

ANALISIS PERENCANAAN SISTEM DRAINASE DALAM UPAYA PENANGGULANGAN BANJIR

Studi Kasus Perumahan Villa Mutiara Cibitung

*(Analysis of Drainage System Planning in Flood Management Efforts
Case Study: Villa Mutiara Cibitung Housing)*

Dwi Ariyani¹ Aldi Ahmad Alghazali¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

E-mail: aldialghazali31@gmail.com

Diterima 10 Agustus 2023, Disetujui 20 Oktober 2023

ABSTRAK

Banjir kerap terjadi di Perumahan Villa Mutiara Cibitung, yang mana pada tahun 2016 peristiwa banjir terparah pernah terjadi di lokasi ini dengan ketinggian mencapai 80 cm. Banjir tersebut telah menyebabkan kerugian yang signifikan bagi warga yang tinggal di perumahan ini. Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya banjir pada lokasi ini dan menemukan solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Analisis yang dilakukan berupa Analisa Hidrologi meliputi Uji Konsistensi menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), Analisa Curah Hujan dengan menggunakan Metode Distribusi Gumbel, Analisa Intensitas Hujan menggunakan hujan harian rencana atau Metode Mononobe dengan kala ulang 5 tahun, Analisa Debit Banjir Rencana menggunakan Metode Rasional dan Intensitas Hujan yang digunakan sesuai dengan Waktu Konsentrasi. Debit rencana yang didapat dari analisa memiliki nilai yang berbeda disetiap saluran, dimana rentang nilai dari terkecil berada pada Kuarter 34 dengan nilai sebesar 0,1378 m³/detik dan 1,1371 m³/detik pada Sekunder 1. Setelah dilakukan perbandingan antara debit banjir rencana dengan debit saluran didapat 14 saluran drainase yang tidak mampu mengatasi angka Debit Banjir yang tinggi. Maka diperlukan desain baru pada saluran-saluran tersebut dengan merubah tinggi saluran (h) dengan metode *trial and error* agar mampu menampung debit hujan rancangan, rentang tinggi perubahan saluran pada setiap saluran yang tidak sesuai adalah 0,05 m pada Kuarter 50 hingga 0,30 m pada Sekunder 1. Setelah mendapatkan desain saluran yang baru diharapkan akan dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi permasalahan banjir di Perumahan Villa Mutiara Cibitung.

Kata kunci: Banjir, Analisa Hidrologi, Gumbel, Curah Hujan, Debit Banjir

ABSTRACT

*Floods often occur in Villa Mutiara Cibitung Housing, where in 2016, the worst flood event ever recorded in this area reached a height of 80 cm. The flood has caused significant losses for the residents living in this housing complex. This research aims to analyze the causes of flooding in this location and find solutions to address the issue. The analysis conducted includes Hydrological Analysis, which consists of Consistency Test using the RAPS method (*Rescaled Adjusted Partial Sums*), Rainfall Analysis using the Gumbel Distribution Method, Rainfall Intensity Analysis using the planned daily rain or Mononobe Method with a 5-year recurrence interval, and Flood Design Discharge Analysis using the rational method, and Rainfall Intensity used according to the Time of Concentration. The planned discharge obtained from the analysis varies in value for each channel. The range of values, from the smallest, is 0.1378 m³/second in Kuarter 34 and 1.1371 m³/second in Sekunder 1. After comparing the planned flood discharge with the channel discharge, it was found that 14 drainage channels are unable to handle the high flood discharge. Therefore, a new design is needed for these channels by adjusting the channel height (h) using the trial and error method to accommodate the design rainfall discharge. The range of height changes for each channel that is not suitable is from 0.05 m in Kuarter 50 to 0.30 m in Sekunder 1. Once the new channel designs are implemented, it is hoped that they will provide an effective solution to address the flood issues in Villa Mutiara Cibitung Housing*

Keywords: Flood, Hydrological Analysis, Gumbel, Rainfall, Flood Discharge

Keyword: Flood, Hydrological Analysis, Gumbel, Rainfall, Flood Discharge

PENDAHULUAN

Banjir merupakan permasalahan yang umum terjadi di negara Indonesia, khususnya daerah yang padat penduduk seperti kawasan perkotaan. Pada perumahan Villa Mutiara Cibitung juga kerap terjadi bencana banjir, bukan hanya sekali namun sudah terjadi beberapa kali. Maka dari itu sudah sapatutnya kita perlu memperhatikan segala aspek yang dapat menyebabkan banjir untuk mengantisipasi dan mengecilkan kemungkinan untuk terjadinya banjir kembali. Maka hal utama yang harus dilakukan adalah mengkaji sistem tata pengairan atau drainase.

Drainase merupakan sarana untuk membuang dan mengalirkan massa air secara alamiah ataupun buatan dari suatu permukaan ke permukaan lain, dapat dikatakan bahwa sistem jaringan tersebut saling terkait dan menjadi serangkaian bangunan air, agar tidak terjadinya kelebihan debit air pada satu titik. Dari pernyataan tersebut tujuan dari drainase ini adalah untuk mengalirkan air mengalir secara lancar dan efisien tanpa adanya hambatan. [1]

Penanggulangan banjir merupakan suatu tindakan dalam menghadapi akibat-akibat terjadinya banjir dan proses dalam mengatasi banjir. Dalam penanggulangan banjir ada beberapa cara yang dapat dilakukan, seperti memperbaiki sistem drainase, memperbanyak ruang terbuka hijau, serta mengubah pola pikir dan perilaku masyarakat agar tidak membuang sampah pada saluran air atau sungai.

Secara umum memiliki dua faktor yang dapat menyebabkan banjir, yaitu disebabkan oleh sumber daya alam seperti curah hujan yang tinggi, kondisi topografi yang kurang curam dan adanya pengempangan. Sedangkan faktor kedua disebabkan oleh tingkah laku sumber daya manusia yang tidak baik seperti membuang sampah pada saluran air/sungai dan adanya penyempitan pada gorong-gorong. Berdasarkan kutipan dari (Karawang Bekasi Ekspres, 19/05/22) faktor penyebab banjir yang terjadi pada Perumahan Villa Mutiara Cibitung karena curah hujan yang tinggi dan meluapnya kali yang berasal dari wilayah hulu yakni daerah Jonggol, Kabupaten Bogor.

Perumahan Villa Mutiara Cibitung berlokasi di Kecamatan Cibitung, Kabupaten Bekasi. Pada perumahan ini terdapat aliran air yaitu Kali Sadang. Kali sadang merupakan sumber aliran untuk pemukiman seperti rumah-rumah dan pasar yang ada disekitar aliran sungai. Pada perumahan ini kerap terjadi banjir yang diakibatkan oleh intensitas air yang lebih besar daripada kapasitas yang dapat diterima.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penelitian ini akan membahas tentang meninjau kembali sistem drainase di Perumahan Villa Mutiara Cibitung dalam upaya penanggulangan banjir. Sehingga penelitian ini berjudul "Tinjauan Sistem Drainase Dalam Upaya Penanggulangan Banjir pada Perumahan Villa Mutiara Cibitung".

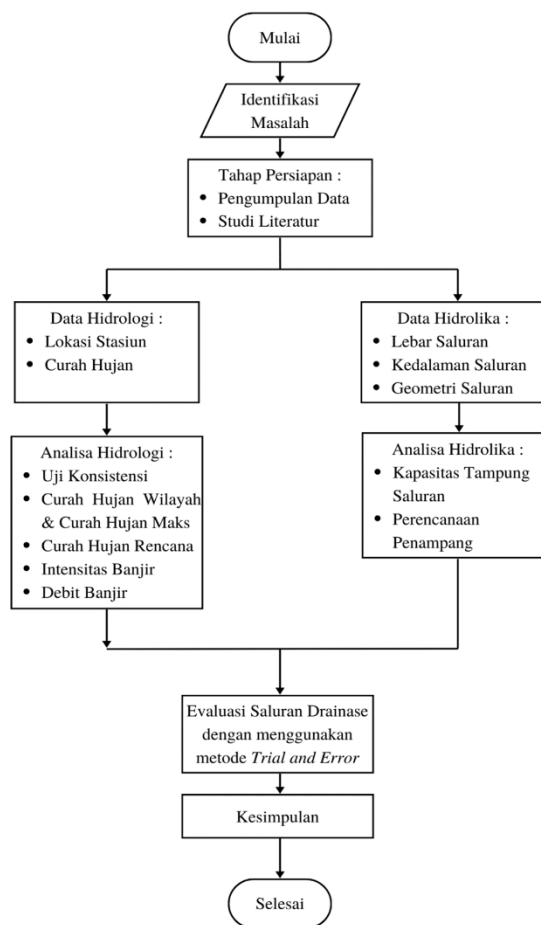
METODE

Pada tahap persiapan ini meliputi pengumpulan informasi dari berbagai sumber sebagai dasar dari penelitian yang akan dilakukan. Serta pada tahap ini juga

dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk perhitungan, adapun data tersebut antara lain adalah data dari pengamatan lapangan serta data dari berbagai sumber yang dapat dilihat pada Table 1, dengan diagram alur penelitian pada Gambar 1.

Tabel 1. Data Penelitian

No.	Data	Keterangan	Sumber Data
1.	Koordinat Lokasi Studi	• Peta Lokasi Penelitian	Google Earth
		• Luas Cakupan Saluran	
		• Panjang Saluran	
2.	Saluran Drainase Perumahan	• Lebar Saluran	Pengamatan pada Lapangan
		• Tinggi Saluran	
		• Elevasi Saluran	
3.	Curah Hujan	• Lokasi Stasiun Curah Hujan	Climate Charts
		• Analisa Debit Rencana	



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dalam analisis yang dilakukan pada penelitian ini. Pertama analisa Peta Saluran, dalam tahapan ini dilakukan penamaan saluran dan menentukan arah aliran saluran, kemudian melakukan analisa Dimensi Saluran Eksisting. Setelah mendapatkan data dimensi setiap saluran pada Perumahan Villa Mutiara Cibitung

selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai debit banjir eksisting (Qeksisting) yang akan digunakan untuk pengujian kesesuaian terhadap perhitungan debit banjir rencana (Qrencana).[5]. Untuk mendapatkan besarnya curah hujan rencana pertama yang dilakukan adalah mendapatkan data curah hujan minimal 10 tahun, kemudian data curah hujan yang ada dilakukan uji konsistensi data untuk mengetahui kesesuaian data, uji Konsistensi Menggunakan Metode RAPS dengan ketentuan ketidakpastian pada data dalam stasiun itu sendiri dengan indikasi perubahan pada rata-rata. [12], kemudian dilakukan analisa Curah Hujan Wilayah diperlukan untuk mengetahui seberapa besar curah hujan wilayah di lokasi penelitian, curah hujan wilayah merupakan langkah untuk menghitung besaran data hujan rata-rata pada suatu cakupan wilayah (*Catchment Rainfall*). [8]. Setelah curah hujan rencana didapatkan dilakukan analisa Curah Hujan Rencana, banyaknya air hujan yang jatuh pada suatu area tertentu dalam kurun waktu tertentu, seperti harian, mingguan, bulanan, atau tahunan, disebut sebagai curah hujan. Banjir terjadi ketika banyak hujan dan sungai tidak dapat menampung curah hujan yang tinggi. [11]. Analisa intensitas hujan dilakukan dengan distribusi berdasarkan R24, analisa Intensitas Hujan Intensitas curah hujan merupakan jumlah besaran hujan dalam tiap jangka waktu yang ditentukan. Adapun jika intensitas hujan harian berdurasi 1 tahun berarti rata-rata intensitas hujan pada setiap harinya dalam jangka waktu 1 tahun, lain hal apabila dengan intensitas hujan tahunan, yang mana berarti keseluruhan dari banyaknya intensitas hujan dalam jangka waktu 1 tahun. [14]. Intensitas curah hujan harus berdasarkan Waktu Konsentrasi (Tc) merupakan waktu yang diperlukan untuk air mengalir sampai ke drainase. Yang mana waktu konsentrasi ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut. Analisa Debit Banjir Rencana berdasarkan nilai intensitas curah hujan dari waktu konsentrasi banjir, digunakan untuk mendapatkan debit banjir rencana. debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat terjadinya banjir pada suatu wilayah dengan membandingkan angka-angka yang sudah dihitung kemudian diperkirakan kemungkinan terjadinya banjir pada wilayah yang sedang diteliti. Debit banjir rencana ini memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik saluran, sehingga pada sepanjang ruas saluran akan terdapat besaran banjir rencana yang berbeda. [15]. Setelah didapatkan debit banjir rencana, maka dilakukan evaluasi Saluran Drainase, dari penampang existing yang ada berdasarkan debit rencana. Penampang dapat dikatakan baik apabila memiliki dimensi saluran yang dapat menampung debit banjir maksimum sehingga tidak akan terjadi air yang melimpas dan menyebabkan banjir, saluran existing yang tidak dapat menampung debit banjir rencana maka dilakukan desain ulang dengan merubah ketinggian saluran, dengan lebar saluran tetap, karena lebar saluran berdasarkan ketersediaan lahan di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Arah Aliran

Arah aliran didapatkan dari survey lapangan ke lokasi

Perumahan Villa Mutiara Cibitung (Gambar 2 dan 3), kemudian diberi penamaan pada masing-masing saluran yang di overlay dengan kondisi dari citra Google Earth. Adapun lokasi yang dipilih merupakan titik lokasi yang kerap terjadi banjir pada perumahan ini.



Gambar 2. Peta Saluran Perumahan Villa Mutiara



Gambar 3. Peta Arah Aliran Saluran

Debit Banjir Eksisting

Berdasarkan gambar 3 diatas, didapatkan tinggi dan lebar saluran existing atau dimensi saluran. Setelah mendapatkan data dimensi setiap saluran pada Perumahan Villa Mutiara Cibitung selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai debit banjir eksisting (Qeksisting) yang akan digunakan untuk pengujian kesesuaian terhadap perhitungan debit banjir rencana (Qrencana). Untuk hasil lengkap dari Analisa saluran ada pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Data Saluran Perumahan Villa Mutiara

Nama Saluran	Lebar Saluran (b)	Tinggi Saluran (h)	Panjang Saluran (m)	Kemiringan (S)	Luas (A) A = b · h (m ²)	Keliling Basah (P) P = b + 2 · h	Jari Hidrolis R = A/P (m)	Kecepatan (V) $v = 1,49 \cdot S^{0,047} / n$ (m)	Qexisting Q = A · V (m ³ .detik)
Sekunder 1	0.80	1.40	245.35	0.0044	1.12	3.60	0.31	0.8193	0.9176
Sekunder 2	1.00	1.40	194.02	0.0004	1.40	3.80	0.37	1.0313	1.4438
Tersier 1	1.00	0.50	117.91	0.0017	0.50	2.00	0.25	1.0215	0.5108
Tersier 2	1.00	0.50	113.47	0.0018	0.50	2.00	0.25	1.0413	0.5207
Tersier 3	1.00	1.00	250.45	0.0014	1.00	3.00	0.33	0.8491	0.8491
Tersier 4	1.00	0.50	213.31	0.0009	0.50	2.00	0.25	0.7595	0.3797
Tersier 5	1.00	1.00	118.69	0.0017	1.00	3.00	0.33	1.2334	1.2334
Tersier 6	0.92	0.50	371.79	0.0012	0.46	1.92	0.24	0.5592	0.2572
Kuarter 1	0.55	0.50	86.93	0.0012	0.36	1.80	0.20	0.7250	0.2610
Kuarter 2	0.55	0.50	53.43	0.0019	0.28	1.55	0.18	0.8537	0.2348
Kuarter 3	0.55	0.50	51.26	0.0020	0.28	1.55	0.18	0.8716	0.2397
Kuarter 4	0.55	0.50	51.35	0.0019	0.28	1.55	0.18	0.8709	0.2395
Kuarter 5	0.55	0.50	45.69	0.0022	0.28	1.55	0.18	0.9232	0.2539
Kuarter 6	0.55	0.50	44.90	0.0022	0.28	1.55	0.18	0.9313	0.2561
Kuarter 7	0.55	0.50	48.60	0.0021	0.28	1.55	0.18	0.8952	0.2462
Kuarter 8	0.55	0.50	22.52	0.0044	0.28	1.55	0.18	1.3150	0.3616
Kuarter 9	0.55	0.50	23.91	0.0042	0.28	1.55	0.18	1.2762	0.3510
Kuarter 10	0.55	0.50	55.87	0.0018	0.28	1.55	0.18	0.8349	0.2296
Kuarter 11	0.55	0.50	82.88	0.0012	0.28	1.55	0.18	0.6855	0.1885
Kuarter 12	0.60	0.60	69.81	0.0014	0.36	1.80	0.20	0.8090	0.2912
Kuarter 13	0.55	0.60	27.15	0.0037	0.33	1.75	0.19	1.2473	0.4116
Kuarter 14	0.55	0.60	67.94	0.0015	0.33	1.75	0.19	0.7885	0.2602
Kuarter 15	0.55	0.60	69.44	0.0014	0.33	1.75	0.19	0.7799	0.2574
Kuarter 16	0.50	0.50	62.99	0.0016	0.25	1.50	0.17	0.7542	0.1885
Kuarter 17	0.50	0.50	59.34	0.0017	0.25	1.50	0.17	0.7770	0.1943
Kuarter 18	0.50	0.50	58.12	0.0017	0.25	1.50	0.17	0.7851	0.1963
Kuarter 19	0.50	0.50	57.25	0.0017	0.25	1.50	0.17	0.7911	0.1978
Kuarter 20	0.50	0.50	59.39	0.0017	0.25	1.50	0.17	0.7767	0.1942
Kuarter 21	0.50	0.50	24.49	0.0041	0.25	1.50	0.17	1.2095	0.3024
Kuarter 22	0.50	0.50	13.09	0.0076	0.25	1.50	0.17	1.6544	0.4136
Kuarter 23	0.50	0.50	46.05	0.0022	0.25	1.50	0.17	0.8821	0.2205
Kuarter 24	0.55	0.50	28.16	0.0036	0.28	1.55	0.18	1.1760	0.3234
Kuarter 25	0.55	0.50	64.41	0.0016	0.28	1.55	0.18	0.7776	0.2138
Kuarter 26	0.55	0.50	63.29	0.0016	0.28	1.55	0.18	0.7844	0.2157
Kuarter 27	0.55	0.50	23.45	0.0043	0.28	1.55	0.18	1.2887	0.3544
Kuarter 28	0.55	0.50	62.72	0.0016	0.28	1.55	0.18	0.7880	0.2167
Kuarter 29	0.55	0.58	63.43	0.0016	0.32	1.71	0.19	0.8102	0.2585
Kuarter 30	0.55	0.50	29.98	0.0033	0.28	1.55	0.18	1.1397	0.3134
Kuarter 31	0.55	0.50	62.66	0.0016	0.28	1.55	0.18	0.7883	0.2168
Kuarter 32	0.55	0.50	69.93	0.0014	0.28	1.55	0.18	0.7462	0.2052
Kuarter 33	0.50	0.50	148.33	0.0007	0.25	1.50	0.17	0.4915	0.1229
Kuarter 34	0.50	0.50	149.72	0.0007	0.25	1.50	0.17	0.4892	0.1223
Kuarter 35	0.58	0.50	25.39	0.0039	0.29	1.58	0.18	1.2668	0.3674
Kuarter 36	0.58	0.50	69.43	0.0027	0.29	1.58	0.18	0.7661	0.2222
Kuarter 37	0.58	0.50	24.52	0.0041	0.29	1.58	0.18	1.2891	0.3738
Kuarter 38	0.58	0.50	25.56	0.0039	0.29	1.58	0.18	1.2626	0.3661
Kuarter 39	0.58	0.50	64.91	0.0015	0.29	1.58	0.18	0.7923	0.2298
Kuarter 40	0.58	0.50	65.33	0.0015	0.29	1.58	0.18	0.7897	0.2290
Kuarter 41	0.58	0.50	24.75	0.0040	0.29	1.58	0.18	1.2831	0.3721
Kuarter 42	0.58	0.50	26.47	0.0038	0.29	1.58	0.18	1.2407	0.3598
Kuarter 43	0.58	0.50	57.80	0.0043	0.29	1.58	0.18	0.8396	0.2435
Kuarter 44	0.50	0.50	125.36	0.0008	0.25	1.50	0.17	0.5346	0.1337
Kuarter 45	0.40	0.50	35.62	0.0028	0.20	1.40	0.14	0.9050	0.1810
Kuarter 46	0.40	0.50	29.46	0.0034	0.20	1.40	0.14	0.9951	0.1990
Kuarter 47	0.40	0.50	79.57	1.8600	0.20	1.40	0.14	0.6055	0.1211
Kuarter 48	0.50	0.48	28.57	0.0035	0.24	1.46	0.16	1.1096	0.2663
Kuarter 49	0.55	0.50	25.01	0.0040	0.28	1.55	0.18	1.2478	0.3432
Kuarter 50	0.55	0.58	75.00	0.0027	0.32	1.71	0.19	0.7451	0.2377
Kuarter 51	0.55	0.50	76.98	0.0013	0.28	1.55	0.18	0.7113	0.1956
Kuarter 52	0.50	0.48	23.68	0.0042	0.24	1.46	0.16	1.2188	0.2925
Kuarter 53	0.55	0.50	24.53	0.0041	0.28	1.55	0.18	1.2600	0.3465
Kuarter 54	0.50	0.48	75.33	0.0013	0.24	1.46	0.16	0.6833	0.1640
Kuarter 55	0.40	0.50	25.19	0.0075	0.20	1.40	0.14	1.0761	0.2152
Kuarter 56	0.55	0.50	55.80	0.0018	0.28	1.55	0.18	0.8354	0.2297
Kuarter 57	0.55	0.50	61.41	0.0016	0.28	1.55	0.18	0.7963	0.2190
Kuarter 58	0.50	0.48	31.83	0.0031	0.24	1.46	0.16	1.0512	0.2523
Kuarter 59	0.40	0.50	29.21	0.0034	0.20	1.40	0.14	0.9993	0.1999

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data curah hujan dari 1 stasiun yang didapat dari ClimateCharts selama kurun waktu 11 tahun yang dimulai dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2021. Perumahan Villa Mutiara Cibitung ini termasuk kedalam stasiun hujan Cironggeng Barat, pada perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa CH maksimal pada stasiun Cironggeng Barat terjadi pada bulan Februari tahun 2020 dengan nilai sebesar 520,8 seperti yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Curah Hujan Maksimum St. Cironggeng Barat

Tahun	CH Maks
2010	378,8
2011	254,0
2012	399,6
2013	375,0
2014	448,0
2015	414,1
2016	400,7
2017	433,3
2018	393,9
2019	384,0
2020	520,8

Uji Konsistensi Menggunakan Metode RAPS

Setelah CH maksimum didapatkan maka selanjutnya dilakukan uji konsistensi guna menentukan homogenitas atau kesamaan antara nilai rata - rata yang terjadi disetiap tahunnya, Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums) berdasarkan ketentuan dari Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Nilai Q/n0,5 dan R/n0,5

n	Q/√n			R/√n		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	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	1,50	1,62	1,86
> 100	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Pada pengujian ini didapatkan nilai statistik Q/n0,5 sebesar 0,5964 yang mana nilai tersebut sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan yaitu lebih kecil dari 1,148. Adapun untuk R/n0,5 yang didapat bernilai adalah sebesar 1,219 yang mana nilai tersebut lebih kecil dari nilai persyarat yang sebesar 1,295. Perhitungan uji konsistensi data menggunakan data hujan 11 tahun, n = 11, dengan nilai masing-masing variable dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

$$n = 11$$

$$Sk^{**} maks = 1,978$$

$$Sk^{**} min = - 2,398$$

$$Q = Sk^{**} maks$$

$$R = Sk^{**} maks - Sk^{**} min$$

$$Q/n0,5 = 1,978/110,5 = 0,596 < 1,148 \text{ (Tabel 3)} \quad \text{OK!}$$

$$R = Sk^{**} maks - Sk^{**} min = 4,376$$

$$R/n0,5 = 1,978/110,5 = 1,219 < 1,295 \text{ (Tabel 3)} \quad \text{OK!}$$

Dari nilai hitung dan tabel Q/n0,5 dan R/n0,5 , dapat diketahui bahwa nilai hitung lebih kecil dari table maka perhitungan uji konsistensi data hujan dapat diterima.

Analisa Curah Hujan Rencana Metode Normal dan Gumbel

Sebagai contoh perhitungan curah hujan rencana metode Normal dan Log Normal tahun 2013, Langkah dalam menganalisa Analisa Curah Hujan Rencana dengan menggunakan Metode Normal dan Gumbel dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\text{Curah Hujan Maksimum 2013 (Xi)} = 375,000$$

$$Xi - X = 375,000 - 400,200 = -25,200$$

$$(Xi - X)^2 = -25,200^2 = 635,040$$

$$(Xi - X)^3 = -25,200^3 = -16003,008$$

$$(Xi - X)^4 = -25,200^4 = 403275,802$$

$$\text{Standar Deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{40888,200}{11-1}} = 63,944$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Variasi (Cv)} &= \frac{63,944}{400,200} \\ &= 0,160 \\ \text{Koefisien Kemencengan (Cs)} &= \frac{-153148,437}{63,944} \\ &= -0,586 \\ \text{Koefisien kurtosis (Ck)} &= \frac{\frac{1}{11} - 211538407,810}{63,944^4} \\ &= 3,241 \end{aligned}$$

Analisa Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

Sebagai contoh perhitungan curah hujan rencana metode log normal tahun 2013, Langkah dalam menganalisa Analisa Curah Hujan Rencana dengan menggunakan Metode Log Normal dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Curah Hujan Maksimum 2010 (Xi)} &= 378,000 \\ \text{Xi - X} &= 378,000 - 400,200 \\ &= -21,400 \\ \text{Ln . Xi} &= \text{LN}(-21,400) \\ &= 5,937 \\ \text{Ln (Xi - X)} &= \text{LN}(-21,400) \\ &= -59,832 \\ \text{Ln (Xi - X)2} &= \text{LN}(-21,400)^2 \\ &= 3579,913 \\ \text{Ln (Xi - X)3} &= \text{LN}(-21,400)^3 \\ &= -214194,694 \\ \text{Ln (Xi - X)4} &= \text{LN}(-21,400)^4 \\ &= 12815777,038 \\ \text{Standar Deviasi (Sd)} &= 0,174 \\ \text{Koefisien Variasi (Cv)} &= 0,028 \\ \text{Koefisiem Kemencengan (Cs)} &= -1,442 \\ \text{Koefisien kurtosis (Ck)} &= 4,628 \end{aligned}$$

Analisa Curah Hujan Log Pearson Type III

Sebagai contoh perhitungan curah hujan rencana metode log Pearson Type III tahun 2013, Langkah dalam menganalisa Analisa Curah Hujan Rencaana dengan menggunakan Metode Log Pearson III dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi (Sd)} &= 0,076 \\ \text{Koefisien Variasi (Cv)} &= 0,005 \\ \text{Koefisiem Kemencengan (Cs)} &= -1,442 \\ \text{Koefisien kurtosis (Ck)} &= 4,628 \end{aligned}$$

Adapun untuk rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan rencana dari masing-masing distribusi dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah.

Tabel.5 Rekapitulasi nilai curah hujan rencana masing-masing metode

Kala Ulang (tahun)	Curah Hujan Rancangan (mm)			
	Gumbel	Normal	Log Normal	Log Pearson III
5	419.553	400.200	528.452	395.059
10	500.009	453.913	572.377	395.059
20	577.185	482.048	594.686	395.059
25	601.666	509.437	638.918	395.059
50	677.080	531.285	640.053	395.059
100	751.938	549.189	666.596	395.059

Berdasarkan hasil curah hujan rencana diatas, dilakukan uji distribusi dari nilai statistic dari masing-masing metode untuk mendapatkan nilai curah hujan rencana yang akan digunakan (Tabel 6).

Tabel.6 Syarat Pemilihan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Gumbel	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002	Cs = -0,586 Ck = 3,241	Memenuhi
2	Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3	Cs = -0,586 Ck = 3,241	Tidak memenuhi
3	Log Normal	Cs ≈ 3 Cv + Cv ² ≈ 3 Ck = 5,383	Cs = -1,442 Ck = 4,628	Tidak memenuhi
4	Log Pearson tipe III	Cs ≠ 0	Cs = -1,442 Ck = 4,628	Tidak memenuhi

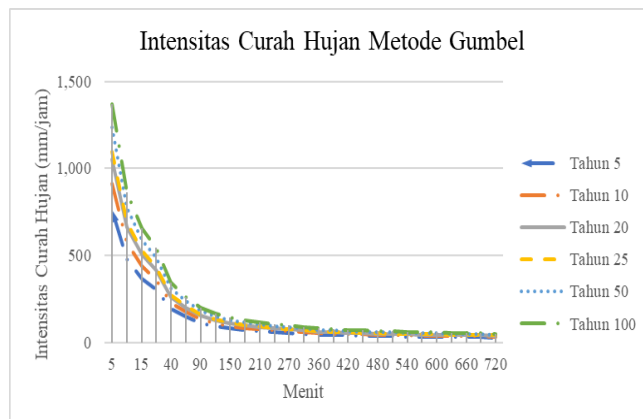
Analisa Intensitas Hujan

Analisa hidrologi meliputi tahap pengolahan data curah hujan dengan tujuan untuk mendapatkan debit banjir rencana pada saluran Perumahan Villa Mutiara Cibitung atau Qeksisting dengan tujuan untuk mengetahui kondisi dari saluran eksisting apakah mampu untuk menampung nilai Qrencana.

Adapun perhitungan intensitas hujan pada penelitian ini menggunakan metode yang memenuhi syarat yaitu Metode Gumbel dengan berdasarkan rumus Mononobe, perhitungan yang menggunakan hujan harian rencana (R24) dan untuk kala ulang dalam kurun waktu 5, 10, 20, 25, 50, 100 Tahun. Hasil yang didapatkan dari perhitungan intensitas hujan adalah sebagai berikut:

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa nilai intensitas hujan pada waktu periode 1 jam dalam kala ulang 5 tahun memiliki nilai sebesar 145,451 mm/jam lalu pada waktu periode 5 jam memiliki nilai intensitas hujan sebesar 49,744 mm/jam dengan uraian perhitungan sebagai berikut, grafik hasil perhitungan intensitas curah hujan dapat dilihat pada Gambar 4.

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{R_{24}}{24} \cdot \frac{24^{\frac{2}{3}}}{T} \dots\dots\dots(1) \\ I_5 &= \frac{419,553}{24} \cdot \frac{24^{\frac{2}{3}}}{1} \\ &= 145,451 \text{ mm/jam} \\ I_5 &= \frac{419,553}{24} \cdot \frac{24^{\frac{2}{3}}}{5} \\ &= 49,744 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$



Gambar 4. Grafik Intensitas Hujan Metode Mononobe

Analisa Waktu Konsentrasi (Tc)

Dengan menggunakan data-data yang sudah dikumpulkan dari analisa sebelumnya maka analisa waktu konsentrasi (Tc) dapat diperoleh. Hasil tc dapat dilihat pada perhitungan berikut

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{s}}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2) \\
 &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 4,30 \times \frac{0,016}{\sqrt{0,0033}}\right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= 2,4983 \\
 t_2 &= \frac{4,30}{60 * 1,694} \\
 &= \frac{4,30}{60 * 1,694} \\
 &= 0,0423 \\
 t_c &= t_1 + t_2 \\
 &= 2,5406
 \end{aligned}$$

Analisa Debit Banjir Rencana

Pada perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi saluran eksisting pada area penelitian serta dapat digunakan untuk mendesain ulang saluran apabila saluran tersebut tidak memenuhi persyaratan. Data yang dibutuhkan untuk menganalisa Qrencana pada area penelitian Perumahan Villa Mutiara Jaya Cibitung berupa luas daerah pengaliran koefisien pengaliran (c), luas daerah pengaliran (A), dan intensitas hujan (I). Kala ulang yang digunakan adalah kala ulang 5 tahun dan juga 10 tahun yang mana kala ulang tersebut merupakan kala ulang yang sering kali digunakan sebagai perhitungan analisa debit banjir pada perumahan.

Nilai intensitas hujan didapat berdasarkan Waktu Konsentrasi dan perhitungan Intensitas Hujan sebelumnya. Sebagai contoh pada saluran Sekunder 30 memiliki waktu konsentrasi sebesar 2,5406 jam maka nilai intensitas hujan yang sesuai pada tabel intensitas hujan T = 2,5 jam dengan periode ulang 5 tahun dengan nilai sebesar 78,968 mm/jam. Perhitungan selengkapnya dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Debit Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Debit Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun							
Nama Saluran	C	Tc (jam)	I (mm/jam)	Luas (A) (m ²)	Qrencana (m ³ /detik)	Qeksisting (m ³ /detik)	Hasil (Qeks < Qren)
Sekunder 1	0.40	1.6255	111.000	1.120	1.3775	2.132	Memenuhi
Sekunder 2	0.40	5.7208	44.050	1.400	0.6833	0.913	Memenuhi
Tersier 1	0.40	3.3685	63.096	0.500	0.3496	0.511	Memenuhi
Tersier 2	0.40	3.4945	63.096	0.500	0.3496	0.521	Memenuhi
Tersier 3	0.40	3.9044	57.722	1.000	0.6396	1.107	Memenuhi
Tersier 4	0.40	4.5670	53.363	0.500	0.2956	0.380	Memenuhi
Tersier 5	0.40	4.6975	53.363	1.000	0.5913	1.233	Memenuhi
Tersier 6	0.40	4.2648	53.363	0.460	0.2720	0.390	Memenuhi
Kuarter 1	0.40	3.2293	69.926	0.360	0.2789	0.261	Tidak Memenuhi
Kuarter 2	0.40	2.9918	69.926	0.275	0.2131	0.235	Memenuhi
Kuarter 3	0.40	2.9577	69.926	0.275	0.2131	0.240	Memenuhi
Kuarter 4	0.40	2.8617	69.926	0.275	0.2131	0.239	Memenuhi
Kuarter 5	0.40	2.6568	78.963	0.275	0.2406	0.254	Memenuhi
Kuarter 6	0.40	4.4513	53.363	0.275	0.1626	0.256	Memenuhi
Kuarter 7	0.40	2.9631	69.926	0.275	0.2131	0.246	Memenuhi
Kuarter 8	0.40	2.5509	78.963	0.275	0.2406	0.362	Memenuhi
Kuarter 9	0.40	2.2495	91.628	0.275	0.2792	0.351	Memenuhi
Kuarter 10	0.40	3.2591	63.096	0.275	0.1923	0.230	Memenuhi
Kuarter 11	0.40	3.2049	69.926	0.275	0.2131	0.189	Tidak Memenuhi
Kuarter 12	0.40	2.9976	69.926	0.360	0.2789	0.291	Memenuhi
Kuarter 13	0.40	2.7527	69.926	0.330	0.2557	0.412	Memenuhi
Kuarter 14	0.40	3.0881	69.926	0.330	0.2557	0.260	Memenuhi
Kuarter 15	0.40	3.1691	69.926	0.330	0.2557	0.257	Memenuhi
Kuarter 16	0.40	3.2433	69.926	0.250	0.1937	0.189	Tidak Memenuhi
Kuarter 17	0.40	2.9274	69.926	0.250	0.1937	0.194	Memenuhi
Kuarter 18	0.40	2.9966	69.926	0.250	0.1937	0.196	Memenuhi
Kuarter 19	0.40	2.8020	69.926	0.250	0.1937	0.198	Memenuhi
Kuarter 20	0.40	2.8693	69.926	0.250	0.1937	0.194	Memenuhi
Kuarter 21	0.40	2.5401	78.963	0.250	0.2187	0.302	Memenuhi
Kuarter 22	0.40	2.1457	91.628	0.250	0.2538	0.414	Memenuhi
Kuarter 23	0.40	3.0726	69.926	0.250	0.1937	0.221	Memenuhi
Kuarter 24	0.40	2.7765	69.926	0.275	0.2131	0.323	Memenuhi
Kuarter 25	0.40	3.0019	69.926	0.275	0.2131	0.214	Memenuhi

Debit Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun							
Nama Saluran	C	Tc (jam)	I (mm/jam)	Luas (A) (m ²)	Qrencana (m ³ /detik)	Qeksisting (m ³ /detik)	Hasil (Qeks < Qren)
Kuarter 26	0.40	3.1938	69.926	0.275	0.2131	0.216	Memenuhi
Kuarter 27	0.40	2.6539	78.963	0.275	0.2406	0.354	Memenuhi
Kuarter 28	0.40	2.5284	78.963	0.275	0.2406	0.632	Memenuhi
Kuarter 29	0.40	3.2713	63.096	0.319	0.2230	0.258	Memenuhi
Kuarter 30	0.40	2.6699	78.963	0.275	0.2406	0.313	Memenuhi
Kuarter 31	0.40	3.2215	69.926	0.275	0.2131	0.217	Memenuhi
Kuarter 32	0.40	3.3614	63.096	0.275	0.1923	0.205	Memenuhi
Kuarter 33	0.40	4.5079	53.363	0.250	0.1478	0.123	Tidak Memenuhi
Kuarter 34	0.40	5.1371	49.744	0.250	0.1378	0.122	Tidak Memenuhi
Kuarter 35	0.40	2.8993	69.926	0.290	0.2247	0.367	Memenuhi
Kuarter 36	0.40	3.4858	63.096	0.290	0.2027	0.306	Memenuhi
Kuarter 37	0.40	2.5903	78.963	0.290	0.2537	0.374	Memenuhi
Kuarter 38	0.40	2.6921	78.963	0.290	0.2537	0.366	Memenuhi
Kuarter 39	0.40	3.3979	63.096	0.290	0.2027	0.230	Memenuhi
Kuarter 40	0.40	3.0025	69.926	0.290	0.2247	0.229	Memenuhi
Kuarter 41	0.40	2.5347	78.963	0.290	0.2537	0.372	Memenuhi
Kuarter 42	0.40	2.5637	78.963	0.290	0.2537	0.360	Memenuhi
Kuarter 43	0.40	2.9157	69.926	0.290	0.2247	0.385	Memenuhi
Kuarter 44	0.40	4.6381	53.363	0.250	0.1478	0.134	Tidak Memenuhi
Kuarter 45	0.40	3.2238	69.926	0.200	0.1550	0.181	Memenuhi
Kuarter 46	0.40	3.3951	63.096	0.200	0.1398	0.199	Memenuhi
Kuarter 47	0.40	1.9254	91.628	0.200	0.2030	4.659	Memenuhi
Kuarter 48	0.40	2.7243	78.963	0.240	0.2100	0.266	Memenuhi
Kuarter 49	0.40	2.6732	78.963	0.275	0.2406	0.343	Memenuhi
Kuarter 50	0.40	2.9326	69.926	0.319	0.2472	0.336	Memenuhi
Kuarter 51	0.40	3.0526	69.926	0.275	0.2131	0.196	Tidak Memenuhi
Kuarter 52	0.40	2.8204	69.926	0.240	0.1859	0.293	Memenuhi
Kuarter 53	0.40	2.6542	78.963	0.275	0.2406	0.346	Memenuhi
Kuarter 54	0.40	3.2493	69.926	0.240	0.1859	0.164	Tidak Memenuhi
Kuarter 55	0.40	2.5685	78.963	0.200	0.1750	0.297	Memenuhi
Kuarter 56	0.40	2.9265	69.926	0.275	0.2131	0.230	Memenuhi
Kuarter 57	0.40	3.1709	69.926	0.275	0.2131	0.219	Memenuhi
Kuarter 58	0.40	2.9409	69.926	0.240	0.1859	0.252	Memenuhi
Kuarter 59	0.40	2.6062	78.963	0.200	0.1750	0.200	Memenuhi

Kesimpulan pada tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat saluran yang Memenuhi sebanyak 59 Saluran dan terdapat juga saluran yang tidak mampu untuk memenuhi persyaratan (Qeksisting < Qrencana) dengan rincian saluran yang Tidak Memenuhi sebanyak 8 Saluran dengan rincian sebagai berikut:

- Kuarter 1 - Kuarter 11 - Kuarter 16
- Kuarter 33 - Kuarter 34 - Kuarter 44
- Kuarter 51 - Kuarter 54

Kesimpulan pada tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat saluran yang Memenuhi sebanyak 35 Saluran dan terdapat juga saluran yang tidak mampu untuk memenuhi persyaratan (Qeksisting < Qrencana) dengan rincian saluran yang Tidak Memenuhi sebanyak 32 Saluran.

Maka dari itu pada saluran yang Tidak Memenuhi Syarat diperlukan desain dimensi baru agar dapat memenuhi persyaratan (Qeksisting ≥ Qrencana) dan mampu menampung debit hujan yang telah direncanakan.

Adapun untuk contoh uraian dari perhitungan debit rencana akan menggunakan saluran Kuarter 30 dengan kala ulang 5 Tahun. Contoh perhitungan debit rencana sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{rencana} &= \frac{1}{3} C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(3) \\
 &= \frac{1}{3} 0,40 \cdot 78,963 \cdot 0,275 \\
 &= 0,2406 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Qeksisting = 0,313 (Tabel 2)

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa Qeksisting > Qrencana. Maka saluran Kuarter 30 mampu menampung debit banjir rencana sehingga saluran tersebut dapat memenuhi persyaratan dan tidak perlu dikaji ulang.

Evaluasi Saluran Drainase

Pada analisa ini, dilakukan perencanaan terkait saluran drainase yang tidak memenuhi syarat pada perumahan Villa Mutiara Cibitung. Perencanaan ulang dimensi saluran ini sebagai bagian dari sistem drainase perkotaan yang sedang diteliti. Setelah mengetahui

saluran yang tidak memenuhi syarat maka dilakukan perencanaan dimensi baru saluran, Adapun metode yang digunakan adalah metode Trial and Error dengan cara mengubah tinggi (h) pada saluran yang tidak memenuhi syarat. Adapun pengubahab ketinggian saluran (h) dikarenakan perubahan nilai h (tinggi saluran) sebesar 0,2 m dari perhitungan tinggi jagaan dan diharapkan dapat memiliki pengaruh signifikan terhadap kapasitas saluran drainase dan perencanaan ini juga merupakan aspek penting dalam memastikan kelancaran aliran air hujan dan mencegah potensi banjir di area perumahan Villa Mutiara Cibitung. Perhitungan dimensi saluran rencana dapat dilihat pada Table 8.

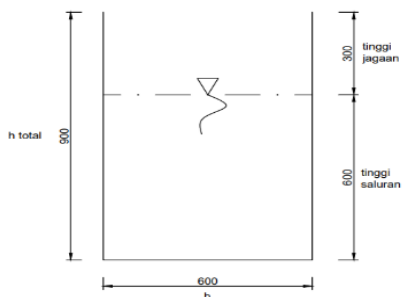
Tabel 8. Dimensi saluran rencana

Saluran	b	h	Tinggi jagaan	tinggi total	Luas	Keliling basah (P)
	m	m	m	m	m ²	m
Kuarter 1	0.60	0.60	0.30	0.90	0.54	2.40
Kuarter 11	0.55	0.50	0.30	0.80	0.44	2.15
Kuarter 16	0.50	0.50	0.30	0.80	0.40	2.10
Kuarter 33	0.50	0.50	0.30	0.80	0.40	2.10
Kuarter 34	0.50	0.60	0.30	0.90	0.45	2.30
Kuarter 44	0.50	0.50	0.30	0.80	0.40	2.10
Kuarter 51	0.55	0.50	0.30	0.80	0.44	2.15
Kuarter 54	0.50	0.48	0.30	0.78	0.39	2.06

Lanjutan Tabel 8. Dimensi saluran rencana

Saluran	Jari Hidrolis (R)	Kemiringan (S)	Kecepatan (v)	Q Rencana	Q Saluran	Hasil
	m	m	m/s	m ³ /s	m ³ /s	
Kuarter 1	0.225	0.001	0.789	0.279	0.426	Memenuhi
Kuarter 11	0.205	0.001	0.759	0.213	0.334	Memenuhi
Kuarter 16	0.190	0.002	0.829	0.194	0.332	Memenuhi
Kuarter 33	0.190	0.001	0.541	0.149	0.216	Memenuhi
Kuarter 34	0.196	0.001	0.547	0.139	0.246	Memenuhi
Kuarter 44	0.190	0.001	0.588	0.148	0.235	Memenuhi
Kuarter 51	0.205	0.001	0.788	0.213	0.347	Memenuhi
Kuarter 54	0.189	0.001	0.756	0.186	0.295	Memenuhi

Setelah dilakukan evaluasi dan perencanaan ulang desain saluran pada saluran yang tidak dapat menampung debit banjir yang telah direncanakan. Maka hasil yang didapat berupa penambahan nilai ketinggian saluran (h). Adapun penambahan setinggi 30 cm disetiap saluran, sehingga didapat saluran seperti berikut.



Gambar 5. Evaluasi Desain Saluran

KESIMPULAN

Dari Analisa ddiatas dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu, curah Hujan pada Lokasi Penelitian termasuk kedalam kategori tinggi, dengan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 400,2 mm. Adapun Curah Hujan terendah ada pada Tahun 2011 dengan nilai sebesar 254,0 mm dan tertinggi pada tahun 2020 dengan nilai sebesar 520,8 mm. Dengan besarnya curah hujan pada lokasi penelitian, maka tidak dipungkiri akan terjadinya banjir. Setiap saluran menunjukkan nilai Debit Desain yang berbeda. Dimana nilai Debit Rencana terendah berada pada saluran Kuarter 34 dengan nilai sebesar 0,1378 m³/detik, sedangkan untuk nilai yang terbesar ada pada saluran Sekunder 1 sebesar 1,1371 m³/detik. Berdasarkan pada perhitungan yang telah dilakukan, terdapat 12 saluran yang debit eksistingnya tidak memenuhi nilai debit rencana. Untuk mengatasi saluran yang tidak memenuhi tersebut , maka dilakukan desain ulang saluran drainase dengan mengatur tinggi saluran (h) dengan metode *Trial and Error*. Adapun perubahan tinggi saluran dengan nilai sebesar disetiap saluran yang tidak memenuhi persyaratan.

DAFTAR PUSTAKA

[1]A. 'Salsabila Dan D. 'Suita, "Evaluasi Sistem Drainase Di Kawasan Pemukiman Penduduk Di Jalan Air Bersih, Kelurahan Sudirejo I, Kecamatan Medan Kota," *Jurnal Teknik Sipil (Jtsip)*, Vol. 1, No. 1, Hlm. 73-74, Jun 2022.

[2] A. Wahyuningtyas, Jehandyah, E. Pahlevari, S. Darsono, Dan H. Budienny, "Pengendalian Banjir Sungai Bringin Semarang," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 3, 2017.

[3] Kadafi Dan M. Faizal, "Kajian Sistem Drainase Jalan Arwana Kel.Timbau Kec. Tenggaraong Kutai Kartanegara," *Jurnal Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda*, 2019.

[4] Saidah Dan Humairo, *Drainase Perkotaan*. Yayasan Kita Menulis. [Daring]. Tersedia Pada: https://www.researchgate.net/publication/357606455_Drainase_Perkotaan

[5] *Urban Drainage Guidelines And Technical Design Standards, Wswcf 092/020*.

[6] S. Harto, *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Putaka Utama, 2021.

[7] H. Harasid, "Kajian Sistem Drainase Di Desa Kisam Kecamatan Lawe Sumur Kabupaten Aceh Tenggara," *Jurnal Ilmiah Indonesia*, Vol. 7, No. 6, 2022.

[8] R. F. K. P. Lashari, "Analisa Distribusi Curah Hujan Di Area Merapi Menggunakan Metode Aritmatika Dan Poligon," *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 2017.

[9] J. Pangaribuan, L. M. Sabri, Dan J. Amarrohman, "Analisis Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Magelang Menggunakan Sistem Informasi Geografis Dengan Metode Standar Nasional Indonesia Dan Analythical Hierarchy Process," *Jurnal Geodesi Undip Januari*, Vol. 8, 2019.

[10] Lestari Dan U. Sylvia, "Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir Sungai Negara Di Ruas Kecamatan Sungai Pandan (Alabio)," *Jurnal Poros Teknik*, Vol. 8, No. 2, 2016.

- [11] D. Ruhiat, "Implementasi Distribusi Peluang Gumbel Untuk Analisis Data Curah Hujan Rencana," Vol. 7, No. 1, Hlm. 217-288, 2022.
- [12] Soewarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Dan Data Jilid 1*. Bandung: Nova, 1995.
- [13] R. U. Rahardani, "Studi Perencanaan Floodway Untuk Pengendalian Banjir Pada Kali Sampean Di Kota Situbondo," 2013.
- [14] Stefanus, M. D. Yessy, Dan S. Desi, "Kajian Terhadap Sistem Drainase Dalam Penanggulangan Banjir Di Wilayah Jatipadang, Pasar Minggu, Jakarta Selatan," *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 2021.
- [15] Saud Dan Ismail, "Kajian Penanggulangan Banjir Di Wilayah Pematusan Surabaya Barat," *Jurnal Aplikasi*, Vol. 3, No. No, 2007.
- [16] P. 'Muhammad Dan I. 'Yunus, "Analisa Sistem Drainase Di Perumahan Bukit Sejahtera Ilir Barat I Palembang," *Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, Vol. 4, No. 1, Jun 2021.