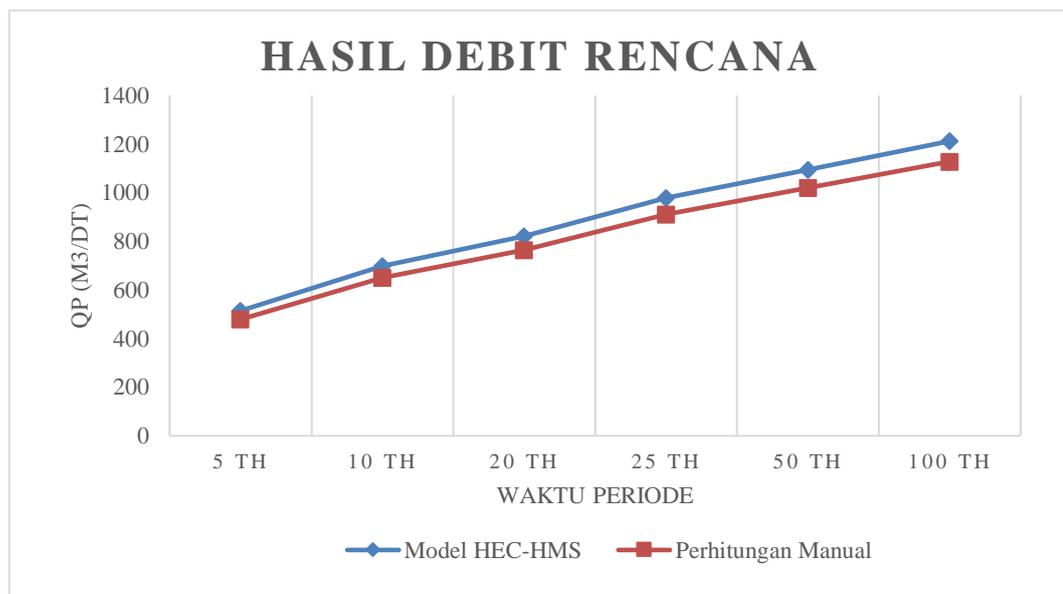
**Gambar 2.** Hasil running debit rencana kala ulang

### 3.3. Perbandingan Hasil Perhitungan Puncak Debit

Dari hasil penelitian didapatkan hasil dari HEC-HMS lebih tinggi jika dibandingkan dengan perhitungan manual. Perbedaan hasil dalam hal ini disebabkan pada HEC-HMS terdapat beberapa perhitungan parameter yang tidak ada di perhitungan manual yaitu *initial abstraction*, *curve number*, dan *impervious*. Rekapitulasi perhitungan puncak debit dengan menggunakan HEC-HMS dan perhitungan manual dengan HSS Nakayasu diperlihatkan pada Tabel 12 dan Gambar 3.

**Tabel 12.** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Puncak Debit

Tahun	Model HEC-HMS (m <sup>3</sup> /s)	Perhitungan HSS Nakayasu (m <sup>3</sup> /s)
5 Tahun	514,3	478,70
10 Tahun	697,6	649,33
20 Tahun	819,8	763,08
25 Tahun	977,7	910,01
50 Tahun	1094,8	1019,02
100 Tahun	1211,9	1128,03



**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Hasil

Dari hasil metode perhitungan manual dengan HSS Nakayasu dibandingkan dengan simulasi menggunakan HEC-HMS terlihat bahwa hasil perhitungan debit rencana di tiap kala ulang dengan HEC-HMS memiliki besaran yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan perhitungan manual dengan rata-rata selisih hasil sebesar 7,43%.

## 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa penggunaan perhitungan manual dengan HSS Nakayasu dan simulasi model HEC-HMS memiliki hasil debit banjir yang tidak jauh berbeda di tiap kala ulang dengan rata-rata selisih sebesar 7,43%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa baik hasil perhitungan manual menggunakan HSS Nakayasu dan dengan menggunakan simulasi HEC-RAS dapat digunakan untuk menghitung debit banjir rencana di DAS Tukad Unda. Namun, dengan mempertimbangkan bahwa kalibrasi dapat dilakukan di HEC-HMS dengan menggunakan data debit

di DAS Tukad Unda maka dapat dikatakan bahwa penggunaan HEC-HMS untuk penentuan hidrograf banjir rancangan di masa yang datang akan memiliki keunggulan dalam hal akurasi dibandingkan metode manual menggunakan HSS Nakayasu. Dari hasil kalibrasi model HEC-HMS untuk Das Tukad Unda diperoleh *initial abstraction* sebesar 99,987 mm, *impervious* sebesar 16 %, dan *curve number* sebesar 35,018.

### Daftar Pustaka

- Balai Wilayah Sungai Bali-Penida. 2017. "Laporan Akhir Tukad Unda. Balai Wilayah Sungai Bali-Penida."
- Choudhari, Kishor, Balram Panigrahi, and Jagadish Chandra Paul. 2014. 5 International Journal Of Geomatics And Geosciences *Simulation of Rainfall-Runoff Process Using HEC-HMS Model for Balijore Nala Watershed, Odisha, India.*
- Gufrion Elmart Sitanggang, Imam Suprayogi, dan Trimaijon. 2016. "Pemodelan Hujan-Debit Pada Sub Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Bantu Hec-Hms (Studi Kasus Pada Kanal Duri)." (4): 4–5.
- Gunawan, G. 2021. "Flood Modelling of Air Bengkulu Watershed, Indonesia, Using SUH and HEC-HMS." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 871(1).
- Halwatura, D., and M. M.M. Najim. 2013. "Application of the HEC-HMS Model for Runoff Simulation in a Tropical Catchment." *Environmental Modelling and Software* 46.
- Khotimah, Nurul. 2008. "Diktat Mata Kuliah Hidrologi (Pgf – 208)." *Diktat*: 1–76.
- Margini, Nastasia Festy, Danayanti Azmi Dewi Nusantara, and Mohamad Bagus Ansori. 2017. "Analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Dan ITB Pada Sub DAS Konto, Jawa Timur." *Jurnal Hidroteknik* 2(1).
- Meenu, R., S. Rehana, and P. P. Mujumdar. 2013. "Assessment of Hydrologic Impacts of Climate Change in Tunga-Bhadra River Basin, India with HEC-HMS and SDSM." *Hydrological Processes* 27(11).
- Munajad, Rifai, and Slamet Suprayogi. 2012. "Kajian Hujan–Aliran Menggunakan Model HEC–HMS Di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri, Jawa Tengah." *Jurnal Geografi*.
- P, Yulianus Eka, Agustinus H Pattiraja, and Sebastianus B Henong. 2020. "Analisa Perbandingan Penentuan Debit Rencana Menggunakan Metode Nakayasu Dan Simulasi." 1(1): 23–33.
- Pratama, Bayu Yoga, Raden Roro Rintis Hadiani, and Solichin Solichin. 2019. "Neraca Sumber Daya Air Di Daerah Aliran Sungai Alang Wonogiri." *Matriks Teknik Sipil*.
- Prawaka, Fanny, Ahmad Zakaria, and Subuh Tugiono. 2016. "Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, Dan Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung)." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*.
- Sarminingsih, A., A. Rezagama, and Ridwan. 2019. "Simulation of Rainfall-Runoff Process Using HEC-HMS Model for Garang Watershed, Semarang, Indonesia." In *Journal of Physics: Conference Series*.
- Sihotang, Rico, Miftah Hazmi, and Debby Rahmawati. 2011. "Analisis Banjir Rancangan Dengan Metode Hss Nakayasu Pada Bendungan Gintung." *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Sipil)*.
- Sutapa, I Wayan. 2005. "Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Kodina." *Majalah Ilmiah Mektek*.
- Triatmodjo, B. 2013. Beta Offset *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta.
- Upomo, Togani Cahyadi, and Rini Kusumawardani. 2016. "Pemilihan Distribusi Probabilitas Pada Analisa Hujan Dengan Metode Goodness Of Fit Test." *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*.
- Wicaksana, Ariahastha. 2011. "Pemodelan Hidrologi Daerah Aliran Sungai Tukad Pakerisan Dengan Software HEC-HMS."