



## Analisis Banjir Metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS dan Nakayasu pada DAS Pesung, Batam

<sup>1</sup> Tiara Puspita Ayuni, <sup>2\*</sup> Ade Jaya Saputra, <sup>3</sup> Jody Martin Ginting

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam, Kota Batam, 29442, Indonesia

Corresponding Author: \*ade.jaya@uib.ac.id

### Abstract

*Design discharge is discharge with a certain return period which is used as a reference or parameter in a water building construction planning. Calculation of the design discharge can be done by using the synthetic unit hydrograph method. The calculation of the planned discharge using the Nakayasu and SCS-CN synthetic unit hydrographs aims to compare the calculation of the maximum discharge in the Pesung Watershed, Batam. The design discharge analysis was carried out without calibrating with AWLR data (observed flow) due to the unavailability of AWLR data at the study site. Thus, in this study using HDRO (high direct runoff) as a comparison. The purpose of this study is to estimate the magnitude of the design flood discharge in the Pesung Watershed, Batam City. The methods used in this calculation of the flood hydrograph is using an empirical formula, namely SCS Synthetic Unit Hydrograph and Nakayasu. The results of the HDRO calculation analysis show that the largest flood discharge occurs in the Nakayasu synthetic unit hydrograph method with details of the SCS synthetic unit hydrograph method, the peak time ( $T_p$ ) is obtained at 4.46 hours, with a return period flood discharge of 5 – 50 reaching 215,488 – 584,308 m<sup>3</sup>/s. Whereas in the Nakayasu synthetic unit hydrograph method, the peak time ( $T_p$ ) is obtained at 1.47 hours, with a return period flood discharge of 5 – 50 years reaching 360.526 – 986.535 m<sup>3</sup>/s.*

*Keywords: batam, flood, curve number, SCS, nakayasu*

### Abstrak

Debit rencana adalah debit hujan dengan periode ulang tertentu yang dijadikan sebagai acuan atau parameter di dalam sebuah perencanaan konstruksi bangunan air. Perhitungan debit rencana dapat dilakukan dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetis. Perhitungan debit rencana menggunakan hidrograf satuan sintetis Nakayasu dan SCS-CN bertujuan untuk membandingkan perhitungan debit maksimum di DAS Pesung, Batam. Analisis debit rencana dilakukan tanpa melakukan kalibrasi dengan data AWLR (sebagai data terukur) karena ketidakterdediaan data AWLR lokasi penelitian. Dengan demikian pada penelitian ini menggunakan HDRO (high direct runoff) sebagai pembanding. Tujuan penelitian ini adalah memperkirakan besarnya debit banjir rancangan pada DAS Pesung, Kota Batam. Metode yang digunakan dalam perhitungan hidrograf banjir yaitu menggunakan rumus empiris yakni Hidrograf Satuan Sintetik SCS dan Nakayasu. Hasil analisis perhitungan HDRO menunjukkan bahwa debit banjir terbesar terjadi pada metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu dengan rincian metode hidrograf satuan sintetis SCS, waktu puncak ( $T_p$ ) didapatkan sebesar 4,46 jam, dengan debit banjir kala ulang 5 – 50 mencapai 215,488 – 584,308 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan pada metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu, waktu puncak ( $T_p$ ) didapatkan sebesar 1,47 jam, dengan debit banjir kala ulang 5 – 50 tahun mencapai 360,526 – 986,535 m<sup>3</sup>/s.

Kata kunci: batam, banjir, hidrograf satuan, SCS, nakayasu

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023

## 1. Pendahuluan

Seiring berjalannya waktu, pertumbuhan penduduk di kota-kota besar Indonesia meningkat secara pesat. Tidak terkecuali adalah Kota Batam, yang merupakan kota terbesar ke-15 menurut jumlah penduduknya di Indonesia. Menurut Sensus Penduduk Tahun 2020, jumlah penduduk Kota Batam mencapai sebanyak 1.196.396 jiwa. Hal ini disertai dengan laju pertumbuhan penduduk Kota Batam per tahunnya yang mencapai 2,32%, dalam periode tahun 2010-2020 [1]–[3].

Dengan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan lahan untuk tempat tinggal dan fasilitas lainnya juga turut meningkat. Kebutuhan tersebut menyebabkan pembukaan hutan dalam skala besar, perluasan wilayah perkotaan, dan pengembangan area pertanian [4],[5],[6]. Perubahan guna lahan ini dapat menimbulkan dampak buruk pada daerah resapan air, dengan mempengaruhi infiltrasi, puncak banjir, evapotranspirasi, transportasi sedimen, limpasan permukaan, dan lain-lain [7],[8],[9].

Permasalahan ini juga terjadi di Kota Batam. Kota Batam cenderung mengalami banjir pada saat musim hujan, terutama pada pemukiman penduduk dan ruas jalan [10],[11]. Hal ini disebabkan oleh pembangunan dan perubahan guna lahan yang dilakukan dengan sangat cepat, disertai dengan saluran drainase dan daerah resapan yang tidak lagi dapat menampung limpasan air hujan [12]. Disini dapat dilihat bahwa terdapat kebutuhan untuk merancang sistem drainase yang baru, yang dapat menampung limpasan.

Untuk mencegah banjir dan merancang sistem drainase yang memadai, diperlukan perhitungan debit banjir rencana [13], [14]. Perhitungan debit banjir rencana bisa dilakukan dengan metode hidrograf satuan banjir [15]. Metode hidrograf satuan banjir yang sering digunakan di Indonesia adalah metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS (*Soil Conservation Service*), Snyder-Alexeyev, Nakayasu, ITB, ITS-1, ITS-2 dan Gama-1 [16].

Pada penelitian ini, diakibatkan minimnya data banjir dan DAS yang ada, akan dilakukan perhitungan hidrograf satuan banjir dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) SCS dan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Diharapkan dengan digunakannya dua metode perhitungan hidrograf satuan, akan didapatkan informasi hidrograf banjir yang dapat digunakan untuk membantu dalam perencanaan bangunan air di DAS Pesung, Kota Batam.

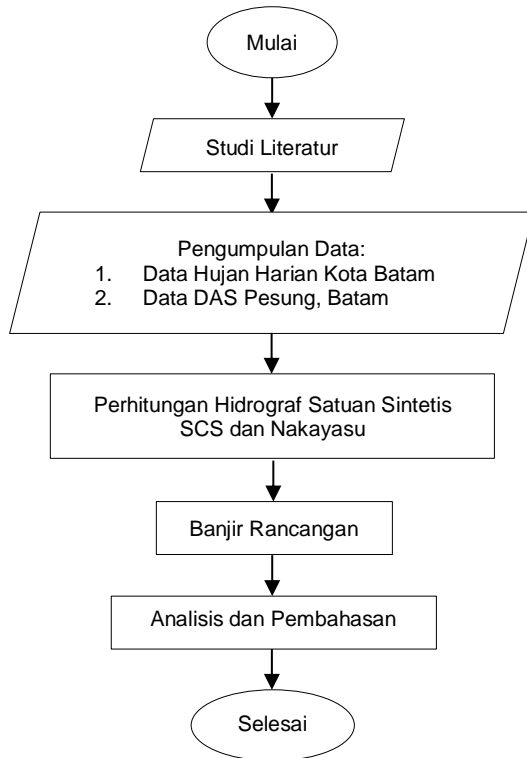
## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah penelitian ini secara garis besar,

---

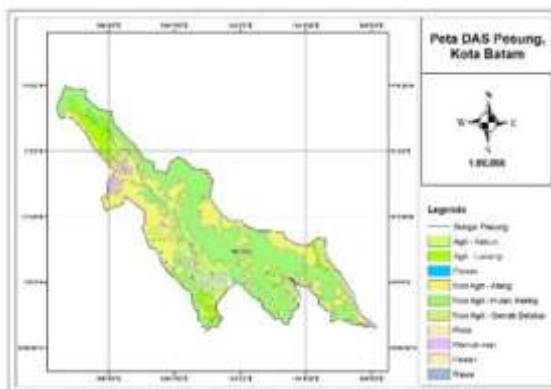
### Informasi Artikel



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 2.2. Prosedur Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber dan bahan referensi yang berhubungan dengan subjek dan topik penelitian. Sumber referensi dapat meliputi, namun tidak terbatas kepada, artikel penelitian serupa, buku, pedoman dan standar nasional.



Gambar 2. Peta DAS Pesung, Kota Batam

Tahap kedua adalah mengumpulkan data-data yang akan digunakan dan mengolah data tersebut. Data yang digunakan adalah data hujan harian Kota Batam tahun 2009-2020 dan data DAS Pesung. Data hujan harian yang digunakan diperoleh dari Stasiun Meteorologi Hang Nadim, Kota Batam. Data DAS Pesung diperoleh dari situs web portal geospasial milik Badan Informasi Geospasial (BIG).

Tahap ketiga adalah menghitung hidrograf satuan dan hidrograf banjir, dengan metode HSS SCS dan HSS Nakayasu. Hasil hidrograf banjir dari kedua metode hidrograf satuan sintetis akan dibandingkan.

## 2.3. Hidrograf Satuan Sintetis SCS

HSS SCS adalah metode yang dikembangkan dan dipublikasikan oleh *U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service* (kini *Natural Resources Conservation Service—NRCS*) pada tahun 1956. Metode ini awalnya dikembangkan untuk memprediksi volume limpasan langsung untuk peristiwa curah hujan tertentu dan terutama untuk evaluasi limpasan badai di daerah aliran sungai pertanian kecil [17].

Sejak pembuatannya, metode HSS SCS telah diadopsi untuk berbagai wilayah dan untuk berbagai penggunaan lahan dan kondisi iklim. Metode ini telah diterapkan pada berbagai macam aplikasi di luar ruang lingkup aslinya termasuk estimasi limpasan di DAS skala besar dan integrasi dalam model hidrologi jangka panjang, langkah waktu harian. Metode ini juga telah menjadi subjek banyak analisis baik secara praktis maupun teoretis dan dari beberapa modifikasi, adaptasi, dan upaya perbaikan selama lebih dari 60 tahun. Menariknya, walau terdapat banyak upaya

## Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023

modifikasi, rumus asli dari metode ini tetap merupakan varian rumus yang paling banyak digunakan hingga sekarang [17].

Hidrograf ini ditentukan dalam bentuk rasio waktu ( $t$  dengan  $T_p$ ) dan rasio debit ( $q$  dengan  $q_p$ ) [18]. Dimana  $t$  adalah waktu,  $T_p$  adalah waktu puncak,  $q$  adalah debit dan  $q_p$  adalah debit puncak. Berikut adalah tabel koordinat HSS SCS [15],

Tabel 1. Koordinat Hidrograf Satuan Tak Berdimensi SCS.

$t/T_p$	$q/q_p$	$t/T_p$	$q/q_p$
0	0	1,4	0,75
0,1	0,015	1,5	0,66
0,2	0,075	1,6	0,56
0,3	0,16	1,8	0,42
0,4	0,28	2,0	0,32
0,5	0,43	2,2	0,24
0,6	0,60	2,4	0,18
0,7	0,77	2,6	0,13
0,8	0,89	2,8	0,098
0,9	0,97	3,0	0,075
1,0	1,00	3,5	0,036
1,1	0,98	4,0	0,018
1,2	0,92	4,5	0,009
1,3	0,84	5,0	0,004

Beberapa rumus penting yang dibutuhkan untuk menentukan HSS SCS (*Soil Conservation Service*) adalah rumus-rumus berikut [19],

$$T_c = 0,01947L^{0,77}S^{-0,385} \quad (1)$$

dengan  $T_c$  adalah waktu konsentrasi hujan (menit),  $L$  adalah panjang sungai (m), dan  $S$  adalah kemiringan sungai DAS.

$$t_p = 0,6T_c \quad (2)$$

dengan  $t_p$  adalah waktu keterlambatan (jam) dan  $T_c$  adalah waktu konsentrasi hujan (menit).

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (3)$$

dengan  $T_p$  adalah waktu puncak (jam),  $t_r$  adalah lamanya hujan efektif (jam) dan  $t_p$  adalah waktu keterlambatan (jam).

$$q_p = \frac{CA}{T_p} \quad (4)$$

dengan  $q_p$  adalah puncak hidrograf satuan ( $m^3/s$ ),  $C$  adalah konstanta yang bernilai 2,08,  $A$  adalah luas DAS ( $km^2$ ) dan  $T_p$  adalah waktu puncak (jam).

#### 2.4. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Pada tahun 1940, metode HSS Nakayasu dikembangkan oleh Dr. Nakayasu berdasarkan sungai-sungai di Jepang. HSS Nakayasu berpatok kepada faktor koreksi  $\alpha$  yang dipengaruhi oleh ordinat hidrograf satuan dan basis waktu hidrograf ( $T_b$ ). Variabel yang harus diperoleh untuk mengembangkan ordinat hidrograf satuan dengan teknik ini adalah waktu puncak ( $t_p$ ), debit puncak ( $Q_p$ ), kurva tungkai naik ( $Q_a$ ), dan kurva tungkai menurun ( $Q_d$ ). Rumus waktu puncak ( $t_p$ ) tidak memperhitungkan faktor kemiringan sungai [20], [21]

Rumus – rumus yang digunakan dalam perhitungan HSS Nakayasu adalah sebagai berikut [22],

$$L > 15 \text{ km}, t_g = 0,4 + 0,058L \quad (5)$$

$$L < 15 \text{ km}, t_g = 0,21L^{0,7} \quad (6)$$

dengan  $L$  adalah panjang sungai (km) dan  $t_g$  adalah waktu keterlambatan (jam).

$$t_r = 0,75t_g \quad (7)$$

dengan  $t_r$  adalah tenggang waktu puncak (jam) dan  $t_g$  adalah waktu keterlambatan (jam).

$$t_{0,3} = \alpha t_g \quad (8)$$

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023

dengan  $t_{0,3}$  adalah waktu dimana debit adalah 0,3 kali debit puncak (jam) dan  $\alpha$  adalah koefisien yang bernilai antara 1,5 – 3,0. Nilai  $\alpha$  umumnya ditentukan dengan kriteria sebagai berikut,

$\alpha = 1,5$  ; hidrograf dengan kurva tungkai naik lambat dan kurva tungkai menurun cepat,

$\alpha = 2$  ; hidrograf dengan kurva tungkai naik dan kurva tungkai menurun normal,

$\alpha = 3$  ; hidrograf dengan kurva tungkai naik cepat dan kurva tungkai menurun lambat.

$$t_p = t_g + 0,8tr \quad (9)$$

dengan  $t_p$  adalah waktu puncak (jam) dan  $tr$  adalah tenggang waktu puncak (jam).

$$Q_p = \frac{1}{3,6(0,3t_p + t_{0,3})} AR_0 \quad (10)$$

dengan  $Q_p$  adalah debit puncak, A adalah luas DAS (km<sup>2</sup>),  $t_p$  adalah waktu puncak (jam),  $t_{0,3}$  adalah waktu dimana debit adalah 0,3 kali debit puncak (jam) dan  $R_0$  adalah satuan kedalaman hujan (mm).

Perhitungan pada kurva tungkai naik dan tungkai menurun HSS Nakayasu adalah sebagai berikut.

Pada kurva tungkai naik,

$$0 \leq t < t_p,$$

$$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{t_p} \right)^{2,4} \quad (11)$$

dengan  $Q_a$  adalah debit pada kurva tungkai naik.

Pada kurva tungkai menurun,

$$t_p \leq t < (t_p + t_{0,3}),$$

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \frac{t-t_p}{t_{0,3}} \quad (12)$$

$$(t_p + t_{0,3}) \leq t < (t_p + t_{0,3} + 1,5 t_{0,3}),$$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \frac{(t-t_p)+0,5t_{0,3}}{1,5t_{0,3}} \quad (13)$$

$$t \geq (t_p + t_{0,3} + 1,5 t_{0,3}),$$

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3 \frac{(t-t_p)+1,5t_{0,3}}{2t_{0,3}} \quad (14)$$

dengan  $Q_d$  adalah debit pada kurva tungkai turun.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Curah Hujan

Data hujan yang digunakan pada perhitungan ini adalah data hujan maksimum Kota Batam tahun 2009-2020. Data hujan yang didapat dituangkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan Maksimum Tahunan 2009-2020 di Stasiun Meteorologi Hang Nadim, Kota Batam.

No	Tahun Pengamatan	R <sub>max</sub> (mm)
1	2009	99,3
2	2010	94,1
3	2011	279,5
4	2012	77,6
5	2013	64,5
6	2014	116,7
7	2015	68,2
8	2016	109
9	2017	155,7
10	2018	92,9
11	2019	118
12	2020	324

#### 3.2. Analisis Frekuensi

Dalam perhitungan debit banjir rencana, dilakukan pendekatan analisis distribusi dengan empat prosedur berikut: Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson III. Masing-masing fungsi distribusi memiliki syarat yang harus dipenuhi agar dapat dipilih untuk

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023

digunakan dalam perhitungan debit rencana, yang dituangkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pemilihan Fungsi Distribusi [19]-

No	Jenis	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Distribusi Normal	$C_s \approx 0$ $C_k = 3$	$C_s = 1,99$ $C_k = 6,16$	Tidak memenuhi
2	Distribusi Gumbel	$C_s \leq 1,14$ $C_k \leq 5,4$	$C_s = 1,99$ $C_k = 6,16$	Tidak memenuhi
3	Distribusi Log Normal	$C_s \approx 3$ $C_k = 5,38$	$C_s = 1,09$ $C_k = 2,36$	Tidak memenuhi
4	Distribusi Log Pearson III	$C_s \neq 0$	$C_s = 1,09$	Memenuhi

Uji kecocokan juga dilakukan menggunakan uji Chi-Kuadrat dan uji Kolmogorov-Smirnov. Dapat dilihat di Tabel 3, berdasarkan data yang ada, hanya syarat Distribusi Log Pearson III yang terpenuhi. Sehingga pada penelitian ini, pendekatan distribusi yang dipilih adalah Distribusi Log Pearson III. Hasil perhitungan analisis frekuensi dituangkan di tabel berikut.

Tabel 4. Perhitungan Kala Ulang Curah Hujan.

Kala Ulang (Tahun)	$\log \bar{Z}$	$\sigma$	$C_s$	$Z_{Tr}$	$X_{Tr}$
5				2.23	168.61
10	2,03	0,17	1,09	2.35	223.02
20				2.46	288.19
50				2.60	395,65

### 3.3. Hidrograf Satuan Sintetis SCS

Input fisik yang diperlukan dalam metode HSS SCS adalah luas DAS (A), panjang maksimum lintasan air (L), dan kemiringan sungai DAS (S).

Tabel 5. Input fisik DAS Pesung, Kota Batam untuk HSS SCS

Parameter DAS	DAS Pesung
Luas DAS, A (km <sup>2</sup> )	39,007
Panjang sungai, L (km)	8,217
Kemiringan DAS, S	0,0073

Tabel 6 dan Tabel 7 merupakan hasil perhitungan dari metode HSS SCS dengan rumus-rumus (1) – (4).

Tabel 6. Hasil Perhitungan Parameter DAS Metode HSS SCS

Parameter	Hasil Perhitungan
$Q_p$ (Debit puncak)	18,18 m <sup>3</sup> /s
$T_p$ (Waktu puncak)	4,46 jam
$t_p$ (Waktu keterlambatan)	3,25 jam
$T_c$ (Waktu konsentrasi)	324,56 menit

Tabel 7. HSS Terkoreksi SCS

t	Rasio Waktu ( $t/T_p$ )	Rasio Debit ( $q/q_p$ )	HSS ( $(q/q_p)Q_p$ )	HSS Terkoreksi
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.224	0.095	1.736	0.171
2	0.448	0.352	6.404	0.632
3	0.672	0.723	13.141	1.297
4	0.896	0.967	17.582	1.736
5	1.120	0.968	17.595	1.737
6	1.344	0.800	14.544	1.436
7	1.569	0.591	10.753	1.062
8	1.793	0.425	7.730	0.763
9	2.017	0.313	5.696	0.562
10	2.241	0.228	4.141	0.409
11	2.465	0.164	2.978	0.294
12	2.689	0.116	2.105	0.208
13	2.913	0.085	1.545	0.153
14	3.137	0.064	1.169	0.115
15	3.361	0.047	0.851	0.084
16	3.585	0.033	0.599	0.059
17	3.809	0.025	0.452	0.045
18	4.033	0.017	0.316	0.031
19	4.258	0.013	0.243	0.024
20	4.482	0.009	0.170	0.017
	Jumlah		109.749	10.835
	Tinggi Hidrograf		10.129	1

### 3.4 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Input fisik yang diperlukan dalam metode HSS Nakayasu adalah luas DAS (A) dan panjang sungai (L).

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023

Tabel 8. Input fisik DAS Pesung, Kota Batam untuk HSS Nakayasu

Parameter DAS	DAS Pesung
Luas DAS, A (km <sup>2</sup> )	39,007
Panjang sungai, L (km)	8,217

Tabel 9 merupakan hasil perhitungan dari metode HSS Nakayasu dengan rumus-rumus (5) – (14).

Tabel 9. HSS Nakayasu

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q koreksi (m <sup>3</sup> /s)
0	0.000	0.000
1	1.896	1.997
2	3.359	3.537
3	1.743	1.835
4	1.053	1.109
5	0.680	0.716
6	0.439	0.462
7	0.314	0.331
8	0.226	0.238
9	0.163	0.172
10	0.117	0.124
11	0.085	0.089
12	0.061	0.064
13	0.044	0.046
14	0.032	0.033
15	0.023	0.024
16	0.016	0.017
17	0.012	0.012
18	0.009	0.009
19	0.006	0.006
20	0.004	0.005
21	0.003	0.003
22	0.002	0.002
23	0.002	0.002
24	0.001	0.001
ΣQ (m <sup>3</sup> /s)	10.290	10.835
T <sub>LL</sub> (mm)	0.950	1.000

### 3.5 Distribusi Hujan Jam-Jaman

Lama hujan rata-rata pada DAS Pesung, Kota Batam adalah 4 jam. Untuk distribusi jam-jaman, dikarenakan tidak tersedianya data hujan waktu jangka pendek dan hanya tersedia

data hujan harian, maka digunakan persamaan Mononobe dan metode ABM (*Alternating Block Method*). Perhitungan distribusi hujan untuk kala ulang 5 – 50 tahun dituangkan pada Tabel 10-13.

Tabel 10. Distribusi Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 5 Tahun

t	It (mm/jam)	P (mm)	ΔP	ABM	P <sub>5th</sub>
1	96.05	96.05	96.05	24.97	27.61
2	60.51	121.02	24.97	96.05	106.22
3	46.18	138.53	17.51	17.51	19.37
4	38.12	152.47	13.94	13.94	15.42

Tabel 11. Distribusi Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 10 Tahun

t	It (mm/jam)	P (mm)	ΔP	ABM	P <sub>10th</sub>
1	127.05	127.05	127.05	33.02	36.52
2	80.03	160.07	33.02	127.05	140.49
3	61.08	183.23	23.16	23.16	25.62
4	50.42	201.67	18.44	18.44	20.39

Tabel 12. Distribusi Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 20 Tahun

t	It (mm/jam)	P (mm)	ΔP	ABM	P <sub>20th</sub>
1	164.17	164.17	164.17	42.67	47.19
2	103.42	206.85	42.67	164.17	181.55
3	78.93	236.78	29.93	29.93	33.10
4	65.15	260.61	23.83	23.83	26.35

Tabel 13. Distribusi Hujan Jam-Jaman Kala Ulang 50 Tahun

t	It (mm/jam)	P (mm)	ΔP	ABM	P <sub>50th</sub>
1	225.39	225.39	225.39	58.58	64.78
2	141.99	283.97	58.58	225.39	249.24
3	108.36	325.07	41.09	41.09	45.44
4	89.45	357.78	32.72	32.72	36.18

### 3.6 Hujan Efektif

Perhitungan distribusi hujan efektif untuk kala ulang 5 – 50 tahun dituangkan pada Tabel 14-17.

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023

Tabel 14. Distribusi Hujan Efektif Kala Ulang 5 Tahun

t	P (mm)	Kum P (mm)	Kum Pe (mm)	Pe <sub>5th</sub> (mm)
1	27.61	27.61	5.77	5.77
2	106.22	133.83	93.02	87.24
3	19.37	153.19	111.24	18.22
4	15.42	168.61	125.90	14.66
<b>Σ</b>	<b>168.61</b>			<b>125.9</b>

Tabel 15. Distribusi Hujan Efektif Kala Ulang 10 Tahun

t	P (mm)	Kum P (mm)	Kum Pe (mm)	Pe <sub>10th</sub> (mm)
1	36.52	36.52	10.91	10.91
2	140.49	177.01	133.93	123.02
3	25.62	202.63	158.59	24.66
4	20.39	223.02	178.36	19.77
<b>Σ</b>	<b>223.02</b>			<b>178.36</b>

Tabel 16. Distribusi Hujan Efektif Kala Ulang 20 Tahun

t	P (mm)	Kum P (mm)	Kum Pe (mm)	Pe <sub>20th</sub> (mm)
1	47.19	47.19	18.15	18.15
2	181.55	228.74	183.92	165.77
3	33.10	261.84	216.23	32.31
4	26.35	288.19	242.07	25.84
<b>Σ</b>	<b>288.19</b>			<b>242.07</b>

Tabel 17. Distribusi Hujan Efektif Kala Ulang 50 Tahun

t	P (mm)	Kum P (mm)	Kum Pe (mm)	Pe <sub>50th</sub> (mm)
1	64.78	64.78	31.69	31.69
2	249.24	314.03	267.47	235.78
3	45.44	359.47	312.30	44.83
4	36.18	395.65	348.08	35.78
<b>Σ</b>	<b>395.65</b>			<b>348.08</b>

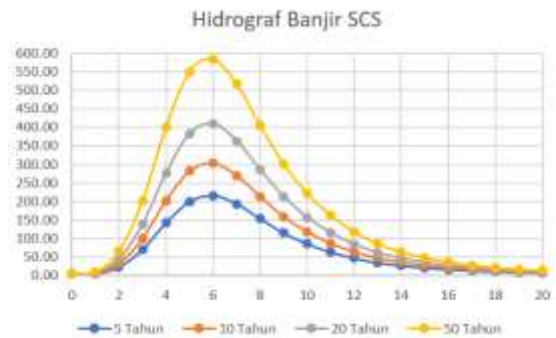
### 3.7 Hidrograf Banjir

Hasil perhitungan hidrograf banjir dengan metode HSS SCS dituangkan dalam Tabel 18 dan grafik pada Gambar 3.

Tabel 18. Hidrograf Banjir SCS Kala Ulang 5 – 50 Tahun

t	HSS	Q <sub>5th</sub>	Q <sub>10th</sub>	Q <sub>20th</sub>	Q <sub>50th</sub>
0	0.000	5.00	5.00	5.00	5.00

1	0.171	5.99	6.87	8.11	10.43
2	0.632	23.60	32.98	44.88	65.44
3	1.297	70.77	101.16	138.90	202.87
4	1.736	142.24	202.53	276.43	400.39
5	1.737	199.38	281.99	382.53	550.11
6	1.436	215.49	302.82	408.62	584.31
7	1.062	193.50	270.38	363.27	517.18
8	0.763	153.65	213.67	286.11	406.01
9	0.562	115.22	159.58	213.11	301.72
10	0.409	85.89	118.45	157.73	222.75
11	0.294	63.80	87.45	115.99	163.22
12	0.208	47.54	64.63	85.24	119.35
13	0.153	35.36	47.56	62.28	86.63
14	0.115	27.07	35.96	46.70	64.46
15	0.084	21.38	27.99	35.96	49.15
16	0.059	17.01	21.85	27.68	37.32
17	0.045	13.64	17.11	21.31	28.25
18	0.031	11.38	13.95	17.05	22.17
19	0.024	9.54	11.37	13.58	17.24
20	0.017	8.41	9.79	11.44	14.18



Gambar 3. Grafik Hidrograf Banjir SCS Kala Ulang 5 – 50 Tahun

Hasil perhitungan hidrograf banjir menggunakan HSS Nakayasu dituangkan dalam tabel dan grafik berikut,

Tabel 19. Hidrograf Banjir Nakayasu Kala Ulang 5 – 50 Tahun

t	HSS	Q <sub>5th</sub>	Q <sub>10th</sub>	Q <sub>20th</sub>	Q <sub>50th</sub>
0	0.000	5.00	5.00	5.00	5.00
1	1.997	16.53	26.79	41.24	68.29
2	3.537	199.62	289.23	400.20	587.89
3	1.835	360.53	509.34	689.10	986.53
4	1.109	265.19	369.51	495.14	702.74

### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023



5	0.716	191.16	264.38	352.47	497.92
6	0.462	117.23	161.73	215.30	303.81
7	0.331	76.54	105.05	139.41	196.24
8	0.238	54.17	73.87	97.62	136.93
9	0.172	39.60	53.50	70.27	98.02
10	0.124	29.89	39.89	51.96	71.93
11	0.089	22.93	30.13	38.83	53.21
12	0.064	17.91	23.10	29.36	39.73
13	0.046	14.30	18.04	22.55	30.01
14	0.033	11.70	14.39	17.64	23.02
15	0.024	9.83	11.76	14.10	17.98
16	0.017	8.48	9.87	11.56	14.35
17	0.012	7.50	8.51	9.72	11.73
18	0.009	6.80	7.53	8.40	9.85
19	0.006	6.30	6.82	7.45	8.49
20	0.005	5.94	6.31	6.77	7.52
21	0.003	5.67	5.94	6.27	6.81
22	0.002	5.49	5.68	5.92	6.31
23	0.002	5.35	5.49	5.66	5.94
24	0.001	5.25	5.35	5.48	5.68



Gambar 4. Grafik Hidrograf Banjir Nakayasu Kala Ulang 5 – 50 Tahun

Dari hasil di atas, didapat perbedaan waktu puncak dan debit puncak di antara kedua metode HSS. Pada metode HSS SCS, waktu puncak yang diperoleh adalah 4,46 jam. Pada metode HSS Nakayasu, waktu puncak yang diperoleh adalah 1,47 jam. Debit puncak banjir di kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun dan 50 tahun yang didapat dengan metode HSS Nakayasu lebih besar daripada debit puncak yang didapat dengan metode HSS SCS. Debit puncak banjir di kala ulang 5 tahun, 10 tahun,

20 tahun dan 50 tahun yang dihasilkan metode HSS SCS adalah 215,49 m<sup>3</sup>/s, 302,82 m<sup>3</sup>/s, 408,62 m<sup>3</sup>/s dan 584,31 m<sup>3</sup>/s. Debit puncak banjir di kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun dan 50 tahun yang dihasilkan metode HSS Nakayasu adalah 360,53 m<sup>3</sup>/s, 509,34 m<sup>3</sup>/s, 689,10 m<sup>3</sup>/s dan 986,53 m<sup>3</sup>/s.

Mengingat Kota Batam yang memiliki curah hujan ekstrem pada musim hujan setiap tahunnya, hasil perhitungan dengan metode HSS Nakayasu dinilai lebih baik dijadikan rekomendasi dalam perencanaan bangunan air di DAS Pesung. Hal ini untuk mengantisipasi kemungkinan peningkatan curah hujan di DAS Pesung di masa depan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis tersebut, dengan tidak dilakukan kalibrasi terhadap debit terukur yaitu AWLR dan lainnya, debit banjir yang dihasilkan dengan metode HSS Nakayasu lebih baik untuk digunakan daripada debit banjir yang dihasilkan dengan menggunakan metode HSS SCS, mengingat curah hujan ekstrem pada musim hujan di DAS Pesung, Batam.

Pada metode HSS Nakayasu, dengan waktu puncak (Tp) 1,47 jam, debit banjir kala ulang 5 – 50 tahun yang dihasilkan mencapai 360,526 – 986,535 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan dengan metode HSS SCS (*Soil Conservation Service*), dengan waktu puncak (Tp) 4,46 jam, debit banjir kala ulang 5 – 50 tahun yang dihasilkan mencapai 215,488 – 584,308 m<sup>3</sup>/s.

#### Daftar Rujukan

- [1] Badan Pusat Statistik Kota Batam, "Hasil Sensus Penduduk 2020," Badan Pusat Statistik Kota Batam.
- [2] A. J. Saputra and Josephine, "Implementasi Rain Garden Infiltration untuk Mencapai Pembangunan

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023

- Berkelanjutan dalam Pengelolaan Air Hujan," *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, vol. 19, no. 1, pp. 11–19, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/TerakreditasiSINTAPeringkat5>
- [3] D. Libora and A. J. Saputra, "Analysis of Water Resources, Public Health, and Economic Development in the Sungai Panas Region of Batam City," *LEADER: Civil Engineering and Architecture Journal*, vol. 1, no. 3, pp. 324–330, 2023, doi: 10.37253/leader.v1i3.8303.
- [4] L. de Jong, S. De Bruin, J. Knoop, and J. van Vliet, "Understanding land-use change conflict: a systematic review of case studies," *J Land Use Sci*, vol. 16, no. 3, pp. 223–239, 2021, doi: 10.1080/1747423X.2021.1933226.
- [5] A. J. Saputra, "Kajian Hidrologi Dan Hidraulika Banjir Akibat Siklon Tropis Badai Cempaka 2017 Di Das Opak Yogyakarta," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2019.
- [6] F. Fernando and A. J. Saputra, "Analysis of the Effect of Shear Walls on Building Structural Deviations in High-rise Buildings Monde City Tower M2 Batam City," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 3, no. 2, pp. 146–160, Dec. 2022, doi: 10.37253/jcep.v3i2.7434.
- [7] S. Twisa, S. Kazumba, M. Kurian, and M. F. Buchroithner, "Evaluating and predicting the effects of land use changes on hydrology in Wami river basin, Tanzania," *Hydrology*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.3390/Hydrology7010017.
- [8] A. J. Saputra, J. Sujono, and R. Jayadi, "Kajian Hidrologi Dan Hidraulika Banjir Akibat Siklon Tropis Badai Cempaka 2017 Di Das Opak Yogyakarta," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2019.
- [9] A. J. Saputra, J. Sujono, and R. Jayadi, "Kajian Hidrologi Dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Opak Yogyakarta," in *Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air*, 2019, pp. 173–185. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/348390321>
- [10] M. R. Fachri, "Evaluation Of Drainage Channel On Raja Isa Street, Batam Kota District, City Of Batam, Kepulauan Riau," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2020.
- [11] A. J. Saputra and P. Fu, "Analisis Penerapan Sistem Rainwater Tank Di Perumahan Citra Indah Batam Center," *Jurnal Inersia*, vol. 13, no. 1, pp. 31–40, 2021, doi: 10.33369/ijts.
- [12] H. Kurniawan, N. K. Ardi, and C. Anwar, "Analisis Faktor Penyebab Genangan Banjir pada Badan Jalan (Studi Kasus : Simpang Raya Indah, Jalan Jendral Sudirman, Muka Kuning, Sei Beduk Batam)," *Sigma Teknika*, vol. 4, no. 1, pp. 70–80, Jun. 2021.
- [13] A. A. Sari, R. Pranoto, and V. Suryan, "Perhitungan Hidrograf Banjir dengan Metode Hidrograf Satuan Sintesis SCS (Soil Conservation Service) di Kota Palembang," *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.poltekbangplg.ac.id/index.php/jaet>
- [14] L. Ling, Z. Yusop, W. S. Yap, W. L. Tan, M. F. Chow, and J. L. Ling, "A calibrated, watershed-specific SCS-CN method: Application to Wangjiaqiao watershed in the three Gorges Area, China," *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.3390/w12010060.
- [15] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2415:2016 : Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana," [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).
- [16] N. F. Margini, D. A. D. Nusantara, and M. B. Ansori, "Analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Dan ITB Pada SubDAS Konto, Jawa Timur," *Jurnal Teknik Hidroteknik*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [17] K. X. Soulis, "Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Method Current Applications, Remaining Challenges, and Future Perspectives," *MDPI AG*, vol. 13, no. 2, 2021, doi: 10.3390/w13020192.
- [18] A. Kahffi and S. Lipu, "Analisis Hidrograf DAS Poso dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder dan Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (SCS)," *Rekonstruksi Tadulako Civil Engineering Journal on Research and Development*, vol. 2, no. 2, pp. 121–128, 2021, [Online]. Available: <https://new.jurnal.untad.ac.id/index.php/renstra>
- [19] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Jakarta, 2016. [Online]. Available: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- [20] D. Kamila, L. M. Limantara, M. Bisri, and W. Soetopo, "The Limiting Physical Parameter of Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, vol. 8, no. 6C2, pp. 30–33, Apr. 2019.
- [21] T. A. Nigussie, E. B. Yeğen, and A. M. Melesse, "Performance evaluation of synthetic unit hydrograph methods in mediterranean climate. A case study at guvenc micro-watershed, Turkey," in *Springer Geography*, Springer, 2016, pp. 293–315. doi: 10.1007/978-3-319-18787-7\_15.
- [22] Y. Eka, P. Nggarang, A. H. Pattiraja, and S. B. Henong, "Analisa Perbandingan Penentuan Debit Rencana Menggunakan Metode Nakayasu Dan Simulasi Aplikasi Hec-Hms Di Das Lowo Rea," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, 2020.

#### Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 13-03-2023 | Selesai Revisi: 18-03-2023 | Diterbitkan Online: 26-10-2023