

## PERENCANAAN DRAINASE DI KAWASAN PUSAT KOTA PALOPO

Andi Kartini Sari S.T.,M.Eng.

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Andi Djemma Palopo

email: [tin\\_sary@yahoo.com](mailto:tin_sary@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Kawasan pusat kota Palopo merupakan kawasan yang dipadati oleh fasilitas-fasilitas seperti pusat perbelanjaan, pertokoan, perkantoran, rumah makan, pasar tradisional, hotel, bank dan pemukiman warga. Setiap kali turun hujan menyebabkan Genangan air yang memberikan dampak yang negatif antara lain kerusakan jalan, serta terganggunya aktivitas warga di kawasan tersebut. Untuk menanggulangi masalah genangan yang sering terjadi perlu perencanaan sistem drainase yang baik di kawasan pusat kota. Untuk mengidentifikasi masalah genangan air, Dilakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit saluran rencana berdasarkan data curah hujan yang telah diperoleh. Dalam perencanaan drainase ini direncanakan pula dimensi saluran drainase dan bangunan pelintas (gorong – gorong). Dari hasil perencanaan sistem drainase, diperoleh hasil untuk dimensi drainase yakni  $b = 2,4$  m dan  $h = 1,6$  m  $W = 0,7$  m dan  $Q = 1,95$  m<sup>3</sup>/det, dengan bentuk saluran trapesium. Untuk bangunan pelintas (gorong – gorong) diperoleh hasil untuk dimensi gorong – gorong yakni  $b = 1,7$  m dan  $h = 2,3$  m  $W = 0,9$  m dan  $Q = 8,1$  m<sup>3</sup>/det, dengan bentuk gorong – gorong segiempat.*

*Kata kunci : analisis hidrologi, debit rencana, drainase.*

### PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk perkotaan yang amat pesat di Indonesia Khususnya Kota Palopo, pada umumnya melampaui kemampuan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan diantaranya permasalahan drainase perkotaan. Akibatnya Permasalahan banjir / genangan semakin meningkat pula. Pada umumnya penanganan sistem drainase di banyak kota di Indonesia masih

bersifat parsial, sehingga tidak menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan secara tuntas .

Air hujan yang jatuh dapat menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan. Dalam kondisi air normal air hujan ketika jatuh ke tanah sebagian besar masuk ke dalam tanah, sebagian lainnya dialirkan, dan sebagian lainnya menguap. Air hujan menjadi permasalahan ketika air tersebut tidak masuk ke dalam tanah (infiltrasi), tidak dialirkan dan menyebabkan timbulnya genangan atau biasa diterjemahkan secara bebas sebagai banjir. Banjir umumnya disebabkan curah hujan yang tinggi disertai dengan tidak memadainya kapasitas sistem drainase. Hampir semua sistem prinsip pada paradigma lama, yakni suatu model drainase mendesain agar aliran runoff secepat mungkin dibuang ke sungai. Ironisnya, prinsip ini pun tidak didukung dimensi bangunan yang cukup. Salah satu daerah yang mengalami permasalahan tersebut adalah Kota Palopo. Daerah ini merupakan salah satu wilayah yang rentan dalam permasalahan ini, karena belum memiliki sistem drainase yang memadai. Dengan intensitas hujan yang cukup tinggi, potensi banjir/genangan sangatlah mungkin terjadi. Konsep perencanaan drainase dengan mempertimbangkan faktor-faktor hidrologi dan fenomena fisik daerah, diharapkan dapat membantu dalam memecahkan permasalahan banjir di daerah tersebut.

## **TUJUAN DAN LINGKUP ANALISIS**

### **TUJUAN ANALISIS**

Tujuan kajian ini antara lain adalah mengevaluasi permasalahan banjir pada sistem drainase dan menyusun rencana sistem drainase ( dimensi saluran, dan dimensi bangunan pelengkap) di kawasan Pusat Kota Palopo sehingga diharapkan bisa membantu dalam memecahkan permasalahan banjir di daerah tersebut.

### **LINGKUP ANALISIS**

Kajian perencanaan sistem drainase mencakup kajian-kajian sebagai berikut:

1. Pengujian data awal, normalisasi data dan transformasi data curah hujan serta tipe distribusi curah hujan yang paling cocok.
2. Penghitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel, Hasper dan Iwai.
3. Penghitungan nilai intensitas hujan dengan metode Talbot dan Sherman.
4. Penghitungan nilai debit rencana.
5. Penghitungan dimensi rencana saluran drainase dan bangunan pelengkap.

## TINJAUAN PUSTAKA

### **Definisi Drainase**

Drainase adalah suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara - cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air. Maksud dan tujuan drainase adalah membuang air di atas permukaan tanah yang berlebihan atau menurunkan atau menjaga muka air tanah agar tidak terjadi genangan, sehingga akibat negatif dengan adanya genangan dapat dihindari (Soehardjono,1984 : 3 ).

### **Analisis Hidrologi**

Untuk keperluan rencana sistem drainase, data hidrologi yang sangat diperlukan adalah data curah hujan dari stasiun pengamatan hujan daerah kajian. Data ini harus dikumpulkan dengan jangka waktu cukup panjang yang diambil dari beberapa stasiun penakar hujan di daerah kajian studi. Dengan data pengamatan pada masing-masing stasiun penakar hujan tersebut diambil curah hujan rerata masing-masing daerah. Dalam perhitungan curah hujan rancangan maksimum digunakan analisis frekuensi yang sesuai dengan data-data yang diperoleh. Untuk mengetahui kebenaran dari analisis frekuensi yang digunakan, maka diperlukan uji kecocokan distribusi frekuensi.

### **Curah Hujan Pengamatan**

Curah hujan dapat diukur menggunakan alat ukur hujan yang umumnya disebut alat ukur hujan (*Rain Gauge*). Satuan untuk mengukur curah hujan adalah mm. Nilai ini menunjukkan bahwa tebal air hujan menutup di atas permukaan bumi setebal 1

mm, dan zat cair itu tidak meresap ke dalam tanah atau tidak menguap kembali ke atmosfer. Jenis alat pengukur curah hujan dibedakan menjadi dua yaitu:

- alat ukur hujan biasa (AUHB) atau *rain gauge* (RG)
- alat ukur hujan otomatis (AUHO) atau *automatic rain fall recorder* (ARR)

### **Analisa Debit Rencana**

Debit rencana adalah besarnya debit yang direncanakan untuk suatu periode waktu yang direncanakan. Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan keras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Suatu DAS dianggap kecil bila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam ruang dan waktu.

### **Intensitas Curah Hujan**

Intensitas hujan adalah kedalaman air hujan atau tinggi air hujan per satuan waktu (Suripin, 2004). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya, makin tinggi pula intensitasnya. Jika yang tersedia adalah data curah hujan jangka pendek maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus **Talbot**, **Sherman** dan **Ishiguro**. Namun apabila data hujan jangka pendek/menitan tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus **Mononobe** (Suripin, 2004).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Analisis Curah Hujan Maksimum Tahunan**

Data hidrologi dalam penelitian ini dipakai data curah hujan dari AWLR PT INCO Tbk, Dalam pengolahan data curah hujan ini diambil dari tinjauan curah hujan harian maksimum (mm) seperti disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Curah Hujan AWLR PT. INCO.Tbk**

Hari	Curah Hujan (mm)		
	Pembacaan bulan		
	Januari	Maret	Mey
1	107,07	127,22	132,48
2	111,32	132,67	126,59
3	117,99	125,93	127,43
4	119,64	128,19	130,12
5	114,55	127,21	130,98
6	119,43	129,94	124,90
7	117,81	125,32	123,32
8	125,07	129,45	128,27
9	122,13	123,12	126,69
10	123,00	123,34	130,23
11	127,21	129,23	133,54
12	124,51	135,54	133,89
13	122,49	131,43	124,76
14	122,97	132,53	124,22
15	129,48	129,32	121,51
16	127,24	125,76	126,88
17	128,75	128,56	121,23
18	125,95	132,21	126,67
19	131,11	131,97	122,56
20	137,49	130,21	124,80
21	138,48	126,77	117,32
22	136,79	123,83	115,64
23	131,85	127,12	118,27
24	133,53	126,32	117,43
25	133,53	122,92	113,22
26	133,69	119,85	119,11

27	131,85	120,69	120,10
28	129,32	117,32	116,69
29	132,69	114,90	115,85
30	130,16	111,43	114,16
31	131,00	113,11	109,95

### Analisis Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan menggunakan metode Gumbel, Hasper dan Iwai.

Menentukan Curah Hujan maksimum

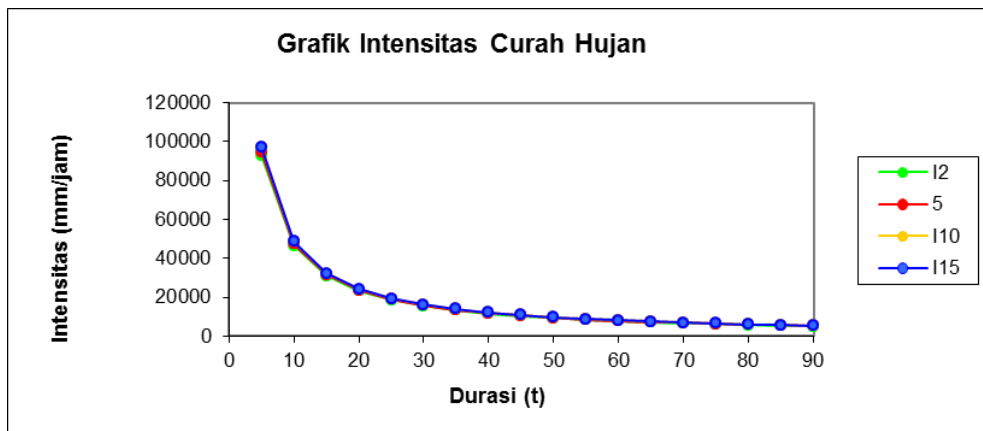
No	Periode Ulang	Curah Hujan ( mm )			
		Metode			Maks
		Hasper	Iwai	Gumbel	
1	2	129,10	61,367	124,417	129,10
2	5	131,55	67,003	130,793	131,55
3	10	133,31	70,094	135,015	135,01
4	15	134,36	71,669	135,01	135,01

### Analisis Intensitas Hujan

Perhitungan Intensitas Hujan dilakukan dengan menggunakan metode Talbot dan Sherman.

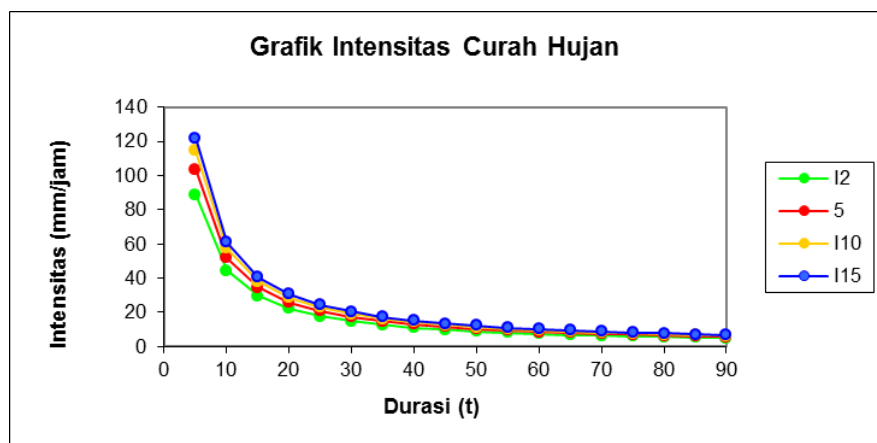
Durasi (t)	Intensitas Curah Hujan (I)			
	mm/jam			
Menit	I <sub>2</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>10</sub>	I <sub>15</sub>
5	92953,36531	94713,02641	97210,61957	97210,61957
10	46476,68266	47356,5132	48605,30979	48605,30979

15	30984,4551	31571,0088	32403,53986	32403,53986
20	23238,34133	23678,2566	24302,65489	24302,65489
25	18590,67306	18942,60528	19442,12391	19442,12391
30	15492,22755	15785,5044	16201,76993	16201,76993
35	13279,05219	13530,43234	13887,23137	13887,23137
40	11619,17066	11839,1283	12151,32745	12151,32745
45	10328,1517	10523,6696	10801,17995	10801,17995
50	9295,336531	9471,302641	9721,061957	9721,061957
55	8450,305937	8610,275128	8837,329052	8837,329052
60	7746,113776	7892,752201	8100,884965	8100,884965
65	7150,25887	7285,617416	7477,739967	7477,739967
70	6639,526094	6765,216172	6943,615684	6943,615684
75	6196,891021	6314,20176	6480,707972	6480,707972
80	5809,585332	5919,56415	6075,663723	6075,663723
85	5467,845018	5571,354494	5718,27174	5718,27174
90	5164,075851	5261,8348	5400,589976	5400,589976



Intensitas Curah Hujan Dengan Metode Talbot

Durasi (t)	Intensitas Curah Hujan (I)			
	mm/jam			
Menit	I <sub>2</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>10</sub>	I <sub>15</sub>
5	88,89796151	103,9051582	114,8027896	122,2579694
10	44,44898076	51,95257909	57,40139481	61,12898469
15	29,63265384	34,63505273	38,26759654	40,75265646
20	22,22449038	25,97628955	28,70069741	30,56449235
25	17,7795923	20,78103164	22,96055793	24,45159388
30	14,81632692	17,31752636	19,13379827	20,37632823
35	12,69970879	14,84359403	16,40039852	17,4654242
40	11,11224519	12,98814477	14,3503487	15,28224617
45	9,877551279	11,54501758	12,75586551	13,58421882
50	8,889796151	10,39051582	11,48027896	12,22579694
55	8,081632865	9,445923472	10,43661724	11,11436085
60	7,408163459	8,658763182	9,566899136	10,18816412
65	6,838304732	7,992704476	8,830983817	9,404459183
70	6,349854394	7,421797013	8,200199259	8,732712099
75	5,926530767	6,927010546	7,653519308	8,150531292
80	5,556122594	6,494072387	7,175174352	7,641123086
85	5,229291854	6,112068129	6,753105272	7,191645258
90	4,938775639	5,772508788	6,377932757	6,79210941





## Debit Rencana

Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan persamaan Rasional.

Saluran A1 - A2

~ *Limpasan dari Lahan:*

Direncanakan tidak menerima limpasan dari lahan.

~ *Limpasan dari Jalan:*

Data-data sbb :

$$\begin{array}{lclcl} A & = & 1,56 & \text{Ha} & st & = & 2,0 \% \\ Lt & = & 125,14 \text{ m} & & C & = & 0,7 \\ Ls & = & 125 \text{ m} & & & & \end{array}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} t_o &= 0,0197 \left( \frac{Lt}{(st) \cdot 1} \right)^1 \\ &= 0,0197 \left( \frac{125,1439172}{(2,000) \cdot 1} \right)^1 = 0,6217 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_d &= \frac{Ls}{v} \longrightarrow \text{diasumsikan } v = 0,95 \text{ m/s} \\ &= \frac{125}{0,95} = 131,58 \text{ detik} = 2,193 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_c &= t_o + t_d \\ &= 0,6217 + 2,193 = 2,815 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$C_s = \frac{2 \cdot t_c}{2 \cdot t_c + t_d} = \frac{2 \cdot 2,815}{(2 \cdot 2,815) + 2,19} = 0,71$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{R}{24} \times \left[ \frac{24}{t_c / 60} \right]^{2/3} \\ &= \frac{129,1019}{24} \times \left[ \frac{24}{2,815 / 60} \right]^{2/3} = 344,094 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,00278 \cdot C \cdot C_s \cdot I \cdot A \\ &= 0,00278 \times 0,700 \times 0,7197 \times 344,094 \times 1,5643 \\ &= 0,75 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{tot}} &= Q_1 + Q_{\text{lahan}} + Q_{\text{jalan}} \\ &= 1,200 + 0,000 + 0,75 \\ &= 1,95 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Analisis data sebagai berikut: (mis: Saluran A1 – A2).

Tabel Debit Rencana

No	Nama Saluran	Debit Total 2 thn (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total 5 thn (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total 10 thn (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total 15 thn (m <sup>3</sup> /s)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	A1 - A2	1,95	1,97	1,99	1,99
2	A1 - A3	2,39	2,41	2,44	2,44
3	A2 - A4	3,86	3,91	3,98	3,98
4	A3 - A4	4,01	4,06	4,13	4,13
5	B1 - B2	1,67	1,70	1,74	1,74
6	B1 - B3	1,19	1,21	1,24	1,24
7	B2 - B4	2,85	2,91	2,99	2,99
8	B3 - B4	11,89	12,07	12,32	12,32
9	C1 - C2	1,42	1,45	1,49	1,49
10	C1 - C3	1,19	1,21	1,24	1,24
11	C2 - C4	3,82	3,89	3,99	3,99
12	C3 - C4	3,73	3,80	3,90	3,90
13	D1 - D2	0,38	0,39	0,40	0,40
14	D1 - D3	1,21	1,23	1,27	1,27
15	D2 - D4	3,09	3,13	3,18	3,18
16	D3 - D4	2,32	2,36	2,42	2,42
17	E1 - E2	2,15	2,17	2,19	2,19
18	E1 - E3	3,32	3,36	3,41	3,41
19	E2 - E4	4,89	4,96	5,05	5,05
20	E3 - E4	5,28	5,35	5,46	5,46
21	F1 - F2	1,67	1,70	1,74	1,74
22	F1 - F3	1,67	1,70	1,74	1,74

23	F2 - F4	3,33	3,40	3,49	3,49
24	F3 - F4	4,86	4,95	5,08	5,08
25	G1 - G2	1,42	1,45	1,49	1,49
26	G1 - G3	0,75	0,77	0,79	0,79
27	G3 - G4	2,98	3,03	3,11	3,11
28	G2 - G4	10,75	10,95	11,24	11,24
29	H1 - H2	0,13	0,13	0,14	0,14
30	H1 - H3	0,77	0,78	0,80	0,80
31	H3 - H4	1,51	1,53	1,57	1,57
32	H2 - H4	6,90	7,01	7,17	7,17
33	I1 - I2	1,42	1,45	1,49	1,49
34	I1 - I4	1,67	1,70	1,74	1,74
35	I2 - I3	18,06	18,40	18,89	18,89
36	I3 - I4	29,00	29,55	30,33	30,33
37	X3 - X4	11,84	11,98	12,18	12,18
38	X4 - X5	8,19	8,35	8,57	8,57
39	X6 - X7	8,40	8,54	8,74	8,74
40	X7 - X8	39,07	39,79	40,82	40,82

**Perencanaan Dimensi Saluran**

Rumus yang digunakan :

$$A = \frac{Q \text{ maks}}{V \text{ rencana}}$$

asumsi	$\frac{b}{h} = 1,5$
--------	---------------------

$$A = (b + (m \times h)) \times h$$

$$A = (1,5 h + (0,5 \times h)) \times h$$

$$A = 2 h^2$$

$$P = b + 2 h (m + 1)^{0,5}$$

$$P = 1,5 h + 0,25 h + 0,3$$

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

$$S = \left( \frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2$$

dimana :

- b = Lebar dasar saluran (m)
- h = Tinggi permukaan air (m)
- w = Tinggi jagaan (m)
- m = Kemiringan talud = 0,5
- n = Koefisien manning = 0,025
- P = Keliling basah (m)
- R = Jari-jari Hidrolis (m)

**Contoh Perhitungan Saluran A1 - A2**

Dik : Q maks = 1,99 m<sup>3</sup>/det  
V rencana = 0,4 m/det

Dit : h....?  
b....?

Peny :

$$A = \frac{Q_{maks}}{V_{rencana}} = \frac{1,98833}{0,4} = 4,97084 \text{ m}^2$$

$$A = (b + (m \times h)) \times h$$

$$A = (1,5 h + (0,5 \times h)) \times h$$

$$A = 2 h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{4,97084}{2}} = 1,57652 \text{ m}$$

$$b = 1,5 \times 1,57652 = 2,36478 \text{ m}$$

$$P = b + 2 h (m + 1)^{0,5}$$

$$P = 2,36478 + 3,15304 \times 1,22474$$

$$P = 6,22645 \text{ m}$$

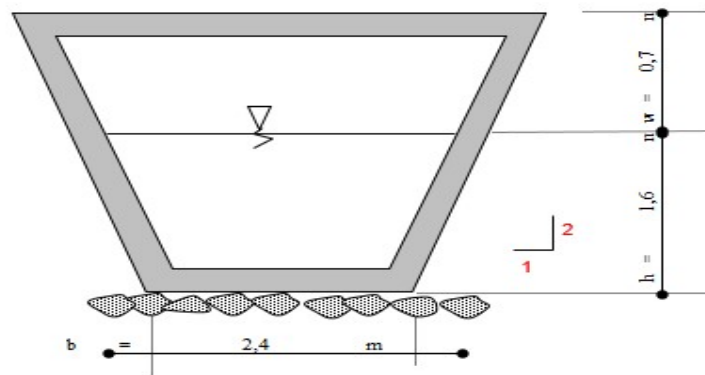
$$w = 0,25 h + 0,3$$

$$w = 0,69413 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{4,97084}{6,22645} = 0,79834 \text{ m}$$

$$S = \left( \frac{0,4 \times 0,025}{0,79834 \times 1,633^{0,67}} \right)^2 = 0,000135025 = 0,014 \%$$

SKETSA SALURAN A1 - A2



**Perencanaan Gorong - Gorong**

Rumus yang digunakan :

$$A = \frac{Q_1}{V_2}$$

$$A = b \times htot$$

$$P = b + 2h$$

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

$$w = Htot - h$$

$$hc = 0,3 \frac{(V_2 - V_1)^2}{2g}$$

$$hf = \frac{19,6 n^2}{R V_3}$$

$$ho = 0,6 \frac{(V_3 - V_2)^2}{2g}$$

$$SH = hc + hf + ho$$

dimana :

htot = (h+w) dari dimensi saluran  
 hulu (m)

hc = Kehilangan energi akibat

pasukan  
 Kehilangan energi akibat

hf = gesekan  
 Kehilangan energi akibat

SH = pengeluaran  
 Kehilangan Energi Total

Q<sub>1</sub> = Debit saluran hulu m<sup>3</sup>/det

b = Lebar dasar gorong-gorong  
 Kec.Aliran dalam saluran

V<sub>1</sub> = hulu m/det

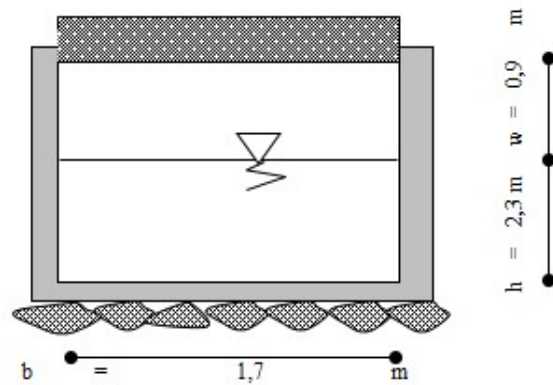
V<sub>2</sub> = Kec.Aliran dalam gorong-gorong m/det

V<sub>3</sub> = Kec.Aliran dalam saluran hilir m/det

Untuk gorong-gorong segi empat

$$\begin{aligned}
 A &= b \times htot \\
 w &= \frac{3,1}{A} = \frac{2,27}{5,41} = 0,87 \text{ m} \\
 b &= \frac{A}{htot} = \frac{5,41}{3,14} = 1,72 \text{ m} \\
 P &= b + 2h = 6,26875629 \text{ m} \\
 R &= \frac{A}{P} = 0,86296028 \text{ m} \\
 \\
 hc &= 0,3 \frac{(V_2 - V_1)^2}{2g} \\
 &= 0,3 \frac{(1,5 - 0,6)^2}{19,62} = 0,01238532 \\
 \\
 hf &= \frac{19,6 \text{ m}^2}{R V_3} \\
 &= \frac{0,01225}{0,51777617} = 0,02365887 \\
 \\
 ho &= 0,6 \frac{(V_3 - V_2)^2}{2g} \\
 &= 0,6 \frac{(0,6 - 1,5)^2}{19,62} = 0,02477064 \\
 \\
 SH &= hc + hf + ho \\
 &= 0,012385321 + 0,02365887 + 0,02477064 = 0,06081484
 \end{aligned}$$

### SKETSA GORONG-GORONG A4 - B3



## KESIMPULAN DAN SARAN

### KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk mengantisipasi masalah genangan air hujan dibuat sistem jaringan saluran yang baru.
2. Setelah dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran, diperoleh dimensi saluran yang bisa menampung debit aliran air di daerah tersebut.
3. Dari hasil perencanaan sistem drainase, diperoleh hasil untuk dimensi drainase yakni  $b = 2,4$  m dan  $h = 1,6$  m  $W = 0,7$  m dan  $Q = 1,95$  m<sup>3</sup>/det, dengan bentuk saluran trapesium. Untuk bangunan gorong – gorong diperoleh hasil untuk dimensi gorong – gorong yakni  $b = 1,7$  m dan  $h = 2,3$  m  $W = 0,9$  m dan  $Q = 8,1$  m<sup>3</sup>/det, dengan bentuk gorong – gorong segiempat.

### SARAN

1. Diperlukan kajian yang mendalam terkait masalah perencanaan drainase perkotaan dan Perlu adanya Data pendukung sebagai input untuk hal-hal terkait masalah ketelitian, kevalidan, serta akurasi dari output.
2. Ruang lingkup saluran drainase yang direncanakan dapat diperluas hingga ke saluran yang lebih kecil yaitu saluran tersier.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. Kriteria Perencanaan Bagian Saluran KP-03. Departemen PU, Jakarta.
- Anonim. 1997. Drainase Perkotaan. Gunadharma, Jakarta.
- Dewan Standarisasi Nasional. 1994. Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994). YBPPU, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pengairan. 1980. Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknis Irigasi. Departemen PU, Jakarta.
- Soemarto, C.D. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional. Surabaya-Indonesia.
- Sunandar, A., Soedjono, E.S., BS, Didik. 2005. Optimalisasi Sistem Pengelolaan Drainase Kota Bandung (studi kasus: Kecamatan Arcamanik). Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi. Yogyakarta. Standar Perencanaan Irigasi. 1986. KP-04 Bagian Bangunan. Direktorat Sumber Daya Air. Jakarta.
- Tanudjaja, L. 2009. Materi Kuliah Drainase Dan Pengendalian Banjir. Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado.