

Analisis Debit dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada Saluran Drainase di Kelurahan Tode Kisar, Kecamatan Kota Lama, Kota Kupang

Discharge Analysis using Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph Method in Drainage Channels in Tode Kisar Village, Kota Lama District, Kupang City

Deddy Christian Tagi¹, I Made Udiana², Elsy E. Hangge^{3*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Saluran Drainase, Debit Banjir, Debit Eksisting, Dimensi Penampang Saluran

Keywords:

Drainage Channel, Flood Discharge, Existing Discharge, Channel Cross-section Dimension

Article history:

Received: 29-10-2025

Accepted: 20-01-2026

^{*}Koresponden email:

deddytagi@gmail.com

imadeudiana@staf.undana.ac.id

elsy@staf.undana.ac.id

Abstrak

Kota Kupang memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Banjir merupakan bencana yang sering terjadi di Kota Kupang. Salah satu penyebabnya yaitu meluapnya air dari sungai akibat tingginya intensitas hujan. Salah satu kelurahan di Kota Kupang yang sering mengalami banjir yaitu Kelurahan Tode Kisar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu perencanaan ulang dimensi penampang saluran eksisting agar dapat menampung kelebihan air ketika terjadi hujan intensitas tinggi. Tujuan penelitian ini untuk merencanakan ulang dimensi penampang saluran di Kelurahan Tode Kisar. Hasil penelitian ini meliputi debit banjir kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun sebesar 41,29 m³/dtk, 62,13 m³/dtk, 78,78 m³/dtk, 103,40 m³/dtk, 124,56 m³/dtk, dan 148,33 m³/dtk, debit eksisting pada segmen A, B, C, D sebesar 17,07 m³/dtk, 44,47 m³/dtk, 15,16 m³/dtk, 8,65 m³/dtk, serta dimensi penampang saluran baru yaitu lebar saluran 3,45 m dan tinggi saluran untuk segmen A, B, C, D sebesar 3,35 m, 1,47 m, 2,03 m, dan 3,36 m.

Abstract

Kupang City has two seasons, namely the dry season and the rainy season. Flooding is a disaster that often occurs in Kupang City. One of the causes is the overflow of water from the river due to high rainfall intensity. One of the sub-districts in Kupang City that often experiences flooding is Tode Kisar Sub-district. To overcome this problem, it is necessary to re-plan the dimensions of the existing channel cross-section so that it can accommodate excess water when high-intensity rain occurs. The purpose of this study is to re-plan the dimensions of the channel cross-section in Tode Kisar Sub-district. The results of this study include flood discharge for return periods of 2, 5, 10, 25, 50, 100 years of 41,29 m³/sec, 62,13 m³/sec, 78,78 m³/sec, 103,40 m³/sec, 124,56 m³/sec, and 148,33 m³/sec, existing discharge in segments A, B, C, D of 17,07 m³/sec, 44,47 m³/sec, 15,16 m³/sec, 8,65 m³/sec, and the dimensions of the new channel cross-section, namely a channel width of 3,45 m and a channel height for segments A, B, C, D 3,35 m, 1,47 m, 2,03 m, and 3,36 m.

1. Pendahuluan

Pada saat musim hujan, intensitas hujan yang besar seringkali menyebabkan bencana di Kota Kupang, salah satunya bencana banjir yang menggenangi badan jalan dan kawasan pemukiman penduduk. Salah satu daerah yang sering dilanda bencana banjir di Kota Kupang yaitu di Kelurahan Tode Kisar, Kecamatan Kota Lama (Tapobali, S., 2022: 1). Air yang meluap dari sungai kecil yang melintasi kawasan pemukiman penduduk di Kelurahan Tode Kisar yang diakibatkan oleh tingginya intensitas hujan menyebabkan saluran sungai tidak dapat menampung debit air yang berlebih sehingga terjadi banjir di kawasan pemukiman penduduk. Hal ini tentunya menimbulkan kerugian berupa terganggunya aktivitas kehidupan masyarakat setempat sehingga diharuskan untuk mengevakuasikan diri ke daerah yang tidak mengalami banjir. Untuk mengatasi permasalahan banjir akibat meluapnya air dari sungai di Kelurahan Tode Kisar ini, diperlukan suatu konstruksi berupa saluran drainase yang mampu menampung dan mengalirkan kelebihan kapasitas air ketika terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi. Berdasarkan masalah tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Debit dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada Saluran Drainase di Kelurahan Tode Kisar, Kecamatan Kota Lama, Kota Kupang”.

2. Bahan dan Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang didapat dari hasil pengamatan di lapangan berupa pengukuran dimensi saluran yang ada, pengukuran elevasi di lokasi penelitian untuk mendapatkan kemiringan dasar saluran eksisting dan data yang diperoleh dari instansi terkait, studi literatur yang berhubungan dengan penelitian berupa data curah hujan tahun 2003-2022 dari stasiun Tarus, stasiun Lasiana, dan stasiun Tarus, data DEM, peta tata guna lahan, dan data penduduk. Penelitian ini kemudian di analisis dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

a. Analisis Data Curah Hujan

i. Pengisian data curah hujan kosong

Dalam suatu deretan pengamatan hujan sering terjadi ketidaksesuaian data. Untuk itu uji konsistensi terhadap data hujan perlu dilakukan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan, sehingga dapat diketahui data tersebut layak dipakai dalam analisa hidrologi atau tidak (Wahyudi, S., 2016: 39). Keadaan ini dapat diperlihatkan sekaligus dikoreksi dengan menggambarkan suatu grafik ortogonal yang disebut Kurva Massa Ganda.

ii. Perhitungan curah hujan wilayah rata-rata

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode rata-rata aljabar (Triatmodjo, B., 2014:31). Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$\bar{P} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n)}{n} \quad (1)$$

Dimana:

$\bar{P}$: Hujan rerata kawasan(mm)

$P_1, P_2, \dots, P_n$: Curah hujan di stasiun 1,2,...,n (mm)

n : Jumlah stasiun

iii. Analisis frekuensi curah hujan

Frekuensi curah hujan adalah besaran kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Analisis frekuensi didasari pada sifat – sifat statistik data kejadian hujan yang telah terjadi untuk memperoleh kemungkinan besaran hujan yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan menganggap bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan terjadi di masa yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan yang telah terjadi (Lango, A., 2022: 13). Ada beberapa macam distribusi frekuensi curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Distribusi Log Person Tipe III dan Distribusi Gumbel Tipe I.

iv. Uji persyaratan

1. Uji persyaratan statistik

Parameter-parameter statistik yang akan diuji guna mengetahui distribusi yang memenuhi persyaratan untuk dipakai dalam analisa lebih lanjut, yakni antara lain (Triatmodjo, B., 2014: 205-206) koefisien variasi (Cv), koefisien *Skewness* (Cs), koefisien *Kurtosis* (Ck).

2. Uji kecocokan

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi peluang yang diperkirakan tersebut. Ada dua parameter yang sering digunakan, yaitu (Lango, A., 2022: 22-23) uji *chi* kuadrat dan uji *Smirnov-Kolmogorov*.

2.1 Koefisien pengaliran

Perhitungan koefisien limpasan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$C = \frac{\sum(C_i)(A_i)}{A_{\text{total}}} \quad (2)$$

Dimana:

- C : Koefisien limpasan
C_i : Koefisien limpasan penggunaan lahan tertentu
A_i : Luas penggunaan lahan tertentu (ha atau km²)
A_{total} : Luas total *catchment area* (ha atau km²)

2.2 Distribusi hujan jam-jaman

Rumus empiris tersebut dapat ditulis dengan persamaan berikut:

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

Dimana:

- I_T : intensitas curah hujan (mm/jam)
R₂₄ : Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)
T : Waktu hujan terpusat (5 jam)
t : Lamanya curah hujan (jam)

Rumus yang digunakan untuk perhitungan “Curah hujan ke T” adalah sebagai berikut:

$$R_T = (t \times I_T) - ((T - 1) \times I_{(T-1)}) \quad (4)$$

Dimana

- R_T : hujan rata-rata pada jam ke T
I_T : Hujan rata-rata sampai jam ke T

2.3 Analisa debit air hujan

Di daerah di mana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetik yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS (Triatmodjo, B., 2014: 177). Hidrograf satuan sintetik Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Triatmodjo, B., 2014: 185). Persamaan-persamaan dalam hidrograf satuan sintetik Nakayasu berikut.

$$Q_p = \frac{C. A. R_0}{3,6 (0,3. T_p + T_{0,3})} \quad (5)$$

$$T_p = + 0,8 T_r \quad (6)$$

$$T_{0,3} = \alpha T_g \quad (7)$$

$$T_r = 0,5 T_g \text{ sampai } T_g \quad (8)$$

$$\text{Untuk } L > 15 \text{ km: } T_g = 0,4 + 0,58 L \quad (9)$$

$$\text{Untuk } L < 15 \text{ km: } T_g = 0,21 L^{0,7} \quad (10)$$

Dimana:

- Q_p : Debit puncak banjir (m³/dtk)
C : Koefisien pengaliran
A : Luas daerah tangkapan sampai *outlet* (km²)
R₀ : Hujan satuan (mm)
T_p : Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
T_{0,3} : Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

- (jam)
 T_g : *Time lag* yaitu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam)
 T_r : Durasi hujan (jam)
 L : Panjang sungai (km)
 A : Parameter hidrograf, untuk

$$0,47 (A \times L)^{0,25} / T_g \quad (11)$$

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut.

1. Pada waktu naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (12)$$

Dimana:

Q_a : Limpasan sebelum mencari debit puncak (m^3/dtk)

t : Waktu (jam)

2. Pada waktu turun (*decreasing limb*)

- a. Selang nilai: $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p)}{T_{0,3}} \quad (13)$$

Dimana: Q_{d1} adalah limpasan pertama setelah debit puncak (m^3/dtk)

- b. Selang nilai: $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5 \times T_{0,3}} \quad (14)$$

Dimana: Q_{d2} adalah limpasan kedua setelah debit puncak (m^3/dtk)

- c. Selang nilai: $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p+1,5T_{0,3})}{2 \times T_{0,3}} \quad (15)$$

Dimana: Q_{d3} adalah limpasan terakhir setelah debit puncak (m^3/dtk)

2.4 Analisa Debit Air Kotor

Untuk memperkirakan jumlah air kotor yang akan dialirkan ke saluran drainase harus diketahui terlebih dahulu jumlah kebutuhan air rata-rata dan jumlah penduduk daerah perancangan. Kebutuhan air bersih untuk daerah perancangan adalah sebesar 150 liter/hari/orang. Air buangan rumah tangga diperhitungkan berdasarkan penyediaan air minumannya. Diperkirakan besarnya air buangan yang masuk ke saluran pengumpul air buangan sebesar 70% dari kebutuhan standar air minum (Laka, M., 2023: 40). Rumus yang digunakan untuk perhitungan debit air kotor adalah sebagai berikut:

$$Q_{ak} = \frac{P_n \times (q \times 70\%)}{A} \quad (16)$$

Dimana:

Q_{ak} : Debit air kotor (liter/detik/ km^2)

P_n : Jumlah penduduk (orang)

q : Jumlah kebutuhan air bersih (liter/hari/orang)

Perhitungan untuk mencari pertumbuhan jumlah penduduk dilakukan dengan metode Aritmatik, Geometri, dan Eksponensial.

2.5 Analisa Debit Banjir Rencana

Debit rencana (Q_r) adalah jumlah dari debit air hujan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik nakayasu (Q_{ah}) dan debit air buangan rumah tangga (Q_{ak}).

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ak} \quad (17)$$

Dimana:

Q : Debit banjir rancangan (m^3 / det)

Q_{ah} : Debit air hujan (m^3 / det)

Q_{ak} : Debit air kotor (m^3 / det)

2.6 Analisis Hidrolika

1. Dimensi penampang saluran

a. Penampang saluran berbentuk persegi panjang

Dalam analisis hidrolika perlu dihitung luas, keliling, jari-jari hidrolik, dan tinggi saluran berdasarkan bentuk penampang saluran.

b. Penampang saluran berbentuk trapesium

Dalam analisis hidrolika perlu dihitung luas, keliling, jari-jari hidrolik, dan tinggi saluran berdasarkan bentuk penampang saluran.

2. Kemiringan dasar saluran

Kemiringan dasar saluran adalah selisih tinggi dasar saluran antara titik (1) dan titik (2) dibagi jarak antara titik (1) dan titik (2) (Laka, M., 2023; 45).

3. Kecepatan aliran

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang menggunakan rumus Manning (Laka, M., 2023; 46).

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_0^{1/2} \quad (18)$$

Dimana:

V : Kecepatan aliran (m/det)

n : Koefisien Kekasaran Manning

R : jari-jari hidrolik (m)

S_0 : Kemiringan dasar saluran

2.7 Debit Saluran

Besarnya debit saluran diperoleh dengan mengalikan besarnya kecepatan aliran dengan luas penampang saluran, sehingga dapat ditulis sebagai persamaan berikut.

$$Q_s = V \times A \quad (19)$$

Dimana:

Q_s : Debit saluran (m^3 / dtk)

V : Kecepatan aliran (m/dtk)

A : Luas penampang basah (m^2)

2.8 Evaluasi Saluran Eksisting

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit yang harus ditampung oleh saluran (Q_s dalam m^3 / det) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh debit banjir rencana (Q_r dalam m^3 / det). Alternatif solusi yang tepat untuk saluran rencana, dapat dikelompokkan ke dalam 3 (tiga) alternatif, yaitu alternatif 1 mempertahankan saluran eksisting, dimana debit aliran pada dimensi saluran eksisting lebih besar dari debit banjir rencana ($Q_s > Q_r$) sehingga tidak perlu dilakukan perencanaan saluran yang baru, alternatif 2 mempertahankan saluran eksisting, dimana debit aliran pada dimensi saluran eksisting sama dengan debit banjir rencana ($Q_s = Q_r$) sehingga tidak perlu dilakukan perencanaan saluran yang baru, dan alternatif 3 memperbesar dimensi saluran, dimana debit aliran pada dimensi saluran eksisting lebih kecil dari debit banjir rencana ($Q_s < Q_r$) sehingga perlu dilakukan perbaikan pada saluran tersebut.

2.9 ArcGis

ArcGis merupakan software berbasis Geographic Information System (GIS) yang dikembangkan oleh ESRI (Environment Science & Research Institute). Produk utamanya terdiri dari tiga komponen utama yaitu : ArcView (berfungsi sebagai pengelola data komprehensif, pemetaan dan analisis), ArcEditor (berfungsi sebagai editor dari data spasial) dan ArcInfo (merupakan fitur

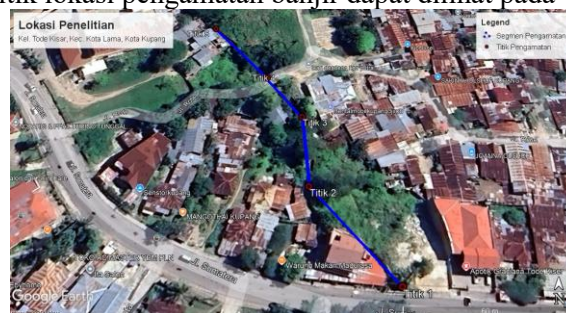
yang menyediakan fungsi-fungsi yang ada di dalam GIS yaitu meliputi keperluan analisa dari fitur Geoprocessing (Laka, M., 2022: 47).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Lokasi Penelitian

Catchment area pada penelitian ini masuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Oeba dimana sungai ini mengalir di wilayah bagian tengah kota. Berdasarkan analisis data DEM dengan menggunakan aplikasi *ArcGis v.10.8*, diperoleh luas *catchment area*nya 4,04 km² dan panjang sungainya 7,06 km. *Catchment area* penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

Titik lokasi pengamatan banjir ditentukan berdasarkan saluran yang sering terjadinya luapan. Saluran yang ditinjau dalam penelitian ini adalah di belakang Hotel Pantai Timor, Kelurahan Tode Kisar dengan panjang 148,43 m serta titik yang ditinjau yaitu 5 titik. Dari titik-titik tersebut kemudian dibagi dalam beberapa segmen dimana penamaan segmen dari hulu ke hilir yaitu segmen A, B, C, dan D. Panjang Segmen A (Titik 1 – Titik 2) yaitu 48,94 m, panjang Segmen B (Titik 2 – Titik 3) yaitu 33,61 m, panjang Segmen C (Titik 3 – Titik 4) yaitu 27,20 m, panjang Segmen D (Titik 4 – Titik 5) yaitu 38,68 m. Titik lokasi pengamatan banjir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik Lokasi Pengamatan Banjir

3.2. Analisis Hidrologi

3.2.1. Rekapitulasi curah hujan maksimum rata-rata wilayah

Perhitungan curah hujan rerata wilayah menggunakan Metode Rata-rata Aljabar. Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rerata wilayah ialah data hujan hasil dikoreksi, yang merupakan data yang telah konsisten setelah dilakukan pengujian konsistensi. Hasil perhitungan curah hujan wilayah rerata dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Curah Hujan Maksimum Metode Rata-rata Aljabar tahun 2003-2022

No	Kejadian Hujan			Curah Hujan Maksimum Metode Rata-rata Aljabar (mm)
	Tanggal	Bulan	Tahun	
1	20	Februari	2003	145,32
2	4	Februari	2004	69,46
3	2	Februari	2005	78,05
4	4	Maret	2006	142,23
5	23	Februari	2007	85,7
6	8	Februari	2008	117,1
7	15	Desember	2009	92,98
8	18	Januari	2010	82,7
9	19	April	2011	47,21
10	3	Februari	2012	78,53
11	7	Januari	2013	132,7
12	22	Januari	2014	79,43
13	2	Januari	2015	109,04
14	18	Desember	2016	59,13
15	3	Februari	2017	72,77
16	23	Desember	2018	84,78
17	8	Maret	2019	46,8
18	6	Desember	2020	44,17
19	4	April	2021	277,28
20	25	Desember	2022	156,49

3.2.2. Analisis frekuensi curah hujan

Kala ulang yang digunakan adalah kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun, sedangkan metode analisis frekuensi yang digunakan adalah Metode Gumbel Tipe I dan Metode Log Pearson Tipe III.

Rekapitulasi curah hujan untuk Distribusi Gumbel Tipe I dan Distribusi Log Normal Tipe III pada tiap kala ulang dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi curah hujan untuk Distribusi Gumbel Tipe I dan Distribusi Log Normal Tipe III pada tiap kala ulang

No	Kala Ulang (T)	Curah Hujan Tiap Distribusi	
		Gumbel Tipe I	Log Pearson Tipe III
1	2	92,18	86,41
2	5	149,09	130,04
3	10	186,78	164,9
4	25	234,38	216,44
5	50	269,7	260,74
6	100	304,76	310,48

Setelah itu, dilakukan uji persyaratan statistik dan uji kecocokan. Dari hasil uji persyaratan statistik dan uji kecocokan, diperoleh jenis distribusi yang memenuhi adalah Distribusi Log Pearson Tipe III, sehingga akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya.

3.2.3. Perhitungan koefisien limpasan

Untuk memperoleh nilai koefisien limpasan maka harus diketahui terlebih dahulu luasan serta tata guna lahan kawasan tersebut. Pada penelitian ini, besarnya luasan tutupan lahan ditentukan menggunakan peta tata guna lahan yang telah dianalisis menggunakan program *ArcGis* 10.8. Berdasarkan hasil analisis peta tata guna lahan, maka diperoleh luasan masing-masing tata guna lahan dan koefisien limpasan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Pengaliran pada *Catchment Area*

No	Tata Guna Lahan	Luas	Koefisien Limpasan (C)	C x A
1	Permukiman dan Tempat Kegiatan	2,87	0,95	2,73
2	Semak Belukar	0,20	0,50	0,10
3	Padang Rumput	0,68	0,60	0,41
4	Gedung/Bangunan	0,01	0,70	0,01
5	Sawah	0,25	0,56	0,14
6	Tegalan/Ladang	0,03	0,70	0,02
	Jumlah	4,04		3,40

Sehingga diperoleh koefisien limpasan atau koefisien pengaliran C sebagai berikut.

$$C = \frac{\sum(C_i)(A_i)}{A_{\text{total}}} = \frac{3,40}{4,04} = 0,84$$

3.2.4. Distribusi hujan jam-jaman

Distribusi hujan jam-jaman pada perhitungan ini menggunakan presentase distribusi hujan selama 5 jam.

Hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman untuk berbagai kala ulang selama 5 jam dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Curah Hujan Jam-jaman berbagai Kala Ulang

No	Ratio	Curah Hujan pada Kala Ulang (mm)				
		2	5	10	25	50
		86,41	130,04	164,9	216,44	260,74
Sebaran Hujan Jam-jaman (mm)						
1	0,585	50,53	76,05	96,43	126,58	152,48
2	0,152	13,13	19,77	25,06	32,9	39,63
3	0,107	9,21	13,87	17,58	23,08	27,8
4	0,085	7,33	11,04	14	18,37	22,13
5	0,072	6,19	9,32	11,82	15,52	18,69

3.2.5. Perhitungan debit air hujan

Selanjutnya, melakukan perhitungan debit air hujan pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Debit Maksimum Kala Ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun

t (jam)	Periode Ulang					
	2 thn	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	100 thn
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	2,29	3,45	4,37	5,74	6,91	8,23
1,00	12,68	19,09	24,21	31,77	38,28	45,58
1,48	34,74	52,28	66,29	87,02	104,82	124,82
1,50	41,27	62,11	78,76	103,38	124,54	148,30
2,00	33,28	50,08	63,51	83,36	100,42	119,58
2,57	26,28	39,54	50,14	65,82	79,29	94,41
3,00	20,91	31,47	39,91	52,38	63,10	75,14
3,50	14,63	22,01	27,91	36,63	44,13	52,55
4,00	9,34	14,05	17,82	23,39	28,18	33,56
4,20	6,74	10,14	12,85	16,87	20,33	24,20
4,50	5,21	7,85	9,95	13,06	15,73	18,73
5,00	3,98	5,99	7,59	9,96	12,00	14,29
5,50	3,07	4,62	5,86	7,69	9,27	11,03
6,00	2,41	3,62	4,59	6,03	7,26	8,64
6,50	1,85	2,79	3,54	4,64	5,59	6,66
7,50	1,06	1,60	2,03	2,67	3,21	3,83
8,00	0,81	1,21	1,54	2,02	2,44	2,90
8,50	0,61	0,92	1,17	1,53	1,85	2,20
9,00	0,46	0,70	0,88	1,16	1,40	1,67
9,50	0,35	0,53	0,67	0,88	1,06	1,26
10,50	0,20	0,30	0,39	0,51	0,61	0,73
11,00	0,15	0,23	0,29	0,38	0,46	0,55
11,50	0,12	0,17	0,22	0,29	0,35	0,42
12,00	0,09	0,13	0,17	0,22	0,27	0,32
12,50	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,24
13,00	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
13,50	0,04	0,06	0,07	0,10	0,12	0,14
14,00	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10
14,50	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08
15,00	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06
15,50	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
16,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
16,50	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
17,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
17,50	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
18,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
18,50	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
19,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAX	41,27	62,11	78,76	103,38	124,54	148,30

3.3. Perhitungan Debit Air Kotor

Perhitungan debit air kotor selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Debit Air Kotor

No	Kala Ulang	Pertumbuhan Penduduk (jiwa/km ²)	Debit Air Kotor Kota (m ³ /dtk/km ²)	Debit Air Kotor (m ³ /dtk)
1	2	2505	0,003	0,012
2	5	2575	0,003	0,013
3	10	2697	0,003	0,013
4	25	3097	0,004	0,015
5	50	3901	0,005	0,019
6	100	6187	0,008	0,030

3.4. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana (Q_r) adalah jumlah dari debit air hujan dengan metode Hidrograf satuan Sintetik Nakayasu (Q_{ah}) dan debit air buangan rumah tangga (Q_{ak}). Perhitungan debit banjir selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

No	Kala Ulang	Debit Air Hujan (m ³ /dtk)	Debit Air Kotor (m ³ /dtk)	Debit Banjir Rencana (m ³ /dtk)
1	2	41,27	0,012	41,29
2	5	62,11	0,013	62,13
3	10	78,76	0,013	78,78
4	25	103,38	0,015	103,4
5	50	124,54	0,019	124,56
6	100	148,3	0,030	148,33

3.5. Analisis Hidrolika

Sebelum melakukan analisis hidrolika, perlu dilakukan perhitungan untuk elevasi dan jarak berdasarkan titik-titik pengamatan banjir pada Gambar 1 yang telah ditentukan. Pada perhitungan ini, pengukuran yang dilakukan di lapangan yaitu pengukuran dengan menggunakan *Mobile Topographer*.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Elevasi dan Jarak

No	Segmen	Titik	Elevasi	Jarak
1	A	1	20,18	48,94
		2	19,63	
2	B	2	19,63	33,61
		3	13,54	
3	C	3	13,54	27,2
		4	11,99	
4	D	4	11,99	38,68
		5	11,56	

Data penampang saluran eksisting pada lokasi penelitian yang akan di analisis dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Dimensi Penampang Drainase Pada Lokasi Tinjauan

No.	Segmen	Dimensi Saluran			Kondisi Eksisting Saluran
		B	b	H	
1	A	3,95	3,15	1,95	Pasangan Batu, diplester
2	B	3,90	3,10	1,55	Pasangan Batu, diplester
3	C	3,45	3,10	1,38	Pasangan Batu, disiar
4	D	3,50	2,60	1,70	Pasangan Batu, disiar

Berdasarkan data pada Tabel 8 dan 9, selanjutnya dilakukan analisis hidrolika yang meliputi perhitungan tinggi air dalam saluran, tinggi jagaan, kemiringan dinding saluran, luas penampang basah, keliling basah, jari-jari hidrolis, dan kecepatan aliran.

Tabel 10. Perhitungan Analisis Hidrolika

No	Segmen	Dimensi Saluran						S_0	n	$\frac{A}{m^2}$	$\frac{P}{m}$	$\frac{R}{m}$	$\frac{V}{m/det}$
		B	b	H	h	W	m						
1	A	3,95	3,15	1,95	1,18	0,77	0,21	0,01	0,02	4,01	5,56	0,72	4,26
2	B	3,90	3,10	1,55	0,88	0,67	0,26	0,18	0,02	2,95	4,93	0,60	15,10
3	C	3,45	3,10	1,38	0,76	0,62	0,13	0,06	0,03	2,44	4,64	0,53	6,22
4	D	3,50	2,60	1,70	0,99	0,71	0,26	0,01	0,03	2,85	4,66	0,61	3,04

3.6. Menghitung Debit Saluran Eksisting (Q_s)

Hasil perhitungan debit kapasitas saluran eksisting pada setiap segmen dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Debit Kapasitas Saluran Eksisting Pada Setiap Segmen

No	Segmen	Q_s (eksisting)
1	A	17,07
2	B	44,47
3	C	15,16
4	D	8,65

3.7. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Hasil perbandingan debit rencana (Q_r) pada berbagai kala ulang dan debit saluran drainase eksisting (Q_s) dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Perbandingan Nilai Q_r dan Nilai Q_s

			Debit Banjir Rancangan (Qr) Kala Ulang					
No	Segmen	Qs	2	5	10	25	50	100
			41,29	62,13	78,78	103,4	124,56	148,33
Hasil								
1	A	17,07	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas
2	B	44,47	Aman	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas
3	C	15,16	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas
4	D	8,65	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas	Melimpas

Berdasarkan Tabel 12, dapat diketahui bahwa kapasitas penampang drainase eksisting pada segmen A, C dan D yang ditinjau tidak dapat menampung debit rencana pada berbagai kala ulang (Q_s (saluran eksisting) < Q_r).

3.8. Redesain Saluran Drainase Eksisting

Perencanaan dimensi penampang saluran redesain harus mampu menampung debit banjir rencana. Namun, melihat kondisi di lapangan, pelebaran pada dimensi penampang saluran tidak dapat dilakukan karena posisi bangunan pada pemukiman penduduk yang terlalu dekat dengan saluran eksisting. Perhitungan dimensi saluran hasil redesain kala ulang 2 tahun selengkapanya dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

Tabel 13. Perhitungan Dimensi Saluran Hasil Redesain Kala Ulang 2 Tahun

No	Segmen	Dimensi Saluran			
		B	h	W	H
1	A	3,45	2,28	1,07	3,35
2	B		0,83	0,64	1,47
3	C		1,24	0,79	2,03
4	D		2,29	1,07	3,36

Tabel 14. Perhitungan Dimensi Saluran Hasil Redesain Kala Ulang 2 Tahun

n	A	P	R	S ₀	V	Qs (rencana)
	m ²	m	m		m/det	m ³ /det
0,02	7,88	8,02	0,98	0,01	5,24	41,29
	2,86	5,11	0,56	0,18	14,45	41,29
	4,29	5,94	0,72	0,06	9,61	41,29
	7,91	8,04	0,98	0,01	5,22	41,29

3.9. Perbandingan Debit Saluran Rencana dan Debit Banjir Rencana pada Kala Ulang 2 Tahun

Debit kapasitas saluran redesain (Qs (redesain)) dengan variasi nilai tinggi muka air (h) harus lebih besar dibanding debit banjir rencana pada kala ulang 2 tahun (Qr). Perbandingan nilai debitnya dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Perbandingan Debit Rencana (Qr) Kala Ulang 2 Tahun dan Debit Saluran Rencana (Qs)

No	Segmen	h	Qs (m ³ /det)	ΔQ (m ³ /det)	Qr 2 thn
					41,29 Hasil
1	A	2,28	41,29	-0,0001	Aman
2	B	0,83	41,29	-0,0001	Aman
3	C	1,24	41,29	-0,0001	Aman
4	D	2,29	41,29	-0,0001	Aman

Berdasarkan hasil redesain untuk setiap segmen yang diperoleh di atas, dapat diketahui terdapat berbagai variasi nilai tinggi muka air (h) untuk memenuhi persamaan $Q_s (\text{redesain}) > Q_r$ agar drainase dapat dikatakan aman.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan bahwa besar debit banjir rencana (Qr) yang diperoleh dari jumlah debit air hujan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik nakayasu (Qah) dan debit air kotor (Qak) dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun adalah 41,29 m³/dtk, 62,13 m³/dtk, 78,78 m³/dtk, 103,40 m³/dtk, 124,56 m³/dtk, dan 148,33 m³/dtk. Besar debit saluran drainase eksisting untuk Segmen A, B, C, dan D adalah 17,07 m³/dtk, 44,47 m³/dtk, 15,16 m³/dtk, dan 8,65 m³/dtk. Dari hasil perbandingan antara debit banjir rencana dan debit saluran drainase eksisting dapat diketahui bahwa debit banjir rencana lebih besar daripada debit saluran drainase. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan ulang pada dimensi penampang saluran tersebut. Dimensi penampang saluran yang direncanakan ulang berbentuk persegi dengan lebar dasar saluran (b) pada segmen A, B, C, dan D sebesar 3,45 m dan tinggi saluran (H) yang dibuat bervariasi untuk segmen A, B, C, dan D berturut-turut sebesar 3,35 m, 1,47 m, 2,03 m, dan 3,36 m.

Daftar Pustaka

- Abfertiawan, 2018. Delineasi *Catchment Area* Menggunakan ArcGIS. Bandung: Institut Teknologi Bandung. (<https://www.msonnyabf.id/delineasi-catchment-area-menggunakan-arcgis/>). (diakses 31 Mei 2025).
- Badan Nasional Penanggulangan Banjir (BNPB). 2014. Banjir. Jakarta Timur: Graha BNPB. <https://bnpb.go.id/berita/banjir>. (diakses 3 Desember, 2022).
- Badan Pemeriksa Keuangan RI. 2022. Kota Kupang. Kupang: BPK Perwakilan Provinsi NTT. <https://ntt.bpk.go.id/kota-kupang/>. (diakses 2 November 2022).
- Fahrudiansyah, Y. 2022. *Studi Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Kedungbanteng-Banjarasri Kecamatan Tanggulang Kabupaten Sidoarjo Berbasis Aplikasi ArcGIS 10.5*. Skripsi Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Islam Malang.

- Fattah, S. 2018. *Analisis Penggunaan Metode HSS Nakayasu untuk Pengendalian Banjir Di Kelurahan Sei Sikambing C di Kecamatan Helvetia Kota Medan*. Skripsi Tidak dipublikasikan. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Lango, Agustinus. 2022. *Aplikasi Metode Curve Number untuk Mempresentasikan Hubungan Curah Hujan – Limpasan di Daerah Aliran Sungai Manikin – Kabupaten Kupang*. Skripsi Tidak dipublikasikan. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Laka, M, F, Y. 2023. *Evaluasi Saluran Drainase Dalam Menanggulangi Banjir Pada Kawasan Jalan Gua Lourdes Kota Kupang*. Skripsi Tidak dipublikasikan. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Tapobali, S. 2022. Warga Fatululi, Kota Kupang yang Mengungsi, Telah Kembali ke Rumah. Kupang: Victory News. <https://www.victorynews.id/kupang/pr-3312747158/115-warga-fatululi-kota-kupang-yang-mengungsi-telah-kembali-ke-rumah?page=1>. (diakses 2 November 2022).
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyudi, S, I., dan Adi, H, P., 2016. *Drainase Sistem Polder*. Semarang: EF Press Digimedia.