

PENATAAN SISTEM DRAINASE DI KOMPLEKS PERUMAHAN PLN, KELURAHAN BAHU KECAMATAN MALALAYANG KOTA MANADO

Diana Gabbrylia Indira Momuat

Jeffrey S.F. Sumarauw, Tiny Mananoma

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: dgimomuat@gmail.com

ABSTRAK

Kompleks Perumahan PLN, Kelurahan Bahu Kecamatan Malalayang sering terjadi genangan yang disebabkan oleh air hujan. Genangan tersebut mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat sekitar dan masyarakat pengguna jalan. Untuk itu dilakukan penataan kembali sistem drainase, yang direncanakan agar memberikan solusi penanganan genangan yang terjadi.

Analisis Hidrologi dilakukan untuk mendapatkan debit rencana (Q_{renc}). Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisa frekuensi terhadap data curah hujan dengan kala ulang 10 tahun menggunakan metode distribusi Log-Pearson III. Debit rencana dihitung dengan Metode Rasional. Analisis hidraulika untuk menghitung kapasitas tampung saluran eksisting dan saluran rencana dengan menggunakan rumus Manning. Dari perbandingan Antara debit rencana dan debit kapasitas ($Q_{renc} \leq Q_{kaps}$), diketahui kemampuan daya tampung dari setiap ruas saluran.

Berdasarkan hasil analisis di lokasi penelitian terdapat dua puluh dua ruas saluran eksisting dari lima puluh satu ruas saluran eksisting yang tidak mampu menampung debit hujan dengan kala ulang 10 tahun. Diperlukan perubahan dimensi saluran agar saluran yang ada mampu menampung debit yang ada. Serta penambahan dua puluh sembilan ruas saluran rencana karena ada beberapa lokasi yang belum memiliki saluran dan dua belas gorong-gorong baru.

Kata kunci : Analisis Hidrologi, Analisis Hidraulika, Debit Rencana, Debit Kapasitas, Genangan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Masalah genangan dan banjir dapat mengakibatkan kerusakan konstruksi jalan yang pada akhirnya mengganggu aktivitas pengguna jalan tersebut dan masyarakat sekitar. Genangan disebabkan karena belum tersedia sistem drainase yang baik atau dimensi/ukuran tiap ruas saluran tidak sesuai dengan debit yang dilayani.

Kompleks Perumahan PLN, Kelurahan Bahu Kecamatan Malalayang merupakan salah satu daerah yang sering mengalami genangan pada saat musim hujan. Daerah tersebut pada dasarnya sudah memiliki sistem drainase namun pada saat musim hujan masih terjadi genangan.

Untuk mengurangi kemungkinan kerusakan atau gangguan akibat genangan yang terjadi maka diperlukan penataan kembali jaringan sistem drainase di daerah tersebut.

Rumusan Masalah

Terjadinya genangan di beberapa ruas jalan Kompleks Perumahan PLN, Kelurahan Bahu Kecamatan Malalayang yang mengganggu aktivitas masyarakat dan berpotensi merusak

konstruksi jalan yang ada pada area genangan tersebut.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis masalah sistem drainase di Kompleks Perumahan PLN Kelurahan Bahu Kecamatan Malalayang yang mengakibatkan genangan.
2. Mendapatkan sistem drainase baru yang dapat mengurangi masalah sebelumnya untuk daerah tersebut.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat membantu menangani atau mengatasi masalah genangan di Kompleks Perumahan PLN, Kelurahan Bahu dengan adanya sistem drainase yang baru sehingga aktivitas para pengguna jalan dan masyarakat sekitar tidak terganggu.

LANDASAN TEORI

Sistem Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris “*drainage*” mempunyai arti mengalir, menguras, membuang, atau mengalirkan air.

Analisis Hidrologi

Siklus Hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kembali ke bumi (Karim, 2016)

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan merupakan analisis awal data curah hujan sebelum diolah untuk digunakan pada analisis selanjutnya (Rotikan, 2019).

Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari sebuah variabel disebut dengan parameter statistik. Parameter statistik yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mean (\bar{x})
2. Standar Deviasi (S)
3. Koefisien Variasi (C_v)
4. Koefisien *Skewness* (C_s)
5. Pengukuran Kurtosis (C_k)

Uji Data Outlier

Data *outlier* adalah data yang secara statistik menyimpang jauh dari kumpulan datanya. Berikut ini adalah syarat untuk pengujian data *outlier* berdasarkan koefisien *skewness* ($C_{s_{log}}$).

- $C_{s_{log}} > 0,4$; uji *outlier* tinggi, koreksi data kemudian, *outlier* rendah.
- $C_{s_{log}} < -0,4$; uji *outlier* rendah, koreksi data kemudian, *outlier* tinggi.
- $-0,4 \leq C_{s_{log}} \leq 0,4$; uji bersama *outlier* tinggi atau rendah, kemudian koreksi.

Analisis Distribusi Peluang

Analisis distribusi peluang adalah menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu dengan melihat nilai syarat parameter yang akan digunakan sebagai pemilihan tipe distribusi yang akan digunakan. (Rurung, 2019). Metode-metode distribusi yang umumnya dipakai adalah :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log-Normal
3. Distribusi Gumbel
4. Distribusi Log Pearson III

Pemilihan Tipe Distribusi

Setiap tipe distribusi memiliki sifat yang khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji

kesesuaiannya dengan sifat masing-masing tipe distribusi tersebut (Pania, 2013). Kriteria pemilihan untuk tiap tipe distribusi berdasarkan parameter statistik adalah sebagai berikut :

- 1) Distribusi Normal
 $C_s \approx 0 ; C_k \approx 3$
- 2) Distribusi Log-Normal
 $C_s \approx C_v^3 + 3 C_v$
 $C_k \approx C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$
- 3) Distribusi Gumbel
 $C_s \approx 1,14 ; C_k \approx 5,40$
- 4) Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log-Normal III.

Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin,2004).

Periode Ulang

Periode Ulang adalah periode waktu/tahun dimana suatu hujan dengan jangka waktu tertentu dan intensitas tertentu dianggap bisa terjadi atau kemungkinan terjadinya satu kali dalam batas period yang ditetapkan (Lengkong, 2018).

Tabel 1. Periode ulang (*return period*) perencanaan drainase perkotaan

Tipologi	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Sumber : Direktorat PLP Dept PU, 2012.

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari satu titik terjauh dalam *catchment area* sampai pada titik yang ditinjau (titik kontrol).

Debit Rencana

Perhitungan debit rencana dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_{rencana} = 0,278 \times C \times I \times A_{DPS} \quad (22)$$

Keterangan :

- $Q_{rencana}$ = Debit rencana (m^3/det),
- C = Koefisien pengaliran,
- I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam),

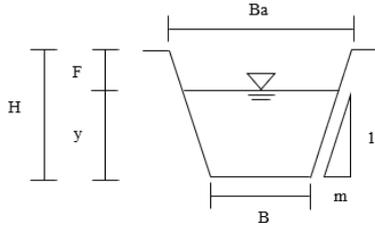
A_{DPS} = Luas daerah pengaliran saluran
(*catchment area*) (km²).

Analisis Hidraulika

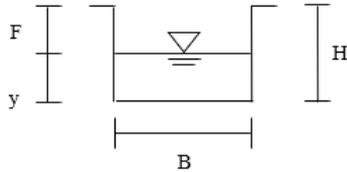
Analisis hidraulika dimaksudkan untuk mencari dimensi hidraulik dari saluran drainase dan bangunan-bangunan pelengkapya.

Penampang Hidraulik Saluran

- Penampang berbentuk trapesium



- Penampang Persegi



Rumus :

$$A = B \times y \tag{27}$$

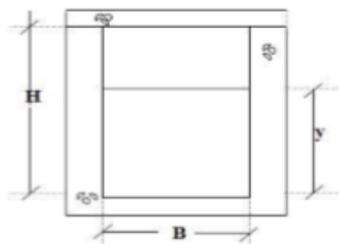
$$P = B + 2y \tag{28}$$

$$R = \frac{B \times y}{B + 2y} \tag{29}$$

Perencanaan Gorong-gorong

Gorong-gorong merupakan salah satu bangunan pelengkap dalam sistem drainase. Gorong-gorong adalah sarana penyeberangan aliran air apabila di atasnya terdapat jalan atau pelintasan. Gorong-gorong dapat berupa bois beton (lingkaran) atau *box culvert* (saluran empat persegi panjang) dengan pelat beton di atasnya sebagai penutup dan penahan dari jalan raya.

- Bentuk segi empat



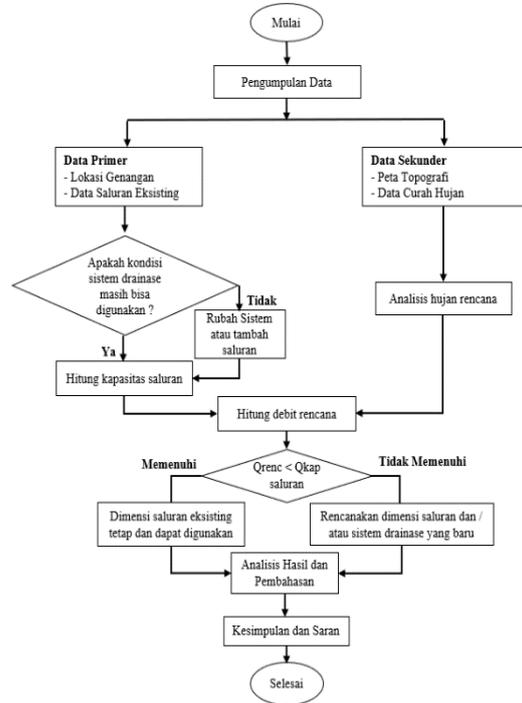
$$Q = \mu \times A \times V \tag{30}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \tag{31}$$

$$P = B + 2y \tag{32}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian :



ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Saluran Drainase

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan di tempat penelitian, kondisi saluran eksisting yang ada kurang baik sehingga perlu penataan kembali saluran-saluran yang bermasalah dan perlu penambahan saluran drainase demi kelancaran sistem drainase yang ada. Gambar di bawah ini merupakan beberapa keadaan saluran eksisting yang ada di tempat penelitian, ada saluran yang dangkal bahkan ada yang tidak mempunyai saluran.



Gambar 1. Kondisi eksisting di lapangan dan kondisi ruas yang tidak memiliki saluran

**Analisis Hidrologi
Data Curah Hujan**

Dalam analisis hidrologi ini digunakan data curah hujan harian maksimum pengamatan selama 10 tahun yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I yang menggunakan stasiun Tinoor.

Tabel 2. Curah hujan harian maksimum di Pos Stasiun Tinoor

Tahun	Hujan Harian Max (mm)
2008	74,1
2009	65,4
2010	101,7
2011	102,4
2012	96,8
2013	110,5
2014	184
2015	108,2
2016	90,3
2017	156

Uji Data Outlier

Pengujian data outlier dimulai dengan menghitung nilai-nilai parameter statistik, nilai c. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

$$C_{Slog} = \frac{n \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S_{log})^3} = \frac{10 \times (0,08860)}{9 \times 8 \times (0,133548^3)}$$

$$= 0,50132$$

Dari hasil perhitungan didapat $-0,4 \leq C_{slog} \leq 0,4$. Maka, dilakukan uji outlier rendah dan tinggi sekaligus.

• Uji outlier tinggi

$\log X_H = \log \bar{X} + K_n \times S_{log}$
 karena $n = 10$ maka $K_n = 2,036$ (Diambil dari tabel nilai K_n uji data outlier 'Soewarno', 1995)
 $\log X_H = 2,018011 + (2,036 \times 0,133548)$
 $= 2,29011$
 $X_H = 195,03 \text{ mm}$

Tidak terdapat data outlier tinggi karena syarat tertinggi uji outlier tinggi diperoleh 195,03 mm sedangkan data curah hujan tertinggi yang ada adalah 184 mm. Jadi masih menggunakan data yang tetap.

• Uji outlier rendah

$\log X_L = \log \bar{x} - K_n \times S_{log}$
 $n = 10$

rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan (*Skewness*) dari data yang ada dan data pengamatan diubah dalam nilai log. Pengujian data outlier sebagai berikut :

Tabel 3. Analisis Data Outlier

M	x_i (mm)	$\log x_i$	$(\log x_i - \log \bar{x})$	$(\log x_i - \log \bar{x})^2$	$(\log x_i - \log \bar{x})^3$
1	65,4	1,81557	-0,20243	0,04098	-0,00829
2	74,1	1,86981	-0,14819	0,02196	-0,00325
3	90,3	1,95568	-0,06232	0,00388	-0,00024
4	96,8	1,98587	-0,03214	0,001033	-0,00003
5	101,7	2,00732	-0,01069	0,00011	0,00000
6	102,4	2,01029	-0,00771	0,00006	0,00000
7	108,2	2,03423	0,01622	0,00026	0,00000
8	110,5	2,04336	0,02535	0,00064	0,00002
9	156	2,19312	0,17511	0,03066	0,00537
10	184	2,26481	0,24681	0,06091	0,01503
Σ	1089,4	20,18011	0,00000	0,16051	0,00860
\bar{x}	108,94				
$\log \bar{x}$		2,01801			

a. Nilai Rata-Rata

$$\log \bar{x} = \frac{\Sigma \log x_i}{n} = \frac{20,18011}{10} = 2,018011$$

b. Standar Deviasi

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\Sigma (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,16051}{10-1}} = 0,133548$$

$K_n = 2,036$ (diambil dari tabel nilai K_n uji data outlier 'Soewarno', 1995)

$$\log X_L = 2,018011 - (2,036 \times 0,133548)$$

$$= 1,74591$$

$$X_L = 55,71 \text{ mm.}$$

Tidak terdapat data outlier rendah karena syarat terendah uji outlier rendah diperoleh 55,71 mm sedangkan data curah hujan terendah yang ada adalah 65,4 mm. Jadi masih menggunakan data yang tetap.

Parameter Statistik

Untuk mengetahui tipe distribusi yang digunakan, terlebih dahulu harus mengetahui nilai-nilai parameter statistik. Nilai-nilai parameter tersebut seperti berikut :

1. Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1089,4}{10} = 108,94$$

2. Standar Deviasi (Simpangan Baku)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{11551,204}{10-1}}$$

$$= 35,82551$$

3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{35,82551}{108,94} = 0,32885$$

4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{10}{(10-1)(10-2)(35,82551)^3} (393358,112)$$

$$C_s = 1,18817$$

$$C_k = \frac{10}{(10-1)(10-2)(10-3)(35,82551)^4} x$$

$$C_k = 0,50421$$

5. Koefisien Kurtosis (*Kurtosis Coefficient*)

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)5^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$C_k = 0,50421$$

Tabel 4. Perhitungan parameter statistik pengamatan

M	x _i (mm)	log x _i	(x _i - x̄)	(x _i - x̄) ²	(x _i - x̄) ³	(x _i - x̄) ⁴	(log x _i - log x̄)	(log x _i - log x̄) ²	(log x _i - log x̄) ³
1	65,4	1,81557	-43,54	1895,7316	-82540,15386	3593798,29924	-0,20243	0,04098	-0,00829
2	74,1	1,86981	-34,84	1213,8256	-42289,68390	1473372,58722	-0,14819	0,02196	-0,00325
3	90,3	1,95568	-18,64	347,4496	-6476,46054	120721,22454	-0,06232	0,00388	-0,00024
4	96,8	1,98587	-12,14	147,3796	-1789,18834	21720,74649	-0,03214	0,00103	-0,00003
5	101,7	2,00732	-7,24	52,4176	-379,50342	2747,60479	-0,01069	0,00011	0,00000
6	102,4	2,01029	-6,54	42,7716	-279,72626	1829,40977	-0,00771	0,00006	0,00000
7	108,2	2,03422	-0,74	0,5476	-0,40522	0,29987	0,01622	0,00026	0,00000
8	110,5	2,04336	1,56	2,4336	3,79642	5,92241	0,02535	0,00064	0,00002
9	156	2,19312	47,06	2214,6436	104221,12782	4904646,27502	0,17511	0,03066	0,00537
10	184	2,26481	75,06	5634,0036	422888,31022	31741996,56481	0,24681	0,06091	0,01503
Σ	1089,4	20,18011	0,00	11551,204	393358,11288	41860838,93416	0,00000	0,16051	0,00860
x̄	108,94								
log x̄		2,01801							

Analisis Distribusi Peluang

Berdasarkan parameter statistik perkiraan awal distribusi dilakukan dengan melihat syarat-syarat tipe distribusi, yaitu :

1. Distribusi Normal
C_s ≈ 0 ; C_k ≈ 3
2. Distribusi Log-Normal
C_s ≈ C_v³ + 3 C_v
C_k ≈ C_v⁸ + 6 C_v⁶ + 15 C_v⁴ + 16 C_v² + 3
3. Distribusi Gumbel
C_s ≈ 1,14 ; C_k ≈ 5,40
4. Bila kriteria 3 (tiga) sebaran di atas tidak memenuhi, kemungkinan tipe sebaran yang cocok adalah Tipe Distribusi Log- Pearson III.

Tabel 5. Tinjauan distribusi berdasarkan parameter statistik

No.	Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Hasil Syarat Parameter	Parameter Hasil Analisis	Keterangan
1.	Distribusi Normal	C _s ≈ 0 C _k ≈ 3	C _s ≈ 0 C _k ≈ 3	C _s = 1,188 C _k = 0,50421	Tidak Memenuhi
2.	Distribusi Log-Normal	C _s ≈ C _v ³ +3C _v C _k ≈ C _v ⁸ + 6C _v ⁶ + 15C _v ⁴ + 16C _v ² +3	C _s ≈ 1,02213 C _k ≈ 4,91349		Tidak Memenuhi
3.	Distribusi Gumbel	C _s ≈ 1,14 C _k ≈ 5,40	C _s ≈ 1,14 C _k ≈ 5,40		Tidak Memenuhi
4.	Distribusi Log-Pearson III	Karena tidak ada yang memenuhi dari ketiga kriteria di atas maka tipe sebaran ini dianggap mengikuti tipe Distribusi Log-Pearson III			

Analisis Debit Saluran Eksisting

- *Catchment Area*
Catchment Area (daerah tangkapan) merupakan luas daerah limpasan yang berpengaruh terhadap suatu saluran.
- Koefisien Pengaliran (C)

Penentuan koefisien pengaliran (C) diperoleh dengan melihat penggunaan lahan pada lokasi perencanaan.

- Debit Limpasan
Perhitungan debit limpasan dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Contoh perhitungan ditinjau S(46-47).
 - Luas daerah pelayanan saluran (A_{DPS}) = 0,006544 km²
 - Panjang lintasan aliran di lahan (L_L) = 112 m
 - Panjang lintasan aliran di saluran (L_S) = 100,6 m
 - Kemiringan dasar saluran (S) = 0,008857
 - Nilai koefisien pengaliran (C) = 0,4
 - Nilai V(kecepatan) untuk perhitungan Ts = 0,4 m/det
 - Koefisien kekasaran Manning (n) = 0,013
- Waktu Konsentrasi
 - Waktu konsentrasi di saluran
 $T_s = \frac{L_s}{60 \times V} = \frac{100,6}{60 \times 0,4} = 4,19$ menit
 - Waktu konsentrasi di lahan
 $T_L = [\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_L \times \frac{n}{\sqrt{S}}]$
 $= [\frac{2}{3} \times 3,28 \times 112 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,008857}}]$
 $= 33,82$ menit
 - Waktu konsentrasi total

$$T_C = T_S + T_L = 4,19 \text{ menit} + 33,82 \text{ menit} = 38,01 \text{ menit} = 0,63 \text{ jam}$$

- Debit Limpasan
 $Q = 0,278 \times C \times I \times A_{DPS}$
 $= 0,278 \times 0,4 \times 73,57 \times 0,006544 = 0,053539 \text{ m}^3/\text{det}$
- Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi dengan rumus Mononobe.
 $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_C} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{156,57}{24} \left(\frac{24}{0,63} \right)^{\frac{2}{3}}$

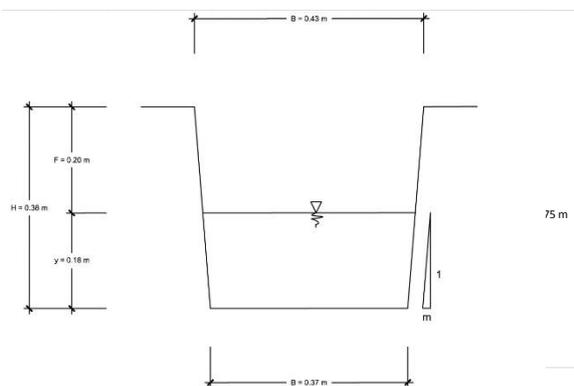
Tabel 6. Perhitungan Debit Rencana

No.	Nama Saluran & Gorong-Gorong	Luas DPS (km ²)	Panjang Saluran (m)	Beda Tinggi (m)	Kemiringan Dasar Saluran (S)	n	Travel Time di Lahan		V	Travel Time di Saluran		C	T _c (jam)	I (mm/jam)	Qtimpas an (m ³ /det)	Qtambahan		Qtotal (m ³ /det)
							t _L (menit)	T _L (menit)		L _s (m)	T _s (menit)					Nama Saluran	Jumlah Q (m ³ /det)	
SUBSISTEM 1																		
1	S(1-2)	0.00240	112.6	7.678429926	0.0681921	0.013	20	2.1772	0.4	112.6	4.6917	0.4	0.11448	230.2241627	0.061442	-	-	0.0614422
2	G(2-3)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(1-2)	0.0614422	0.0614422
3	S(3-4)	0.00080	31.3	0.591074692	0.0188842	0.013	16	3.3098	0.4	31.3	1.3042	0.4	0.0769	300.1638036	0.026703	S(1-2); G(2-3)	0.1228844	0.149587
4	S(4-5)	0.00128	89	0.367609302	0.0041304	0.013	16	7.0770	0.4	89	3.7083	0.4	0.17976	170.4187024	0.024257	S(4-5)	0.149587	0.1738437
5	S(5-6)	0.00280	59.5	0.541177946	0.0090954	0.013	20	5.9613	0.4	59.5	2.4792	0.4	0.14068	200.6749059	0.062482	S(4-5)	0.2363259	0.27655
6	S(6-7)	0.01312	117.5	0.801555783	0.0068218	0.013	20	6.8835	0.4	117.5	4.8958	0.4	0.19652	160.6912936	0.234440	S(6-7)	0.4707655	0.512443
7	S(7-8)	0.00200	102	0.810240316	0.0079435	0.013	16	3.1032	0.4	102	4.2500	0.4	0.15589	187.3987832	0.041677	S(6-7)	0.512443	0.5562882
8	S(8-9)	0.00192	91.2	0.995510732	0.0109157	0.013	16	4.3533	0.4	91.2	3.8000	0.4	0.13589	205.3600966	0.043845	S(7-8)	0.5562882	0.5943721
9	S(9-10)	0.00168	77.5	0.637605678	0.0082772	0.013	16	5.0144	0.4	77.5	3.2292	0.4	0.13739	203.8581954	0.038084	S(8-9)	0.5943721	0.6410359
10	S(10-11)	0.00256	125.5	0.674576855	0.0053751	0.013	16	6.2037	0.4	125.5	3.2292	0.4	0.19055	163.9211845	0.046664	S(9-10)	0.6410359	0.6911018
11	S(11-12)	0.00354	144.2	0.260946438	0.0018096	0.013	16	10.6919	0.4	144.2	6.0083	0.4	0.27834	127.3282615	0.050606	S(10-11)	-	-
SUBSISTEM 2																		
12	S(13-14)	0.00560	42.42	1.014945447	0.0239261	0.013	84	15.4372	0.4	42.42	1.7675	0.4	0.2867	124.8266068	0.077732	-	-	0.077732
13	G(14-15)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(13-14)	0.077732	0.077732
14	S(15-16)	0.00040	19.8	1.08087032	0.0545894	0.013	14	1.7033	0.4	19.8	0.8250	0.4	0.0421	448.2455920	0.019938	G(14-15)	0.077732	0.097670
15	S(16-17)	0.00120	84.4	5.270235285	0.0624435	0.013	76	8.6456	0.4	84.4	5.5167	0.4	0.2027	157.3000864	0.020990	G(14-15); S(16-17)	0.097670	0.1186601
16	S(18-19)	0.00056	41.65	3.123819338	0.0749777	0.013	16	1.6610	0.4	41.65	1.7354	0.4	0.0566	348.1755598	0.022927	-	-	0.022927
17	S(19-20)	0.00082	52.95	5.269486685	0.0995182	0.013	50	4.5055	0.4	52.95	2.2063	0.4	0.1119	233.8016992	0.021215	S(18-19)	0.022927	0.044142
18	S(20-17)	0.00104	40.98	0.616839877	0.0150522	0.013	96	22.2432	0.4	40.98	1.7075	0.4	0.3992	100.1214295	0.011579	S(19-20)	0.044142	0.0537209
19	S(21-22)	0.00256	97.4	1.018019226	0.0104519	0.013	92	25.8809	0.4	97.4	4.0583	0.4	0.4940	86.8616325	0.024727	-	-	0.024727
20	S(22-23)	0.00080	42.95	0.050176776	0.0011683	0.013	152	126.4153	0.4	42.95	1.7896	0.4	2.1367	52.7191890	0.002911	S(21-22)	0.024727	0.0276378
21	G(23-17)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(16-17); S(20-17)	0.174381	0.2119812
22	S(23-24)	0.00200	98.25	6.272550651	0.0638428	0.013	100	11.2503	0.4	98.25	4.0938	0.4	0.2557	134.7232991	0.029962	S(22-23); G(23-17)	0.202019	0.0603961
23	S(25-24)	0.00600	56.2	2.259611173	0.0402066	0.013	180	25.5182	0.4	56.2	3.2417	0.4	0.4643	90.5217890	0.060396	-	-	0.0603961
24	S(26-27)	0.00088	40.38	0.510483689	0.0126420	0.013	60	15.1694	0.4	40.38	1.6825	0.4	0.2809	126.5627157	0.012385	-	-	0.0123849
25	S(27-31)	0.00024	20.9	1.433664957	0.0695333	0.013	60	6.4672	0.4	20.9	0.8708	0.4	0.1223	220.3018180	0.005879	S(26-27)	0.012385	0.0182643
26	S(28-29)	0.00046	40.25	0.801412114	0.0199109	0.013	56	11.2816	0.4	40.25	1.6771	0.4	0.2160	150.7877512	0.007780	-	-	0.007780
27	S(29-30)	0.00019	15.2	0.539336184	0.0354826	0.013	56	8.4510	0.4	15.2	0.6333	0.4	0.1514	191.0783930	0.004080	S(28-29); G(33-29)	0.077177	0.081256
28	S(30-31)	0.00109	24.05	0.458264647	0.0190547	0.013	60	12.3560	0.4	24.05	1.0021	0.4	0.2226	147.7668575	0.017878	S(29-30)	0.081256	0.099134
29	S(32-33)	0.00115	41.55	0.800897821	0.0192755	0.013	92	18.8370	0.4	41.55	1.7313	0.4	0.3428	110.8174187	0.014196	-	-	0.014196
30	S(34-35)	0.00360	40.65	1.614015264	0.0397052	0.013	92	13.1247	0.4	40.65	1.6938	0.4	0.2470	137.8912236	0.052021	-	-	0.0520206
31	G(33-29)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(32-33); S(34-35)	0.069397	0.0693966
32	S(35-36)	0.00098	43.5	1.60726375	0.0369486	0.013	40	5.9134	0.4	43.5	1.8125	0.4	0.1288	212.8285983	0.023099	-	-	0.0230985
33	S(36-37)	0.00022	17.4	0.532775378	0.0306193	0.013	40	6.4981	0.4	17.4	0.7250	0.4	0.1204	222.6325610	0.005346	S(35-36)	0.023099	0.0286441
34	S(37-38)	0.00026	21.5	0.631452062	0.0293699	0.013	48	7.9619	0.4	21.5	0.8958	0.4	0.1476	194.3230005	0.005532	S(36-37)	0.0286441	0.0341759
35	G(38-31)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(27-31); S(30-31)	0.117398	0.1173984
36	S(38-39)	0.00136	92.5	5.133672849	0.0554992	0.013	100	12.0665	0.4	92.5	3.8542	0.4	0.2653	131.4510628	0.019880	S(37-31); G(38-31)	0.115174	0.1714538
37	S(39-40)	0.00137	90.15	8.15902987	0.0905050	0.013	116	10.9609	0.4	90.15	3.7363	0.4	0.2453	138.5231975	0.024133	S(38-39)	0.1714538	0.195607
38	G(40-24)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(23-24); S(25-24)	0.292377	0.2923773
39	S(40-41)	0.00034	63.02	3.259764633	0.0517259	0.013	48	5.9995	0.4	63.02	2.6258	0.4	0.1438	197.7982979	0.007390	S(39-40); G(40-24)	0.487984	0.4933747
40	S(42-43)	0.00019	12.1	0.690175671	0.0570393	0.013	44	5.2371	0.4	12.1	0.5042	0.4	0.0957	259.4578340	0.005540	-	-	0.0055395
41	S(44-43)	0.00192	128	5.573936972	0.0435464	0.013	172	23.4303	0.4	128	5.3333	0.4	0.4794	88.6154962	0.018920	-	-	0.0189198
42	S(45-46)	0.00328	128	5.566892303	0.0434913	0.013	170	23.1725	0.4	128	5.3333	0.4	0.4751	89.1489398	0.032516	-	-	0.0325158
43	G(46-43)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(42-43); S(44-43)	0.024459	0.0244593
44	S(46-47)	0.00654	100.6	0.891029526	0.0088572	0.013	112	33.8296	0.4	100.6	4.1917	0.4	0.6337	73.5734679	0.053539	S(45-46); G(46-43)	0.110514	0.110514
45	S(47-48)	0.00616	82.85	0.883100076	0.0106590	0.013	120	33.0406	0.4	82.85	3.4521	0.4	0.6082	75.6138651	0.051795	S(46-47)	0.110514	0.1623089
46	G(49-41)	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	S(40-41)	0.495375	0.495375
47	S(49-50)	0.00038	43.9	1.3960515	0.0318007	0.013	20	3.1881	0.4	43.9	1.8292	0.4	0.0836	283.8519198	0.012121	G(49-41)	0.495375	0.5074954
48	S(50-51)	0.00099	73.8	0.775553014	0.0105088	0.013	88	24.4023	0.4	73.8	3.0750	0.4	0.4580	91.3600919	0.010078	-	-	0.010078
49	S(51-61)	0.00026	30	0.91891234	0.0306304	0.013	20	3.2485	0.4	30	1.2500	0.4	0.0750	305.2779420	0.008690	S(50-51)	0.010078	0.0187684
50	S(52-53)	0.00038	33.22	0.726730481	0.0218763	0.013	20	3.8439	0.4	33.22	1.3842	0.4	0.0871	276.1729040	0.011793	-	-	0.0117928
51	S(52-69)	0.00088	71.2	0.877056896	0.0123182	0.013	60	15.3675	0.4	71.2	2.9667	0.4	0.3056	119.6439890	0.011708	-	-	0.0117081
52	S(53-70)	0.00088	68.75	0.811738517	0.0118019	0.013	60	15.7001	0.4	68.75	2.8646	0.4	0.3094	118.6536122	0.011611			

Analisis Hidraulika

Analisis dimensi saluran yang dimaksudkan yaitu untuk mengetahui kapasitas debit air yang masuk ke dalam saluran.

Untuk menghitung dimensi dan debit kapasitas ditinjau (saluran 46-47). Dimensi saluran seperti gambar dibawah ini :



- Tinggi aliran di saluran
 $y = H - F = 0,38 - 0,20 = 0,18 \text{ m}$
- Kemiringan dinding saluran
 $m = \frac{1}{H} \left(\frac{Ba - B}{2} \right) = \frac{1}{0,38} \left(\frac{0,43 - 0,37}{2} \right) = 0,079$
- Luas penampang basah
 $A = (B + my)y = (0,37 + 0,079 \times 0,18) \times 0,18 = 0,069 \text{ m}^2$
- Keliling Basah
 $P = B + 2y\sqrt{1 + m^2} = 0,37 + 2(0,18)\sqrt{1 + 0,079^2} = 0,731 \text{ m}$
- Jari-jari hidraulis
 $R = A/P = 0,069/0,731 = 0,094 \text{ m}$
- Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,182^{2/3} \times 0,008857^{1/2} = 1,503 \text{ m/det}$
- Debit kapasitas
 $Q_{\text{kapasitas}} = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,069 \times 0,094^{2/3} \times 0,008857^{1/2} = 0,1032 \text{ m}^3/\text{det}$
- Debit rencana
 $Q_{\text{rencana}} = 0,278 \times C \times I \times A_{\text{DPS}} = 0,278 \times 0,4 \times 73,57 \times 0,006544 = 0,053539 \text{ m}^3/\text{det}$
 $Q_{\text{tambahan}} = 0,056975 \text{ m}^3/\text{det}$

- $Q_{\text{rencana}} = 0,053539 \text{ m}^3/\text{det} + 0,056975 \text{ m}^3/\text{det} = 0,110514 \text{ m}^3/\text{det}$
- Analisis Kapasitas Sistem Saluran Rencana
 Saluran yang ditinjau sebagai contoh perhitungan (saluran 46-47). Dari hasil perhitungan pada (saluran 46-47) didapat $Q = 0,110514 \text{ m}^3/\text{det}$, Pada saluran S(46-47) digunakan dimensi saluran seperti berikut :
 $Ba = 0,70 \text{ m}$
 $B = 0,60 \text{ m}$
 $H = 0,60 \text{ m}$
 Maka,
 - $y = H - F = 0,60 - 0,20 = 0,40 \text{ m}$
 - $m = \frac{Ba - B}{2H} = \frac{0,70 - 0,60}{2 \times 1} = 0,083$
 - Luas penampang basah
 $A = (B + my)y = (0,60 + 0,083 \times 0,40) \times 0,40 = 0,253 \text{ m}^2$
 - Keliling basah
 $P = B + 2y\sqrt{1 + m^2} = 0,60 + 2 \times 0,40 \sqrt{1 + 0,083^2} = 1,403 \text{ m}$
 - Jari-jari hidraulis
 $R = A/P = 0,253 / 1,403 = 0,181 \text{ m}$
 - Kecepatan aliran
 $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,181^{2/3} \times 0,008857^{1/2} = 2,313 \text{ m/det}$
 - Debit kapasitas
 $Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{0,013} \times 0,253 \times 0,181^{2/3} \times 0,008857^{1/2} = 0,42458 \text{ m}^3/\text{det}$
 - Debit rencana
 $Q_{S(46-47)} = 0,278 C I A_{\text{DPS}} = 0,278 \times 0,4 \times 73,57 \times 0,006544 = 0,053539 \text{ m}^3/\text{det}$
 $Q_{\text{tambahan}} = 0,056975 \text{ m}^3/\text{det}$
 $Q_{\text{rencana}} = 0,053539 \text{ m}^3/\text{det} + 0,056975 \text{ m}^3/\text{det} = 0,110514 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 7. Perhitungan Kapasitas Sistem Saluran Rencana

No.	Nama Saluran & Gorong-	S	Dimensi Saluran			F	y (m)	m	A(m ²)	P (m)	n	R (m)	V (m ³ /det)	Debit kapasitas (m ³ /det)	Debit Rencana (m ³ /det)	Keterangan
			Ba (m)	B (m)	H (m)											
SUB SISTEM 1																
1	S(1-2)	0.068192	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2	0.125	0.085	0.800	0.01	0.106	4.506	0.3830	0.06144	OK
2	G(2-3)															Gorong-gorong
3	S(3-4)	0.018884	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2	0.125	0.085	0.800	0.01	0.106	2.371	0.2016	0.14959	OK
4	S(4-5)	0.004130	0.6	0.5	0.5	0.2	0.3	0.100	0.159	1.100	0.01	0.145	1.362	0.2165	0.17384	OK
5	S(5-6)	0.009095	0.6	0.5	0.5	0.2	0.3	0.100	0.159	1.100	0.01	0.145	2.021	0.3213	0.23633	OK
6	S(6-7)	0.006822	0.6	0.5	0.7	0.2	0.5	0.071	0.268	1.500	0.01	0.179	2.015	0.5397	0.4708	OK
7	S(7-8)	0.007944	0.6	0.5	0.7	0.2	0.5	0.071	0.268	1.500	0.01	0.179	2.174	0.5823	0.5124	OK
8	S(8-9)	0.010916	0.6	0.5	0.7	0.2	0.5	0.071	0.268	1.500	0.01	0.179	2.549	0.6826	0.5563	OK
9	S(9-10)	0.008227	0.7	0.6	0.7	0.2	0.5	0.071	0.318	1.600	0.01	0.199	2.376	0.7551	0.5944	OK
10	S(10-11)	0.005375	0.7	0.6	0.8	0.2	0.6	0.063	0.385	1.800	0.01	0.213	2.008	0.7682	0.6410	OK
11	S(11-12)	0.001810	0.9	0.8	0.9	0.2	0.7	0.056	0.587	2.200	0.01	0.267	1.357	0.7966	0.6911	OK
SUB SISTEM 2																
12	S(13-14)	0.023926	0.36	0.3	0.45	0.2	0.25	0.067	0.079	0.801	0.01	0.099	2.543	0.2013	0.077732	OK
13	G(14-15)															Gorong-gorong
14	S(15-16)	0.054589	0.7	0.6	0.6	0.2	0.4	0.083	0.240	1.400	0.13	0.171	0.555	0.1331	0.097670	OK
15	S(16-17)	0.062444	0.7	0.6	0.6	0.2	0.4	0.083	0.253	1.403	0.13	0.181	0.614	0.1556	0.118660	OK
16	S(18-19)	0.074978	0.50	0.40	0.50	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	5.367	0.6923	0.022927	OK
17	S(19-20)	0.099518	0.35	0.3	0.3	0.2	0.1	0.083	0.031	0.501	0.01	0.062	3.784	0.1167	0.044142	OK
18	S(20-17)	0.015052	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	2.405	0.3102	0.055721	OK
19	S(21-22)	0.010452	0.38	0.38	0.36	0.2	0.16	0.000	0.061	0.700	0.01	0.087	1.542	0.0938	0.024277	OK
20	S(22-23)	0.001168	0.6	0.4	0.6	0.2	0.4	0.167	0.187	1.211	0.01	0.154	0.756	0.1411	0.027638	OK
21	G(23-17)															Gorong-gorong
22	S(23-24)	0.063843	0.64	0.58	0.43	0.2	0.23	0.070	0.137	1.041	0.01	0.132	5.031	0.6896	0.231981	OK
23	S(24-25)	0.048607	0.68	0.60	0.66	0.2	0.46	0.061	0.289	1.522	0.01	0.190	5.064	1.4713	0.060396	OK
24	S(26-27)	0.012642	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	2.204	0.2843	0.012385	OK
25	S(27-31)	0.069553	0.5	0.40	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	5.169	0.6668	0.018264	OK
26	S(28-29)	0.019911	0.33	0.3	0.36	0.2	0.16	0.042	0.049	0.620	0.01	0.079	2.000	0.0981	0.007780	OK
27	S(29-30)	0.035483	0.26	0.26	0.4	0.2	0.2	0.000	0.052	0.660	0.01	0.079	2.663	0.1385	0.081256	OK
28	S(30-31)	0.019055	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	2.706	0.3490	0.099134	OK
29	S(32-33)	0.019276	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.000	0.120	1.000	0.01	0.120	2.598	0.3118	0.014196	OK
30	S(34-33)	0.039705	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.000	0.120	1.000	0.01	0.120	3.729	0.4475	0.055201	OK
31	G(33-29)															Gorong-gorong
32	S(35-36)	0.036949	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.100	0.099	0.903	0.01	0.110	3.387	0.3353	0.023099	OK
33	S(36-37)	0.030619	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.100	0.099	0.903	0.01	0.110	3.083	0.3053	0.028644	OK
34	S(37-38)	0.02937	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.100	0.099	0.903	0.01	0.110	3.020	0.2990	0.034176	OK
35	G(38-31)															Gorong-gorong
36	S(38-39)	0.055499	0.53	0.48	0.33	0.2	0.13	0.076	0.064	0.741	0.01	0.086	3.530	0.2248	0.171454	OK
37	S(39-40)	0.009505	0.56	0.5	0.5	0.2	0.3	0.060	0.155	1.101	0.01	0.141	6.273	0.9748	0.195607	OK
38	G(40-24)															Gorong-gorong
39	S(40-41)	0.051726	0.6	0.54	0.44	0.2	0.24	0.068	0.134	1.021	0.01	0.131	4.507	0.6018	0.495375	OK
40	S(42-43)	0.057039	0.46	0.4	0.69	0.2	0.49	0.043	0.206	1.381	0.01	0.149	5.175	1.0683	0.005540	OK
41	S(44-45)	0.043546	0.41	0.41	0.26	0.2	0.06	0.000	0.025	0.530	0.01	0.046	2.073	0.0510	0.018920	OK
42	S(45-46)	0.043491	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.000	0.120	1.000	0.01	0.120	3.903	0.4683	0.032516	OK
43	G(46-43)															Gorong-gorong
44	S(46-47)	0.008857	0.7	0.6	0.6	0.2	0.4	0.083	0.253	1.403	0.01	0.181	2.313	0.5860	0.110514	OK
45	S(47-48)	0.010659	0.45	0.4	0.6	0.2	0.4	0.042	0.167	1.201	0.01	0.139	2.129	0.3548	0.162309	OK
46	G(49-41)															Gorong-gorong
47	S(49-59)	0.031801	0.4	0.4	0.57	0.2	0.37	0.000	0.148	1.140	0.01	0.130	3.517	0.5205	0.507495	OK
48	S(50-51)	0.010509	0.48	0.4	0.45	0.2	0.25	0.089	0.106	0.902	0.01	0.117	1.887	0.1991	0.010078	OK
49	S(51-61)	0.03063	0.48	0.4	0.45	0.2	0.25	0.089	0.106	0.902	0.01	0.117	3.221	0.3400	0.018768	OK
50	S(52-53)	0.021876	0.47	0.4	0.4	0.2	0.2	0.087	0.084	0.802	0.01	0.104	2.519	0.2103	0.011793	OK
51	S(52-69)	0.012318	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.000	0.080	0.800	0.01	0.100	1.839	0.1471	0.011708	OK
52	S(53-70)	0.011802	0.46	0.4	0.37	0.2	0.17	0.081	0.070	0.741	0.01	0.095	1.739	0.1223	0.023404	OK
53	S(54-55)	0.023189	0.45	0.37	0.57	0.2	0.37	0.070	0.147	1.112	0.01	0.132	3.033	0.4444	0.012397	OK
54	S(54-71)	0.012242	0.43	0.37	0.38	0.2	0.18	0.079	0.069	0.731	0.01	0.095	1.767	0.1222	0.012040	OK
55	S(53-72)	0.013163	0.5	0.4	0.36	0.2	0.16	0.139	0.068	0.723	0.01	0.093	1.817	0.1228	0.024286	OK
56	S(56-57)	0.030411	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	3.418	0.4409	0.008433	OK
57	S(56-74)	0.019109	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	2.709	0.3495	0.006105	OK
58	S(57-58)	0.032544	0.5	0.5	0.6	0.2	0.4	0.000	0.200	1.300	0.01	0.154	3.984	0.7969	0.016167	OK
59	G(58-48)															Gorong-gorong
60	S(58-75)	0.011915	0.5	0.4	0.45	0.2	0.25	0.111	0.107	0.903	0.01	0.118	2.025	0.2165	0.189868	OK
61	S(60-61)	0.01346	0.46	0.4	0.44	0.2	0.24	0.068	0.100	0.881	0.01	0.113	2.091	0.2089	0.012475	OK
62	G(62-59)															Gorong-gorong
63	S(62-66)	0.034032	0.55	0.5	0.6	0.2	0.4	0.042	0.207	1.301	0.01	0.159	4.163	0.8603	0.515630	OK
64	S(63-64)	0.035532	0.48	0.4	0.47	0.2	0.27	0.085	0.114	0.942	0.01	0.121	3.552	0.4057	0.005712	OK
65	S(64-65)	0.020196	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	2.785	0.3593	0.010347	OK
66	G(65-61)															Gorong-gorong
67	S(65-68)	0.028296	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	3.297	0.4253	0.048593	OK
68	S(67-68)	0.016373	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.100	0.129	1.003	0.01	0.129	2.508	0.3235	0.008108	OK
69	G(68-69)															Gorong-gorong
70	S(69-70)	0.021428	0.5	0.4	0.6	0.2	0.4	0.083	0.173	1.203	0.01					

$$= 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,378 \times 0,2124^{\frac{2}{3}} \times 0,497373^{\frac{1}{2}}$$

$$= 5,8393 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Debit rencana
Q S(40-24) = 0,292377 m³/det

Tabel 8. Perhitungan Dimensi Gorong-gorong Rencana

No.	Nama Gorong - Gorong	Dimensi		F (m)	y (m)	S	n	μ	A (m ²)	P (m)	R (m)	Qkapasita s (m ³ /det)	Qrencana (m ³ /det)	Keterangan
		B (m)	H (m)											
1	G(14-15)	0.50	0.40	0.2	0.2	0.190099	0.013	0.8	0.100	0.90	0.1111	0.6201	0.07773202	OK
2	G(23-17)	0.60	0.65	0.2	0.45	0.253556	0.013	0.8	0.270	1.50	0.1800	2.6672	0.17438096	OK
3	G(40-24)	0.70	0.74	0.2	0.54	0.497373	0.013	0.8	0.378	1.78	0.2124	5.8393	0.29237733	OK
4	G(46-43)	0.40	0.60	0.2	0.4	0.118520	0.013	0.8	0.160	1.20	0.1333	0.8847	0.02445929	OK
5	G(49-41)	0.46	0.70	0.2	0.50	0.084207	0.013	0.8	0.230	1.46	0.1575	1.1980	0.49537469	OK
6	G(62-59)	0.50	0.55	0.2	0.35	0.174142	0.013	0.8	0.175	1.20	0.1458	1.2451	0.50749539	OK
7	G(70-71)	0.45	0.45	0.2	0.3	0.189393	0.013	0.8	0.113	0.95	0.1184	0.7266	0.10202904	OK
8	G(72-73)	0.60	0.50	0.2	0.30	0.210078	0.013	0.8	0.180	1.20	0.1500	1.4333	0.14884714	OK
9	G(76-66)	0.55	0.60	0.2	0.40	0.163406	0.013	0.8	0.220	1.35	0.1630	1.6328	0.51563002	OK
10	G(84-82)	0.70	0.65	0.2	0.45	0.123697	0.013	0.8	0.315	1.60	0.1969	2.3073	0.97957327	OK
11	G(89-87)	0.72	0.60	0.2	0.40	0.196766	0.013	0.8	0.288	1.52	0.1895	2.5935	1.10916067	OK

- Analisis Kapasitas Gorong-gorong Rencana
Gorong-gorong yang ditinjau sebagai contoh adalah G(68-69). Dan gorong-gorong direncanakan berbentuk persegi dengan bangunan gorong-gorong sama rata dengan saluran. Pada G(68-69) digunakan dimensi gorong-gorong seperti berikut :

B = 0,50 m
H = 0,60 m

Maka,

- y = H - F
= 0,60 - 0,20
= 0,40 m
- Luas penampang basah
A = By

$$= 0,50 \times 0,40 = 0,200 \text{ m}^2$$

- Keliling basah
P = B + 2y
= 0,50 + 2 × 0,40 = 1,30 m
- Jari-jari hidraulis
R = A/P
= 0,72 / 2,5 = 0,288 m
- Debit kapasitas

$$Q_{kaps} = \mu \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = 0,8 \times \frac{1}{0,013} \times 0,200 \times$$

$$0,1538^{\frac{2}{3}} \times 0,118843 \text{ m}^3/\text{det} = 1,2182 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Debit rencana
- Q saluran (68-69) = 0,056701 m³/det

Tabel 9. Perhitungan Dimensi Gorong-Gorong Rencana

No.	Nama Gorong - Gorong	Dimensi		F (m)	y (m)	S	n	μ	A (m ²)	P (m)	R (m)	Qkapasita s (m ³ /det)	Qrencana (m ³ /det)	Keterangan
		B (m)	H (m)											
1	G(2-3)	0.40	0.50	0.2	0.30	0.030518	0.013	0.8	0.120	1.00	0.1200	0.3139	0.06144222	OK
2	G(14-15)	0.50	0.40	0.2	0.2	0.190099	0.013	0.8	0.100	0.90	0.1111	0.6201	0.07773202	OK
3	G(23-17)	0.60	0.65	0.2	0.45	0.253556	0.013	0.8	0.270	1.50	0.1800	2.6672	0.17438096	OK
5	G(33-29)	0.40	0.50	0.2	0.30	0.342125	0.013	0.8	0.120	1.00	0.1200	1.0509	0.06939659	OK
4	G(38-31)	0.50	0.50	0.2	0.30	0.115794	0.013	0.8	0.150	1.10	0.1364	0.8322	0.11739836	OK
6	G(40-24)	0.70	0.74	0.2	0.54	0.497373	0.013	0.8	0.378	1.78	0.2124	5.8393	0.29237733	OK
8	G(46-43)	0.40	0.60	0.2	0.4	0.118520	0.013	0.8	0.160	1.20	0.1333	0.8847	0.02445929	OK
7	G(49-41)	0.46	0.70	0.2	0.50	0.084207	0.013	0.8	0.230	1.46	0.1575	1.1980	0.49537469	OK
12	G(58-48)	0.40	0.50	0.2	0.30	0.071249	0.013	0.8	0.120	1.00	0.1200	0.4796	0.16230889	OK
13	G(62-59)	0.50	0.55	0.2	0.35	0.174142	0.013	0.8	0.175	1.20	0.1458	1.2451	0.50749539	OK
14	G(65-61)	0.50	0.50	0.2	0.30	0.108422	0.013	0.8	0.150	1.10	0.1364	0.8052	0.03124334	OK
16	G(68-69)	0.50	0.60	0.2	0.40	0.118843	0.013	0.8	0.200	1.30	0.1538	1.2182	0.05670091	OK
17	G(70-71)	0.45	0.45	0.2	0.3	0.189393	0.013	0.8	0.113	0.95	0.1184	0.7266	0.10202904	OK
18	G(72-73)	0.60	0.50	0.2	0.30	0.210078	0.013	0.8	0.180	1.20	0.1500	1.4333	0.14884714	OK
15	G(76-66)	0.55	0.60	0.2	0.40	0.163406	0.013	0.8	0.220	1.35	0.1630	1.6328	0.51563002	OK
19	G(79-75)	0.50	0.60	0.2	0.40	0.082732	0.013	0.8	0.200	1.30	0.1538	1.0164	0.36721222	OK
20	G(84-82)	0.70	0.65	0.2	0.45	0.123697	0.013	0.8	0.315	1.60	0.1969	2.3073	0.97957327	OK
21	G(89-87)	0.72	0.60	0.2	0.40	0.196766	0.013	0.8	0.288	1.52	0.1895	2.5935	1.10916067	OK
22	G(94-92)	0.50	0.60	0.2	0.40	0.143753	0.013	0.8	0.200	1.30	0.1538	1.3398	1.21521670	OK
23	G(99-97)	0.80	0.80	0.3	0.55	0.154701	0.013	0.8	0.440	1.90	0.2316	4.0162	1.33008761	OK

Pembahasan

- **Survei lokasi**
Survei lokasi yaitu untuk mengetahui keadaan atau permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian dan melihat kondisi saluran eksisting yang ada. Serta melakukan wawancara dengan masyarakat setempat untuk mengetahui secara pasti bahwa lokasi penelitian di Kompleks Perumahan PLN,

Kelurahan Bahu Kecamatan Malalayang sering terjadi genangan setiap kali hujan turun.

- **Analisis Hidrologi**
Dalam analisis hidrologi diperlukan data curah hujan. Data curah hujan yang diambil yaitu data curah hujan harian maksimum dengan data pengamatan selama 10 tahun dari tahun 2008 – 2017 yang diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I pada Stasiun

Tinoor. Dalam analisis hidrologi ini dilakukan uji *outlier* untuk mengetahui apakah ada data yang menyimpang dari data yang diambil, ternyata dalam uji *outlier* tidak terdapat data yang menyimpang. Setelah itu dilakukan analisis frekuensi untuk mengetahui hujan rencana dan tipe distribusi yang akan digunakan dengan melihat syarat-syarat tipe distribusi. Dari hasil perhitungan didapat Standar deviasi (S) = 35,826, Koefisien kemencengan (*Skewness Coefficient*) (C_s) = 1,188, Koefisien kurtosis (*Kurtosis Coefficient*) (C_k) = 0,504206 dan Koefisien variasi (*Variation Coefficient*) (C_v) = 0,328855 dengan melihat syarat-syarat distribusi maka digunakan distribusi Log-Pearson III. Hujan rencana yang ada didapat dari hasil analisis hidrologi adalah $X_{TR} = 156,57$ mm.

• **Analisis Hidraulika**

Analisis hidraulika dilakukan untuk mengetahui kondisi kapasitas saluran eksisting yang ada di lokasi penelitian apakah saluran mampu menampung debit aliran yang masuk di saluran tersebut dengan mengacu pada syarat bahwa $Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, diperoleh bahwa saluran drainase yang ada sudah tidak mampu menampung debit aliran yang masuk, hal ini terjadi karena ada beberapa saluran mempunyai ukuran dimensi yang dangkal bahkan ada yang tidak mempunyai saluran. Perlu dilakukan perbaikan-perbaikan saluran serta penambahan saluran drainase baru di lokasi penelitian dan penambahan gorong-gorong baru karena banyak saluran yang fungsinya sudah tidak berjalan dengan baik. Dari hasil analisis maka dilakukan :

- Pembuatan sistem drainase yang baru.
- Pembuatan ruas saluran yang baru, yaitu: S(1-2), S(3-4), S(6-7), S(7-8), S(8-9), S(9-10), S(10-11), S(11-12), S(18-19), S(20-17), S(22-23), S(26-27), S(27-31), S(30-31), S(32-33), S(33-34), S(35-36), S(36-37), S(56-57), S(56-74), S(64-65), S(65-68), S(67-68), S(77-78), S(83-84), S(94-95), S(95-97), S(96-97), S(98-99), S(99-100).
- Perubahan dimensi saluran eksisting, yaitu : S(4-5), S(5-6), S(15-16), S(16-17), S(37-38), S(45-46), S(46-47), S(55-72), S(69-70), S(76-82), S(80-81), S(81-82), S(84-85), S(85-87), S(89-90), S(90-92).

- Perubahan dimensi gorong-gorong eksisting, yaitu : G(2-3), G(33-29), G(38-31), G(58-48), G(65-61), G(68-69), G(79-75), G(94-92), G(99-79).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka disimpulkan :

1. Di Kompleks Perumahan PLN, Kelurahan Bahu Kecamatan Malalayang sudah memiliki sistem drainase namun sistem itu tidak mampu mengalirkan debit aliran yang masuk di saluran dan masih ada beberapa ruas jalan yang belum memiliki saluran. Perlu penambahan ruas saluran baru serta perubahan dimensi saluran eksisting yang tidak mampu lagi menampung debit aliran, agar sistem drainase dapat berfungsi dengan baik.
2. Ada enam belas dari lima puluh satu saluran eksisting yang harus diubah dimensi salurannya, yaitu : S(4-5), S(5-6), S(15-16), S(16-17), S(37-38), S(45-46), S(46-47), S(55-72), S(69-70), S(76-82), S(80-81), S(81-82), S(84-85), S(85-87), S(89-90), S(90-92).
3. Penambahan tiga puluh ruas saluran yang baru, yaitu : S(1-2), S(3-4), S(6-7), S(7-8), S(8-9), S(9-10), S(10-11), S(11-12), S(18-19), S(20-17), S(22-23), S(26-27), S(27-31), S(30-31), S(32-33), S(33-34), S(35-36), S(36-37), S(56-57), S(56-74), S(64-65), S(65-68), S(67-68), S(77-78), S(83-84), S(94-95), S(95-97), S(96-97), S(98-99), S(99-100).
4. Penambahan sembilan gorong-gorong yang baru, yaitu : G(2-3), G(33-29), G(38-31), G(58-48), G(65-61), G(68-69), G(79-75), G(94-92), G(99-79).

Saran

Perlu adanya peran dari masyarakat untuk melakukan perawatan saluran drainase secara rutin dengan cara kerja bakti untuk membersihkan saluran dari sedimentasi dan sampah agar saluran tidak akan tersumbat dan dilakukan juga pemeliharaan secara berkala terhadap seluruh komponen sistem drainase.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkarim, Intan A. N. S., Cindy J. Supit, Liany A. Hendratta, 2016. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Motongkad Utara Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondouw Timur*. Jurnal Sipil Statik Vol. 4 No. 11 November 2016 (705-714) ISSN: 2337-6372, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Anggrahini, 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, CV. Citra Media, Surabaya.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, 2018. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Tinoor.
- Direktorat Jendral Pengairan Dept PU, 1986. Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04.
- Direktorat PLP Dept PU, 2012. Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan.
- French, Richard H., 1986. *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Lengkong, Jeanifer., Jeffry S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan, 2018. *Penataan Sistem Saluran Drainase di Kompleks Perumahan Minanga Permai Kelurahan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik Volume 6 Nomor 5. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Ondang, Gisela., Jeffry S. F. Sumarauw, Eveline M. Wuisan, 2018. *Pengembangan Sistem Drainase di Lingkungan Lima Kelurahan Wawalintouan Kecamatan Tondano Barat Kabupaten Minahasa*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.2 Februari 2018 (75-90) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Pania, Heri Giovan., Hanny Tangkudung, Lingkan Kawet, Eveline M. Wuisan, 2018. *Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3 Februari 2013 (164-170), Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Peraturan Menteri PU RI, 2014. Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
- Rotikan, Janti., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma, 2019. *Penataan Sistem Drainase di Jalan Singa Laut Malalayang Dua*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.3 Maret 2019 (337-350) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Rurung, Muhammad Alriansyah., Herawaty Riogilang, Liany A. Hendratta, 2019. *Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan dengan Sumur Resapan di Lahan Perumahan Wenwin – Sea Tumpengan Kabupaten Minahasa*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.2 Februari 2019 (189-200) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Seyhan, E., 1977. *Dasar-Dasar Hidrologi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, hal 1.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Nova, Bandung.
- Subarkah, Iman., 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, ANDI OFFSET, Yogyakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan