

IDENTIFIKASI SYSTEM DRAINASE PERUMAHAN (Studi Kasus : Perumahan Galuh Mas Kerawang Barat, Jawa Barat)

Silviati,S, Anis Amarwati, Herindiyati, Mita Novitawaty¹
Ahmad Arifin. K, Bimo Priambudi²

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Borobudur

ABSTRAKSI

Karawang merupakan salah satu kota besar di Jawa Barat dengan berbagai macam aktifitas yang dilakukan oleh banyak orang, memicu Karawang lebih tepatnya di Galuh Mas - Teluk Jambe Timur telah berkembang pesat, menjadi sebuah perumahan yang menunjukkan bahwa dikawasan tersebut telah beralih fungsi atau terjadi perubahan tata guna lahan. Salah satunya adalah untuk kawasan perumahan, perumahan atau tempat tinggal merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi setiap orang, maka untuk menjamin kesehatan dan kenyamanan penduduknya harus didukung adanya sanitasi yang memadai, misalnya saluran drainase. Penulisan penelitian ini bertujuan untuk meninjau kembali sistem saluran drainase dan bentuk saluran drainase yang berada di Galuh Mas - Teluk Jambe Timur yang terus berkembang agar dapat mengalirkan limpasan air permukaan secara gravitasi dengan aman ke badan air yang ada disekitar permukiman. Metode analisa yang digunakan adalah Metode Rasional. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder yang kemudian dianalisis berdasarkan analisis hidrologi. Analisa frekwensi curah hujan periode ulang 10 tahun dengan Metode Gumbell dan Log Pearson type III, menghitung intensitas curah hujan dengan rumus Mononobe, menghitung waktu konsentrasi dengan rumus Kiprich, dan menghitung debit saluran dengan metode Rasional. Jenis – jenis saluran yang ada adalah saluran tersier, sekunder dan saluran primer dan pada kawasan Galuh Mas mengalir sungai alami sebagai badan air penerima air buangan dari kawasan tersebut.

Kata kunci : Sistem Drainase

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kawasan perumahan memerlukan lahan yang cukup luas. Disamping lahan yang cukup luas juga lahan tersebut harus diubah dari fungsi aslinya sesuai dengan keperluan yang menimbulkan dampak cukup besar terhadap koefisien *run off* dan drainase. Perubahan tata guna lahan membawa dampak terhadap infiltrasi tanah sehingga apabila terjadi hujan, maka di beberapa daerah yang permukaannya beralih fungsi mengakibatkan debit air permukaan meningkat, yang menyebabkan terjadi banjir dan menyebabkan genangan-genangan pada wilayah tersebut. Apabila sistem drainase tidak terawat dengan baik, kondisi yang terjadi dapat terlihat pada saluran drainase seperti terisi banyak sampah dan endapan atau sedimentasi yang berakibat kemampuan drainase di perumahan Galuh Mas untuk mengalirkan limpasan air hujan dan limbah rumah tangga (*run off*) menjadi berkurang yang mengakibatkan air keluar dari saluran / terjadi banjir.

¹ Dosen Fakultas Teknik Universitas Borobudur Jakarta

² Alumni Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Borobudur Jakarta

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan dapat diambil perumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana sistem drainase di perumahan Galuh Mas dalam menghadapi permasalahan-permasalahan yang disebabkan banjir.
2. Bagaimana merencanakan pengembangan sistem drainase di perumahan Galuh Mas dan memberi solusi menghadapi permasalahan-permasalahan yang disebabkan banjir.

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari melebarnya permasalahan, maka perlu dibuat batasan-batasan terhadap masalah yang berhubungan dengan penelitian ini. Adapun batasan permasalahan yaitu :

1. Data curah hujan yang digunakan dari tahun 2007 sampai tahun 2016 pada Stasiun Karawang Barat – Jawa Barat, lintang 06° 19' 55" Lintang Selatan, bujur 107° 11' 00" Bujur Timur.
2. Penelitian terbatas pada sistem drainase di perumahan Galuh Mas, Karawang Barat.
3. Evaluasi terbatas pada kondisi daerah pengaliran, kapasitas drainase, kondisi eksisting dan kelayakan bangunan sistem drainase.
4. Rencana pengembangan menggunakan sistem tercampur meliputi perbaikan saluran drainase dan performa aliran pada bangunan drainase, serta upaya-upaya pemeliharaan dan pengoperasian sistem drainase.

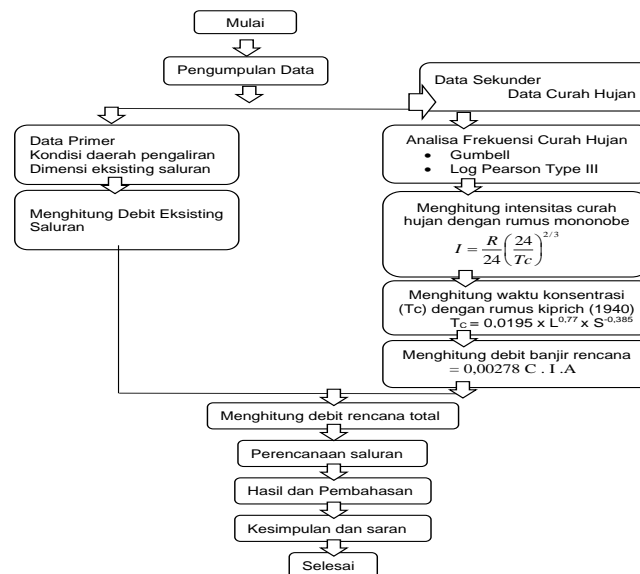
1.4. Tujuan dan Manfaat

1. Mengetahui sistem drainase eksisting dan mengevaluasi kondisi sistem drainase eksisting pada daerah berpotensi banjir.
2. Merencanakan pengembangan sistem drainase yang memenuhi kriteria standar sistem drainase sehingga dapat mengatasi permasalahan banjir.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan evaluasi sistem drainase di perumahan Galuh Mas, Karawang Barat.
2. Sebagai masukan dalam rencana pengembangan sistem drainase di perumahan Galuh Mas.

1.5. Metodologi Penelitian



Gambar 01. Diagram Alir Metode Penelitian

Dalam diagram Alir setelah kegiatan dimulai dilanjutkan dengan pengumpulan data pada studi penelitian ini diperlukan data sekunder dan data primer. Data sekunder dan data primer diperlukan untuk menganalisa kapasitas drainase. Data primer dan data sekunder antara lain :

- a) Melakukan pendataan langsung lokasi koordinat curah hujan yang berpengaruh pada daerah penelitian



Gambar 02 Peta Citra Satelit (Google Earth) Lokasi

- b) Mengetahui kondisi sistem drainase yang telah ada di daerah penelitian



Gambar 03 Saluran U-Ditch Tersier

Saluran Tersier :
 $b = 0,32 \text{ m}$
 $h = 0,44 \text{ m}$



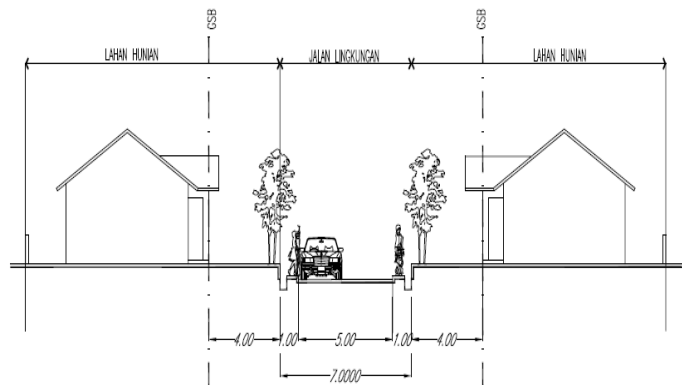
Gambar 04 Saluran U-Ditch Sekunder

Saluran Sekunder
 $b = 0,70 \text{ m}$
 $h = 0,80 \text{ m}$



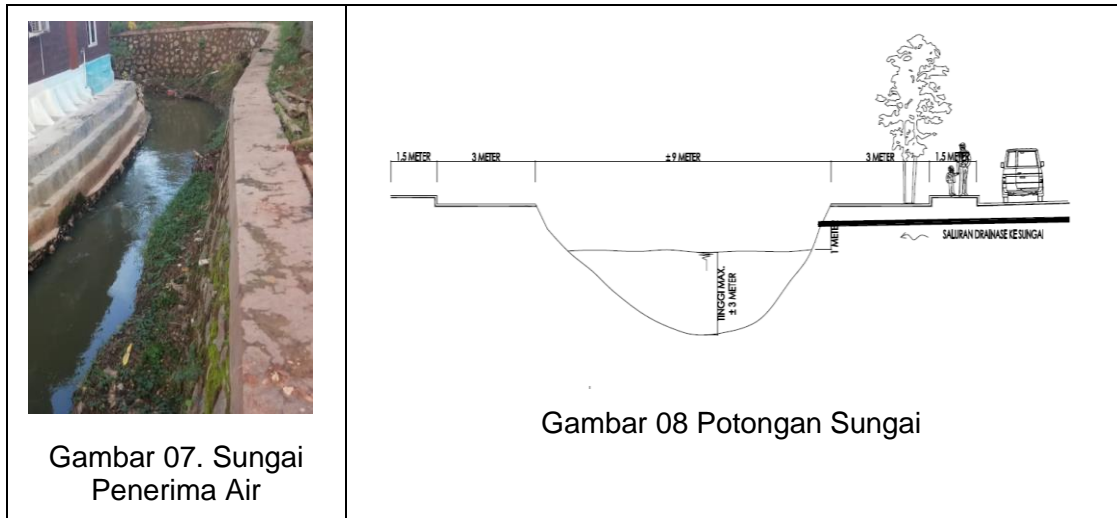
Gambar 05 Saluran U-Ditch Primer

Saluran Primer
 $b = 0,975 \text{ m}$
 $h = 1,20 \text{ m}$



Gambar 06. Potongan Saluran Tersier

c) Mengetahui kondisi badan penerima air baik sungai, danau, maupun laut



Pengumpulan data sekunder diperoleh dari instansi setempat dan jaringan internet yang meliputi :

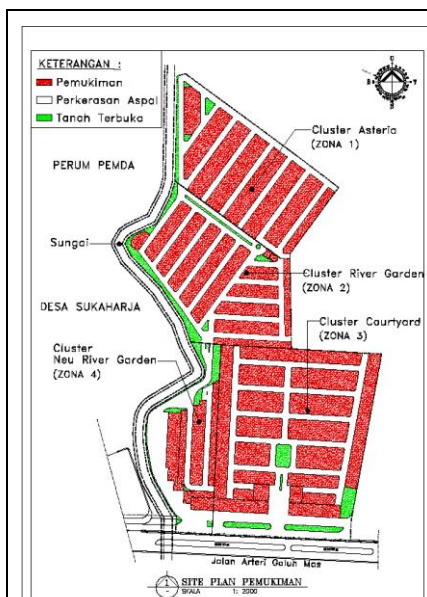
- a) Data curah hujan dari BMKG atau dinas perairan
- b) Site Plan Perumahan di Galuh Mas – Karawang yang terbagi dalam beberapa zona

2. HASIL DAN ANALISIS

2.1. Menghitung Debit Akibat Curah Hujan (Qah)

a. Menghitung koefisien *run off* (C)

Catchment area diperoleh dari *SitePlan* dan survey lokasi. *Catchment area* di Perumahan Galuh Mas dibagi menjadi 4 area yaitu *catchment area A* dengan luas 0,0223 Km², *catchment area B* dengan luas 0,0238 Km², *catchment area C* dengan luas 0,0404 Km², dan *catchment area D* dengan luas 0,0139 Km².



Tabel 01. Luas area perumahan Galuh Mas pada *catchment area A*

No	Nama	Luas Area (Km ²)	Presentasi %
1	Pemukiman Rapat	0,0127	56,78%
2	Perkerasan Aspal/Beton	0,0090	40,55%
3	Tanah/Lapangan Terbuka	0,0006	2,67%
Total		0,0223	100%
2,23 Hektar			

Sumber: Analisis dan perhitungan data

Untuk mencari nilai koefisien *run off catchment area A* dihitung dari hasil pembagian area wilayah *catchment area A* dan hitungan presentasi area pembagian area wilayah *catchment area A* tersebut dapat di cari nilai koefisien *run off (C)* dari tabel nilai koefisien pengaliran atau *run off (C)*. Jumlah total rumah pada *catchment area A* 211 unit termasuk tipe perumahan rapat.

Nilai koefisien C sebagai berikut :

Pemukiman rapat = 0,80
 Perkerasan aspal/beton = 0,90
 Tanah/lapangan terbuka = 0,25

Setelah nilai koefisien C masing-masing item di dapat dari tabel 2.1 dan juga nilai luas pembagian area wilayah (A) didapat, maka langkah selanjutnya menghitung koefisien *run off*.

$$C_A = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3}{A1 + A2 + A3}$$

$$C_A = \frac{(0,8 \times 0,0127) + (0,9 \times 0,0090) + (0,25 \times 0,0006)}{0,0127 + 0,0090 + 0,0006} = \frac{0,0184}{0,0223} = 0,825$$

Tabel 02. Luas area perumahan Galuh Mas pada *catchment area B*

No	Nama	Luas Area (Km ²)	Presentasi %
1	Pemukiman Rapat	0,01125	47,27%
2	Perkerasan Aspal/Beton	0,0106	44,40%
3	Tanah/Lapangan Terbuka	0,00198	8,33%
	Total	0,0238	100%
	2,38 Hektar		

Sumber: Analisis dan perhitungan data

Untuk mencari nilai koefisien *run off catchment area B* dapat dilihat dibawah ini. Dari hasil pembagian area wilayah *catchment area B* dan hitungan presentasi area pembagian area wilayah *catchment area B* tersebut dapat di cari nilai koefisien *run off (C)* dari tabel nilai koefisien pengaliran atau *run off (C)*. Jumlah total rumah pada *catchment area B* 250 unit termasuk tipe perumahan rapat.

Nilai koefisien C sebagai berikut :

Pemukiman rapat = 0,80
 Perkerasan aspal/beton = 0,90
 Tanah/lapangan terbuka = 0,25

Setelah nilai koefisien C masing-masing item di dapat dari tabel 2.1 dan juga nilai luas pembagian area wilayah (B) didapat, maka langkah selanjutnya menghitung koefisien *run off*.

$$C_B = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3}{A1 + A2 + A3}$$

$$C_B = \frac{(0,8 \times 0,01125) + (0,9 \times 0,01057) + (0,25 \times 0,00198)}{0,01125 + 0,01057 + 0,00198} = \frac{0,019}{0,0238} = 0,798$$

Tabel 03. Luas area perumahan Galuh Mas pada *catchment area C*

No	Nama	Luas Area (Km ²)	Presentasi %
1	Pemukiman Rapat	0,0245	56,78%
2	Perkerasan Aspal/Beton	0,0140	40,55%
3	Tanah/Lapangan Terbuka	0,0019	2,67%
	Total	0,0404	100%
	4,04 Hektar		

Sumber: Analisis dan perhitungan data

Untuk mencari nilai koefisien *run off catchment area C* dapat dilihat dibawah ini. Dimana dari hasil pembagian area wilayah *catchment area C* dan hitungan presentasi area pembagian area wilayah *catchment area C* tersebut dapat di cari nilai *koefisien run off (C)* dari tabel nilai koefisien pengaliran atau *run off (C)*. Jumlah total rumah pada *catchment area C* 243 unit termasuk tipe perumahan rapat.

Nilai koefisien C sebagai berikut :

Pemukiman rapat = 0,80
 Perkerasan aspal/beton = 0,90
 Tanah/lapangan terbuka = 0,25

Setelah nilai *koefisien C* masing-masing item dan juga nilai luas pembagian area wilayah (C) didapat, maka langkah selanjutnya menghitung *koefisien run off*.

$$C_C = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3}{A1 + A2 + A3}$$

$$C_C = \frac{(0,8 \times 0,0245) + (0,9 \times 0,0140) + (0,25 \times 0,0019)}{0,0245 + 0,0140 + 0,0019} = \frac{0,0326}{0,0404} = 0,807$$

Tabel 04 Luas area perumahan Galuh Mas pada *catchment area D*

No	Nama	Luas Area (Km ²)	Presentasi %
1	Pemukiman Rapat	0,00494	35,54%
2	Perkerasan Aspal/Beton	0,0075	53,98%
3	Tanah/Lapangan Terbuka	0,00146	10,48%
	Total	0,0139	100%
	1,39 Hektar		

Sumber: Analisis dan perhitungan data

Untuk mencari nilai koefisien *run off catchment area D* dapat dilihat dibawah ini. Dari hasil pembagian area wilayah *catchment area D* dan hitungan presentasi area pembagian area wilayah *catchment area C* tersebut dapat di cari nilai *koefisien run off (C)* dari tabel nilai koefisien pengaliran atau *run off (C)*. Jumlah total rumah pada *catchment area D* 68 unit termasuk tipe perumahan rapat.

Nilai koefisien C sebagai berikut :

Pemukiman rapat = 0,80
 Perkerasan aspal/beton = 0,90
 Tanah/lapangan terbuka = 0,25

Setelah nilai *koefisien C* masing-masing item dan juga nilai luas pembagian area wilayah (D) didapat, maka langkah selanjutnya menghitung *koefisien run off*.

$$C_D = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3}{A1 + A2 + A3}$$

$$C_D = \frac{(0,8 \times 0,00494) + (0,9 \times 0,0075) + (0,25 \times 0,00146)}{0,00494 + 0,0075 + 0,00146} = \frac{0,011}{0,0139} = 0,791$$

Setelah mendapatkan nilai koefisien run off (C) maka selanjutnya menganalisis data curah hujan.

2.2 Menganalisis Data Curah Hujan

a) Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan harian maksimum untuk *catchment area* daerah penelitian di Perumahan Galuh Mas pada pos pengamatan Stasiun Karawang Barat dari tahun 2007 sampai tahun 2016.

Tabel 05. Data curah hujan harian maksimum

Data curah hujan Max (mm)													
TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Dipakai
2007	63	259	32	58	20	1	57	34	24	51	37	76	259
2008	41	136	39	127	35	33	-	22	23	36	52	40	136
2009	76	88	69	140	102	30	37	131	20	20	82	53	140
2010	86	61	32	40	83	35	45	38	95	97	50	37	97
2011	22	305	24	19	64	18	12	-	6	32	90	22	305
2012	85	91	60	42	36	49	1	-	0	39	53	94	94
2013	161	44	88	74	66	19	67	15	6	25	138	76	161
2014	121	103	101	37	48	55	61	43	19	-	58	70	121
2015	67	125	125	93	27	28	0	2	-	1	36	81	125
2016	61	62	45	112	54	86	42	51	78	54	-	-	112
Jumlah													1550
Rata-rata (x)													155

Sumber: Data curah hujan harian BMKG Jakarta Pusat

b) Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam perhitungan data curah hujan rencana, memakai data curah dari pos pengamatan Stasiun Meteorologi Karawang Barat dari tahun 2007 sampai tahun 2016. Data curah hujan harian maksimum yang sudah didapat dibuat ke dalam tabel dan diurutkan dari mulai yang terendah sampai yang tertinggi untuk mempermudah dalam perhitungan. Berikut data perhitungan curah hujan rencana dapat dilihat pada tabel 06.

Tabel 06. Perhitungan curah hujan rencana

No	Curah Hujan (Xi)	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
1	94	-61	3721	-226981	13845841
2	97	-58	3364	-195112	11316496
3	112	-43	1849	-79507	3418801
4	121	-34	1156	-39304	1336336
5	125	-30	900	-27000	810000
6	136	-19	361	-6859	130321
7	140	-15	225	-3375	50625
8	161	6	36	216	1296
9	259	104	10816	1124864	116985856
10	305	150	22500	3375000	506250000
Jumlah (Σ)	1550		44928	3921942	654145572
Rata-Rata (X)	155				
Standar deviasi (Sd)	70,654				

Sumber: Analisis dan perhitungan data

c) Menghitung curah hujan rata – rata didapat dari :

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{1550}{10} = 155$$

d) Menghitung standar deviasi (S_d) didapat dari :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{44928}{9}} = 70,654$$

e) Menghitung koefisien variasi (C_v) didapat dari :

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} = \frac{70,654}{155} = 0,456$$

f) Menghitung koefisien kepengeng (C_s) didapat dari :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times (S_d)^3} = \frac{10 \times 3921942}{9 \times 8 \times 70,654^3} = 1,544$$

g) Menghitung koefisien kurtosis (C_k) didapat dari :

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times (S_d)^4} = \frac{10^2 \times 654145572}{9 \times 8 \times 7 \times 70,654^4} = 5,208$$

h) Pemilihan jenis distribusi probabilitas

Dalam perhitungan frekuensi data curah hujan, metode yang memenuhi persyaratan dapat dilihat pada tabel 07. dibawah ini.

Tabel 07. Persyaratan parameter statistik suatu distribusi

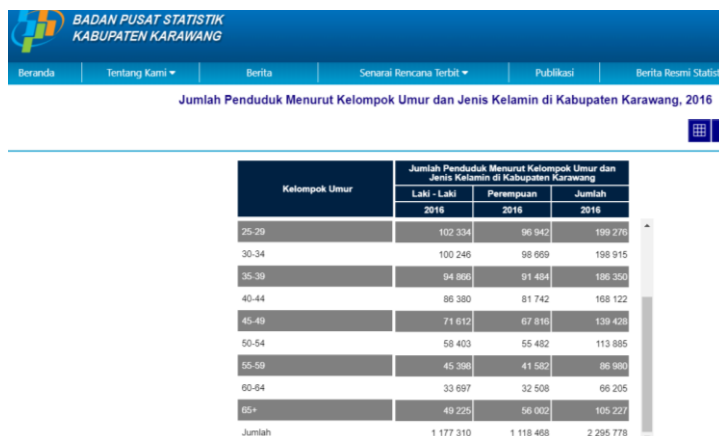
No	Jenis Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Gumbell	$Cs \neq 1,1396$	1,544	Memenuhi
		$Ck \neq 5,4002$	5,208	
2	Normal	$Cs \neq 0$	1,544	Tidak Memenuhi
		$Ck \neq 3$	5,208	
3	Log Normal	$Cs \neq 3$ atau $3Cv$	$Cs = 1,544$ $Cv = 1,368$	Tidak Memenuhi
4	Log Person III	Tidak mempunyai sifat khas	$Cs = 1,544$ $Ck = 5,208$	Memenuhi

Sumber: Analisis dan perhitungan data

Hasil dari perhitungan data curah hujan rencana diatas diperoleh dua metode distribusi yang memenuhi persyaratan yaitu metode distribusi Gumbell dan metode distribusi Log Pearson III.

i) Pemilihan kala ulang hujan (Periode Ulang)

Kabupaten Karawang memiliki jumlah penduduk sekitar 2.295.778 jiwa (Sumber BPS Kabupaten Karawang 2016) untuk itu Kabupaten Karawang termasuk dalam kategori Kota Metropolitan dan luas daerah tangkapan air pada Perumahan Galuh Mas sebesar 10,04 Ha. Dengan demikian kala ulang berdasarkan tipologi kota yang memenuhi syarat adalah 2-5 tahun. Kala ulang hujan atau periode ulang dipakai 5 tahun.



The image shows a screenshot of the BPS Kabupaten Karawang website. The main heading is 'Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kabupaten Karawang, 2016'. Below the heading is a table with the following data:

Kelompok Umur	Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kabupaten Karawang		
	Laki - Laki	Perempuan	Jumlah
25-29	102 334	96 942	199 276
30-34	100 248	98 869	199 117
35-39	94 866	91 484	186 350
40-44	86 380	81 742	168 122
45-49	71 812	67 816	139 628
50-54	58 403	55 482	113 885
55-59	45 388	41 582	86 970
60-64	33 697	32 508	66 205
65+	49 225	56 002	105 227
Jumlah	1 177 310	1 118 468	2 295 778

Gambar 10. Data Penduduk Karawang Menurut BPS 2016

2.3. Menghitung Besarnya Curah Hujan Untuk Periode Tahun Terulang (X_{TR})

Setelah nilai curah hujan rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kepeccengan, dan koefisien kurtosis didapat dan memenuhi persyaratan untuk perhitungan, maka selanjutnya menghitung faktor frekuensi dan curah hujan periode tahun terulang atau periode ulang.

a) Menghitung faktor frekuensi

Dengan jumlah data curah hujan (n) = 10, nilai faktor frekuensi (K) dihitung untuk periode ulang 2, periode ulang 5, periode ulang 10, periode ulang 25, periode ulang 50 dan

periode ulang 100. Nilai variasi reduksi/reduced variate (Y_t), reduksi rata-rata/reduced mean (Y_n), dan reduced standard (S_n) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 08. Variasi reduksi/reduced variate (Y_t)

No.	Periode Ulang (T) (Tahun)	Reduced Variate (Y_t)
1	2	0,3665
2	5	1,4999
3	10	2,2502
4	20	2,9606
5	25	3,1985
6	30	3,9019
7	40	4,6001
8	50	5,2960
9	100	6,2140
10	200	6,9190
11	500	8,5390
12	1000	9,9210

Sumber : Hidrologi Untuk Insinyur (Ray K.Linsley, 1986)

Tabel 09. Reduksi rata-rata/reduced mean (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5181	0,5202	0,5202	0,5229
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5440	0,5433	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5591	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Sumber : Hidrologi Untuk Insinyur (Ray K.Linsley, 1986)

Terlihat pada tabel 08. variasi reduksi/reduced variate (Y_t) diperoleh nilai angkanya sebagai berikut :

No.	Periode Ulang (T)	Reduced Variated (Y_t)
1	2	0,3665
2	5	1,4999
3	10	2,2502
4	25	3,1985
5	50	5,2960
6	100	6,2140

Untuk nilai reduksi rata-rata/reduced mean (Y_n) diperoleh dari tabel 09 dan reduced standard (S_n) diperoleh dari tabel 4.10 dengan jumlah data curah hujan (n) = 10 dibawah ini.

n	Y_n	S_n
10	0,4952	0,9496

Setelah nilai-nilai variasi reduksi/reduced variate (Y_t), reduksi rata-rata/reduced mean (Y_n), dan reduced standard (S_n) diperoleh, maka selanjutnya dapat menghitung faktor frekuensi (K) untuk periode ulang 5 tahun dengan rumus perhitungan dibawah ini.

$$K = \frac{(Y_T - Y_n)}{S_n} = \frac{(1,4999 - 0,4952)}{0,9496} = 1,0580$$

Untuk analisa faktor frekuensi (K) pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun metode distribusi Gumbell dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 11. Hasil perhitungan faktor reduksi untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun

No.	Periode Ulang (T)	Reduced Variated (Y_t)	Reduced Mean (Y_n)	Reduced Standard (S_n)	Faktor Frekuensi (K)
1	2	0,3665	0,4952	0,9496	-0,1355
2	5	1,4999	0,4952	0,9496	1,0580
3	10	2,2502	0,4952	0,9496	1,8481
4	25	3,1985	0,4952	0,9496	2,8468
5	50	5,2960	0,4952	0,9496	5,0556
6	100	6,2140	0,4952	0,9496	6,0223

Sumber: Analisis dan perhitungan data

Setelah nilai faktor frekuensi (K) sudah diperoleh, maka selanjutnya menghitung curah hujan periode tahun terulang atau periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun dengan nilai variasi reduksi/*reduced variate* (Yt) untuk masing-masing periode ulang dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 12.

b) Menghitung Curah Hujan Untuk Periode Tahun Terulang 5 Tahun

Pada analisa periode ulang 5 tahun diperoleh berdasarkan rumus metode distribusi Gumbell adalah :

$$X_5 = \bar{X} + (K \times Sd)$$

Dimana :

$$\bar{X} = 155 \text{ (tabel 4.6)}$$

$$K = 1,0580 \text{ (tabel 4.11)}$$

$$Sd = 70,654 \text{ (tabel 4.6)}$$

Sehingga nilai curah hujan didapat

$$X_5 = 155 + (1,0580 \times 70,654) = 229,752 \text{ mm}$$

Untuk analisa curah hujan pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun metode distribusi Gumbell dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 12 Hasil perhitungan curah hujan untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dengan metode distribusi Gumbell

No	Periode Ulang (T)	Rata-rata Curah Hujan (mm) (x)	Standar Deviasi (Sd)	Faktor Frekuensi (K)	Curah Hujan (mm) $X_{Tr} = X + (K \times Sd)$
1	2	155	70,654	-0,1355	145,426
2	5	155	70,654	1,0580	229,752
3	10	155	70,654	1,8481	285,576
4	25	155	70,654	2,8468	356,138
5	50	155	70,654	5,0556	512,199
6	100	155	70,654	6,0223	580,500

Sumber: Analisis dan perhitungan data

2.4. Menghitung Besarnya Curah Hujan Untuk Periode Tahun Terulang (X_{TR}) Metode Distribusi Log Pearson III

Metode Distribusi Log Pearson III digunakan untuk analisis variabel dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekwensi distribusi dari debit minimum (*low flows*). Distribusi Log Pearson Tipe III tidak mempunyai sifat khas koefisien kepeccengan (*Coefisien of skwennes*) atau CS.

Langkah perhitungan besarnya curah hujan untuk periode tahun terulang (x_{tr}) metode Distribusi Log Pearson III sebagai berikut.

Tabel 13 Perhitungan curah hujan rencana metode Distribusi Log Pearson III

No	Curah Hujan (Xi)	(Log Xi)	(Log Xi - Log X)	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³
1	94	1,9731	-0,1842	0,0339	-0,0062
2	97	1,9868	-0,1705	0,0291	-0,0050
3	112	2,0492	-0,1081	0,0117	-0,0013
4	121	2,0828	-0,0745	0,0056	-0,0004
5	125	2,0969	-0,0604	0,0036	-0,0002
6	136	2,1335	-0,0238	0,0006	0,0000
7	140	2,1461	-0,0112	0,0001	0,0000
8	161	2,2068	0,0495	0,0025	0,0001
9	259	2,4133	0,2560	0,0655	0,0168
10	305	2,4843	0,3270	0,1069	0,0350
Jumlah (Σ)	1550	21,5729	0	0,2595	0,0388
Rata-Rata (X)	155	2,1573			
Standar deviasi (Sd)	0,1698				

Sumber: Analisis dan perhitungan data

a) Menghitung Curah Hujan rata – rata Log X didapat dari :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{21,5729}{10} = 2,1573$$

b) Menghitung Standar Deviasi Log X didapat dari :

$$S_d = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{log} X_i - \text{log } \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0,5} = \left[\frac{0,2595}{9} \right]^{0,5} = 0,1698$$

c) Menghitung koefisien Kepenceng C_s atau G didapat dari :

$$C_s \text{ atau } G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{log} X_i - \text{log } \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times (S_d^3)} = \frac{10 \times 0,0388}{(10-1) \times (10-2) \times (0,1698^3)} = 1,1$$

Setelah nilai C_s atau G didapat, maka selanjutnya mencari nilai K_T dihitung berdasarkan nilai periode ulang (T) dan nilai C_s atau G nilai faktor frekuensi (K_T) untuk distribusi Log Pearson III (kepengcengan C_s atau G positif). Nilai C_s atau G positif sebesar 1,1 didapat nilai C_s atau G positif 0,745 dengan periode ulang 5 tahun. Untuk analisa koefisien kepengcengan C_s atau G positif pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 14. Nilai koefisien kepengceng C_s atau G positif periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun

No	Skew Coefficient Cs atau G	Periode Ulang (T)	Variabel Standar (K_T)
1	1,1	2	-0,180
2		5	0,745
3		10	1,341
4		25	2,066
5		50	2,585
6		100	3,087

Sumber: Analisis dan perhitungan data

d) Menghitung Curah Hujan Untuk Periode Tahun Terulang 5 Tahun

Pada analisa periode ulang 5 tahun diperoleh berdasarkan rumus metode distribusi Log Pearson III adalah :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (K_T \times S_d \text{ Log } X)$$

Dimana :

$$\bar{X} = 2,1573 \text{ (tabel 4.13)}$$

$$K_T = 0,745 \text{ (tabel 4.14)}$$

$$S_d \text{ Log } X = 0,1698 \text{ (tabel 4.13)}$$

Sehingga nilai curah hujan didapat

$$\text{Log } X_5 = 2,1573 + (0,745 \times 0,1698) = 2,2838 \text{ mm}$$

$$X_5 = 192,217 \text{ mm}$$

Untuk analisa curah hujan pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun metode distribusi Log Pearson III dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 15. Hasil perhitungan curah hujan untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dengan metode distribusi Log Pearson III

No	Periode Ulang (T)	Rata-rata Curah Hujan (Log X)	Standar Deviasi (Sd Log X)	Variabel Standar (K_T)	Curah Hujan Log (X_T)	
					$\text{Log } X_T = \text{Log } X + (K_T \times S_d \text{ Log } X)$	X_T
1	2	2,1573	0,1698	-0,180	2,1267	133,883
2	5	2,1573	0,1698	0,745	2,2838	192,217
3	10	2,1573	0,1698	1,341	2,3850	242,656
4	25	2,1573	0,1698	2,066	2,5081	322,179
5	50	2,1573	0,1698	2,585	2,5962	394,660
6	100	2,1573	0,1698	3,087	2,6815	480,244

Sumber: Analisis dan perhitungan data

2.5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Berikut ini hasil rekapitulasi hitungan curah hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun metode distribusi Gumbell dan metode Distribusi Log Pearson III.

Tabel 16. Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun

No	Periode Ulang (T)	Curah Hujan Rencana(mm)	
		Metode Distribusi Gumbell	Metode Distribusi Log Pearson III
1	2	145,426	133,883
2	5	229,752	192,217
3	10	285,576	242,656
4	25	356,138	322,179
5	50	512,199	394,660
6	100	580,500	480,244

Sumber: Analisis dan perhitungan data

Hasil curah hujan rencana dari kedua metode distribusi Gumbell dan metode distribusi Log Pearson III memiliki selisih yang jauh berbeda, maka dipilih metode distribusi Gumbell karena memiliki nilai *ekstrim* atau nilai terbesar supaya perhitungan aman. Setelah mendapatkan hasil curah hujan rencana dari kedua metode distribusi Gumbell dan metode distribusi Log Pearson III, maka selanjutnya menghitung waktu konsentrasi (T_c) sesuai panjang saluran dan kemiringan saluran yang ada di lokasi penelitian agar dapat menghitung intensitas curah hujan dan debit 5 tahun.

2.6. Menghitung Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu konsentrasi (T_c) dapat di hitung dengan rumus Kirpich (1940) :

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

$$T_c = \frac{0,0195 \times L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

Dimana :

T_c = Waktu konsentrasi (menit)

L = Jarak dari tempat terjauh ke saluran drainase (m) A= 189 m, B= 221 m, C= 212 m, dan D= 85 m

S = Kemiringan saluran

Seperti terlihat pada gambar dibawah ini data panjang saluran dan kemiringan atau slope.



Gambar 11. Elevasi Saluran di Zona 1 (Area A) Titik A 16 meter



Gambar 12. Elevasi Saluran di Zona 1 (Area A) Titik B 15 meter, Jarak Saluran terjauh 189 meter



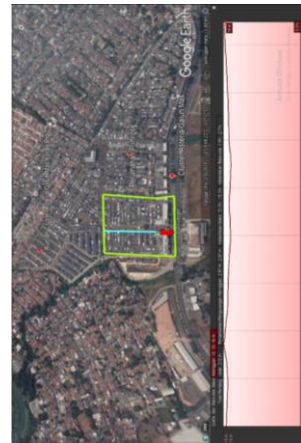
Gambar 13. Elevasi Saluran di Zona 2 (Area B) Titik A 16 meter



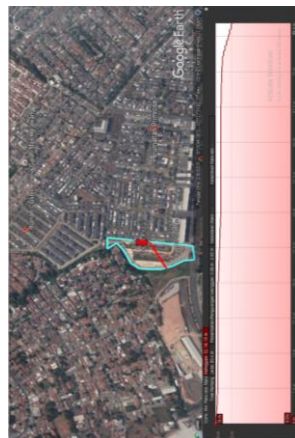
Gambar 14. Elevasi Saluran di Zona 2 (Area B) Titik B 15 meter, Jarak Saluran terjauh 221 meter



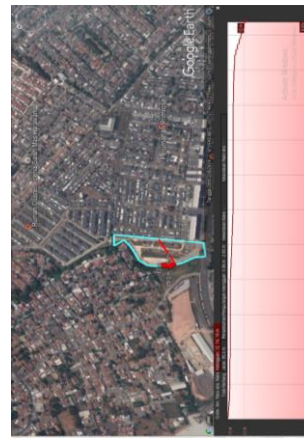
Gambar 15. Elevasi Saluran di Zona 3 (Area C) Titik A 16 meter



Gambar 16. Elevasi Saluran di Zona 3 (Area C) Titik B 15 meter, Jarak Saluran terjauh 212 meter



Gambar 17 Elevasi Saluran di Zona 4 (Area D) Titik A 15 meter



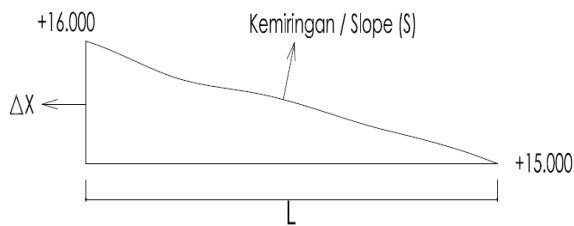
Gambar 18. Elevasi Saluran di Zona 4 (Area D) Titik B 14 meter, Jarak Saluran terjauh 85 meter

Pada gambar 4.3 , 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8. Menarik kesimpulan bahwa elevasi saluran +16 m dan +15 m , panjang saluran Zona 1 (area A) 189 m, Zona 2 (area B) 221 m, dan Zona 3 (area C) 212 m.

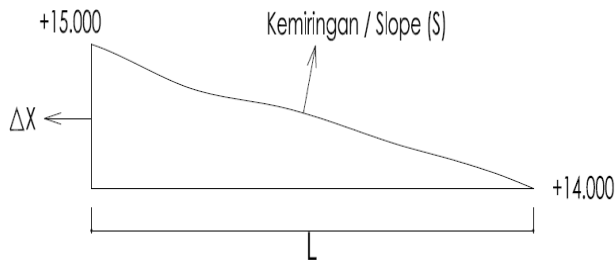
Sedangkan pada gambar 4.9 dan 4.10 dapat menarik kesimpulan bahwa elevasi saluran +15 m dan +14 m, panjang saluran Zona 4 (area D) 85,3 m.

Kemiringan saluran (S) diperoleh dari hasil pengukuran elevasi di *google earth pro*. Berikut dengan jarak horisontal yang didapatkan dari hasil pengukuran.

Kemiringan saluran dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.



Gambar 19. Kemiringan saluran / *slope* Zona 1 (Area A), Zona 2 (Area B), dan Zona 3 (Area C)



Gambar 20. Kemiringan saluran / *slope* Zona 4 (Area D)

$$S_x \left[\frac{\Delta X}{L} \right]$$

Dimana :

ΔX = beda elevasi (mm)

L = Jarak Horisontal (mm)

S = Kemiringan Saluran

$$S_A \left[\frac{16000-15000}{189000} \right] = 0,0053$$

$$T_{CA} = \frac{0,0195 \times 189^{0,77}}{0,0053^{0,385}} = 8,3 \text{ menit} = 0,138 \text{ jam}$$

$$S_B \left[\frac{16000-15000}{221000} \right] = 0,00452$$

$$T_{CB} = \frac{0,0195 \times 221^{0,77}}{0,00452^{0,385}} = 9,953 \text{ menit} = 0,165 \text{ jam}$$

$$S_C \left[\frac{16000-15000}{212000} \right] = 0,00471$$

$$T_{CC} = \frac{0,0195 \times 212^{0,77}}{0,00471^{0,385}} = 9,488 \text{ menit} = 0,158 \text{ jam}$$

$$S_D \left[\frac{15000-14000}{85300} \right] = 0,0117$$

$$T_{CD} = \frac{0,0195 \times 85,3^{0,77}}{0,0117^{0,385}} = 3,316 \text{ menit} = 0,055 \text{ jam}$$

Untuk analisa waktu konsentrasi (T_c) dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 17. Rekapitulasi hasil perhitungan waktu konsentrasi (T_c)

No	Panjang Lahan (m)	Kemiringan (Slope)	Waktu Konsentrasi (jam)
	(L)	(S)	(T_c)
Zona 1	189	0,0053	0,138
Zona 2	221	0,00452	0,165
Zona 3	212	0,00471	0,158
Zona 4	85,3	0,0117	0,055

Sumber Analisis dan perhitungan data

Setelah nilai waktu konsentrasi (T_c) didapat, maka langkah selanjutnya menghitung intensitas hujan dengan waktu periode curah hujan rencana 5 tahun dengan nilai masing-masing

waktu konsentrasi (T_c) Zona 1 = 0,138 jam,
 Zona 2 = 0,165 jam,
 Zona 3 = 0,158 jam dan
 Zona 4 = 0,055 jam.

2.7. Menghitung Intensitas Curah Hujan (I)

Menurut Dr. Mononobe intensitas curah hujan (I) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

R = Curah hujan rancangan setempat (mm)

T_c = Lama waktu konsentrasi (jam)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

a) Menghitung Intensitas Curah Hujan (I) dengan Metode Distribusi Gumbell

Diketahui curah hujan rencana periode ulang 5 tahun sebesar 229,752 mm. Hitung intensitas hujan dengan rumus Mononobe untuk waktu konsentrasi $T_{CA} = 0,138$ jam, $T_{CB} = 0,165$ jam, $T_{CC} = 0,158$ jam, dan $T_{CD} = 0,0362$ jam

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

$$I_A = \frac{229,752}{24} \left(\frac{24}{0,138} \right)^{2/3} = 298,265 \text{ mm/jam}$$

$$I_B = \frac{229,752}{24} \left(\frac{24}{0,165} \right)^{2/3} = 264,768 \text{ mm/jam}$$

$$I_C = \frac{229,752}{24} \left(\frac{24}{0,158} \right)^{2/3} = 272,532 \text{ mm/jam}$$

$$I_D = \frac{229,752}{24} \left(\frac{24}{0,055} \right)^{2/3} = 550,741 \text{ mm/jam}$$

b) Menghitung Intensitas Curah Hujan (I) dengan Metode Distribusi Log Pearson III

Diketahui curah hujan rencana periode ulang 5 tahun sebesar 192,217 mm. Hitung intensitas hujan dengan rumus Mononobe untuk waktu konsentrasi $T_{CA} = 0,138$ jam, $T_{CB} = 0,165$ jam, $T_{CC} = 0,158$ jam, dan $T_{CD} = 0,0362$ jam

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

$$I_A = \frac{192,217}{24} \left(\frac{24}{0,138} \right)^{2/3} = 249,537 \text{ mm/jam}$$

$$I_B = \frac{192,217}{24} \left(\frac{24}{0,165} \right)^{2/3} = 221,513 \text{ mm/jam}$$

$$I_C = \frac{192,217}{24} \left(\frac{24}{0,158} \right)^{2/3} = 228,08 \text{ mm/jam}$$

$$I_D = \frac{192,217}{24} \left(\frac{24}{0,055} \right)^{2/3} = 460,765 \text{ mm/jam}$$

Dari hasil perhitungan dari kedua metode distribusi Gumbell dan metode distribusi Log Pearson III, maka dapat disimpulkan untuk intensitas curah hujan diambil dari hasil yang tertinggi yaitu dari hasil hitungan metode distribusi Gumbell. Berikut ini perbandingan hasil hitungan dari kedua metode distribusi Gumbell dan metode distribusi Log Pearson III intensitas curah hujan periode 2, 5, 25, 50 dan 100 tahun.

Tabel 18. Rekapitulasi hasil perhitungan intensitas curah hujan (I) untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun

No	Periode Ulang (T)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)				Intensitas Curah Hujan (mm/jam)			
		Metode Distribusi Gumbell				Metode Distribusi Log Pearson III			
		I_A	I_B	I_C	I_D	I_A	I_B	I_C	I_D
1	2	188,793	167,591	172,505	348,603	173,808	154,289	158,813	320,933
2	5	298,265	264,768	272,532	550,741	249,537	221,513	228,008	460,765
3	10	370,736	329,100	338,750	684,556	315,018	279,640	287,839	581,674
4	25	462,340	410,417	422,451	853,702	418,254	371,282	382,168	772,297
5	50	664,939	590,263	607,571	1227,796	512,349	454,810	468,146	946,042
6	100	753,609	668,974	688,590	1391,522	623,456	553,438	569,666	1151,198

Sumber Analisis dan perhitungan data

2.8. Menghitung Debit Akibat Curah Hujan (Qah) 5 Tahunan

Untuk menghitung debit akibat curah hujan menggunakan metode rasional dengan rumus $Q_{ah} = 0,00278 \times C \times I \times A$

Dimana :

- Q = Debit rencana dengan masa ulang T tahun ($m^3/detik$)
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam) (Ambil maksimum Pakai Gumbell)
- A = Luas daerah aliran (Km^2)
- $Q_{ah} = 0,00278 \times C \times I \times A$

Diketahui :

$C = A = 0,825 ; B = 0,798 ; C = 0,807 ; D = 0,791$

$I = A = 298,265 \text{ mm/jam}$, $B = 264,768 \text{ mm/jam}$, $C = 272,532 \text{ mm/jam}$ dan $D = 550,741 \text{ mm/jam}$

$A = 0,0223 \text{ km}^2$, $B = 0,0238 \text{ km}^2$, $C = 0,0404 \text{ km}^2$, $D = 0,0139 \text{ km}^2$

Dihitung debit akibat curah hujan (Q_{ah}) dengan metode Rasional

$Q_{ah} = 0,00278 \times C \times I \times A$

$Q_{ah(A)} = 0,00278 \times 0,825 \times 298,265 \text{ mm/jam} \times 0,0223 \text{ km}^2 = 0,0152 \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q_{ah(B)} = 0,00278 \times 0,798 \times 264,768 \text{ mm/jam} \times 0,0238 \text{ km}^2 = 0,0139 \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q_{ah(C)} = 0,00278 \times 0,807 \times 272,532 \text{ mm/jam} \times 0,0404 \text{ km}^2 = 0,0247 \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q_{ah(D)} = 0,00278 \times 0,791 \times 550,741 \text{ mm/jam} \times 0,0139 \text{ km}^2 = 0,0168 \text{ m}^3/\text{detik}$

Berikut ini rekapitulasi hasil hitungan debit akibat curah hujan periode 2, 5, 25, 50 dan 100 tahun.

Tabel 19. Rekapitulasi hasil perhitungan debit akibat curah hujan (Q_{ah}) untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun

No	Periode Ulang (T)	Debit Akibat Curah Hujan (Q_{ah}) (m^3/detik)			
		Qah pada Zona 1	Qah pada Zona 2	Qah pada Zona 3	Qah pada Zona 4
1	2	0,0097	0,0088	0,0156	0,0107
2	5	0,0153	0,0140	0,0247	0,0168
3	10	0,0190	0,0174	0,0307	0,0209
4	25	0,0236	0,0217	0,0383	0,0261
5	50	0,0340	0,0312	0,0551	0,0375
6	100	0,0385	0,0353	0,0624	0,0425

Sumber Analisis dan perhitungan data

2.9. Debit Air Limbah

Dalam perencanaan ini pembuangan air hujan dan air limbah digabung, sehingga kita perlu hitung besaran Q debit air limbah rumah tangga. Dapat dihitung debit air limbah rumah tangga akibat pemakaian air terutama pada jam sibuk 06:00 – 10:00 dan 17:00 – 20:00 sebesar 70% pemakaian

Volume Air Limbah = 80 Ltr / hari (Tabel 2.10 pemakaian kebutuhan air)

Unit Rumah Zona 1 = 211 unit (diasumsikan 1 rumah 4 orang penghuni) = 844 jiwa

Unit Rumah Zona 2 = 250 unit (diasumsikan 1 rumah 4 orang penghuni) = 1000 jiwa

Unit Rumah Zona 3 = 243 unit (diasumsikan 1 rumah 4 orang penghuni) = 972 jiwa

Unit Rumah Zona 4 = 68 unit (diasumsikan 1 rumah 4 orang penghuni) = 272 jiwa

Debit air limbah dapat dihitung dengan rumus :

$Q_{limbah} \text{ Zona A} = \% \text{ rata-rata pemakaian air bersih} \times \text{volume konsumsi air bersih} \times \text{jumlah penduduk}$

$Q_{limbah} \text{ Zona 1} = 0,70 \times 80 \text{ Ltr} \times 844 \text{ jiwa} = 47.264 \text{ Liter} / \text{hari}$
 $= 47.264 \text{ Liter} / \text{hari} : 1000 \text{ m}^3 = 47,264 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 47,264 \text{ m}^3/\text{hari} : 86.400 \text{ detik}$
 $= 0,00055 \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q_{limbah} \text{ Zona 2} = 0,70 \times 80 \text{ Ltr} \times 1000 \text{ jiwa} = 56.000 \text{ Liter} / \text{hari}$
 $= 56.000 \text{ Liter} / \text{hari} : 1000 \text{ m}^3 = 56 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 56 \text{ m}^3/\text{hari} : 86.400 \text{ detik}$
 $= 0,00065 \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q_{limbah} \text{ Zona 3} = 0,70 \times 80 \text{ Ltr} \times 972 \text{ jiwa} = 54.432 \text{ Liter} / \text{hari}$
 $= 54.432 \text{ Liter} / \text{hari} : 1000 \text{ m}^3 = 54,432 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 54,432 \text{ m}^3/\text{hari} : 86.400 \text{ detik}$
 $= 0,00063 \text{ m}^3/\text{detik}$

$Q_{limbah} \text{ Zona 4} = 0,70 \times 80 \text{ Ltr} \times 272 \text{ jiwa} = 15.232 \text{ Liter} / \text{hari}$
 $= 15.232 \text{ Liter} / \text{hari} : 1000 \text{ m}^3 = 15,232 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$= 15,232 \text{ m}^3/\text{hari} : 86.400 \text{ detik}$$

$$= 0,00018 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi Q_{total} per zona adalah :

Qzona 1 = $Q_{\text{limbah}} + Q_{\text{ah}}$
 $= 0,00055 + 0,0153$
 $= 0,01585 \text{ m}^3 / \text{detik}$

Qzona 2 = $Q_{\text{limbah}} + Q_{\text{ah}}$
 $= 0,00065 + 0,0140$
 $= 0,01465 \text{ m}^3 / \text{detik}$

Qzona 3 = $Q_{\text{limbah}} + Q_{\text{ah}}$
 $= 0,00063 + 0,0247$
 $= 0,02533 \text{ m}^3 / \text{detik}$

Qzona 4 = $Q_{\text{limbah}} + Q_{\text{ah}}$
 $= 0,00018 + 0,0168$
 $= 0,01698 \text{ m}^3 / \text{detik}$

Tabel 20. Debit Rencana serta Limbah

No	Periode Ulang	Saluran	Qttotal ($Q_{\text{rencana}} + Q_{\text{limbah}}$)	Slope (S)	Manning (Tabel 2.12) (n)
	Tahun		(m^3/detik)		
1	5	Zona 1	0,01585	0,0053	0,015
2	5	Zona 2	0,01465	0,00452	0,015
3	5	Zona 3	0,02533	0,00471	0,015
4	5	Zona 4	0,01698	0,0117	0,015

Sumber Analisis dan perhitungan data

Tabel 21. Aliran Air

Q(m^3/detik)	b / h	V (m/detik)	m	k	Keterangan
0,000 – 0,050	1,0	Min. 0,25	1	35	Catatan :
0,050 – 0,150	1,0	0,25 – 0,30	1	35	* $b_{\text{min}} = 0,30 \text{ m}$
0,150 – 0,300	1,0	0,30 – 0,35	1	35	* $Q = A \cdot V$
0,300 – 0,400	1,5	0,35 – 0,40	1	35	$Q = \text{m}^3/\text{det}$
0,400 – 0,500	1,5	0,40 – 0,45	1	35	A = luas , m^2
0,500 – 0,750	2,0	0,45 – 0,50	1	40	V = kec, m/det
0,750 – 1,500	2,0	0,50 – 0,55	1	40	$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$
1,500 – 3,000	2,5	0,55 – 0,60	1,5	40	$R = A/P$
3,000 – 4,500	3,0	0,60 – 0,65	1,5	40	P = kel basah
4,500 – 6,000	3,5	0,65 – 0,70	1,5	42,5	I = miring saluran
6,000 – 10,00	4,0	0,70	1,5	42,5	$V = 0,41 Q^{0,225}$
>10	5	0,8	2	45	

2.10 Menghitung Dimensi Penampang Saluran Periode Terulang 5 Tahun Dimensi Penampang Saluran Tersier Zona 1

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0,0223 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
	b =	0,32 m
	h =	0,44 m
	m =	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran =		
	A =	h (b+m.h)
	=	0,44 (0,32 + (1 x 0,44))
	=	0,33 m ²
Keliling penampang basah saluran =		
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,32 + 2(0,44)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	1,564 m

Jari – jari hidrolis = R = A/P		
	=	0,33 / 1,564 = 0,211 m
Kemirirangan saluran (Slope) = S = 0,0053		
Tc	=	0,138 jam (tabel 17)
Kecepatan dengan rumus Stickler =		
	V =	K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
	=	35 x 0,211 ^{2/3} x 0,0053 ^{1/2}
	=	0,903 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h		
	=	1/3 x 0,44
	=	0,146 m
Q = V x A		
Qeks = 0,903 x 0,33		
	=	0,2979 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Tersier

Diketahui :

Q	=	0,2979 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	0,903 m/det
m	=	1:1
k	=	35
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	0,903 x 2h ²
0,2979	=	1,806 h ²
h ²	=	0,2979 / 1,806
h	=	√(0,2979 / 1,806)
	=	0,406 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 0,406
	=	0,135 m

Dimensi Penampang Saluran Tersier Zona 2

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0,0238 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
	b =	0,32 m
	h =	0,44 m
	m =	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran =		
	A =	h (b+m.h)
	=	0,44 (0,32 + (1 x 0,44))
	=	0,33 m ²
Keliling penampang basah saluran =		
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,32 + 2(0,44)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	1,564 m

Jari – jari hidrolis = R = A/P		
	=	0,33 / 1,564 = 0,211 m
Kemirirangan saluran (Slope) = S = 0,00452		
Tc	=	0,165 jam (tabel 17)
Kecepatan dengan rumus Stickler =		
	V =	K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
	=	35 x 0,211 ^{2/3} x 0,00452 ^{1/2}
	=	0,834 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h		
	=	1/3 x 0,44
	=	0,146 m
Q = V x A		
Qeks = 0,834 x 0,33		
	=	0,2752 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Tersier

Diketahui :

Q	=	0,2752 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	0,834 m/det
m	=	1:1
k	=	35
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	0,834 x 2h ²
0,2979	=	1,668 h ²
h ²	=	0,2752 / 1,668
h	=	√(0,2752 / 1,668)
	=	0,406 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 0,406
	=	0,135 m

Dimensi Penampang Saluran Tersier Zona 3

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0,0404 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
b	=	0,32 m
h	=	0,44 m
m	=	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran	=	
A =	h (b+m.h)	
	= 0,44 (0,32 + (1 x 0,44))	
	= 0,33 m ²	
Keliling penampang basah saluran	=	
P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}	
	= 0,32 + 2(0,44)((1+1 ²) ^{0,5})	
	= 1,564 m	

Jari – jari hidrolis	= R = A/P
	= 0,33 / 1,564 = 0,211 m
Kemiringan saluran (Slope) = S	= 0,00471
Tc	= 0,158 jam (tabel 17)
Kecepatan dengan rumus Stickler =	
V	= K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
	= 35 x 0,211 ^{2/3} x 0,00471 ^{1/2}
	= 0,851 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h	
	= 1/3 x 0,44
	= 0,146 m
Q = V x A	
Qeks	= 0,851 x 0,33
	= 0,2808 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Tersier

Diketahui :

Q	=	0,2808 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	0,851 m/det
m	=	1:1
k	=	35
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	0,851 x 2h ²
0,2808	=	1,702 h ²
h ²	=	0,2808 / 1,702
h	=	√(0,2808 / 1,702)
	=	0,406 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 0,406
	=	0,135 m

Dimensi Penampang Saluran Tersier Zona 4

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0,0139 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
	b =	0,32 m
	h =	0,44 m
	m =	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran =		
	A =	h (b+m.h)
	=	0,44 (0,32 + (1 x 0,44))
	=	0,33 m ²
Keliling penampang basah saluran =		
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,32 + 2(0,44)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	1,564 m

Jari – jari hidrolis = R = A/P	=	0,33 / 1,564 = 0,211 m
Kemiringan saluran (Slope) = S = 0,0117		
Tc = 0,055 jam (tabel 17)		
Kecepatan dengan rumus Stickler =		
	V =	K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
	=	35 x 0,211 ^{2/3} x 0,0117 ^{1/2}
	=	1,342 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h		
	=	1/3 x 0,44
	=	0,146 m
Q = V x A		
Qeks = 1,342 x 0,33		
	=	0,4429 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Tersier

Diketahui :

Q	=	0,4429 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	1,342 m/det
m	=	1:1
k	=	35
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	1,342 x 2h ²
0,4429	=	2,684 h ²
h ²	=	0,4429 / 2,684
h	=	√(0,4429 / 2,684)
	=	0,406 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 0,406
	=	0,135 m

Dimensi Penampang Saluran Sekunder Zona 1

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0,0223 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
	b =	0,70 m
	h =	0,80 m
	m =	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran =		
	A =	h (b+m.h)
	=	0,80 (0,70 + (1 x 0,80))
	=	1,215 m ²
Keliling penampang basah saluran =		
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,70 + 2(0,80)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	2,963 m

Jari – jari hidrolis = R = A/P	=	1,215/2,963 = 0,410 m
Kemiringan saluran (Slope) = S = 0,0053		
Tc = 0,138 jam (tabel 17)		
Kecepatan dengan rumus Stickler =		
	V =	K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
	=	35 x 0,410 ^{2/3} x 0,0053 ^{1/2}
	=	1,406 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h		
	=	1/3 x 0,80
	=	0,267 m
Q = V x A		
Qeks = 1,406 x 1,215		
	=	1,7083 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Tersier

Diketahui :

Q	=	1,7083 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	1,406 m/det
m	=	1:1
k	=	35
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	2,812 x 2h ²
1,7083	=	2,812 h ²
h ²	=	1,7083 / 2,812
h	=	√(1,7083 / 2,812)
	=	0,779 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 0,779
	=	0,259 m

Dimensi Penampang Saluran Sekunder Zona 2

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0,0238 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
	b =	0,70 m
	h =	0,80 m
	m =	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran =		
	A =	h (b+m.h)
	=	0,80 (0,70 + (1 x 0,80))
	=	1,215 m ²
Keliling penampang basah saluran =		
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,70 + 2(0,80)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	2,963 m

Jari – jari hidrolis	=	R = A/P
	=	1,215/2,963 = 0,410 m
Kemiringan saluran (Slope) = S	=	0,00452
Tc	=	0,165 jam (tabel 17)
Kecepatan dengan rumus Stickler =		
	V =	K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
	=	35x0,410 ^{2/3} x 0,00452 ^{1/2}
	=	1,298 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h		
	=	1/3 x 0,80
	=	0,267 m
Q = V x A		
Qeks	=	1,298 x 1,215
	=	1,5771 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Tersier

Diketahui :

Q	=	1,5771 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	1,298 m/det
m	=	1:1
k	=	35
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	1,298 x 2h ²
1,5771	=	2,596 h ²
h ²	=	1,5771 / 2,596
h	=	√(1,5771 / 2,596)
	=	0,779 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 0,779
	=	0,259 m

Dimensi Penampang Saluran Sekunder Zona 3

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0.0404 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
	b =	0,70 m
	h =	0,80 m
	m =	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran =		
	A =	h (b+m.h)
	=	0,80 (0,70 + (1 x 0,80))
	=	1,215 m ²
Keliling penampang basah saluran =		
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,70 + 2(0,80)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	2,963 m

Jari – jari hidrolis = R = A/P	
=	1,215/2,963 = 0,410 m
Kemiringan saluran (Slope) = S = 0,00471	
Tc =	0,158 jam (tabel 17)
Kecepatan dengan rumus Stickler =	
V =	K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
=	35 x 0,410 ^{2/3} x 0,00471 ^{1/2}
=	1,326 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h	
=	1/3 x 0,80
=	0,267 m
Q = V x A	
Qeks =	1,326 x 1,215
=	1,6111 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Tersier

Diketahui :

Q =	1,6111 m ³ /det
b/h =	b=h
Vsal =	1,326 m/det
m =	1:1
k =	35
A =	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P =	b + 2h √(1 + m ²)
=	h + 2h √(1 + 1 ²)
=	3,828 h
R =	A / P = 2h ² / 3,828 h
=	0,522 h

Q =	v x A
=	1,326 x 2h ²
1,6111 =	2,652 h ²
h ² =	1,6111 / 2,652
h =	√(1,6111 / 2,652)
=	0,779 m
W =	1/3 h
=	1/3 x 0,779
=	0,259 m

Dimensi Penampang Saluran Sekunder Zona 4

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0.0404 km ²
Koef Stickler (k)	=	35
	b =	0,70 m
	h =	0,80 m
	m =	1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran =		
	A =	h (b+m.h)
	=	0,80 (0,70 + (1 x 0,80))
	=	1,215 m ²
Keliling penampang basah saluran =		
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,70 + 2(0,80)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	2,963 m

Jari – jari hidrolis = R = A/P	
=	1,215/2,963 = 0,410 m
Kemiringan saluran (Slope) = S = 0,0117	
Tc =	0,055 jam (tabel 17)
Kecepatan dengan rumus Stickler =	
V =	K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
=	35 x 0,410 ^{2/3} x 0,0117 ^{1/2}
=	2,089 m/det
Tinggi jagaan = W = 1/3 h	
=	1/3 x 0,80
=	0,267 m
Q = V x A	
Qeks =	2,089 x 1,215
=	2,5381 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Sekunder

Diketahui :

Q	=	2,5381 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	2,089 m/det
m	=	1:1
k	=	35
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	2,089 x 2h ²
2,5381	=	4,178 h ²
h ²	=	2,5381 / 4,178
h	=	√(2,5381 / 4,178)
	=	0,779 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 0,779
	=	0,259 m

Dimensi Penampang Saluran Primer

Diketahui Eksisting:

Luas Lahan	=	0,0543 km ²
Koef Stickler (k)	=	40
	b	= 0,975 m
	h	= 1,20 m
	m	= 1
Kekasaran manning (n)	=	0,015
Luas Penampang basah Saluran	=	
	A =	h (b+m.h)
	=	1,20 (0,975 + (1 x 1,20))
	=	2,61 m ²
Keliling penampang basah saluran	=	
	P =	b + 2h(1+m ²) ^{0,5}
	=	0,975 + 2(1,20)((1+1 ²) ^{0,5})
	=	4,369 m

Jari – jari hidrolis	=	R = A/P
	=	2,61 / 4,369 = 0,597 m
Kemiringan saluran (Slope)	=	S = 0,0117
Tc	=	0,055 jam (tabel 17)
Kecepatan dengan rumus Stickler	=	
	V	= K x R ^{2/3} x S ^{1/2}
	=	40 x 0,597 ^{2/3} x 0,0117 ^{1/2}
	=	3,067 m/det
Tinggi jagaan	=	W = 1/3 h
	=	1/3 x 1,20
	=	0,40 m
	Q	= V x A
Qeks	=	3,067 x 2,61
	=	8,0048 m ³ /det

Perencanaan Dimensi Saluran Sekunder

Diketahui :

Q	=	8,0048 m ³ /det
b/h	=	b=h
Vsal	=	3,067 m/det
m	=	1:1
k	=	40
A	=	bh + mh ² = h.h + 1.h ² = 2h ²
P	=	b + 2h √(1 + m ²)
	=	h + 2h √(1 + 1 ²)
	=	3,828 h
R	=	A / P = 2h ² / 3,828 h
	=	0,522 h

Q	=	v x A
	=	3,067 x 2h ²
8,0048	=	6,134 h ²
h ²	=	8,0048 / 6,134
h	=	√(8,0048 / 6,134)
	=	1,142 m
W	=	1/3 h
	=	1/3 x 1,142
	=	0,381 m

Jadi dengan hitungan diatas diambil kesimpulan bahwa

Tabel 22. Saluran Tersier

No	Saluran Tersier	Qs m ³ /det	Saluran Eksisting				V m/det	Saluran Rencana				Qr m ³ /det	Kesimpulan Qs ≥ Qr	Kesimpulan
			h m	b m	A m ²	W m		h m	b m	A m ²	W m			
1	Zona 1	0,2979	0,44	0,32	0,33	0,146	0,903	0,406	0,406	0,329	0,135	0,2971	OK	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, saluran existing masih aman di gunakan
2	Zona 2	0,2751	0,44	0,32	0,33	0,146	0,834	0,406	0,406	0,329	0,135	0,2744	OK	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, saluran existing masih aman di gunakan
3	Zona 3	0,2808	0,44	0,32	0,33	0,146	0,851	0,406	0,406	0,329	0,135	0,2800	OK	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, saluran existing masih aman di gunakan
4	Zona 4	0,4429	0,44	0,32	0,33	0,146	1,342	0,406	0,406	0,329	0,135	0,4415	OK	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, saluran existing masih aman di gunakan

Tabel 23. Saluran Sekunder

No	Saluran Sekunder	Qs m ³ /det	Saluran Eksisting				V m/det	Saluran Rencana				Qr m ³ /det	Kesimpulan Qs ≥ Qr	Kesimpulan
			h m	b m	A m ²	W m		h m	b m	A m ²	W m			
1	Zona 1	1,7083	0,80	0,70	1,215	0,267	1,406	0,779	0,779	1,214	0,259	1,7069	OK	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, saluran existing masih aman di gunakan
2	Zona 2	0,2751	0,80	0,70	1,215	0,267	0,834	0,779	0,779	1,214	0,259	1,0125	NO	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, sebaiknya mengikuti dimensi saluran rencana
3	Zona 3	0,2808	0,80	0,70	1,215	0,267	0,851	0,779	0,779	1,214	0,259	1,0331	NO	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, sebaiknya mengikuti dimensi saluran rencana
4	Zona 4	0,4429	0,80	0,70	1,215	0,267	1,342	0,779	0,779	1,214	0,259	1,6292	NO	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, sebaiknya mengikuti dimensi saluran rencana

Tabel 24 Saluran Primer

Jenis Saluran	Qs m ³ /det	Saluran Eksisting				V m/det	Saluran Rencana				Qr m ³ /det	Kesimpulan Qs ≥ Qr	Kesimpulan
		h m	b m	A m ²	W m		h m	b m	A m ²	W m			
Saluran Primer	8,0048	1,20	0,975	2,610	0,400	3,067	1,142	1,142	2,608	0,381	7,9987	OK	Setelah kita melakukan perhitungan dimensi saluran existing, saluran existing masih aman di gunakan

3. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisa telah dilakukan maka dapat kita bandingkan atau simpulkan antara hasil perhitungan dimensi drainase rencana dan dimensi drainase existing pada Perumahan Galuh Mas Karawang Barat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pada saluran tersier, dimensi eksisting dengan ukuran b=32 cm dan h=44 cm dengan menggunakan jenis saluran terbuka / u-ditch dengan Q maximal= 0,2979 m³/det. Sedangkan hasil penelitian dimensi rata-rata adalah b=40,6 cm dan h=40,6 cm dengan Q rencana = 0,2971 m³/det. Sehingga hasil dari perhitungan saluran tersier diatas dimensi saluran existing masih aman digunakan.
2. Pada saluran sekunder, dimensi eksisting dengan ukuran b=70 cm dan h=80 cm dengan menggunakan jenis saluran terbuka / u-ditch dengan Q maximal 0,2751 m³/det. Sedangkan hasil penelitian dimensi rata-rata adalah b=77,9 cm dan h=77,9 cm dengan Q rencana =1,0125 m³/det. Sehingga hasil dari perhitungan

saluran Sekunder diatas, dimensi saluran existing harus disesuaikan dengan dimensi saluran rencana.

3. Pada saluran Primer, dimensi eksisting dengan ukuran $b=97,5$ cm dan $h=120$ cm dengan menggunakan jenis saluran terbuka / u-ditch dengan Q maksimal $8,0048$ m³/det. Sedangkan hasil penelitian dimensi adalah $b=114,2$ cm dan $h=114,2$ cm dengan Q rencana $=7,9987$ m³/det. Sehingga hasil dari perhitungan saluran Primer diatas dimensi saluran existing masih aman digunakan.

b. Saran

Agar mampu menampung debit air hujan dan air limbah rumah tangga, peran masyarakat sekitar sangat penting dalam pemeliharaan saluran drainase yang sudah ada, yaitu :

1. Dengan melakukan perawatan membersihkan saluran dari lumpur yang mengendap sehingga pada saat debit puncak akan mengurangi terjadinya genangan air disekitr saluran,
2. Masyarakat juga harus saling menjaga agar tidak membuang sampah di saluran yang berakibat menghambat laju aliran air.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, Hidrologi Terapan, DEA, ISBN :978-979-40-07, Yogyakarta, Penerbit: Beta Offset, 2008
- Lily Montarcih Limantara, Rekayasa Hidrologi, ISBN: 978-979-29-7021-0, Yogyakarta Penerbit ANDI, 2018
- Ven Te Cwou, Alih Bahasa E.V. Nensi Rosalina, Hidrolika Saluran Terbuka, Penerbit ERLANGGA, Jakarta, 1997.

BIODATA PENULIS

	<p>Ahmad Arifin. K. ST. Saat ini bekerja di PT. Galuh Citarum (Galuh Mas) – Developer. Meraih gelar Sarjana Teknik Sipil (S1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borobudur pada tahun 2020.</p>
	<p>Bimo Priambudi, ST. Meraih gelar Sarjana Teknik Sipil (S1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borobudur pada tahun 2020.</p>
	<p>Silviati. S. Lahir di Jakarta. Saat ini merupakan Dosen Tetap Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borobudur. Meraih gelar Sarjana Teknik Sipil (S1) di Prodi Teknik Sipil Universitas Indonesia dan memperoleh gelar Magister Manajemen (S2) di Program Pasca Sarjana Universitas Borobudur 1 Desember 1999.</p>
	<p>Mita Novitawaty. Lahir di Medan. Saat ini merupakan Dosen Tetap di Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Borobudur. Meraih gelar Sarjana Teknik Arsitektur (S1) di Departemen Teknik Arsitektur Institut Teknologi Bandung dan memperoleh gelar Magister Manajemen (S2) di Program Pasca Sarjana Universitas Borobudur.</p>