

**EVALUASI SISTEM DRAINASE PERUMAHAN DI DESA TIRTASARI  
KECAMATAN TOILI KABUPATEN BANGGAI**

***EVALUATION OF THE HOUSING DRAINAGE SYSTEM IN TIRTASARI VILLAGE  
TOILI SUBDISTRICT, BANGGAI REGENCY***

**Riduan**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk Banggai  
email: ridwanamin1965@gmail.com

**Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas penampang saluran eksisting dan mengetahui arah pengembangan saluran drainase yang berada di desa Tirtasari Kecamatan Toili Kabupaten Banggai. Metode yang digunakan berupa, observasi lapangan, identifikasi masalah dan pengumpulan data primer yang meliputi (data yang diperoleh langsung dari objek yang diteliti dengan cara pengamatan langsung), data sekunder (data yang diperoleh melalui dokumen-dokumen yang berhubungan dengan objek) dan menggunakan teknik analisa hidrologi dan hidrolika yang berbentuk perhitungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lebar( $b$ )=0,49 m tinggi( $h$ )=0,60m dan panjang saluran ( $L$ )=597m, yang didapatkan dari lokasi tinjauan yang menunjukkan bahwa nilai kapasitas lebih besar dari pada rencana. Nilai kapasitas 0,908 dan rencana 0,064. Dengan bentuk saluran drainase persegi panjang dan mampu menampung debit rencana selama periode ulang 10 tahun.

**Kata kunci:** sistem drainase, master plan, analisa hidrologi dan hidrolika

**Abstract**

The purpose of this study was to determine the cross-sectional capacity of the existing canal and to determine the direction of drainage channel development in Tirtasari Village, Toili District, Banggai Regency. The method used in the form of field observations, problem identification and primary data collection which includes (data obtained directly from the object under study by direct observation), secondary data (data obtained through documents related to the object) and using analytical techniques. hydrology and hydraulics in the form of calculations. The results showed that Width ( $b$ ) = 0.45 m, height ( $h$ ) = 0.60 m and channel length ( $L$ ) = 597 m, which was obtained from the review location which showed that the value of capacity was greater than planned. The value of capacity is 0.908 and plan is 0.064. With the shape of a rectangular drainage channel and able to accommodate the planned discharge for a return period of 10 years.

**Keywords:** drainage system, master plan, hydrological and hydraulic analysis

**PENDAHULUAN**

Sistem drainase adalah salah satu bagian penting dalam suatu wilayah atau daerah, dimana wilayah tersebut harus tertata dengan baik dan diikuti dengan pembangunan sistem drainase yang berfungsi dengan baik pula guna mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu daerah ke daerah yang lebih rendah, sehingga tidak mengakibatkan genangan air yang dapat mengganggu aktivitas penduduk, bahkan dapat menimbulkan kerugian sosial

dan ekonomi terutama yang berkaitan dengan aspek–aspek kesehatan lingkungan masyarakat (Susanto et al, 2008). Saluran drainase atau pengendali banjir adalah salah satu infrastruktur umum di wilayah perkotaan maupun pedesaan (Suliyati, 2016).

Masalah yang sering terjadi dalam sistem jaringan drainase adalah, a) kondisi geografis, sehingga terjadi luapan air dari dalam saluran, hal ini, disebabkan dari beberapa faktor yaitu *overload* debit air yang mengalir dalam saluran akibat intensitas curah hujan yang tinggi; b) kesalahan perencanaan, hal ini tidak sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yang mempengaruhi kriteria dalam menentukan type saluran/drainase, sehingga dapat mengurangi efektivitas kelancaran pengaliran air pada saluran drainase; c) SDM (Sumber Daya Manusia) yang tidak sesuai dengan bidang keahlian sehingga belum mampu merencanakan sistem drainase sesuai kondisi lingkungan sekitarnya; d) kurangnya peran dan keterlibatan masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan dengan membuang sampah sembarangan disaluran drainase (Afandi et al, 2018). Dengan demikian, perlu dievaluasi kembali saluran yang berpotensi meluapkan air dari dalam saluran dengan tetap mempertimbangkan manajemen perencanaan yang baik serta dapat dipertanggung jawabkan secara teknis.

Desa Tirtasari yang berada di Kecamatan Toili, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah, merupakan fokus obyek penelitian, hal ini disebabkan pada musim penghujan, desa atau wilayah tersebut selalu menjadi langganan banjir dan beberapa permasalahan adalah adanya bangunan drainase yang tidak sesuai kebutuhan dan tidak memperhitungkan kontur suatu wilayah secara geografis sehingga menyebabkan air tidak mengalir dengan lancar. Pengaruh lainnya adalah dimensi eksisting drainase berbentuk trapesium, terjadi beda tinggi bangunan serta terjadi penyempitan di bagian hilir sehingga berakibat luapan dari dalam saluran secara berlebihan (*overload*) sampai akhirnya menjadi bencana banjir. Penelitian ini mengkaji tentang evaluasi sistem drainase di perumahan sebagai upaya alternatif penanganan genangan banjir di permukiman.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Lokasi Studi**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2021 sampai dengan Oktober 2021 di Desa Tirtasari yang berada di Kecamatan Toili, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah.

### **Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif. adapun uraian sebagai berikut :

- Kuantitatif; merupakan salah satu dari jenis penelitian untuk mengungkapkan kejadian atau fakta, keadaan, fenomena, variabel dan keadaan yang terjadi saat penelitian berlangsung dengan menyuguhkan apa yang sebenarnya terjadi.
- Kualitatif; untuk menjelaskan suatu situasi yang hendak diteliti dengan dukungan studi kepustakaan sehingga lebih memperkuat analisa peneliti dalam membuat suatu kesimpulan.

### **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data-data dari instansi terkait, adapun data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini berupa peta topografi, peta kontur, luasan wilayah, dan data curah hujan. Data curah hujan yang dibutuhkan harus berasal dari stasiun pengukuran hujan yang berada didaerah sistem drainase dengan kalaulang 10 tahun.

### **Data Curah Hujan Harian**

Data curah hujan harian yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencangan pada evaluasi sistem drainase berupa data skunder dan data curah hujan harian pada stasiun dinas

pekerjaan umum dan penataan ruang (PUPR) kabupaten Banggai pada bidang sumber daya air (PSDA), yaitu pada kantor pengamat di Kecamatan Toili. Adapun data curah hujan yang digunakan kala ulang 10 tahun dapat dilihat pada (Tabel 1). Analisa hidrologi merupakan suatu analisa awal dalam menangani penanggulangan banjir dan perencanaan sistem drainase untuk mengetahui besarnya debit (Q) yang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan dimensi saluran drainase. Besarnya debit (Q) yang dipakai sebagai dasar perencanaan dalam penanggulangan banjir adalah debit rancangan yang didapat dari penjumlahan debit hujan rencana pada periode ulang tertentu dengan debit air buangan dari daerah tersebut.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian

No	Tahun	Curah hujan maksimum (Xi)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nov	Des
1	2020	60,0	25,7	24,6	38,0	124,5	185,0	91,5	213,0	175,6	30,0	80,4	77,0
2	2019	32,2	53,3	45,6	57,5	126,7	225,5	112,5	84,0	10,0	78,2	27,0	35,0
3	2018	40,0	45,0	31,5	44,8	163,5	116,0	190,0	82,8	23,4	12,0	45,0	31,5
4	2017	39,0	50,0	20,0	36,2	49,0	151,5	146,3	165,5	116,0	45,2	40,0	19,5
5	2016	85,0	53,5	27,5	33,5	23,5	122,0	170,0	110,9	38,5	68,5	60,7	79,3
6	2015	30,0	61,5	41,5	59,0	148,6	131,0	160,0	23,4	12,8	33,0	26,0	30,0
7	2014	20,0	31,0	21,9	24,0	70,7	143,0	128,4	210,7	16,3	17,7	40,0	62,0
8	2013	57,0	42,5	42,8	54,5	63,4	59,2	107,7	73,5	60,8	27,0	37,0	46,8
9	2012	40,0	23,0	80,0	18,0	168,0	110,0	190,6	60,0	50,5	53,0	28,0	28,0
10	2011	34,0	30,0	45,0	112,0	60,0	140,6	85,0	106,5	177,5	14,0	22,0	40,0

### Perhitungan Curah Hujan Rancana

Untuk menghitung data-data curah hujan dapat dilihat pada **Nilai K**, untuk Distribusi *Log Person III*

### Analisis Data

Dalam perhitungan kala ulang 10 tahun curah hujan rancana ini digunakan analisa frekuensi. Menurut Suripin (2003) bahwa, sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan harus menggunakan Analisa Frekuensi yaitu, besarnya kemungkinan suatu besaran hujan di samai atau dilampaui. Sebaliknya kala ulang (*return*) periode dalam waktu *hipotetik* dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Adapun untuk menghitung analisa frekuensi digunakan metode-metode sebagai berikut :

#### a) Gumbel

Rumus :

$$X_T = \bar{X} + S \times K$$

Dimana :

$X_T$  = curah hujan rencana (mm)

$\bar{X}$  = curah hujan rata – rata (mm)

S = Standar deviasi dari data hujan

K = Faktor frekuensi Gumbel :

$$K = \frac{Y_t - (Y_n \times S_n)}{S_n}$$

Dimana :

$Y_T$  = reduced variate

$S_n$  = reduced standar deviation

$Y_n$  = reduced mean

#### b) Log Pearson Tipe III

Rumus :

1) Ubah data ke dalam bentuk logaritmis,  $X = \log X$

2) Harga rata – rata :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$$

3) Menghitung harga simpangan baku

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}}$$

4) Menghitung Koefesien kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

Dimana :

- $K_T$  = koefisien penambahan karena faktor kepencengan
- $\text{Log } X_T$  = logaritma curah hujan maksimal untuk periode ulang T
- $\text{Log } X$  = logaritma rata-rata curah hujan
- $\frac{Sd}{C}$  = standar deviasi
- $C$  = koefisien kemencengan distribusi data

5) Menghitung logaritma hujan dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\text{Log } X_T = \text{log } X + K.s$$

### Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan fungsi densitas peluang normal (*PDF = probability density function*) yang paling dikenal adalah berbentuk lonceng yang disebut pula distribusi *Gauss*. Distribusi normal mempunyai dua parameter yaitu rerata  $\mu$  dan deviasi standar  $\sigma$  dari populasi. Dalam praktek, dan deviasi S diturunkan dari data sampel untuk menggantikan  $\mu$  dan  $\sigma$ . Fungsi distribusi normal mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$p(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(X - \overline{X})^2}{2S^2}\right] \quad -\infty \leq X \leq \infty$$

Dimana :

$p(X)$  = fungsi densitas peluang normal (probabilitas kontinyu)

$X$  = variabel acak kontinyu

$\overline{X}$  = rata-rata nilai  $X$

$\sigma$  = simpangan baku dari nilai  $X$

Dalam pemakaian praktis, umumnya rumus tersebut tidak digunakan secara langsung karena telah dibuat tabel untuk keperluan perhitungan dan persamaan umum yang sering digunakan adalah :

$$X_T = X_o + K_T S$$

dimana :

$$K_T = \frac{X_T - X_o}{S}$$

Dimana :

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadinya dengan periode ulang T tahunan

$X_o$  = nilai rata-rata hitungan variat

$S$  = deviasi standar nilai variat

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

Nilai faktor frekuensi  $K_T$  umumnya tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam (tabel 2) yang umum disebut sebagai tabel nilai variable reduksi Gauss (*variable reduced Gauss*).

Tabel 2. Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	$K_T$
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0

### Distribusi Log Normal

Distribusi log normal digunakan apabila nilai-nilai dari variabel random tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal. Jika variabel acak  $Y = \log X$  terdistribusi secara normal, maka  $X$  dikatakan mengikuti distribusi log normal. Fungsi densitas probabilitas (PDF = *probability density function*) untuk distribusi log normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{YS\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(Y - \bar{Y})^2}{2S^2}\right] \quad X > 0$$

Dimana :

- $P(X)$  = peluang log normal
- $X$  = nilai variat pengamatan
- $Y$  =  $\log X$
- $\bar{Y}$  = rata-rata populasi  $Y$
- $S$  = deviasi standar nilai variat  $Y$

Apabila nilai  $P(X)$  digambarkan pada kertas, maka peluang logaritma akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S$$

dimana :

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S}$$

Dimana :

- $Y_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahunan
- $\bar{Y}$  = nilai rata-rata hitungan variat
- $S$  = deviasi standar nilai varia

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.  
 Hitungan distribusi log normal dilakukan dengan menggunakan tabel yang sama dengan distribusi normal yaitu (tabel 3), dimana dapat dihitung debit banjir puncak dengan periode ulang tertentu.

### Uji Chi-kuadrat

Uji chi kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa atau dengan kata lain apakah distribusi yang telah dipilih benar atau dapat digunakan untuk menghitung sampel data. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $X^2_h$ , oleh karena itu disebut *uji chi-kuadrat*.

$$X^2_h = \frac{\sum_{i=1}^Q (O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana :

- $X^2_h$  = parameter chi kuadrat hitungan
- Q = jumlah sub kelompok
- $O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub
- $E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok k-i

### Waktu Konsentrasi ( $T_C$ )

Metode Untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut

$$T_C = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

Dimana :

- L : Panjang Saluran (m)
- S : Kemiringan Saluran

### Intensitas Curah Hujan

Perhitungan debit banjir dengan metode Rasional memerlukan data intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut terkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf (I) dengan satuan mm/jam. Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak sangat luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit. Menurut Suripin (2003) intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data curah hujan harian (mm) empirik menggunakan metode mononobe sebagai berikut :

$$I = \left( \frac{R_{24}}{24} \right) \cdot \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

Dimana :

- I = Intensitas hujan untuk lama hujan t (mm/jam)
- $R_{24}$  = Curah hujan (mm/hari)
- T = Lamanya curah hujan (jam)

Pada persamaan ini hujan harian maksimum yang digunakan dalam hujan rancangan berdasarkan kala ulang tertentu yang diperoleh dari metode distribusi data, dengan demikian intensitas hujan didapat juga berdasarkan kala ulang tertentu.

### Debit Air Hujan

Metode yang digunakan untuk menghitung debit air hujan pada saluran-saluran drainase dalam studi ini adalah metode rasional USSCS (1973). Rumus ini banyak digunakan untuk sungai-sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas dan juga untuk perencanaan drainase daerah

pengaliran yang sempit. Pada 1889, Kuichling (USA) memperkenalkan bentuk umum persamaan metrik sebagai berikut

$$Q_{ah} = I (\text{jam mm}) \cdot A (\text{km}^2)$$

$$\left( \frac{10^{-3} \text{ m}}{3600 \text{ s}} \right) (1000000 \text{ m}^2)$$

$$= 0,2778 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{ah} = 0,2778 C I A$$

Dimana :

- Qah = debit banjir rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ ),
- C = koefisien *run off*,
- I = intensitas hujan untuk waktu konstan (mm/jam)
- A = luas catchment area ( $\text{km}^2$ ).

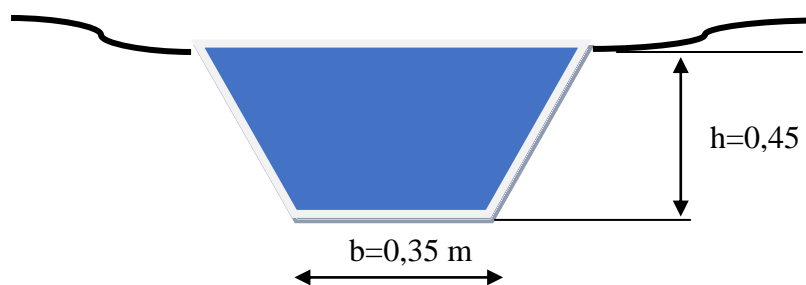
### Analisa Hidrolika

Perencanaan saluran drainase harus berdasarkan pertimbangan kapasitas tampungan saluran yang ada baik tinjauan hidrolis maupun elevasi kondisi lapangan. Tinjauan hidrolis dimaksudkan untuk melakukan elevasi kapasitas tampungan saluran debit banjir, sedangkan kondisi dilapangan adalah didasarkan pengamatan secara langsung dilapangan untuk mengetahui apakah saluran yang ada mampu atau tidak untuk mengalirkan air secara langsung pada saat hujan. Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi saluran menggunakan rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah hujan harian yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencangan pada evaluasi sistem drainase berupa data skunder dan data curah hujan harian pada stasiun dinas pekerjaan umum dan penataan ruang (PUPR) Kabupaten Banggai pada Bidang Sumber Daya Air (PSDA), pada kantor pengamat di Kecamatan Toili. Adapun data curah hujan yang digunakan kala ulang 10 tahun, seperti diperlihatkan pada (Tabel 1) tersebut di atas. Evaluasi saluran berguna untuk mengetahui seberapa besar debit yang dapat ditampung saluran dengan kondisi yang ada pada saat ini (Kencana et al, 2021). Hasil evaluasi aktual di lapangan menggambarkan bahwa, ketidasesuaian dimensi eksisting dari drainase yang ada seperti gambar di bawah ini (Gambar 1), sehingga alternatif dilakukan perhitungan kembali sebagaimana dimensi yang ada.

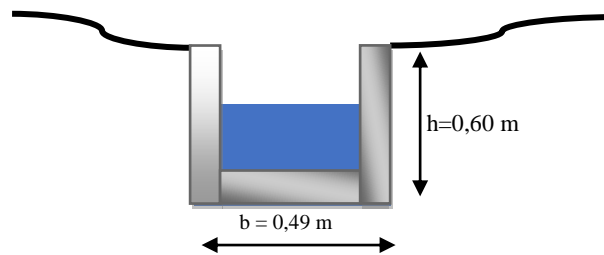


Gambar 1 . Saluran Drainase Kondisi Aktual

Hasil perhitungan kapasitas saluran eksisting serta dimensinya berbentuk persegi pada saluran SA – S1 diperlihatkan pada Gambar 2, dibawah ini diperoleh:

Lebar dasar saluran ( $b$ ) = 0,49 m

Tinggi saluran (h) = 0,60 m  
 Panjang saluran (L) = 597 m  
 Koefisien Manning (n) = 0,012



Gambar 2 . Saluran Drainase Perencanaan Bentuk Persegi

Luas Penampang Saluran

$$A = b \times h$$

$$= 0,49 \times 0,60$$

$$= \mathbf{0,294 \text{ m}^2}$$

Keliling Basah

$$P = b \times 2.h$$

$$= 0,49 \times 2 \times 0,60$$

$$= \mathbf{0,588 \text{ m}}$$

Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot H}$$

$$= \frac{0,49 \times 0,60}{0,49 + 1,2}$$

$$= \mathbf{0,197 \text{ m}}$$

Kecepatan Aliran Pada Saluran Eksisting

$$V = \frac{1}{N} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,012} \times 0,197^{2/3} \times 0,012^{1/2}$$

$$= \mathbf{3,088 \text{ m/detik}}$$

Analisis Kapasitas Debit Saluran Eksisting

$$Q = V_{saluran} \times A_{saluran}$$

$$= 3,088 \times 0,294$$

$$= \mathbf{0,908 \text{ m}^3/\text{detik} > Q_{rencana} \text{ ( Aman )}}$$

Dengan mengetahui debit banjir, dapat direncanakan dimensi saluran yang ekonomis dengan asumsi saluran berbentuk persegi (Prawati et al, 2021). Dimensi pada (Gambar 2) di atas, dimana luas penampang saluran/drainase, keliling basah, jari-jari hidrolis, kecepatan aliran serta debit (Q) yang diperoleh sudah sesuai dengan kriteria perencanaan saluran/drainase di perumahan sebagai upaya alternatif penanganan genangan banjir di permukiman.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan Kapasitas Drainase Perumahan di Desa Tirtasari Kecamatan Toili dapat disimpulkan bahwa bentuk saluran yang ada dilapangan berbentuk persegi panjang dengan jenis material dari beton mempunyai umur konstruksi yang cukup lama serta dapat mengatasi tanah yang labil. Dimensi drainase yang menjadi tinjauan, mempunyai dimensi penampang drainase dengan lebar (b)= 0,49m, tinggi (h)= 0,60 m dan panjang saluran (L)= 597 m.



Dilihat dari kapasitas drainase tinjauan dapat menampung debit limpasan selama periode ulang hujan 10 tahun, ( $Q_{\text{kapasitas}} > Q_{\text{rencana}}$ ), nilai  $Q_{\text{kapasitas}} 0,908 > Q_{\text{rencana}} 0,064$  menunjukkan kapasitas penampang aman untuk menampung debit air rencana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, M. A., Doloksaribu, A., & Paresa, J. (2018). Studi Kasus Pengaruh Geometri Jaringan Drainase Terhadap Genangan Banjir di Kelurahan Maro Distrik Merauke. *Musamus Journal of Civil Engineering*, 1(1), 24-37.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banggai 2019. *Kabupaten Banggai Dalam Angka*.
- Clarkson, H. Oglesby, R. Gary Hicks, *Highways Engineering, 4th Ed John Willey & Sons, inc, 1982.*
- Kencana, A., Noerhayati, E., & Rokhmawati, A. (2021). Studi Evaluasi Drainase di Kecamatan Singosari Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 9(4), 312-321.
- Prawati, E., & Juansyah, A. K. (2021). Analisis Kapasitas Saluran Drainase Terhadap Banjir Pada Ruas Jalan Rapol–Gang Lambau Kota Metro–Lampung. *Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11(1), 58-66.
- Suliyati, T. (2016). Penataan Drainase Perkotaan Berbasis Budaya Dalam Upaya Penanganan Banjir di Kota Semarang. *Humanika*, 19(1), 59-69.
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Yogyakarta
- Susanto, H., Arafat, H., Janssen, E. M., & Ulbricht, M. (2008). Ultrafiltration of polysaccharide–protein mixtures: elucidation of fouling mechanisms and fouling control by membrane surface modification. *Separation and Purification Technology*, 63(3), 558-565.