

ANALISIS KINERJA SALURAN DRAINASE DESA LIANG KECAMATAN SALAHUTU KABUPATEN MALUKU TENGAH

Glen Boyke Rehatta¹⁾, Samuel Uneputty²⁾, Selly Metekohy³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon

¹⁾ glenboyke.rehatta@gmail.com, ²⁾ semuel.uneputty1963@gmail.com, callymetekohy@gmail.com

ABSTRACT

Liang Village is an area located in Salahutu District, Central Maluku Regency, Maluku Province. The increase in the population of the village of Liang led to rapid development, as well as causing an increase in the number of settlements. The conversion of land functions into settlements results in reduced water infiltration into the ground so that surface water runoff increases. In addition, an increase in population, housing also causes an increase in waste discharge, and has the potential to reduce water absorption and channel capacity. So it is feared that in the next few years the existing canal capacity will not be able to drain water. This study aims to analyze the existing canal capacity for the next 10 years. From the research results K1 & K2 channels meet the requirements because the channel's Planned Debit (Qr) < Existing Debit (QS). Channel K1 : Qr (0.61404 m³/sec) < Qs(2,14 m³/sec). Channel K2 Qr (1.176 m³/s) < Qs(1.48 m³/s). Channels K3 – K8 do not meet the requirements because the channel's Planned Debit (Qr) > Existing Debit (QS). Channel K3 : Qr (2.085 m³/s) .> Qs(1.63 m³/s). Channel K4 : Qr (1.6782 m³/s) .> Qs(1.63 m³/s). Channel K5 : Qr (1.7661 m³/s) .> Qs(0.60 m³/s). Channel K6 : Qr (1.2197 m³/s) .> Qs(0.61 m³/s). Channel K7 : Qr (1.5991 m³/s) .> Qs(0.82 m³/s). Channel K8 : Qr (1.8081 m³/s) .> Qs(1.20 m³/s).

Keywords: *Drainage channel; discharge, velocity*

ABSTRAK

Desa liang merupakan daerah yang terletak di kecamatan salahutu kabupaten maluku tengah provinsi maluku. Bertambahnya jumlah penduduk desa liang menyebabkan pesatnya perkembangan, sekaligus menyebabkan bertambahnya jumlah permukiman. Alih fungsi lahan menjadi permukiman tersebut mengakibatkan berkurangnya resapan air ke dalam tanah sehingga limpasan air permukaan meningkat. Selain itu, Peningkatan jumlah penduduk, perumahan juga menyebabkan meningkatnya debit limbah, dan berpotensi besar mengurangi resapan air dan kapasitas saluran. Sehingga dikhawatirkan beberapa tahun ke depan kapasitas saluran eksisting yang ada tidak mampu untuk mengalirkan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kapasitas saluran eksisting untuk 10 tahun ke depan. Dari hasil Penelitian Saluran K1 & K2 memenuhi persyaratan karena Debit Rencana saluran (Qr) < Debit Eksisting (QS). Saluran K1 : Qr (0.61404 m³/det) < Qs(2,14 m³/det). Saluran K2 Qr (1,176 m³/det) < Qs(1,48 m³/det). Saluran K3 – K8 tidak memenuhi persyaratan karena Debit Rencana saluran (Qr) > Debit Eksisting (QS). Saluran K3 : Qr (2,085 m³/det) .> Qs(1,63 m³/det). Saluran K4 : Qr (1,6782 m³/det) .> Qs(1,63 m³/det). Saluran K5 : Qr (1,7661 m³/det) .> Qs(0,60 m³/det). Saluran K6 : Qr (1,2197 m³/det) .> Qs(0,61 m³/det). Saluran K7 : Qr (1,5991 m³/det) .> Qs(0,82 m³/det). Saluran K8 : Qr (1,8081 m³/det) .> Qs(1,20 m³/det).

Kata Kunci: *Saluran drainase; debit; kecepatan*

1. PENDAHULUAN

Desa liang merupakan daerah yang terletak di kecamatan salahutu kabupaten maluku tengah provinsi maluku. Hal ini menjadikan desa liang sebagai pusat kegiatan, pariwisata dan permukiman. Kedudukan desa liang tersebut menuntut adanya fasilitas memadai yang menunjang keamanan, kenyamanan, dan bebas dari banjir maupun genangan air. Liang adalah salah satu dari enam buah desa yang termasuk kedalam wilayah kecamatan salahutu, maluku tengah, maluku indonesia. Desa ini

KK. Kondisi geografi desa liang adalah desa yang terletak pada daerah pesisir pantai dengan hamparan tanah yang luas. Dengan ketinggian wilayah permukiman rata-rata 8m² dari permukaan laut. Bertambahnya jumlah penduduk desa liang menyebabkan pesatnya perkembangan, sekaligus menyebabkan bertambahnya jumlah permukiman. Alih fungsi lahan menjadi permukiman tersebut mengakibatkan berkurangnya resapan air ke dalam tanah sehingga limpasan air permukaan meningkat. Selain itu, Peningkatan jumlah penduduk juga menyebabkan meningkatnya debit limbah, dan berpotensi besar mengurangi sepadan saluran (eksploitasi lahan untuk permukiman). Sehingga

dikhawatirkan beberapa tahun ke depan kapasitas saluran eksisting yang ada tidak mampu untuk mengalirkan air. Untuk menanggulangi masalah tersebut diantaranya dapat dilakukan dengan menganalisis saluran drainase eksisting mulai dari daerah genangan air, pola aliran, dimensi saluran, tebal sedimentasi, dimensi saluran, dan sebagainya yang terkait dengan efektifitas saluran dan kebutuhan drainase.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dasar Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (Perencanaan Infrastruktur Khususnya). Drainase adalah lekungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong-gorong di bawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. (Dr. Ir. Suripin, M.Eng.2004). Sedangkan pengertian tentang drainase kota pada dasarnya telah diatur dalam SK menteri PU No. 233 tahun 1987. Menurut SK tersebut, yang dimaksud drainase kota adalah jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dan daerah urban dari genangan air, baik dari hujan lokal maupun luapan sungai melintas di dalam kota.

2.2 Fungsi Drainase

- Untuk mengurangi kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.
- Sebagai pengendali air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air/banjir.
- Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
- Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
- Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.
- Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaan lahannya rendah dari genangan

sehingga tidak menimbulkan dampak negative berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.

- Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
- Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

2.3 Manfaat Drainase

- Menjaga dan menurunkan permukaan air sehingga genangan air dapat dihindarkan.
- Mengendalikan kelebihan air permukaan sehingga tidak merugikan masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia.
- Membantu mengurangi aliran air permukaan
- Menjaga stabilitas aliran

2.4 Macam - macam Drainase

2.4.1 Menurut Sejarah Terbentuknya

1) Drainase Alamiah (*Natural Drainase*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

2) Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

2.4.2 Menurut Letak Bangunan

1) Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open chanel flow.

2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

2.4.3 Menurut Fungsi

- 1) *Single Purpose*; yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lainnya seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain – lain.
- 2) *Multi Purpose*; yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

2.4.4 Menurut Konstruksi

- 1) Saluran Terbuka ; Yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.
- 2) Saluran Tertutup ; Yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di kota/permukiman.

2.5 Persamaan yang digunakan untuk Menghitung Dimensi Saluran

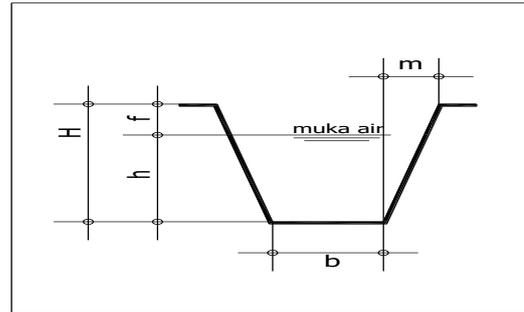
Adapun dalam menghitung dimensi saluran maka dapat menggunakan metode perumusan Manning, sebagai berikut :

$$\left[\frac{1}{n} \right] \left[\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right]^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

- V = $1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$
- Q = A . V = A . (1/n . R^{2/3} . S^{1/2})
- R = A / P
- A = (b + mh)h
- P = b + 2h√1 + m²
- Q = (b + mh) h

Dengan :

- n = Angka kekasaran saluran (tabel 2.3)
- R = Jari-jari hidrolis saluran, (m)
- S = Kemiringan dasar saluran
- Q = Debit saluran, (m³/det)
- h = Tinggi air dalam saluran (m)
- m = kemiringan talut
- b = Lebar dasar saluran (m)
- V = Kecepatan aliran (m/det)
- A = Luas Penampang basah saluran (m²)



Gambar 2.1. Gambar Penampang Saluran Trapesium

Ada beberapa faktor atau cara-cara yang harus diperhatikan dalam merencanakan saluran dengan baik dan benar, yaitu sebagai berikut :

1. Aliran melalui penampang
 - Aliran yang melalui suatu saluran harus direncanakan untuk tidak mengakibatkan endapan sedimen untuk itu perancang cukup memperhitungkan ukuran-ukuran saluran dengan analisis hidraulika sehingga nantinya dapat memutuskan saluran ukuran akhir berdasarkan efisiensi hidraulika dan mendapatkan ukuran penampang terbaik,praktis,dan ekonomis.
2. Penentuan ukuran penampang
 - Tata cara untuk menentukan ukuran suatu penampang saluran adalah sebagai berikut :
 - a. Mengumpulkan segala informasi yang tersedia, kemudian manaksir nilai N berdasarkan kriteria materi dinding saluran, sedangkan nilai S ditentukan berdasarkan kriteria kegunaan saluran dan kecepatan maksimum dan minimum sehingga tidak mengakibatkan erosi maupun sedimentasi pada saluran.
 - b. Bila terdapat ukuran-ukuran dari suatu penampang yang belum diketahui, misalnya B, maka nilai-nilai tersebut ditaksir, sehingga dapat diperoleh kombinasi ukuran penampang, sehingga nantinya ukuran akhirnya akan ditetapkan berdasarkan efisiensi hidraulika dan segi praktisnya.
 - c. Kecepatan minimum yang ditentukan diperiksa, terutama untuk air yang mengandung lanau.
 - d. tambahkan jagaan seperlunya terhadap kedalaman dari penampang saluran
3. Penentuan ukuran penampang
 - Tata cara untuk menentukan suatu penampang saluran adalah sebagai berikut :
 - a) Mengumpulkan segala informasi yang tersedia,kemudian manaksir nilai N berdasarkan criteria material dinding saluran,seandainya nilai S ditentukan berdasarkan criteria kegunaan saluran dan kecepatan maksimum dan minimum sehingga tidak mengakibatkan erosi maupun sedimentasi pada saluran.

- b) Bila terdapat ukuran-ukuran dari suatu penampang yang belum diketahui, misalnya B, maka nilai-nilai tersebut ditaksir, sehingga dapat di peroleh kombinasi ukuran penampang, sehingga nantinya ukuran akhirnya akan ditetapkan berdasarkan efisiensi hidraulik dan segi praktis.
 - c) Kecepatan minimum yang ditentukan diperiksa, terutama untuk air yang mengandung lanau.
 - d) Tambahkan jagaan seperlunya terhadap keadalamannya dari penampang saluran.
4. Kecepatan maksimum yang diijinkan
Kecepatan maksimum yang diijinkan adalah kecepatan yang tidak akan menimbulkan erosi pada tubuh saluran (*Nonerosive Velocity*). Besarnya kecepatan ini sangat tidak menentu dan bervariasi.

2.6 Beban Drainase

Beban drainase dapat ditentukan berdasarkan besarnya volume air yang harus dibuang dalam waktu tertentu ataupun berdasarkan besarnya *direct run off* yang harus dialirkan langsung ke suatu outlet. Dengan demikian besarnya beban drainase yang harus dibuang dapat diprediksi dengan cara sbb :

1. Akibat Hujan Saja

Beban drainase akibat hujan saja dihitung berdasarkan debit *direct run off* yang diakibatkan oleh hujan rencana tersebut. Besarnya hujan rencana biasanya ditentukan berdasarkan periode ulang tertentu yang disesuaikan dengan *life time* dari fasilitas yang dilayani oleh sistem drainase tersebut. Parameter tambahan yang perlu diperhatikan pada penentuan beban drainase ini adalah lamanya waktu rencana pembuangan yang ingin dicapai oleh sistem drainase yang dibuat. Periode pengamatan data hujan yang digunakan dalam perhitungan *direct runoff* harus disesuaikan dengan lamanya waktu rencana pembuangan.

2. Akibat Genangan

Genangan yang terjadi dapat berupa genangan air permukaan dapat juga berupa air tanah dangkal. Untuk genangan permukaan, beban drainase tersebut dapat ditentukan dengan membagi volume air kelebihan yang akan dibuang dengan waktu pembuangan yang direncanakan, yaitu :

$$Q_d = \frac{V_{sd}}{\Delta t}$$

Dimana :

Q_d = Beban debit yang harus dilayani sistem drainase

V_{sd} = Volume kelebihan air yang harus dibuang

Δt = Selang waktu pembuangan yang direncanakan.

2.7 Analisa Curah Hujan

Hujan yang tercatat di stasiun pencatat hujan adalah hujan titik atau hujan yang terjadi ditempat alat pencatat hujan berada, karena intensitas curah hujan sangat bervariasi terhadap suatu tempat atau kawasan dibutuhkan nilai rata-rata hujan kawasan dari beberapa stasiun penakar hujan yang ada dalam wilayah tersebut. Dalam perhitungan ini digunakan metode rata-rata aljabar, metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan memiliki pengaruh yang sama atau setara. Cara ini sangat cocok untuk kawasan atau daerah yang rata atau datar, alat penakar tersebar hampir merata dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Persamaan umum yang digunakan

adalah :

$$R_{rata-rata} = \frac{(R_1 + R_2 + \dots + R_n)}{n}$$

Keterangan :

$R_{rata-rata}$ = hujan rata-rata DAS (mm)

$R_1 R_2 R_n$ = hujan yang tercatat di stasiun 1,2,n(mm)

n = jumlah stasiun hujan

2.8 Analisa Debit Limpasan (Q Limpasan)

Debit air limpasan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus dialirkan melalui saluran drainase. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu Koefisien *Run Off* (C), Data Intensitas Curah Hujan (I), dan *Catchment Area* (Aca). Koefisien Pengaliran adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan persentase kualitas curah hujan yang menjadi aliran permukaan dari curah hujan total setelah mengalami infiltrasi. Bagian hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dan saat sesudahnya merupakan limpasan/pengaliran. Besarnya koefisien pengaliran untuk daerah perencanaan disesuaikan dengan karakteristik daerah pengaliran yang dipengaruhi oleh tata guna lahan (*Land Use*)

yang terdapat dalam wilayah pengaliran tersebut. Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 2.2 Besarnya Koefisien Pengaliran

KONDISI	KOEFISIEN	KARAKTERISTIK	KOEFISIEN
Pusat Perdagangan	0,70 – 0,95	Permukaan Aspal	0,70 – 0,95
Lingkungan Sekitar	0,50 – 0,70	Permukaan Beton	0,80 – 0,95
Rumah-rumah Tinggal	0,30 – 0,50	Permukaan batu buatan	0,70 – 0,85
Kompleks Perumahan	0,40 – 0,60	Permukaan kerikil	0,15 – 0,35
Daerah Pinggiran	0,25 – 0,40	Alur setapak	0,10 – 0,85
Apartemen	0,50 – 0,70	Atap	0,75 – 0,95
Industri Berkembang	0,50 – 0,80	Lahan tanah berpasir:	
Industri Besar	0,60 – 0,90	Kemiringan 2 %	0,05 – 0,10
Taman Pekuburan	0,10 – 0,25	Kemiringan 2-7 %	0,10 – 0,15
Taman Bermain	0,10 – 0,25	Bertrap 7 %	0,15 – 0,20
Lapangan dan Rel Kereta Api	0,25 – 0,40	Lahan tanah keras :	
Daerah belum Berkembang	0,10 – 0,30	Kemiringan 2 %	0,13 – 0,17
		Kemiringan 2-7 %	0,18 – 0,22
		Bertrap 7 %	0,25 – 0,35

Sumber: Suripin (2004)

Intensitas hujan adalah tinggi curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam. *Catchment Area* atau daerah tangkapan air hujan adalah daerah tempat hujan mengalir menuju ke saluran. Biasanya ditentukan berdasarkan perkiraan dengan pedoman garis kontur. Pembagian *Catchment Area* didasarkan pada arah aliran yang menuju ke saluran *Conveyor* ke *Maindrain*. Berdasarkan 3 komponen diatas maka besarnya debit air limpasan (Q limpasan) dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Rasional Method (RM)*. Metode Rasional dapat digunakan untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran, namun dengan daerah pengaliran yang terbatas.

Rumus umum dari Metode Rasional adalah :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan :

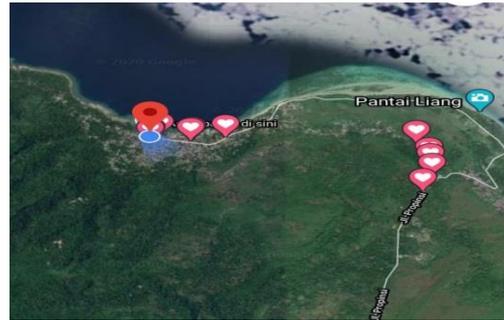
- Q = debit aliran air limpasan (m³/det)
- 0,278 = Konstantan, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan km²
- C = Koefisien/angka pengaliran (berdasarkan standar baku)
- I = Intensitas curah hujan mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (ha)

3. METODOLOGI

Penelitian ini berlokasi di Desa Liang Kecamatan Salahutu kabupaten Maluku Tengah.



Gambar 3.1 Peta Topografi Pulau Ambon



Gambar 3.2 Peta topografi daerah penelitian

Adapun jenis data yang dipakai oleh penulis adalah sebagai berikut :

- Data primer
Data primer adalah data yang di peroleh peneliti secara langsung di lapangan berupa hasil pengukuran dimensi saluran, data saluran eksisting, dan gambar dokumentasi kondisi lokasi penelitian.
- Data sekunder
Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada berupa data penduduk, data curah hujan, data topografi, dan peta lokasi.

Metode pengumpulan data yang di gunakan dalam penulisan ini adalah metode pencatat dokumen atau metode dokumentasi, metode wawancara, serta dengan melakukan pengamatan langsung dilapangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan analisa curah hujan maksksimum terhadap data curah hujan 10 tahun terakhir yang ditabulasikan seperti pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Data Curah Hujan

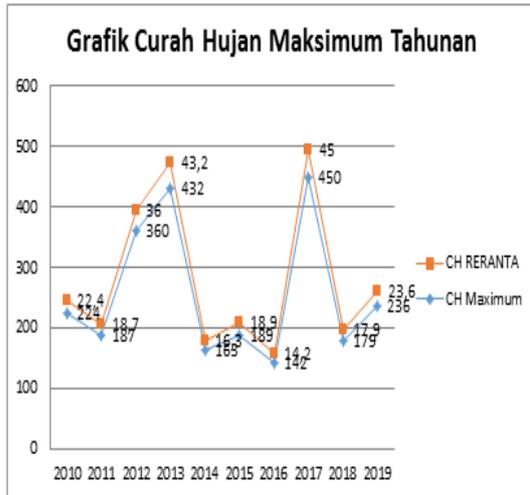
NO	TAHUN	CH MAXIMUM	CH RERANTA
1	2	3	4
1	2010	224	22,4
2	2011	187	18,7
3	2012	360	36,0
4	2013	432	43,2
5	2014	163	16,3
6	2015	189	18,9
7	2016	142	14,2
8	2017	450	45,0
9	2018	179	17,9
10	2019	236	23,6

Sumber : Stasiun Pattimura Ambon

Keterangan :

1. nomor
2. tahun
3. curah hujan maksimum
4. curah hujan rerata

Dari data curah hujan pada lampiran dan setelah ditabulasikan pada tabel 4.1 diatas, curah hujan maksimum dalam 10 tahun terakhir dapat di lihat pada gambar hidrograf di bawah ini yaitu pada tahun 2012 dengan curah hujan harian maksimum yaitu 348,1 mm.



(Sumber : Stasiun Pattimura, Ambon)

Gambar 4.1 Hidrograf curah hujan maksimum

4.2 Analisa Frekuensi

Data curah hujan yang digunakan berupa data curah hujan harian selama 10 tahun (2010 - 2019) pada stasiun BMKG. Dari hasil perhitungan parameter statistic nantinya akan dapat disimpulkan bahwa distribusi apa yang sesuai dengan data tersebut.

Parameter-parameter statistik diperlukan dalam menganalisa data untuk menghitung distribusi frekuensi. Seperti tabel 4.2

Tabel 4.2 Parameter statistik dalam menganalisa data distribusi frekuensi.

NO	TAHUN	CH MAXIMUM	log x	log Xr	log X - log Xr	(Log X - Log Xr) ²	(Log X - Log Xr) ³
1	2010	224	2.350	2.373	-0.022	0.000484	-1.0648E-05
2	2011	187	2.271	2.372	-0.101	0.010201	1.06152E-06
3	2012	360	2.556	2.372	0.184	0.03386	0.006229504
4	2013	432	2.635	2.372	0.263	0.069169	0.018191447
5	2014	163	2.212	2.372	-0.16	0.0256	-0.004096
6	2015	189	2.276	2.372	-0.096	0.009216	-0.000884736
7	2016	142	2.152	2.372	-0.22	0.0484	-0.010648
8	2017	450	2.653	2.372	0.281	0.078961	0.022188041
9	2018	179	2.252	2.372	-0.121	0.0144	-0.001728
10	2019	236	2.372	2.372	0	0	0
Jumlah			23.729			0.290287	0.02924267
Rerata			2.3729				
std. deviasi			0.179				
koef. Kemencengan			0.708				

sumber : hasil analisa

Berikut merupakan rumus dan perhitungan analisa frekuensi pada tabel diatas :

- 1) Harga Logaritma Rata-rata (\bar{x})

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log Xi}{n} = \frac{23,729}{10} = 2.3729 \text{ mm}$$

- 2) Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\log Xi - \log \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,290287}{10-1}} = 0.179$$

- 3) Koefisien skew / Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (\log Xi - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(s^3)} = \frac{10 \cdot (0.02924267)}{(9) \cdot (8) \cdot (0.179^3)} = 0.7081$$

Faktor frekuensi dapat di ukur dengan melakukan perbandingan 4 metode :

4.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi Log Person Tipe III

$$\log R_T = \log \bar{x} + G.S$$

Dimana nilai (K) dapat dilihat dari Tabel 4.3, yang dipengaruhi nilai Cs. Karena nilai Cs = 0.708 ≈ 0.7 maka, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai Koef. G = (-1.880) untuk kala ulang 1.0101 tahun.

Tabel 4.3 Nilai K untuk Distribusi Log-Person type III

Koef. G	Interval kejadian (Returnerance interval), tahun (periode ulang)									
	1. 0101	1. 2500	2	5	10	25	50	100		
	Persentase peluang terlampaui (Percent chance of being exceeded)									
	99	80	50	20	10	4	2	1		
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051		
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973		
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	2.889		
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800		
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705		
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.922	3.605		
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499		
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388		
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271		
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149		
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022		
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891		
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755		
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615		
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472		
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.051	2.326		
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178		
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029		
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880		
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733		
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588		
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449		
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318		
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197		
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087		
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990		
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905		
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832		
-2.6	-3.889	-0.490	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769		
-2.8	-3.973	-0.469	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714		
-3.0	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667		

Perhitungan :

Log R_T = log x̄ + K.S
 Log R_{1.0101} = 2.372 + (-1.880) x 0.179
 Log R_{1.0101} = 2.035

Mencari anti log x untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang 1.0101 :

Anti log X (2.035) = 108.39 mm

Selanjutnya hasil perhitungan dengan periode ulang yang lainnya dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 4.4 Perhitungan Hujan Rancangan dengan Berbagai Kala Ulang

No.	Kala Ulang (Tr)	R rata-rata	Std Dev.	Kemencengan	K	Curah Rancangan	
	(Tahun)	(Log)	(S)	(Cs)		Log	Mm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	1.01	2.372	0.179	0.708	-1.880	2.035	108.39
2	2	2.372	0.179	0.708	-0.099	2.382	240.00
3	5	2.372	0.179	0.708	0.800	2.543	349.14
4	10	2.372	0.179	0.708	1.328	2.637	433.51

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

1. nomor
2. kala ulang tahun
3. nilai rerata curah hujan
4. standar deviasi
5. nilai kemencengan
6. nilai k log person III
7. curah hujan rancangan (R)

4.3 Analisa Intensitas Hujan

Data hujan yang ada adalah data hujan maksimum harian rata-rata, sehingga dalam perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus dari Dr. Mononobe, yang mana lamanya hujan diasumsikan sama dengan nilai

waktu konsentrasi (24 jam). Dimana R₂₄ didapat dari nilai Curah Hujan maksimum rata-rata harian (24 jam) per bulan untuk kurung waktu 1 tahun.

Rumus Intensitas Hujan :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} = \dots mm/jam$$

Dimana :

$$I = \frac{108.39}{24} \cdot \left[\frac{24}{24} \right]^{2/3} = 4.516 mm/jam$$

Tabel 4.5 Perhitungan intensitas hujan

C	R (mm)	Tc (Jam)	I (mm/jam)
1	2	3	4
1.01	108.39	24	4.516
2	240.99	24	10.041
5	349.14	24	14.54
10	433.51	24	18.062

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan :

1. kala ulang tahun
2. curah hujan rancangan
3. time concentration
4. intensitas hujan

4.4 Analisa Debit Limpasan

Besar kecilnya debit limpasan dipengaruhi oleh koefisien pengaliran (C), nilai ini dapat dilihat pada Tabel. Semakin besar nilai Koefisien C nya maka semakin besar pula debit limpasan tersebut, begitupun sebaliknya, besar kecilnya nilai Koefisien C di pengaruhi oleh Tata Guna Lahan pada lokasi disekitarnya.

Tabel 4.6. Koefisien Aliran permukaan

No	Jenis Daerah	Koefisien C
1.	Daerah perdagangan • Perkotaan (down town) • Pinggiran	0,70 – 0,90 0,50 – 0,70
2.	Perumahan • Perumahan satu keluarga • Perumahan berkelompok, terpisah-pisah • Perumahan berkelompok, bersambungan • Suburban • Daerah apartemen	0,30 – 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
3	Industri • Daerah industri ringan • Daerah industri berat	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
4.	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
5	Tempat bermain	0,20 – 0,35
6	Daerah stasiun kereta api	0,20 – 0,40
7	Daerah belum diperbaiki	0,10 – 0,30
8	Jalan	0,70 – 0,95
9	Bata • Jalan, hamparan • Atap	0,75 – 0,85 0,75 – 0,95

Setelah mengetahui nilai koefisien pengaliran (C) pada gambar diatas,tata guna lahan dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tata Guna Lahan

No	Tata Guna Lahan	Koef C
1	Pemukiman Berkelompok, Terpisah	0.40-0.60

Sumber : Hasil Analisa dan buku putih kota Ambon

Perhitungan debit banjir air hujan berdasarkan intensitas hujan dengan menggunakan metode modifikasi rasional. Rumus debit air hujan yaitu :

$$Q_{ah} = 0,278 C . I . A$$

- Contoh Perhitungan Saluran K1

Panjang Saluran : 37 m
 Slope Saluran : 0.016 m
 Luas : 1,27 ha
 C : 0,40
 R₂₄ : 433.51
 Vol : 15.893

Maka :

$$T_c = t_0 + t_d$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_s \times n_d / \sqrt{s} \right)^{0,167}$$

$$= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 37 \times 0,013 / \sqrt{0,016} \right)^{0,167}$$

$$= 1,538 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L}{60 \times V} = \frac{37}{60 \times 2,46} = 0,250 \text{ menit}$$

$$T_c = 1,538 + 0,250$$

$$= 1,788 \text{ menit} = 0,0298 \text{ jam}$$

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

$$= \frac{540,36}{24} \cdot \left(\frac{24}{0,0298} \right)^{2/3}$$

$$= 1948,95 \text{ mm/jam} = 541,375 \text{ m/dtk}$$

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,278 \times 0,40 \times 541,37 \times 0,0127$$

$$= 0,764 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perhitungan selengkapnyadari analisa debit air hujan rencana dapat dilihat pada 4.8 tabel berikut ini :

Tabel 4.8. Analisis Debit Air Hujan

No.	Nama Saluran	Luas Area (Km ²)	P _{hg} Saluran (m)	Slope Saluran	Koefisien (C)	CHr (mm)	(I) (mm/jam)	(Q) (m ³ /dtk)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Saluran K1	0.00127	37	0.016	0.40	433.51	1563.57	0.613
2	Saluran K2	0.00231	31.5	0.014	0.40	433.51	1653.59	1.1747
3	Saluran K3	0.00471	71	0.018	0.40	433.51	1430.59	2.0812
4	Saluran K4	0.0035	50	0.018	0.40	433.51	1549.73	1.6754
5	Saluran K5	0.00398	60	0.024	0.40	433.51	1442.19	1.7729
6	Saluran K6	0.00235	35	0.028	0.40	433.51	1677.76	1.2178
7	Saluran K7	0.00325	45	0.025	0.40	433.51	1590.36	1.5965
8	Saluran K8	0.0038	54	0.024	0.40	433.51	1537.87	1.8050

Keterangan :

1. Nomor
2. Nama Saluran
3. Luas Area
4. Panjang Saluran
5. Kemiringan Saluran
6. Koefisien Tataguna Lahan
7. Curah Hujan Rencana
8. Intensitas Hujan
9. Debit Saluran

4.5 Analisa debit Air Kotor

4.5.1 Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk menggunakan perbandingan rumus Metode geometric, aritmatik, dan least-square. Data jumlah penduduk Tahun terakhir, yaitu Tahun 2019 – 2020 pada jalan baru kelurahan honipopu Kota Ambon. Adapun data jumlah penduduk tiap RT daerah tinjauan terdapat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Jumlah Penduduk Berdasarkan RT

No	RT	Jumlah Penduduk (org)	
		Tahun 2019	Tahun 2020
1	01	1232	1329
2	10	1139	1045
3	14	1120	1187
Jumlah		3491	3561

Sumber : kantor desa liang

Tingkat Pertumbuhan Penduduk (r) Tahun 2020 – 2019

$$r = \frac{(3561 - 3491)}{3491} = 1.96$$

$$\approx 2 \% \text{ pertahun}$$

4.5.1.1 Analisa Jumlah Penduduk Metode Geometrik

Analisa menggunakan metode geometrik didasarkan pada anggapan bahwa perkembangan penduduk akan berganda dengan sendirinya, metode ini menghasilkan nilai yang lebih tinggi. Untuk mengetahui proyeksi jumlah penduduk 10 tahun kedepan (2030) yaitu :

$$P_n = P_0(1+r)^n$$

$$= 3561 (1 + 0,02)^{10}$$

$$= 4341 \text{ Jiwa}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk menggunakan metode geometrik ditabulasikan dalam tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan Analisa Proyeksi Jumlah Penduduk.

NO	RT	Laju Pertumbuhan Penduduk	Penduduk (org)	
			2020	2030
1	01	0,02 %	1329	1620
2	10	0,02 %	1045	1274
3	14	0,02 %	1187	1447
Jumlah			3561	4341

Air buangan penduduk diperhitungkan berdasarkan kebutuhan air tiap orang per hari, diambil sebesar 135 lt/hr/orang (Dirjen Cipta Karya 1996). Jumlah air kotor yang terbuang adalah sebesar 85 % dari kebutuhan air bersih.

$$\text{Debit air buangan, } Q_{ab} = 135 \times 0.85 = 114,75 \text{ lt/hari/orang}$$

Maka :

$$Q_{ab} = \frac{114,75}{24} = 0,00478 \text{ m}^3 \text{ per orang}$$

Berdasarkan hasil perhitungan Proyeksi jumlah penduduk di tahun ke 10 sebanyak 4341 jiwa, maka debit air buangan :

$$Q_{ab} = \frac{Q \times P_n}{A}$$

$$A = 25170 \text{ m}^2 = 25,17 \text{ ha (dibagi dengan 10.000)}$$

$$Q = \frac{0,00478 \times 4341}{25170} = 0,0008243 \text{ m}^3 \text{ per orang}$$

Maka debit air kotor untuk masing-masing saluran drainase dihitung sebagai berikut :

Contoh perhitungan debit air kotor pada saluran drainase K1
Dimana : $A = 12700 \text{ m}^2 = 1.27 \text{ ha (dibagi dengan 10.000)}$

$$Q_{ab} = Q \times A$$

$$= 0,000824 \times 1.27$$

$$= 0.0010468 \text{ m}^3 \text{ /det/ha}$$

Perhitungan Selanjutnya debit air buangan masing – masing saluran dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Perhitungan Debit Air Buangan

No.	Nama Saluran	Luas (m ²)	Luas (ha)	Q	Debit Air Buangan (m ³ /det/ha)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Saluran K1	12700	1.27	0.00047843	0.0010468
2	Saluran K2	23100	2.31	0.00047843	0.0019041
3	Saluran K3	47100	4.71	0.00047843	0.0038824
4	Saluran K4	35000	3.5	0.00047843	0.0028850
5	Saluran K5	39800	3.98	0.00047843	0.0032807
6	Saluran K6	23500	2.35	0.00047843	0.0019371
7	Saluran K7	32500	3.25	0.00047843	0.0026789
8	Saluran K8	38000	3.8	0.00047843	0.0031323

4.6 Analisa Debit Rencana

Menghitung Debit Rencana (Qr) Untuk Kala Ulang 10 Tahun Menggunakan rumus :

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ab}$$

Perhitungan analisa debit rencana selengkapnya tiap masing-masing saluran ditabulasikan dalam tabel 4.12 berikut :

Tabel 4.12 Perhitungan Debit Rencana

No.	Nama Saluran	Luas (m ²)	Luas (ha)	Debit Air Hujan (m ³ /det/ha)	Debit Air Buangan (m ³ /det/ha)	Debit Air Rencana (Qr)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Saluran K1	12700	1.27	0.613	0.0010468	0.6140
2	Saluran K2	23100	2.31	1.1747	0.0019041	1.1766
3	Saluran K3	47100	4.71	2.0812	0.0038824	2.0850
4	Saluran K4	35000	3.5	1.6754	0.0028850	1.6782
5	Saluran K5	39800	3.98	1.7729	0.0032807	1.7761
6	Saluran K6	23500	2.35	1.2178	0.0019371	1.2197
7	Saluran K7	32500	3.25	1.5965	0.0026789	1.5991
8	Saluran K8	38000	3.8	1.8050	0.0031323	1.8081

Kondisi Sistem Drainase eksisting

Sesuai dengan identifikasi lokasi, sistem drainase pada lokasi peninjauan, ada genangan yang terjadi dan drainase di sekitar lokasi tinjauan.

Dengan memperhatikan besar nilai koefisien manning, berdasarkan Jenis Bahan. gambar Nilai Koefisien Manning, berdasarkan jenis bahan pembuatannya.

Tabel 4.13 Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning n
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis Mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Bentuk penampang drainase dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung kondisi daerahnya rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning (Chow, 1992).

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

$$Q = A \cdot V = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dengan :

Q = debit saluran (m³/det)

V = kecepatan aliran (m/det)

A = luas penampang basah saluran (m³)

n = angka kekasaran saluran (m)

R = jari – jari hidrolis saluran (m)

S = kemiringan dasar saluran.

Contoh perhitungan pada Saluran K1:

Bentuk saluran trapesium:

Diketahui :

- a = 0,69 m
- b = 0,52 m
- h = 0,71 m
- n = 0,025 m
- S = 0,016 m
- m = 1
- L = 37 m

Bentuk penampang saluran trapesium

$$A = (b + mh)h$$

$$= (0,52 + 1 \times 0,71)0,7$$

$$= 2,52 \text{ m}$$

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

$$= 0,52 + 2 \times 0,71 (1^2 + 1)^{0,5}$$

$$= 0,87 \text{ m}^2$$

$$R = A/P$$

$$= 0,87/2,52$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

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

$$= 1/0,025 \times 0,34^{2/3} \times 0,016^{1/2}$$

$$= 2,46 \text{ m/dt}$$

$$Q_{s1} = A \times V$$

$$= 2,46 \times 0,87 = 2,14 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disampaikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan

No.	Nama Saluran	s	Koef. Manning	B (m)	H (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/dt)	Q Saluran (m ³ /dt)
			N							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	Saluran K1	0.016	0.025	0.52	0.71	0.87	2.52	0.34	2.46	2.14
2	Saluran K2	0.014	0.025	0.63	0.58	0.70	2.27	0.30	2.12	1.48
3	Saluran K3	0.018	0.025	0.45	0.56	0.65	2.03	0.32	2.51	1.63
4	Saluran K4	0.018	0.025	0.45	0.56	0.65	2.03	0.32	2.51	1.63
5	Saluran K5	0.024	0.025	0.38	0.41	0.32	1.80	0.17	1.90	0.60
6	Saluran K6	0.028	0.025	0.30	0.40	0.28	1.43	0.19	2.21	0.61
7	Saluran K7	0.025	0.025	0.36	0.45	0.36	1.63	0.22	2.30	0.82
8	Saluran K8	0.024	0.025	0.37	0.54	0.49	1.89	0.25	2.45	1.20

Apabila kapasitas saluran drainase yang ada lebih besar dari debit rencana sistem maka saluran drainase masih layak dan tidak diperlukan perubahan dimensi saluran. Sebaliknya apabila debit rencana sistem lebih besar dari kapasitas saluran drainase yang ada maka saluran drainase tersebut sudah tidak layak sehingga perlu dilakukan rehabilitasi saluran. Adapun evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

No.	Nama Saluran	Debit Rencana Saluran Qr	Debit Eksisting Qs	Selisih Debit	Analisa Kapasitas Saluran
		(m ³ /dt)	(m ³ /dt)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Saluran K1	0.6140	2.14	1.5259	Memenuhi
2	Saluran K2	1.1766	1.48	0.304	Memenuhi
3	Saluran K3	2.0850	1.63	-0.455	Tidak Memenuhi
4	Saluran K4	1.6782	1.63	-0.0482	Tidak Memenuhi
5	Saluran K5	1.7761	0.60	-1.1761	Tidak Memenuhi
6	Saluran K6	1.2197	0.61	-0.6097	Tidak Memenuhi
7	Saluran K7	1.5991	0.82	-0.7791	Tidak Memenuhi
8	Saluran K8	1.8081	1.20	-0.6081	Tidak Memenuhi

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil Penelitian Saluran K1 & K2 memenuhi persyaratan karena Debit Rencana saluran (Qr) < Debit Eksisting (QS). Saluran K1 : Qr (0.6140 m³/det) < Qs(2,14 m³/det). Saluran K2 Qr (1,176 m³/det) < Qs(1,48 m³/det). Saluran K3 – K8 tidak memenuhi persyaratan karena Debit Rencana saluran (Qr) > Debit Eksisting (QS). Saluran K3 : Qr (2,085 m³/det) .> Qs(1,63 m³/det). Saluran K4 : Qr (1,6782 m³/det) .> Qs(1,63 m³/det). Saluran K5 : Qr (1,7661 m³/det) .> Qs(0,60 m³/det). Saluran K6 : Qr (1,2197 m³/det) .> Qs(0,61 m³/det). Saluran K7 : Qr (1,5991 m³/det) .> Qs(0,82 m³/det). Saluran K8 : Qr (1,8081 m³/det) .> Qs(1,20 m³/det).

5.2 Saran

Operasional dan pemeliharaan saluran harus diperhatikan oleh warga sekitar, agar dimensi saluran yang sudah ada dapat menampung debit aliran sesuai yang direncanakan agar tidak terjadi limpasan pada saluran dan banjir pada intensitas hujan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

Sholi, I. N., Hadiani, R. R. R., & Suryandari, E. S. (2020). Analisis Kapasitas Drainase Sebagai Upaya Pengendalian Banjir Di Kelurahan Sangkrah, Surakarta. *Matriks Teknik Sipil*, 8(2).

Yusman, A. S. (2018). Aplikasi Metode Normal Ratio dan Inversed Square Distance untuk Melengkapi Data Curah Hujan Kota Padang yang Hilang. *Menara Ilmu*, 12(9).

Putra, P. A., & Handajani, M. (2010). Evaluasi Permasalahan Sistem Drainase Kawasan Jeruk Purut, Kecamatan Pasar Minggu, Kotamadya Jakarta Selatan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknik Sipil. ITB. Bandung*.

Qomariyah, S., Saido, A. P., & Dhianarto, B. (2007). Kajian Genangan Banjir Saluran Drainase dengan Bantuan Sistem Informasi Geografi. *Media Teknik Sipil*, 7(1), 57-62.

Suripin (watervoorziening.). (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Andi.