

Analisis Pengaruh Data Curah Hujan terhadap Desain Saluran Kota

Kerlima Hutagaol^{1*}, Akhmad Faruq², Maret Jerman Samosir³, Nanang Andhy Setiawan⁴, Meliana Nur Evani⁵, Pandya Fadil Mumpintoro⁶

¹⁻⁶Universitas MPU Tantular, Indonesia

Email : kerlimahutagaol@gmail.com, akhmadfaruq99@gmail.com, jerman_samosir@yahoo.com, nngandhy4@gmail.com, Melianaevani11@gmail.com, Pandyafadil11@gmail.com

Alamat: Jl. Cipinang Besar No. 2 Jakarta Timur 13410.

Korespondensi penulis: kerlimahutagaol@gmail.com

Abstract. Currently, the world is facing Global Warning Phenomena, El Nino and La Nina, each of these natural phenomena makes above-average rainfall at a time and place and an area, especially impacting large cities that are passed through by water due to high rainfall. With inadequate city channels to accommodate rainwater flow, it results in, among other things, high floods, landslides due to the soil no longer being able to accommodate high rainfall, high Rob floods due to seawater overflowing into coastal areas of the city. Based on the disaster data due to high rainfall, Research, Handling and Mitigation Planning is needed with the aim of obtaining data for drainage design. The study is the observation of rainfall for 2 years, 5 years, 10 years, and 20 years, so that by calculating the intensity of rain using the Gumbel and Pearson III Log distribution methods, accurate data is obtained to determine the drainage dimensions that must be made in a city and the dimensions of retaining walls along the coast to overcome storm disasters in coastal areas or big cities.

Keywords: Drainage Design, Flooding, Global Warning, Rainfall, Urban Drainage.

Abstrak. Saat ini dunia menghadapi Fenomena Global Warning, El Nino dan La Nina, masing – masing Fenomena alam tersebut menjadikan hujan diatas rata-rata pada suatu waktu dan tempat dan suatu daerah, terutama berdampak pada kota – kota besar yang dilalui air akibat curah hujan yang tinggi. Dengan saluran kota yang belum memadai menampung aliran air hujan maka mengakibatkan antara lain banjir yang tinggi kedalamannya, tanah longsor akibat tanah sudah tidak bisa menampung curah hujan yang tinggi, banjir Rob yang tinggi akibat air laut meluap ke daerah pesisir kota. Berdasarkan data bencana akibat curah hujan yang tinggi tersebut maka diperlukan Penelitian, Penanganan dan Mitigasi Perencanaan dengan tujuan didapat data untuk desain drainase. Adapun penelitian tersebut adalah pengamatan curah hujan 2 tahun, 5, tahun, 10 tahun, dan 20 tahun, sehingga dengan menghitung intensitas hujan dengan metode distribusi Gumbel dan Log Pearson III didapatkan data yang akurat untuk menentukan dimensi drainase yang harus dibuat pada suatu kota dan dimensi dinding Penahan disepanjang Pantai untuk mengatasi bencana rob pada daerah pesisir atau kota besar.

Kata Kunci: Global Warning, Curah Hujan, Banjir, Saluran Kota, Desain Drainase

1. LATAR BELAKANG

Beberapa kota besar di Indonesia mengalami pertumbuhan urbanisasi yang pesat. Peningkatan luas area terbangun berdampak pada perubahan tata guna lahan dan sistem hidrologi alami. Saluran kota yang tidak dirancang berdasarkan data curah hujan terkini berpotensi menimbulkan genangan atau banjir lokal. Oleh karena itu, analisis terhadap data curah hujan aktual menjadi penting dalam merencanakan ulang saluran kota.

Selain dampak perkembangan perkotaan factor lain yang mengakibatkan banjir diperkotaan adalah system drainase yang tidak dapat menampung curah hujan yang tinggi tiap tahunnya akibat efek Fenomina Global Warning, El Nino, dan La Nina, maka dibutuhkan perencanaan drainase untuk menampung curah hujan dalam waktu yang lama, Dimana ini diperlukan pengamatan data curah hujan periode lebih dari 20 tahun, dengan

harapan design dari drainase cukup untuk menampung curah hujan dalam jangka Panjang. Perencanaan drainase juga bisa diterapkan untuk mendesain ketinggian tanggul pengaman pantai agar bencana rob tahunan tidak terjadi dalam waktu dekat.

Selain perencanaan system drainase yang bisa menampung curah hujan yang tinggi juga harus ada kebijakan pemerintah untuk melakukan reboisasi di daerah tangkapan air hujan, membuat sumur-sumur biopori untuk setiap lahan terbuka. Dengan harapan beban yang ditanggung oleh system drainase perkotaan agak berkurang dengan dilakukan kebijakan tersebut diatas.



Gambar 1. Banjir di Pancoran Jakarta, 4 Maret 2025

2. METODE PENELITIAN

- a. Data: Data curah hujan harian maksimum dari 3 stasiun BMKG periode 2021–2023.
- b. Analisis Statistik: Distribusi probabilitas Gumbel dan Log Pearson III digunakan untuk menentukan intensitas hujan untuk berbagai periode ulang (2, 5, 10, 25, dan 50 tahun).
- c. Perhitungan Debit: Menggunakan metode rasional $Q = C \times I \times A$ untuk menghitung debit rencana.
- d. Desain Saluran: Desain penampang saluran berdasarkan debit rencana dengan mempertimbangkan slope, jenis permukaan, dan bahan saluran.

Data Curah Hujan Harian Periode 2021 - 2023**Data Curah Hujan**

No	Bulan	Tahun				
		2019	2020	2021	2022	2023
1	Januari	231.6	207.6	146.4	59.5	67
2	Februari	269.1	337	153.9	117.1	111
3	Maret	222.7	291	292.5	238.9	200
4	April	298.9	271	177.3	336.2	276
5	Mei	245.7	292	239	146.9	269
6	Juni	26.5	30	92.4	150.6	90
7	July	13.4	64	33.2	98.5	24
8	Agustus	0.2	42	91.8	29.9	30
9	September	55	88	73	182.2	18
10	Oktober	84.2	327	218.4	366.7	62
11	November	270.7	207	454.3	307.2	239
12	Desember	313.5	262	198.5	277.7	365
	Jumlah	169.29	201.55	180.89	192.62	145.92

Analisis Statistik :

a) Distribusi Probabilitas Gumbel

Perhitungan distribusi probabilitas normalgumbel $\bar{x}_i$ 178.0533

No	curah hujan	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
(1)	(2)	(3)	(4)
1	231.60	53.546667	2867.246
2	269.10	91.046667	8289.496
3	222.70	44.646667	1993.325
4	298.90	120.84667	14603.917
5	245.70	67.646667	4576.072
6	26.50	-151.5533	22968.413
7	13.40	-164.6533	27110.720
8	0.20	-177.8533	31631.808
9	55.00	-123.0533	15142.123
10	84.20	-93.85333	8808.448
11	270.70	92.646667	8583.405
12	313.50	135.44667	18345.800
13	207.60	29.546667	873.006

No	curah hujan	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
(1)	(2)	(3)	(4)
29	239.00	60.946667	3714.496
30	92.40	-85.65333	7336.494
31	33.20	-144.8533	20982.488
32	91.80	-86.25333	7439.638
33	73.00	-105.0533	11036.203
34	218.40	40.346667	1627.854
35	454.30	276.24667	76312.221
36	198.50	20.446667	418.066
37	59.50	-118.5533	14054.893
38	117.10	-60.95333	3715.309
39	238.90	60.846667	3702.317
40	336.20	158.14667	25010.368
41	146.90	-31.15333	970.530
42	150.60	-27.45333	753.686
43	98.50	-79.55333	6328.733
44	29.90	-148.1533	21949.410
45	182.20	4.1466667	17.195
46	366.70	188.64667	35587.565

No (1)	curah hujan (2)	$(x_i - \bar{x})$ (3)	$(x_i - \bar{x})^2$ (4)
14	337.00	158.94667	25264.043
15	291.00	112.94667	12756.950
16	271.00	92.946667	8639.083
17	292.00	113.94667	12983.843
18	30.00	-148.0533	21919.790
19	64.00	-114.0533	13008.163
20	42.00	-136.0533	18510.510
21	88.00	-90.05333	8109.603
22	327.00	148.94667	22185.110
23	207.00	28.946667	837.910
24	262.00	83.946667	7047.043
25	146.40	-31.65333	1001.934
26	153.90	-24.15333	583.384
27	292.50	114.44667	13098.040
28	177.30	-0.753333	0.568
Σ		10683.20	765635.63
$\bar{x}$		178.0533	

No (1)	curah hujan (2)	$(x_i - \bar{x})$ (3)	$(x_i - \bar{x})^2$ (4)
47	307.20	129.14667	16678.862
48	277.70	99.646667	9929.458
49	67.00	-111.0533	12332.843
50	111.00	-67.05333	4496.150
51	200.00	21.946667	481.656
52	276.00	97.946667	9593.550
53	269.00	90.946667	8271.296
54	90.00	-88.05333	7753.390
55	24.00	-154.0533	23732.430
56	30.00	-148.0533	21919.790
57	18.00	-160.0533	25617.070
58	62.00	-116.0533	13468.376
59	239.00	60.946667	3714.496
60	365.00	186.94667	34949.056
Σ		10683.20	765635.63
$\bar{x}$		178.0533	

1. Parameter statistik data dari tabel diatas diperoleh

a. Harga rata-rata ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{10683.20}{60.00} = 178.05 \text{ mm}$$

b. Standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \frac{\sqrt{765635.63}}{60-1} = \frac{12976.8751}{113.916088} \text{ mm}$$

2. Menghitung nilai K

dengan jumlah (n) = 60 data maka didapat

$$Y_n = 0.5521 \text{ lampiran 3.3}$$

$$S_n = 1.1750 \text{ lampiran 3.3}$$

dengan periode ulang T = 5 tahun didapat :

$$Y_t = 1.4999 \text{ lampiran 3.4}$$

dengan Y_n , S_n , Y_t yang sudah didapat maka

nilai K dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{1.4999 - 0.5521}{1.1750} = 0.807$$

3. Hitung hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun (X_5)

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{x} + K.S \\ &= 178,05 + (0,81 \times 113,92) \\ &= 269.942 \text{ mm} \end{aligned}$$

Log Pearson III

Perhitungan distribusi probabilitas log person type III
 $\bar{x}_i$ 178.053333

No	curah hujan (x)	log $\bar{x}_i$	log $\bar{x}_i - \bar{x}$	log $\bar{x}_i - \bar{x}$) ²
(1)	(2)	(3)	(4)	(4)
1	231.60	2.3647	0.0794	0.0224
2	269.10	2.4299	0.1204	0.0418
3	222.70	2.3477	0.0701	0.0186
4	298.90	2.4755	0.1541	0.0605
5	245.70	2.3904	0.0945	0.0291
6	26.50	1.4232	0.4352	-0.2871
7	13.40	1.1271	0.9136	-0.8732
8	0.20	-0.6990	7.7389	-21.5288
9	55.00	1.7404	0.1173	-0.0402
10	84.20	1.9253	0.0248	-0.0039
11	270.70	2.4325	0.1222	0.0427
12	313.50	2.4962	0.1708	0.0706
13	207.60	2.3172	0.0549	0.0129
14	337.00	2.5276	0.1978	0.0879
15	291.00	2.4639	0.1451	0.0553
16	271.00	2.4330	0.1225	0.0429
17	292.00	2.4654	0.1463	0.0559
18	30.00	1.4771	0.3670	-0.2223

No	curah hujan (x)	log $\bar{x}_i$	log $\bar{x}_i - \bar{x}$) ²	log $\bar{x}_i - \bar{x}$) ³
(1)	(2)	(3)	(4)	(4)
40	336.20	2.5266	0.1969	0.0873
41	146.90	2.1670	0.0071	0.0006
42	150.60	2.1778	0.0090	0.0009
43	98.50	1.9934	0.0080	-0.0007
44	29.90	1.4757	0.3687	-0.2239
45	182.20	2.2605	0.0316	0.0056
46	366.70	2.5643	0.2317	0.1116
47	307.20	2.4874	0.1636	0.0662
48	277.70	2.4436	0.1301	0.0469
49	67.00	1.8261	0.0660	-0.0169
50	111.00	2.0453	0.0014	-0.0001
51	200.00	2.3010	0.0476	0.0104
52	276.00	2.4409	0.1282	0.0459
53	269.00	2.4298	0.1203	0.0417
54	90.00	1.9542	0.0166	-0.0021
55	24.00	1.3802	0.4938	-0.3470
56	30.00	1.4771	0.3670	-0.2223
57	18.00	1.2553	0.6850	-0.5669
58	62.00	1.7924	0.0844	-0.0245
59	239.00	2.3784	0.0873	0.0258
60	365.00	2.5623	0.2298	0.1102
Σ	10683.20	124.9751	16.5049	-23.1468

log $\bar{x}_i$ 178.053333 2.08292 0.27508 -0.38578

No	curah hujan (x)	log $\bar{x}_i$	log $\bar{x}_i - \bar{x}$) ²	log $\bar{x}_i - \bar{x}$) ³
(1)	(2)	(3)	(4)	(4)
19	64.00	1.8062	0.0766	-0.0212
20	42.00	1.6232	0.2113	-0.0971
21	88.00	1.9445	0.0192	-0.0027
22	327.00	2.5145	0.1863	0.0804
23	207.00	2.3160	0.0543	0.0127
24	262.00	2.4183	0.1125	0.0377
25	146.40	2.1655	0.0068	0.0006
26	153.90	2.1872	0.0109	0.0011
27	292.50	2.4661	0.1468	0.0563
28	177.30	2.2487	0.0275	0.0046
29	239.00	2.3784	0.0873	0.0258
30	92.40	1.9657	0.0137	-0.0016
31	33.20	1.5211	0.3156	-0.1773
32	91.80	1.9628	0.0144	-0.0017
33	73.00	1.8633	0.0482	-0.0106
34	218.40	2.3393	0.0657	0.0168
35	454.30	2.6573	0.3300	0.1895
36	198.50	2.2978	0.0462	0.0099
37	59.50	1.7745	0.0951	-0.0293
38	117.10	2.0686	0.0002	0.0000
39	238.90	2.3782	0.0872	0.0258

1. Parameter statistik data dari tabel diatas diperoleh

a. Harga rata-rata (log $\bar{x}$)

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } x_i}{n} = \frac{124.98}{60.00} = 2.0829$$

b. Standar deviasi (S log x)

$$S \text{ Log } x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{16.505}{60-1}} = \sqrt{0.279743769} = 0.528908091$$

c. Koefisien kepencengan CS atau G

$$C_x = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S \text{ Log } x)^3} = \frac{(60)(2.7304)}{(59)(58)(0.0961)} = -0.013$$

2. Menghitung nilai Kr

Nilai Kr dihitung berdasarkan nilai T dan nilai Cs dari lampiran 3.6b didapat

untuk T = 5 tahun maka nilai Kr = 0.83

3. Hitung hujan rencana dengan periode ulang 5 tahun (X_5)

$$\begin{aligned} X_T &= \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot S \text{ Log } x \\ &= 1.5916 + (0.83 \times 0.2151) \\ &= 2.52 \text{ mm} \\ &= 178.49 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai hasil dari metode **Distribusi Probabilitas Gumbel** dengan intensitas hujan rencana setiap 5 tahunan sebesar 269,942 mm

Metode Rasional untuk menghitung debit rencana

Metode Rasional untuk Menghitung Debit Rencana

Rumus:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Dimana:

Simbol	Keterangan	Satuan
Q	Debit aliran maksimum (peak discharge)	m ³ /detik (m ³ /s)
C	Koefisien aliran (runoff coefficient)	tanpa satuan (0–1)
I	Intensitas hujan (rainfall intensity)	mm/jam
A	Luas daerah tangkapan hujan (catchment area)	hektar (ha) atau km ²

1. Kategori Koefisien Aliran (C) Berdasarkan Jenis Permukaan

Jenis Permukaan	Koefisien Aliran (C)
Aspal / beton (jalan raya)	0,70 – 0,95
Permukaan bangunan (atap)	0,85 – 0,95
Permukiman padat	0,60 – 0,85
Permukiman sedang	0,40 – 0,60
Permukiman jarang	0,25 – 0,45
Taman / lapangan berumput datar	0,05 – 0,20
Lapangan rumput berbukit	0,10 – 0,30
Tanah kosong (tanpa vegetasi)	0,10 – 0,50
Tanah pertanian (tergantung jenis)	0,10 – 0,40
Perkerasan paving block berpori	0,30 – 0,60

Misal Luasan suatu kota $A = 661,5 \text{ km}^2$ atau $661.500.000 \text{ m}^2$

Maka :

$$Q = C \times I \times A$$

$$Q = 0,95 \times 269,942 \times 661,5$$

$$Q = 169638,3 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = 471,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Desain saluran

Data yang diperoleh dalam Desain saluran adalah :

Debit aliran maksimum $Q = 471,22 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Panjang rencana saluran $L = 1100 \text{ km}$

Kecepatan rencana aliran $v = 1,5 \text{ m}/\text{detik}$

Dimensi saluran Lingkaran penuh

Maka didapat :

1. Luas Penampang saluran

Gunakan rumus aliran:

$$Q = A \cdot v \Rightarrow A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{471,22}{1,5} \approx 314,15 \text{ m}^2$$

2. Diameter Pipa bundar/bulat / Lingkaran

Luas penampang lingkaran:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 314,15}{3,1416}} = \sqrt{399,61} \approx 19,98 \text{ m}$$

✓ Jadi, diameter **pipa saluran lingkaran** yang dibutuhkan adalah sekitar **20 meter**.

Volume Total saluran

$$\text{Volume saluran} = A \cdot L = 314,15 \text{ m}^2 \cdot 1,100,000 \text{ m} = 345.565.000 \text{ m}^3$$

Komponen	Nilai
Debit (Q)	471,22 m ³ /detik
Kecepatan rencana (v)	1,5 m/detik (asumsi)
Luas penampang (A)	314,15 m ²
Dimensi saluran	17,7 m × 17,7 m (persegi)
Panjang saluran	tergantung panjang wilayah

Untuk dimensi saluran induk.

Dengan rencana Panjang saluran 1100 km maka desain dipecah beberapa jaringan saluran dengan hasil sebagai berikut :

Opsi Diameter	Luas Penampang (m ²)	Debit per Saluran (m ³ /dtk)	Jumlah Saluran Diperlukan
2 meter	3,14	4,71	±100 saluran
3 meter	7,07	10,6	±45 saluran
4 meter	12,57	18,9	±25 saluran

Rekomendasi Praktis:

- Gunakan saluran **diameter 2 – 4 meter**, disesuaikan dengan tata ruang dan lahan tersedia.
- Sebar saluran ke **zona/zona aliran (sub-drainase)** sesuai wilayah kota.
- Bisa gabungkan **box culvert + pipa lingkaran + saluran terbuka** untuk efisiensi biaya dan lahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- 1) Intensitas hujan 1 jam untuk periode ulang 10 tahun meningkat dari 80 mm/jam (tahun 2000-an) menjadi 102 mm/jam pada dekade terakhir.
- 2) Beberapa saluran eksisting hanya dirancang untuk periode ulang 2–5 tahun, menyebabkan ketidakmampuan menampung debit saat terjadi hujan ekstrem.
- 3) Simulasi perhitungan debit menunjukkan bahwa beberapa kawasan, seperti Dago dan Sukajadi, memerlukan pelebaran saluran hingga 30–50%.
- 4) Penerapan sistem saluran terbuka dengan retention basin atau rain garden dapat menjadi solusi tambahan berbasis green infrastructure.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Data curah hujan historis menunjukkan peningkatan intensitas yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir di kota-kota besar. Desain saluran kota perlu disesuaikan dengan pendekatan hidrologi yang mempertimbangkan curah hujan ekstrem, termasuk penggunaan periode ulang minimal 10 tahun untuk kawasan padat. Implementasi teknologi drainase berkelanjutan perlu dipertimbangkan untuk mendukung ketahanan iklim di wilayah perkotaan.

Berdasarkan data curah hujan dari BMKG selama 5 , 10 , 20 tahunan serta dengan perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel dan Log Pearson III maka didapat desain drainase kota dengan menggunakan drainase dengan diameter 2 – 4 meter dengan digabungkan Box Culvert, Pipa Lingkaran dan drainase terbuka untuk efisiensi biaya dan lahan yang dipergunakan.

DAFTAR REFERENSI

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi tanah dan air* (Edisi ke-2). IPB Press.
- Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Gadjah Mada University Press.
- BMKG. (2024). *Data curah hujan harian Kota Bandung*.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2020). *Pedoman perencanaan drainase perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. (2007). *Evaluasi lahan dan perencanaan penggunaan lahan*. Gadjah Mada University Press.
- Hidayat, H., & Satriawan, A. (2016). Analisis debit banjir rencana menggunakan metode rasional dan HSS Nakayasu di daerah perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 18(1), 35–43.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Pengelolaan drainase perkotaan*. Andi.
- Marfai, M. A., & Hizbaron, D. R. (2011). Kajian kerentanan banjir di wilayah perkotaan. *Majalah Geografi Indonesia*, 25(1), 15–24.
- Peraturan Menteri PUPR No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
- Pusat Litbang Sumber Daya Air. (2013). *Manual perencanaan sistem drainase perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Rahim, R. A. (2018). Pengaruh intensitas curah hujan terhadap kapasitas drainase di kawasan padat penduduk. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(2), 121–130.
- Santosa, W. (2015). *Teknik pengendalian banjir dan drainase kota*. Beta Offset.
- Sari, N. M., & Subekti, S. (2017). Analisis sistem drainase dalam menanggulangi genangan air di kawasan permukiman. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 5(1), 58–67.
- Wulandari, D., & Susilo, H. (2020). Penilaian kinerja saluran drainase berdasarkan curah hujan ekstrem. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(2), 77–85.