

EVALUASI KINERJA SALURAN DRAINASE PADA KAWASAN PERMUKIMAN MEKAR JAYA, DESA PEMOGAN, DENPASAR SELATAN

Putu Doddy Heka Ardana¹, I Ketut Soriarta¹, dan Ngurah Harumaja¹
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ngurah Rai
Jl. Kampus Ngurah Rai, Penatih, Kecamatan Denpasar Timur
Email: doddyhekaardana@unr.ac.id

ABSTRAK: Perumahan di Banjar Mekar Jaya, Desa Pemogan dengan luas wilayah 66 Ha merupakan daerah padat penduduk. Pada saat musim penghujan, kejadian banjir atau genangan pada jalan Mekar Jaya selalu berulang karena diperkirakan sistem drainase eksisting berkinerja kurang baik. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan menerapkan analisis hidrologi dan hidrolika untuk mengetahui kinerja saluran drainase sekaligus dapat merencanakan dimensi optimal pada saluran drainase di perumahan Mekar Jaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat deviasi antara debit saluran eksisting dan debit banjir rancangan dimana debit saluran eksisting lebih kecil dari debit banjir rancangan dan kemiringan eksisting saluran cenderung landai yakni sekitar 0,0002 meter yang menyebabkan saluran eksisting tidak mampu mengalirkan air hujan maupun air limbah masyarakat. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa sembilan segmen saluran drainase di Mekar Jaya (segmen A – I) memiliki kapasitas yang kurang terhadap debit rencana yang akan masuk pada saluran yakni pada saluran A – I dimana kapasitas total hanya dapat menampung debit aliran sebesar 5,480 m³/dt sedangkan debit rencana total pada saluran A - I adalah 5,870 m³/dt sehingga perlu dilakukan koreksi dimensi sepanjang saluran tersebut. Berdasarkan analisis perbaikan dimensi saluran drainase didapatkan penampang optimal saluran drainase pada ruas di jalan Mekar Jaya yaitu dengan lebar saluran 3,54 meter dan tingi saluran 1,77 meter yang dapat menerima debit keluaran (*outlet*) sebesar 5,877 m³/detik.

Kata Kunci : kinerja, drainase, banjir, dimensi saluran, debit.

DRAINAGE CHANNEL PERFORMANCE EVALUATION IN SETTLEMENT AREA MEKAR JAYA, PEMOGAN VILLAGE, DENPASAR SELATAN

ABSTRACT: *Housing in Banjar Mekar Jaya, Pemogan Village with an area of 66 hectares is a densely populated area. During the rainy season, floods or inundations on Mekar Jaya always recur because it is estimated that the existing drainage system is not performing well. This study uses a quantitative descriptive approach by applying hydrological and hydraulics analysis to determine the performance of the drainage channel as well as to be able to plan the optimal dimensions of the drainage channel in Mekar Jaya housing. The results showed that there is a deviation between the existing channel discharge and the design flood discharge where the existing channel discharge is smaller than the design flood discharge and the slope of the existing channel tends to be gentle, which is around 0,0002 meters which causes the existing channel to be unable to drain rainwater or community wastewater. Based on the results of the analysis, it was found that the nine drainage channel segments in Mekar Jaya (segments A – I) have less capacity for the planned discharge that will enter the channel, namely channels A – I where the total capacity can only accommodate a flow rate of 5,480 m³/s while the total planned debit on channel A - I is 5,870 m³/s so it is necessary to make dimensional corrections along the channel. Based on the analysis of improved drainage channel dimensions, it was found that the optimal cross-section of the drainage channel on the section on Mekar Jaya is with a channel width of 3,54 meters and a channel height of 1,77 meters which can receive an outlet discharge of 5,877 m³/s.*

Keywords: *performance, drainage, flood, channel dimension, debit*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan kota dan perkembangan sektor lainnya menimbulkan dampak yang cukup besar terhadap jaringan drainase, diantaranya dari sektor penggunaan lahan yang kurang adanya penanganan dari pihak terkait. Dampak dari perubahan tata guna lahan yaitu pada drainase perkotaan, apabila terjadi hujan dengan intensitas besar saluran drainase akan meluap memenuhi ruas jalan yang biasanya disebut dengan banjir (Pongtuluran dan Huda, 2019). Banjir pada umumnya disebabkan oleh air yang alirannya melebihi kapasitas saluran air yang diakibatkan oleh curah hujan yang cukup tinggi. Ada dua jenis banjir yakni banjir yang terjadi di daerah yang tidak biasanya terendam dan banjir yang dikarenakan banjir yang mengalir keluar dari sungai karena limpasan banjir dari kapasitas drainase sungai yang ada (Safitri, 2022).

Meluapnya saluran drainase menunjukkan bahwa sistem drainase dipertanian yang mengalami bencana banjir tersebut masih belum menunjukkan kinerja maksimal atau bahkan tidak terencana dengan baik (Herlambang, 2015; Nusantara, 2020, Prawaka et.al, 2016; Taofiki et.al, 2016). Kinerja saluran drainase yang kurang optimal juga terjadi di perumahan di area Banjar Mekar Jaya, Desa Pemogan Kecamatan Denpasar Selatan. Perumahan Mekar Jaya merupakan wilayah di Kecamatan Denpasar Selatan dengan luasan area pemukiman dan perumahan terbesar dengan luas 66 hektar dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Pada saat musim penghujan, daerah permukiman ini mengalami kejadian banjir dan selalu berulang setiap tahunnya. Salah satu kawasan yang sering terendam banjir yaitu kawasan jalan Banjar Mekar Jaya sepanjang 1,3 Km yang diperkirakan akibat kinerja sistem drainase tidak optimal. Kemungkinan ini disebabkan karena berkurangnya daya tampung sistem drainase pada musim hujan, peningkatan debit air, dan adanya sedimentasi. Berdasarkan observasi lapangan juga didapat bahwa dengan bertambahnya alih fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman tanpa disertai dengan penambahan atau perbaikan infrastruktur drainase yang konsisten mengakibatkan terganggunya sistem drainase perumahan di Banjar Mekar Jaya. Hal tersebut dirasakan masyarakat dan pihak terkait sebagai suatu masalah, mengingat kerusakan tersebut, seringkali menimbulkan rusaknya jalan, terganggunya lalu lintas serta dapat pula mengganggu kualitas lingkungan permukiman.

Berdasarkan permasalahan yang ada pada infrastruktur drainase di permukiman Banjar Mekar Jaya, Pemogan, Denpasar Selatan maka perlu dilakukan penelitian berupa evaluasi kinerja penampang saluran drainase yang ada di jalan Banjar Mekar Jaya, Pemogan Denpasar Selatan untuk bisa mereduksi kejadian banjir.

METODE

Drainase Perkotaan

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (Suripin, 2004)

Untuk sistem drainase perkotaan dan jalan, drainase dengan lapisan sering digunakan, untuk menjaga keindahan dan stabilitas dari gangguan eksternal seperti lalu lintas. Saluran ini bisa berbentuk saluran terbuka atau saluran tertutup dengan lubang kontrol di area tertentu. Saluran tertutup dirancang agar saluran tersebut memberikan visibilitas atau ruang yang lebih baik untuk keperluan lain di saluran tersebut (Wesli, 2008).

Analisa Hidrologi

Analisa Kepanggahan Data Curah Hujan

Uji kepanggahan data pada penelitian ini menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sum* (RAPS). Jika Q/\sqrt{n} yang didapatkan kurang dari nilai kritis (tingkat kepercayaan) untuk tahun yang bersangkutan, berdasarkan curah hujan di daerah dengan data curah hujan terbatas yang tersedia di lokasi proyek, data dinyatakan tidak valid (Harto, 1993). Persamaan dalam uji kepanggahan yaitu:

$$So^* = 0$$

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

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy}$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Yi - \bar{Y})^2}{n}$$

Nilai statistik

$$Q = \text{Maks} | Sk^{**} |$$

$$0 \leq k \leq n$$

$$R = \text{Max} Sk^{**} - \text{min} Sk^{**}$$

$$0 \leq k \leq n \quad 0 \leq k \leq n$$

Tabel 1. Nilai Statistik Q dan R

N	Q/n ^{1/2}			R/n ^{1/2}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.46	1.4	1.52	1.7
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.86

Sumber: Harto (1993)

Curah Hujan Kawasan

Menurut Triatmodjo (2008), curah hujan rata-rata di suatu kawasan dalam analisis hidrologi menggunakan metode:

a. Metode Rata-rata Aritmatika

$$\bar{X} = \frac{1}{n}(X1 + X2 + X3 + \dots + Xn) \tag{1}$$

b. Cara Poligon Thiessen

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + AnRn}{A_{total}} \tag{2}$$

c. Metode Isohyet

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n [A_{n-1} (\frac{p_{n-1} + p_n}{2})]}{\sum A} \tag{3}$$

Analisa Frekuensi Curah Hujan

Frekuensi curah hujan merupakan pengulangan suatu kejadian, atau periode ulang presipitasi, limpasan, atau hujan rencana. Analisis frekuensi bertujuan untuk memperkirakan atau memprediksi curah hujan maksimum dengan menggunakan empat metode:

a. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S \tag{4}$$

b. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^n \text{Log } x_i}{n} \tag{5}$$

$$S \text{Log } x = \left[\frac{\sum_{i=0}^n (\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{x})^2}{n-1} \right]^{0.5} \tag{6}$$

$$C_V = \frac{S \text{Log } x}{\text{Log } \bar{x}} \tag{7}$$

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot \text{Log } \bar{x} \tag{8}$$

c. Metode Log Pearson Type III

mengkonversikan data curah hujan bulanan optimum menjadi logaritma R1, R2, R3, ..., Rn menjadi:

Log X1, Log X2, Log X3, ..., Log Xn

Mencari rerata logaritma:

$$\text{Log } \bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{log } X_i}{n} \tag{9}$$

Standard Deviasi :

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \bar{X})^2}}{(n-1)} \tag{10}$$

Koefisien Skewness:

$$C_S = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \tag{11}$$

d. Metode Distribusi Gumbel

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \tag{12}$$

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

a. Smirnov Kolmogorov

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah hipotesis distribusi frekuensi benar atau salah.

b. Chi Square

Dari distribusi (*spread*) dapat menurunkan chi-kuadrat dengan penyempurnaan yang diperlukan:

$$X^2 = \sum (Ef - Of)^2 / Ef \tag{13}$$

Intensitas Hujan

Intensitas hujan ialah kedalaman air hujan per satuan waktu. Umumnya curah hujan bersifat makin pendek curah hujan, berarti makin tinggi intensitasnya, dan semakin lama durasi ulangnya curah hujan, semakin tinggi intensitasnya. Jika hanya tersedia data curah hujan harian, rumus Mononobe berikut dapat digunakan untuk memperkirakan intensitas curah hujan:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{14}$$

Dari ketiga teknik yang lazim dipakai yaitu teknik Talbot, teknik Sherman, serta teknik Ishiguro, teknik kuadrat terkecil digunakan untuk mencari rumus kurva IDF.

a. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t+b} \tag{15}$$

$$a = \frac{\sum [I \cdot t] \sum [I^2] - \sum [I^2 \cdot t] \sum [I]}{N \sum [I^2] - \sum [I] \sum [I]} \tag{16}$$

$$b = \frac{\sum [I] \sum [I \cdot t] - N \sum [I^2 \cdot t]}{N \sum [I^2] - \sum [I] \sum [I]} \tag{17}$$

b. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \tag{18}$$

$$\text{log } a = \frac{\sum [\text{log } I] \sum [(\text{log } t)^2] - \sum [\text{log } t \cdot \text{log } I] \sum [\text{log } t]}{N \sum [(\text{log } t)^2] - \sum [\text{log } t] \sum [\text{log } t]} \tag{19}$$

$$n = \frac{\sum [\text{log } I] \sum [\text{log } t] - N \sum [\text{log } t \cdot \text{log } I]}{N \sum [(\text{log } t)^2] - \sum [\text{log } t] \sum [\text{log } t]} \tag{20}$$

c. Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \tag{21}$$

$$a = \frac{\sum [I \cdot \sqrt{t}] \sum [I^2] - \sum [I^2 \cdot \sqrt{t}] \sum [I]}{N \sum [I^2] - \sum [I] \sum [I]} \tag{22}$$

$$b = \frac{\sum [I] \sum [I \cdot \sqrt{t}] - N \sum [I^2 \cdot \sqrt{t}]}{N \sum [I^2] - \sum [I] \sum [I]} \tag{23}$$

Debit Air Hujan dan Limpasan

Debit air hujan/limpasan yaitu jumlah air hujan per satuan waktu yang tidak meresap maka

wajib dialirkan pada saluran drainase. Debit air limpasan meliputi koefisien *run off* (C), data intensitas curah hujan (I), serta *catchment area*. Menurut (Suripin, 2004) lazimnya teknik dalam memprediksi laju aliran permukaan puncak yaitu dengan metode rasional.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (24)$$

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi yaitu lama air mengalir dari titik terjauh dalam domain saluran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir saluran. Salah satu cara untuk memprediksi waktu konsentrasi yaitu menggunakan perhitungan menurut Kirpich (1940), sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \quad (25)$$

Debit Air Limbah Buangan (Air Kotor)

Limbah ialah kotoran hasil proses produksi industri dan domestik (rumah tangga, biasa disebut sampah) dan tidak memiliki nilai ekonomis, sehingga keberadaannya pada waktu dan tempat tertentu berbahaya bagi lingkungan. Debit rerata air limbah dapat dihitung dengan: Q rata-rata air limbah = (70-80)% x Q air minum (air bersih)

Evaluasi dan Perencanaan Ulang Saluran Drainase

Evaluasi dan redesain dilakukan untuk menentukan saluran yang tidak bisa menampung intensitas tertentu dari air hujan dan debit limbah rumah tangga sebagai sumber banjir untuk menentukan peringkat jaringan drainase. Apabila Q banjir rancangan > Q kapasitas saluran eksiting, maka saluran perlu untuk direncanakan ulang, namun jika Q banjir rancangan < Q kapasitas saluran eksiting, sehingga tidak membutuhkan perencanaan ulang (Nusantara, 2020).

Lokasi Penelitian

Lokasi studi terletak di Banjar Mekar Jaya, Desa Pemogan, Kecamatan Denpasar Selatan, dengan batas wilayah yaitu:

- Sebelah Utara: Jln. Mekar jaya 2 Blok A, Desa Pemogan.
- Sebelah Selatan: Jln. By pass Ngurah Rai, Desa Pemogan.
- Sebelah Timur: Jln. Pesonaku, Desa Pedungan.
- Sebelah Barat: Jln. Raya Pemogan, Desa Pemogan.

Peta lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.

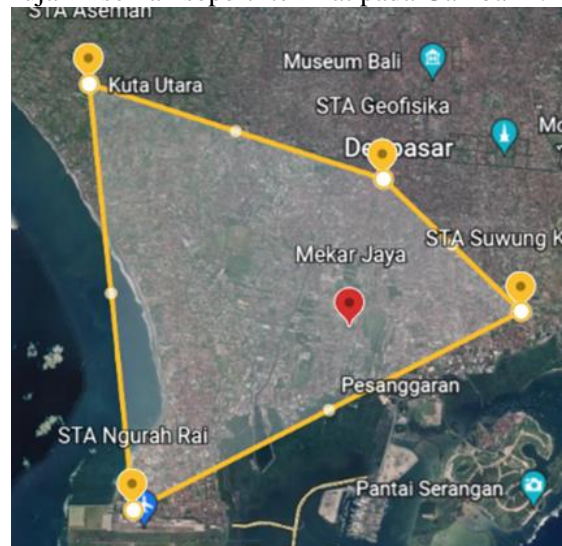


Gambar 1. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

Data curah hujan harian maksimum yang digunakan yaitu berdasarkan data sekunder yang didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah (BMKG) III Denpasar. Data curah hujan optimum diperoleh dari pencatat hujan di stasiun hujan Geofisika Denpasar, stasiun hujan Suwung Kangin, stasiun hujan Ngurah Rai dan stasiun hujan Aseman seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Stasiun Curah Hujan

Data Curah Hujan

Penelitian ini menggunakan data hujan yang didapat dari empat stasiun hujan berupa data hujan selama 10 tahun mulai tahun 2012 hingga 2021. Curah hujan Bulanan maksimum dari ke-4 stasiun ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Curah Hujan Bulanan Maksimum

No	Tahun	Sta. Geofisika Denpasar (mm)	Sta. Suwung Kangin (mm)	Sta. Ngurah Rai (mm)	Sta. Aseman (mm)
1	2012	730.50	599.00	554.20	843.50
2	2013	516.20	456.00	639.20	586.00
3	2014	406.60	248.00	552.10	548.70
4	2015	416.20	363.00	316.10	463.00
5	2016	548.30	410.00	561.40	537.00
6	2017	620.10	653.90	622.80	1,138.00
7	2018	515.60	603.80	599.80	796.50
8	2019	354.50	263.50	340.80	560.50
9	2020	371.50	319.50	377.60	512.50
10	2021	850.20	632.00	747.50	703.00

Sumber: BMKG Wilayah III Denpasar, 2022

Pengujian Konsistensi Data Curah Hujan

Berdasarkan analisis dengan menggunakan metode RAPS didapatkan bahwa seluruh data hujan konsisten atau pangkah sehingga bisa dipergunakan untuk analisis selanjutnya. Hasil pengujian dengan metode RAPS dapat dilihat pada Tabel 3.

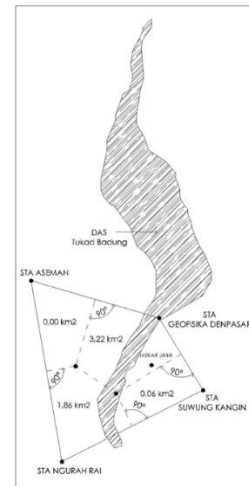
Tabel 3. Rekapitulasi Uji Konsistensi

Stasiun Hujan	Q/n ^{1/2}		R/n ^{1/2}		Ket
	Hitung	Tabel	Hitung	Tabel	
Sanglah	0,333	1,140	0,541	1,280	OK
Suwung Kangin	0,199	1,140	0,390	1,280	OK
Ngurah Rai	0,281	1,140	0,414	1,280	OK
Aseman	0,321	1,140	0,462	1,280	OK

Sumber: Hasil perhitungan (2022)

Curah Hujan Kawasan

Wilayah perumahan Mekar Jaya termasuk ke dalam area Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Badung bagian hilir. Dalam menghitung besarnya curah hujan rerata wilayah dipergunakan metode Poligon Thiessen dengan penggambaran poligon seperti Gambar 3.



Gambar 3. Poligon Thiessen lokasi penelitian

Luas Poligon Thiessen

- Sta. Geofisika Denpasar A1 = 3,22 km²
- Sta. Suwung Kangin A2 = 0,06 km²
- Sta. Ngurah Rai A3 = 1,86 km²
- Sta. Aseman A4 = 0 km²
- Luas Total = 5.14 km²

Perhitungan Koefisien Thiessen

- Sta. Geofisika Denpasar P1 = 0,63
- Sta. Suwung Kangin P2 = 0,01
- Sta. Ngurah Rai P3 = 0,36
- Sta. Aseman P4 = 0,00
- Total = 1,00

Hasil analisis curah hujan rerata wilayah di lokasi penelitian ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hujan Rata-rata Wilayah

No	Tahun	Data Curah Hujan / % pengaruh				Total
		Sanglah	Suwung Kangin	Ngurah Rai	Aseman	
		63%	1%	36%	0%	100%
1	2012	730,5	599,0	554,2	843,5	665,72
2	2013	516,2	456,0	639,2	586,0	559,88
3	2014	406,6	248,0	552,1	548,7	457,39
4	2015	416,2	363,0	316,1	463,0	379,63
5	2016	548,3	410,0	561,4	537,0	551,63
6	2017	620,1	653,9	622,8	1138,0	621,41
7	2018	515,6	603,8	599,8	796,5	546,79
8	2019	354,5	263,5	340,8	560,5	348,66
9	2020	371,5	319,5	377,6	512,5	373,18
10	2021	850,2	632,0	747,5	703,0	811,05

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Pemilihan Uji Distribusi

Uji seleksi distribusi merupakan uji terhadap parameter Cs, Cv, dan Ck untuk menentukan frekuensi seleksi yang dianggap paling sesuai dengan ciri hujan saat ini. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa sebaran yang memenuhi syarat adalah Distribusi Log Pearson Type III. Hasil pemilihan uji distribusi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemilihan Uji Distribusi

Normal	Gumbel	Log-Normal	Log Pearson III
Cs = 0	Cs > 1,1395	Cs ~ 3	Cs > 0
Ck = 3	Ck > 5,4	Cs/Cv = 3	Ck = 1,5Cs ² +3
1,029 = 0	1,029 < 1,1395	1,029 ≠ 3	1,029 > 0
(Tidak memenuhi)	(Tidak memenuhi)	(Tidak memenuhi)	(Memenuhi)
4,949 = 3,3	4,949 < 5,4	Cs/Cv = 3,389 ≠ 3	4,949 = 1,5.1,029 ² +3
(Tidak memenuhi)	(Tidak memenuhi)	(Tidak memenuhi)	(Memenuhi)

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Uji Kesesuaian Distribusi

Uji Smirnov-Kolmogorov

Tahapan perhitungannya sebagai berikut:

Masukkan nomor urut data dari min ke maks untuk menghitung probabilitas empiris

$$S_n = \frac{1}{(10 + 1)}$$

= 0,0909

Menghitung logaritma dari data hujan rerata optimum Log 665,720 = 2,823

Mencari Nilai K

$$\text{Log } x = \overline{\log x} + (K \times S_i)$$

$$K = (\text{Log } x - \overline{\log x}) / S_i = (2,283 - 2,711) / 0,120 = 0,939$$

Mencari harga PR melalui tabel distribusi Log Pearson Type III, didapat PR = 100.033

Menghitung nilai P (x)

$$P(x) = (100 - 100) / 100 = 0,0$$

Menghitung selisih Sn (x) Dan P(x) dengan persamaan

$$\Delta_{maks} = |S_n(x) - P(x)| = |0,091 - 0,0| = 0,091$$

Mencari nilai Δcr lalu bandingkan dengan Δmaks. Berdasarkan tabel Smirnov - Kolmogrov, diperoleh Δcr α 5 % = 0,41 dan α = 0,49. Dari hasil perhitungan , didapat Δ maks < Δcr, maka **data diterima**.

Uji Chi Square

Contoh perhitungan untuk curah hujan tahun 2012 hingga 2021 yaitu:

Penentuan banyak kelas

$$K = 1 + 3,322 \text{ Log } n = 1 + 3,322 \text{ Log } 10 = 4$$

Sebaran probabilitas untuk setiap kelas:

$$100\% / 4 = 25\%$$

$$\text{Log } x = \text{Log } X + K \cdot \text{Simpangan Baku} = 2,795 + (0,7014 \times 0,120)$$

$$X = 623,451$$

Menghitung frekuensi pengamatan

$$OJ = n / K = 10 / 4 = 2,5$$

Mencari derajat kebebasan (g)

$$g = K - h - 1, \text{ dimana } h = 2, g = 1$$

sehingga didapat α = 5% dan α = 1 % berdasarkan tabel harga Chi -Square

Mencari nilai X² hitung (contoh untuk batas kelas 0 – 623,451) :

$$X^2_{hitung} = \frac{(E_j - O_j)^2}{E_j} = \frac{(2,5 - 2j)^2}{2,5}$$

= 0,1

$$X^2_{hitung} = \sum \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} = 4$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan X²_{hitung} = 3,60. Dari tabel Chi Square, diperoleh X²_{tabel} α 5% = 18,307 dan α 1% = 23,209. Karena X²_{hitung} < X²_{tabel}, maka data **dapat diterima**.

Curah Hujan Rancangan

Menghitung nilai rata-rata

$$\text{Log } R = \sum \text{Log } R_i / n$$

$$\text{Log } R_i = 27.107$$

$$\text{Log } R = 2,711$$

Standar Deviasi

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{log } X_{rt})^2}{n-1}}$$

$$S_d = 0,11987$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{Log } X_{rt})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

$$C_s = 0,00434$$

Dengan Cs = 0,00434, untuk periode ulang 2 tahun, setelah diinterpolasi, didapat nilai K = 0.001

$$\text{Log } R_t = \text{Log } R + (K \cdot S_d) = 2,711 + (-0,001 \cdot 0,11987) = 2,7108$$

Nilai Xt merupakan antilog dari Log Rt

$$R_t = 10^{\text{Log } R_t} = 10^{2,7108} = 513,61$$

Analisa Intensitas Curah Hujan

a. Perhitungan kurva IDF (*Intencity Duration Frequence*) dengan menggunakan pendekatan Mononobe:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

Contoh perhitungan untuk hujan rancangan I2 = 513,61 mm, dengan t = 5 menit = 0,083 jam.

$$I = (513,61 / 24) \times (24 / 5 / 60)^{2/3} = 3,97 \text{ mm/jam}$$

b. Perhitungan kurva IDF (*Intencity Duration Frequence*) dengan pendekatan Talbot:

$$I = \frac{a}{t+b}$$

$$a = \frac{\sum[I.t] \sum[I^2] - \sum[I^2.t] \sum[I]}{N \sum[I^2] - \sum[I]^2} = \frac{(505,74 \times 31,56 - 453,88 \times 14,22)}{(11 \times 31,56 - 14,22 \times 14,22)} = 65,547 \text{ mm/jam}$$

$$b = \frac{\sum[I] \sum[I.t] - N \sum[I^2.t]}{N \sum[I^2] - \sum[I]^2} = \frac{(14,22 \times 505,74 - 11 \times 453,88)}{(11 \times 31,56 - 14,22 \times 14,22)} = 15,144 \text{ mm/jam}$$

Contoh perhitungan untuk hujan rencangan I₂ = 513,61 mm, dengan t = 5 menit = 0,083 jam.

$$I = 65,5472 / (5 + 15,144)$$

$$I = 3,25 \text{ mm/jam}$$

c. Perhitungan kurva IDF (*Intencity Duration Frequence*) digunakan rumus Sherman:

Persamaan ini mungkin cocok periode curah hujan yang lebih dari 2 jam.

$$I = \frac{a}{t^n}$$

$$\log a = \frac{\sum[\log I] \sum[(\log t)^2] - \sum[\log t \cdot \log I] \sum[\log t]}{N \sum[(\log t)^2] - \sum[\log t]^2} = \frac{(-0,52 \times 34,25 - (-3,28) \times 18,36)}{(11 \times 34,25 - 18,36 \times 18,36)} = 1,065 \text{ mm/jam}$$

$$a = 11,6180 \text{ mm/jam}$$

$$n = \frac{\sum[\log I] \sum[\log t] - N \sum[\log t \cdot \log I]}{N \sum[(\log t)^2] - \sum[\log t]^2} = \frac{(-0,52 \times 18,36 - 11 \times (-3,28))}{(11 \times 34,25 - 18,36 \times 18,36)} = 0,667 \text{ mm/jam}$$

Contoh perhitungan untuk hujan rencangan I₂ = 513,61 mm, dengan t = 5 menit = 0,083 jam.

$$I = 11,6180 / 5^{0,667}$$

$$I = 3,97 \text{ mm/jam}$$

d. Perhitungan kurva IDF (*Intencity Duration Frequence*) digunakan rumus pendekatan Ishiguro sebagai berikut $I = \frac{a}{\sqrt{t}+b}$

$$a = \frac{\sum[I \cdot \sqrt{t}] \sum[I^2] - \sum[I^2 \cdot \sqrt{t}] \sum[I]}{N \sum[I^2] - \sum[I]^2} = \frac{(69,01 \times 31,56 - 105,08 \times 14,22)}{(11 \times 31,56 - 14,22 \times 14,22)} = 4,715 \text{ mm/jam}$$

$$b = \frac{\sum[I] \sum[I \cdot \sqrt{t}] - N \sum[I^2 \cdot \sqrt{t}]}{N \sum[I^2] - \sum[I]^2} = \frac{(14,22 \times 69,01 - 11 \times 105,08)}{(11 \times 31,56 - 14,22 \times 14,22)} = -1,206 \text{ mm/jam}$$

Contoh perhitungan untuk hujan rencangan I₂ = 513,61 mm, dengan t = 5 menit = 0,083 jam.

$$I = 4,715 / (5^{0,5} + -1,206)$$

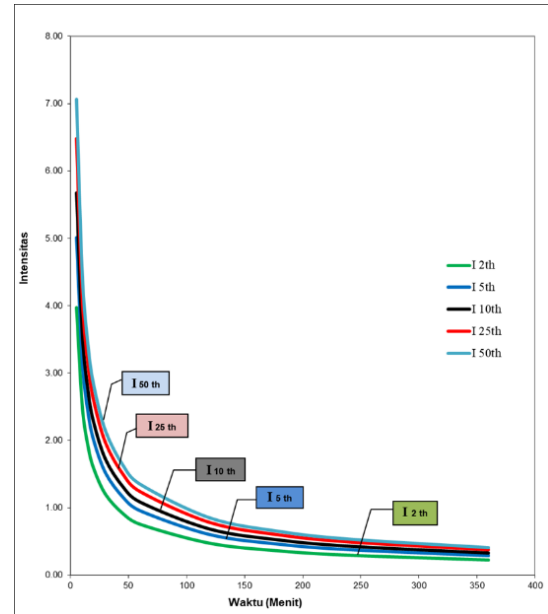
$$I = 4,58$$

Selanjutnya dipilih metode dengan nilai rerata terkecil berdasarkan atas uji Peak-Weighted Root Mean Square Error yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji *Peak-Weighted Root Mean Square Error*

No	Kala Ulang (Tahun)	Z		
		Talbot	Sherman	Ishiguro
1	2	14,57	14,22	14,35
2	5	18,36	17,92	18,08
3	10	20,81	20,31	20,50
4	25	23,77	23,20	23,41
5	50	25,91	25,29	25,52
Rerata		20,68	20,19	20,37

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

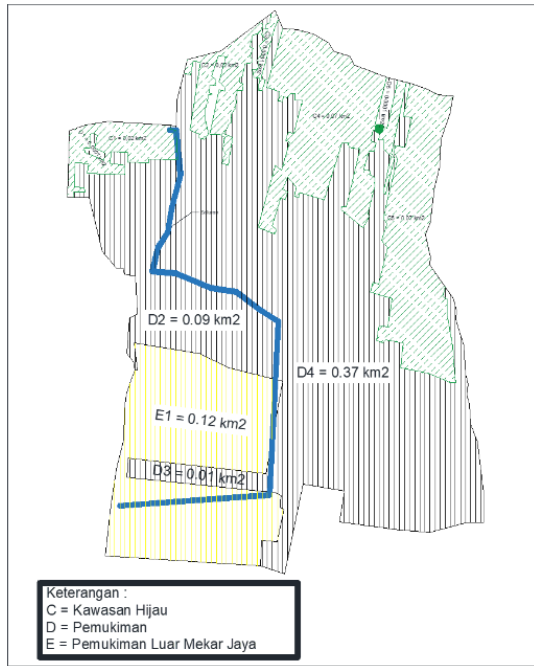


Gambar 4. Kurva IDF Metode Sherman (Sumber: Hasil perhitungan, 2022)

Berdasarkan pengujian didapatkan metode Sherman memiliki nilai terkecil, maka dalam perhitungan Intensitas (I₂) menggunakan metode Sherman. Selanjutnya kurva IDF dapat digambarkan berdasarkan pendekatan Sherman seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Koefisien Aliran Gabungan (C_{gabungan})

Penentu nilai C_{gabungan} didasarkan atas fungsi lahan di lokasi penelitian. Berdasarkan analisis didapatkan bahwa area perumahan Mekar Jaya didominasi oleh area pemukiman sebesar 76,79% dari luas area secara keseluruhan. Pembagian area berdasarkan fungsi lahan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Koefisien Aliran Gabungan (C_{gab}) (Sumber: Hasil perhitungan, 2022)

Luas Area = 0,78 km²
 Kawasan Hijau = 0,1801 km² x 0,2 = 0,03602 km²
 Kawasan Pemukiman = 0,599 km² x 0,7 = 0,4193 km²
 Jalan = 0,0098 km² x 0,95 = 0,00931 km²

$$C = \frac{0,03602 + 0,4193 + 0,00931}{0,78} = 0,94$$

Menghitung Debit Banjir Rencana

Contoh perhitungan :

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} = \left(\frac{0,87 \times 0,01229^2}{1000 \times 0,0002} \right)^{0,385} = 0,060 \text{ jam}$$

 Mencari nilai Intensitas Curah hujan (mm/jam)
 I 2 menggunakan Metode Sherman:

$$I = \frac{a}{t_c^n} = 11,618 / (0,060^{0,667}) = 76,20 \text{ mm/jam}$$

 A = 0,08 km²
 Ditetapkan koefisien pengaliran C_{gab} = 0,94
 Pada analisis perencanaan drainase ini digunakan metode ulang yang sesuai dengan daerah perencanaan.

Metode Rasional

Perhitungan debit banjir rancangan didekati dengan menggunakan metode rasional. Hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \text{ C.I.A} = 0,278 \times 0,94 \times 76,20 \times 0,08 = 1,593 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Durasi ulang yang dipakai dalam memperoleh debit banjir rencana yaitu durasi ulang 2 tahun yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan debit banjir rencana dengan metode rasional saluran Jalan Mekar Jaya

No.	Lokasi	Referensi		Panjang Saluran		tc Rencana m3/dt
		dari point	ke point	Seg. (m)	Kum. (m)	
1	Ruas Titik Saluran A - J	A	B	12,29	12,29	1,593
		B	C	22,15	34,44	0,616
		C	D	162,15	196,59	0,434
		D	E	48,26	244,85	0,743
		E	F	47,31	292,16	0,584
		F	G	47,04	339,20	0,335
		G	H	306,88	646,08	0,834
		H	I	380,95	1027,03	0,257
		I	J	334,35	1361,38	0,476

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Adapun hasil analisis debit banjir penampang eksisting:
 B = 1,30 m
 H = 0,50 m
 n = 0,015
 Q = A.V
 R = A/P
 dimana :
 A = b .h = 1,30 x 0,50 = 0,65 m²
 P = b + 2h = 1,30 + (2 x 0,50) = 2,3 m
 R = A/P = 0,65 / 2,3 = 0,28 m
 Rumus kecepatan Manning :

$$V_{sal} = \frac{I}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{I}{0,015} \cdot 0,28^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0002^{\frac{1}{2}} = 0,4484 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{sal} = A \times V = 0,65 \times 0,4484 = 0,2914 \text{ m}^3/\text{dt}$$

 Jadi debit untuk penampang eksisting segmen A-B sebesar 0,2914 m³/dt. Selanjutnya kapasitas saluran drainase eksisting secara rinci ada ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Dimensi Saluran Jalan Mekar Jaya Eksisting

No.	Lokasi	Referensi		Q Debit Saluran (m ³ /dt)
		Dari point	Ke point	
1	Ruas Titik Saluran A - J	A	B	0,291
		B	C	0,505
		C	D	0,407
		D	E	0,690
		E	F	0,544
		F	G	0,325
		G	H	0,474
		H	I	0,182
		I	J	2,060

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Perbandingan antara debit saluran drainase eksisting dengan debit banjir rencana dapat dilihat pada perhitungan berikut ini, yaitu:

Debit banjir rencana kala ulang 2 Tahun menggunakan Metode Sherman

Debit Air Hujan = 1,593 m³/dt

Debit Air Kotor = 0,00048125 m³/dt

Debit Saluran Eksisting = 0,2914 m³/dt

Debit Limpasan = Q rancangan - Q saluran

= Q_{air hujan} + Q_{air kotor} - Q_{saluran eksisting}
 = (1,593 + 0,00048125) - 0,2914 = 1,302 m³/dt

Jadi, kapasitas saluran eksisting kurang dari debit banjir rencana sehingga drainase eksisting tidak mengalirkan debit banjir rancangan, sehingga terjadi limpasan sebesar 1,302 m³/s.

Hasil perhitungan selanjutnya ditabelkan dan ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan debit banjir kala ulang 2 tahun dengan kapasitas saluran drainase eksisting

No.	Lokasi	Referensi		Q Ranc (m ³ /dt)	Q Saluran (m ³ /dt)	Keterangan
		Dari point	Ke point			
1	Ruas Titik Saluran A - J	A	B	1,593	0,2914	Melimpas
		B	C	0,617	0,5052	Melimpas

No.	Lokasi	Referensi		Q Ranc (m ³ /dt)	Q Saluran (m ³ /dt)	Keterangan
		Dari point	Ke point			
		C	D	0,434	0,4069	Melimpas
		D	E	0,744	0,6897	Melimpas
		E	F	0,585	0,5444	Melimpas
		F	G	0,335	0,3252	Melimpas
		G	H	0,834	0,4742	Melimpas
		H	I	0,258	0,1821	Melimpas
		I	J	0,477	2,0597	Menampung

Sumber : Hasil Perhitungan (2022)

Analisa Perbaikan Dimensi Saluran

Penentuan dimensi saluran dalam hal ini menggunakan penampang berbentuk persegi dan berdasarkan atas penampang ekonomis, selanjutnya besar saluran dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut :

- Q_{Hidrologi} = 0,278.C.I.A
 = 0,278 x 0,94 x 20.19 x 0,78
 = 4,11 m³/dt

-Penampang optimal untuk perbaikan saluran drainase di perumahan Mekar Jaya Pemogan adalah sebagai berikut:

Q = A.V

Q = b . h . $\frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

b = 2h

R = $\frac{A}{P}$

Q = 2h . h . $\frac{1}{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

= 2h² . $\frac{1}{n} \cdot \left(\frac{2h^2}{2h+b}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

= 2h² . $\frac{1}{n} \cdot \left(\frac{2h^2}{2h+2h}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

= 2h² . $\frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{2}h\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

= 2h² . $\frac{1}{0,02} \cdot \left(0,63 \cdot h^{\frac{2}{3}}\right) \cdot I^{\frac{1}{2}}$

= 63 . h² . h ^{$\frac{2}{3}$} . I ^{$\frac{1}{2}$}

4,11 = 63 . h ^{$\frac{8}{3}$} . I ^{$\frac{1}{2}$}

h ^{$\frac{8}{3}$} = $\frac{4,11}{63 \cdot I^{\frac{1}{2}}}$

h ^{$\frac{8}{3}$} = $\frac{4,11}{63 \cdot 0,0002^{\frac{1}{2}}}$

h = 1,77 m

b = 2h = 2 x 1,77 = 3,54 m

A = b.h = 3,54 x 1,77 = 6,2658 m²

P = b + 2h = 3,54 + 2 x 1,77 = 7,08

R = $\frac{A}{P} = \frac{6,2658}{7,08} = 0,885 m$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0,02} \cdot 0,885^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0002^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,65 \text{ m}^3/\text{det.}$$

$$Q = A \cdot V = 6,2658 \times 0,65 = 4,07277 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Jadi penampang optimal yang digunakan di jalan Mekar Jaya yaitu dengan lebar (b) saluran = 3,54 meter dan tinggi (h) saluran = 1,77 meter.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja saluran drainase di perumahan Mekar Jaya, Pemogan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Permasalahan saluran drainase eksisting teridentifikasi bahwa daya tampung drainase tidak memadai, terdapat sedimentasi pada saluran di ruas jalan Mekar Jaya, Pemogan, kemiringan saluran cenderung landai yakni sekitar 0,0002 m, dan terjadi perbedaan dimensi antar segmen (*bottle neck*).
2. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa sembilan segmen saluran drainase di Mekar Jaya (segmen A – I) memiliki kapasitas yang kurang terhadap debit rencana yang akan masuk pada saluran yakni pada saluran A – I dimana kapasitas total hanya dapat menampung debit aliran sebesar 5,480 m³/dt sedangkan debit rencana total pada saluran A - I adalah 5,870 m³/dt sehingga perlu dilakukan koreksi dimensi sepanjang saluran tersebut.
3. Dimensi perbaikan saluran drainase dengan penampang optimal dengan kala ulang I 2 tahun, pada ruas di jalan Mekar Jaya yaitu dengan lebar saluran 3,54 m dan tinggi saluran 1,77 m, yang dapat menerima debit keluaran (*outlet*) adalah 5,877 m³/detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Harto, S., 1993. *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Herlambang, W.S., 2015. *Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Wilayah Jombang*. (Tugas Akhir yang dipublikasikan 20 Februari 2019, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang, 2015).
- Nusantara, D.A., 2020. *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Pada Catchment Area Sub Sistem Bendul Merisi Kota Surabaya*. *Jurnal Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil*. Vol. 4 No. 1 Tahun 2020, 4, 85-95.
- Pongtuluran, E.H., Huda, M. 2019. *Evaluasi Kinerja Kapasitas Saluran Drainase Rawan Banjir Kota Balikpapan (Studi*

Kasus Perumahan Graha Poltekba). *DynamicSainT Jilid IV No. 2, Oktober 2019*, 841-849.

- Prawaka, F., Ahmad, Z., Subuh, S. 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 Vol. 4, No. 3, September 2016, 04*, 397-406
- Safitri, D., Rio, A. M. P., Fajar, D. 2022. *Analisis Pola Aliran Banjir Pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten dengan Menggunakan HEC-RAS*. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering*. Vol. 03, No. 01, January, 2022, 03, 19-30.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Taofiki, I, N., Purwanti, H., Rubaiah, D. 2016. *Evaluasi Kapasitas Sistem Drainase Perumahan (Studi kasus: Perum Pesona Vista Desa Dayeuh Kecamatan Cileungsi)*. *Jurnal Online Mahasiswa*. Vol. 1, No.1, 2016, 1, 1-13.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.