

Analisis Hidrologi, Hidrolika untuk Penampang Persegi Panjang, Trapesium dan Segitiga Berdasarkan Pedoman Perencanaan Saluran Jalan Departemen PU (Pd.T-02-2006.B)

Muhammad Ridha^{1*}, Amalia², Tety Sriana³

^{1,2}Prodi Teknik Sipil Universitas Iskandar Muda, Surien, Kecamatan Meuraxa 23234

³Prodi Teknik Sipil Universitas Abulyatama Lampoh Keude 23372

*Koresponden email: mridha@unida-aceh.ac.id

Diterima: 14-11-2025

Disetujui: 27-11-2025

Abstract

The geometric shapes of various types of drainage commonly used are: rectangular, usually used in urban areas; trapezoidal, used in agricultural areas for irrigation; and triangular. This study was conducted in Pieyeung Datu Village, Montasik Subdistrict, Aceh Besar Regency. For hydrological data (rainfall), rainfall data from Aneuk Glee Village, Aceh Besar Regency was used for station 1 and Meunasah Baro Village, Seulimeum Subdistrict, Aceh Besar for station 2. The distribution and suitability tests followed the Log Pearson Type 3 distribution. The concentration time analysis yielded a result of $T_c = 14.096$ minutes, and the 5-year return period discharge (Q_5) using the modified rational method was $0.25 \text{ m}^3/\text{second}$. The long channel has a channel discharge capacity of $0.276 \text{ m}^3/\text{second}$, a flow velocity in channel 1 of 380 m/s , the trapezoidal channel has a discharge of $0.260 \text{ m}^3/\text{s}$ with a flow velocity of 1.48 m/s , and the triangular channel has a discharge of $0.293 \text{ m}^3/\text{s}$ and a flow velocity in the channel/design velocity of 1.46 m/s . For the Budget Plan (RAB), it was found that the triangular channel had the lowest cost, amounting to Rp. 221,937,500.00, followed by the trapezoidal channel at Rp. 248,235.00, and the rectangular channel with the highest cost, amounting to Rp. 295,020,000.00.

Keywords: *Channel Geometry, Flow Velocity, Flow Rate, Cost*

Abstrak

Bentuk geometri dari drainase berbagai macam diantaranya yang umum digunakan adalah : Persegi panjang (Rectangular) biasanya digunakan pada perkotaan, Trapesium (Trapezoidal) digunakan pada daerah pertanian untuk irigasi dan segitiga (Triangel). Penelitian ini mengambil lokasi di Desa Pieyeung Datu, Kecamatan Montasik, Kabupaten Aceh Besar. Untuk data hidrologi (curah hujan) digunakan data curah hujan pada daerah Desa Aneuk Glee, Kabupaten Aceh Besar untuk stasiun 1 dan Desa Meunasah Baro, Kecamatan Seulimeum, Aceh Besar untuk stasiun 2. Untuk uji sebaran dan kecocokan mengikuti sebaran Log Pearson Tipe 3. Analisis waktu konsentrasi didapatkan hasil $T_c = 14,096$ menit, Debit kala ulang 5 tahunan (Q_5) menggunakan metode modifikasi rasional adalah sebesar $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$. bahwa saluran persegi panjang memiliki kapasitas debit saluran sebesar $0,276 \text{ m}^3/\text{detik}$ kecepatan aliran pada saluran $1,380 \text{ m}/\text{detik}$, saluran bentuk trapesium dengan debit pada saluran sebesar $0,260 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan kecepatan aliran $1,48 \text{ m}/\text{detik}$ dan saluran dengan bentuk segitiga memiliki debit $0,293 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan kecepatan aliran pada saluran/kecepatan rencana sebesar $1,46 \text{ m}/\text{detik}$. Untuk Rencana Anggaran Biaya (RAB) didapatkan bahwa saluran dengan bentuk segitiga memiliki biaya paling rendah yaitu sebesar Rp. 221.937.500,00 kemudian saluran dengan bentuk trapesium sebesar Rp. 248.235.00 dan saluran dengan bentuk persegi panjang dengan biaya terbesar yaitu sebesar Rp. 295.020.000,00.

Kata Kunci: *Geometri Saluran, Kecepatan Aliran, Debi Aliran, Biaya*

1. Pendahuluan

Drainase atau pengaliran merujuk pada proses membuang sejumlah air baik secara alami maupun dengan cara buatan dari area permukaan atau di bawah permukaan suatu lokasi. Proses pembuangan ini dapat dilakukan melalui metode mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan [1]. Drainase permukaan merupakan suatu mekanisme yang dibuat untuk mengalirkan air di atas tanah, contohnya pada jalan,

lapangan, dan kawasan tempat tinggal. Sistem ini biasanya memanfaatkan saluran kecil atau parit terbuka yang terletak di permukaan tanah. Drainase permukaan sangat berguna untuk menghindari terjadinya genangan air di lokasi yang landai atau yang sering mengalami hujan lebat. Parit atau saluran terbuka memfasilitasi aliran air menuju sungai atau ke lokasi pembuangan yang lebih besar. [2]. Bentuk geometri dari drainase berbagai macam diantaranya yang umum digunakan adalah : Persegi panjang (Rectangular) biasanya digunakan pada perkotaan, Trapesium (Trapezoidal) digunakan pada daerah pertanian untuk irigasi dan segitiga (Triangel) digunakan pada daerah pegunungan [3]. Pada penelitian yang dilakukan ini untuk melihat bagaimana tipe geometris dari bentuk saluran berbentuk persegi, trapezium dan segitiga terhadap hidrologi debit yang akan dialirkan apakah memenuhi kriteria perencanaan saluran drainase yang sudah ditetapkan berdasarkan Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep, PU (Pd.T-02-2006.B) [4]. Pedoman ini dimaksudkan untuk menyajikan standar teknis dan kriteria desain yang konsisten dalam merancang system drainase di jalan raya, mulai dari fase pradesain hingga rincian desain. Menyediakan panduan yang jelas tentang analisis hidrologi yang dibutuhkan seperti penetapan periode ulang curah hujan (d disesuaikan dengan fungsi jalan) serta metode perhitungan aliran limpasan (contohnya, penerapan Rumus Rasional untuk wilayah tangkapan hujan yang kecil) [5]. Untuk data hidrologi (curah hujan) digunakan data curah hujan pada daerah Desa Aneuk Glee, Kabupaten Aceh Besar untuk stasiun 1 dan Desa Meunasah Baro, Kecamatan Seulimeum, Aceh Besar untuk stasiun 2.

2. Landasan Teori

Sebelum memulai sebuah penelitian, landasan teori merupakan hal yang penting untuk di jelaskan karena ini merupakan landasan acuan sebuah penelitian. Landasan teori yang digunakan adalah berhubungan dengan data hidrologi dan hidrolika.

2.1 Data Hidrologi

Data hidrologi merupakan kumpulan keterangan/informasi atau fakta mengenai fenomena yang berkaitan dengan air, seperti jumlah hujan, suhu, penguapan, lama sinar matahari, kecepatan angin, volume air sungai, tinggi permukaan air sungai, laju aliran air, serta kandungan sedimen dalam sungai. Semua hal tersebut akan berubah seiring berjalannya waktu.

2.2 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan adalah bagian penting dalam bidang hidrologi dan klimatologi. Tujuannya adalah memahami, menghitung, dan memprediksi berapa besar curah hujan di suatu daerah. Analisis ini sangat penting untuk berbagai keperluan seperti perencanaan sumber daya air, pertanian, mengurangi risiko banjir, dan membuat desain infrastruktur. Analisis curah hujan biasanya dibagi menjadi dua jenis utama yaitu perhitungan rata-rata curah hujan di suatu wilayah dan analisis frekuensi atau intensitas curah hujan untuk perencanaan. Tujuan utamanya adalah memprediksi curah hujan yang direncanakan atau intensitas curah hujan untuk periode tertentu, seperti 2, 5, 10, 25, atau 100 tahun. Hal ini sangat penting untuk merancang saluran air, bendungan, dan sistem drainase.

Tabel 1. Kala ulang berdasarkan tipologi kota & Luas daerah pengaliran

Tipologi Kota	Catcment Area (Ha)			
	< 10	10 - 100	100 - 500	> 500
Kota Metropolitan	2 thn	2 - 5 thn	5 - 10 thn	10 - 25 thn
Kota Besar	2 thn	2 - 5 thn	2 - 5 thn	5 - 10 thn
Kota Sedang/Kecil	2 thn	2 - 5 thn	2 - 5 thn	5 - 10 thn

Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep, PU (Pd.T-02-2006.B)

2.3 Analisa Distribusi Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan mencari hubungan antara besar kejadian ekstrim, seperti nilai maksimum dan minimum, dengan frekuensinya berdasarkan distribusi probabilitas. Secara umum, analisis frekuensi mencakup beberapa hal, yaitu parameter statistik, distribusi peluang kontinyu, serta uji kecocokan. Dalam prosesnya, digunakan berbagai jenis distribusi peluang, seperti Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III, untuk menghitung besaran curah hujan maksimum yang mungkin terjadi dalam suatu periode

ulang tertentu. Untuk menentukan distribusi peluang mana yang paling cocok dengan data historis, diperlukan uji kesesuaian distribusi, misalnya Uji Chi-Square atau Uji Smirnov-Kolmogorov. (Kamiana, 2011).

2.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi didefinisikan sebagai waktu terlama yang dibutuhkan oleh seluruh daerah layanan (daerah aliran sungai/DAS) untuk mengalirkan air secara bersamaan (runoff) setelah melewati beberapa titik tertentu, hingga mencapai titik keluaran (outlet) atau titik pengamatan. Dalam literatur hidrologi, Tc biasanya dihitung berdasarkan jumlah waktu yang dibutuhkan air untuk bergerak melalui berbagai jenis aliran di sepanjang jalur terpanas (hidraulis) dari titik terjauh di DAS ke outlet.

$$\begin{aligned} TC &= T1 + T2 \\ T1 &= [(2/3)*(3,28)*Lo*(nd/s^{0,5})]^{0,167} \\ T2 &= L/60v \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana :

TC = Waktu Konsentrasi, untuk daerah saluran drainase perkotaan terdiri dari (menit)

T1 = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (Menit)

T2 = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di dalam saluran ke tempat yang direncanakan (Menit)

Lo = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang Saluran (m)

nd = Koefisien hambatan

s = Kemiringan daerah pengaliran

v = kecepatan air rata-rata di selokan (m/det)

Tabel 2. Koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

No	Kondisi Lapis Permukaan	nd
1	Lapis semen dan aspal beton	0.013
2	Permukaan licin dan kedap air	0.020
3	Permukaan licin dan kokoh	0.01
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit Kasar	0.2
5	Padang rumput dan rerumputan	0.4
6	Hutan gundul	0.6
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0.8

Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep, PU (Pd.T-02-2006.B)

Tabel 3. Kecepatan Aliran yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran yang diizinkan (m/det)
1	Pasir Halus	0.45
2	Lempung Kepasiran	0.50
3	Lanau Aluvial	0.60
4	Kerikil Halus	0.75
5	Lempung Kokoh	0.75
6	Lempung Padat	1.10
7	Kerikil Kasar	1.20
8	Batu-batu Besar	1.50
9	Pasangan Batu	1.50
10	Beton	1.50
11	Beton Bertulang	1.50

Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep, PU (Pd.T-02-2006.B)

Tabel 4. Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan

No	Jenis Lapisan Perkerasan Jalan	Kemiringan Melintang i_m (%)		
1	Aspal, Beton	2	-	3
2	Japat (Jalan yang dipadatkan)	2	-	4
3	Kerikil	3	-	6
4	Tanah	4	-	6

Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep, PU (Pd.T-02-2006.B)

2.5 Metode Rasional Modifikasi

Metode Rasional Modifikasi adalah versi yang dimodifikasi dari Metode Rasional biasa yang digunakan untuk menghitung debit air yang tertinggi akibat hujan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau wilayah drainase. Metode ini biasanya digunakan dalam merencanakan sistem drainase kecil atau area yang saluran airnya terbatas.

$$Q = 0,278 * C * CS * I * A \quad (2)$$

$$CS = 2Tc / (2Tc + T2)$$

Dimana :

Q = Debit Banjir (m³/detik)

C = Koefisien Pengaliran

CS = Koefisien Penyimpangan

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Aliran (km²)

Tc = Waktu Konsentrasi, untuk daerah saluran drainase perkotaan (menit)

T1 = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (menit)

T2 = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir didalam saluran ke tempat yang direncanakan (menit)

Lo = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang Saluran (m)

nd = Koefisien hambatan

s = Kemiringan daerah pengaliran

v = Kecepatan air rata-rata diselokan (m/detik)

Tabel 5. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasa

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)			Faktor Limpasan (fk)
BAHAN					
1	Jalan Beton dan Jalan Aspal	0.7	-	0.95	-
2	Jalan Kerikil dan Jalan Tanah	0.40	-	0.70	-
3	Bahu Jalan :				
	- Tanah Berbutir Halus	0.40	-	0.65	-
	- Tanah Berbutir Kasar	0.10	-	0.20	-
	- Batuan masif dan keras	0.70	-	0.85	-
	- Batuan masif dan tunak	0.70	-	0.75	-
TATA GUNA LAHAN					
1	Daerah Perkotaan	0.70	-	0.95	2.00
2	Daerah Pingiran Kota	0.60	-	0.70	1.50
3	Daerah Industri	0.60	-	0.90	1.20
4	Permukiman Padat	0.40	-	0.60	2.00
5	Permukiman tidak padat	0.40	-	0.60	1.50
6	Taman dan Kebun	0.20	-	0.40	0.20
7	Persawahan	0.45	-	0.60	0.50
8	Perbukitan	0.70	-	0.80	0.40
9	Pegunungan	0.75	-	0.90	0.30

Sumber : Perencanaan Sistem Drainase Jalan Dep, PU (Pd.T-02-2006.B)

2.6 Hidrolika

Hidrolika saluran adalah ilmu yang membahas cara air mengalir dalam saluran terbuka seperti sungai, saluran irigasi, dan gorong-gorong. Ilmu ini mempelajari bagaimana air bergerak, besarnya energi, dan gaya-gaya yang terlibat dalam aliran tersebut. Bidang ini juga menganalisis sifat-sifat aliran seperti kecepatan air, kedalaman, volume air yang mengalir, serta faktor-faktor yang memengaruhi aliran, seperti bentuk saluran, kemiringan, dan hambatan yang ada. Dalam merencanakan saluran terbuka, diperlukan rumus untuk aliran uniform adalah rumus Manning, yaitu:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A \quad (3)$$

Dimana :

- Q= debit dalam m/det
- A= luas penampang basah
- R= jari-jari hidraulis
- I = kemiringan saluran
- N= koefisien kekasaran

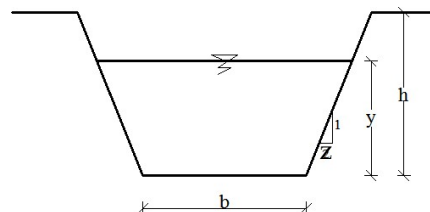
Perhitungan Dimensi Saluran

Di dalam perhitungan ini digunakan perumusan untuk saluran terbuka, yang mana saluran tersebut berbentuk trapesium dan persegi empat. Notasi yang digunakan adalah:

- n = koefisien kekasaran
- I = kemiringan dasar saluran
- B₁ = lebar dasar saluran (m)
- H₁ = tinggi air dalam saluran (m)
- Z = kemiringan lereng saluran
- A = luas penampang basah (m²)
- P = keliling basah saluran (m)
- R = jari-jari hidraulis (m) = A/P
- V = kecepatan saluran (m/det)
- Q = debit saluran (m³/det)

a. Trapesium

Pada umumnya saluran terbentuk trapesium terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



$$\text{Luas (A)} = (b + zy) y$$

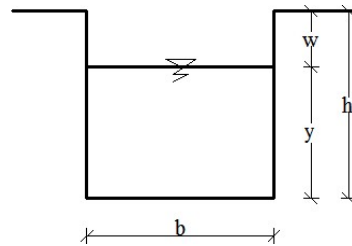
$$\text{Keliling Basah (P)} = b + 2y (z^2 + 1)^{0.5}$$

$$\text{Jari jari hidrolis (R)} = A/P$$

Gambar 1. Bentuk Trapesium

b. Persegi

Biasanya saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



Luas (A) = (b x y)

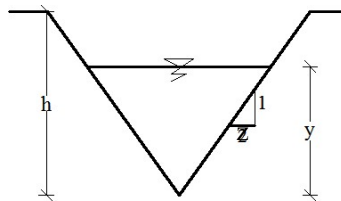
Keliling Basah (P) = b + 2y

Jari jari hidrolis (R) = A/P

Gambar 2. Bentuk Persegi

c. Segitiga

Saluran sangat jarang digunakan tetapi mungkin digunakan dalam kondisi tertentu



Luas (A) = (z x y²)

Keliling Basah (P) = 2y (z² + 1)^{0,5}

Jari jari hidrolis (R) = A/P

Gambar 3. Bentuk Segitiga

2.7 Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) untuk saluran jalan adalah cara menghitung secara rinci biaya yang diperlukan untuk pekerjaan satu satuan volume saluran, seperti per meter kubik (m³) atau per meter panjang (m). Analisis ini digunakan sebagai dasar dalam membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk sebuah proyek konstruksi. Analisis harga satuan pekerjaan saluran jalan, yang biasanya merujuk pada saluran drainase (bisa terbuka atau tertutup), dibagi menjadi beberapa pekerjaan utama dan dihitung berdasarkan tiga komponen biaya langsung.

Tabel 6 Pekerjaan Struktur Saluran

Jenis Pekerjaan Struktur	Satuan	Komponen Material & Tenaga Utama
Pasangan Batu Kali/Belah (Mortar 1:4 atau 1:3)	m ³	Batu kali/belah, Semen PC, Pasir Pasang, Pekerja, Tukang Batu, Kepala Tukang, Mandor.
Saluran Beton Cor (Cast-in-Place) (K-175, K-225, dll.)	m ³	Semen PC, Agregat Kasar & Halus, Air, Besi Beton (jika bertulang), Bekisting, Pekerja, Tukang, Operator Beton (jika pakai <i>mixer</i>).
Pemasangan Saluran Beton Pracetak (U-Ditch, Box Culvert)	m'	Unit U-Ditch atau Box Culvert pracetak, Sealant / Mortar Sambungan, Crane (jika berat), Pekerja, Tukang.
Plesteran dan Acian Saluran (Siar atau Plesteran 1:4, dll.)	m ²	Semen PC, Pasir Pasang, Air, Pekerja, Tukang.

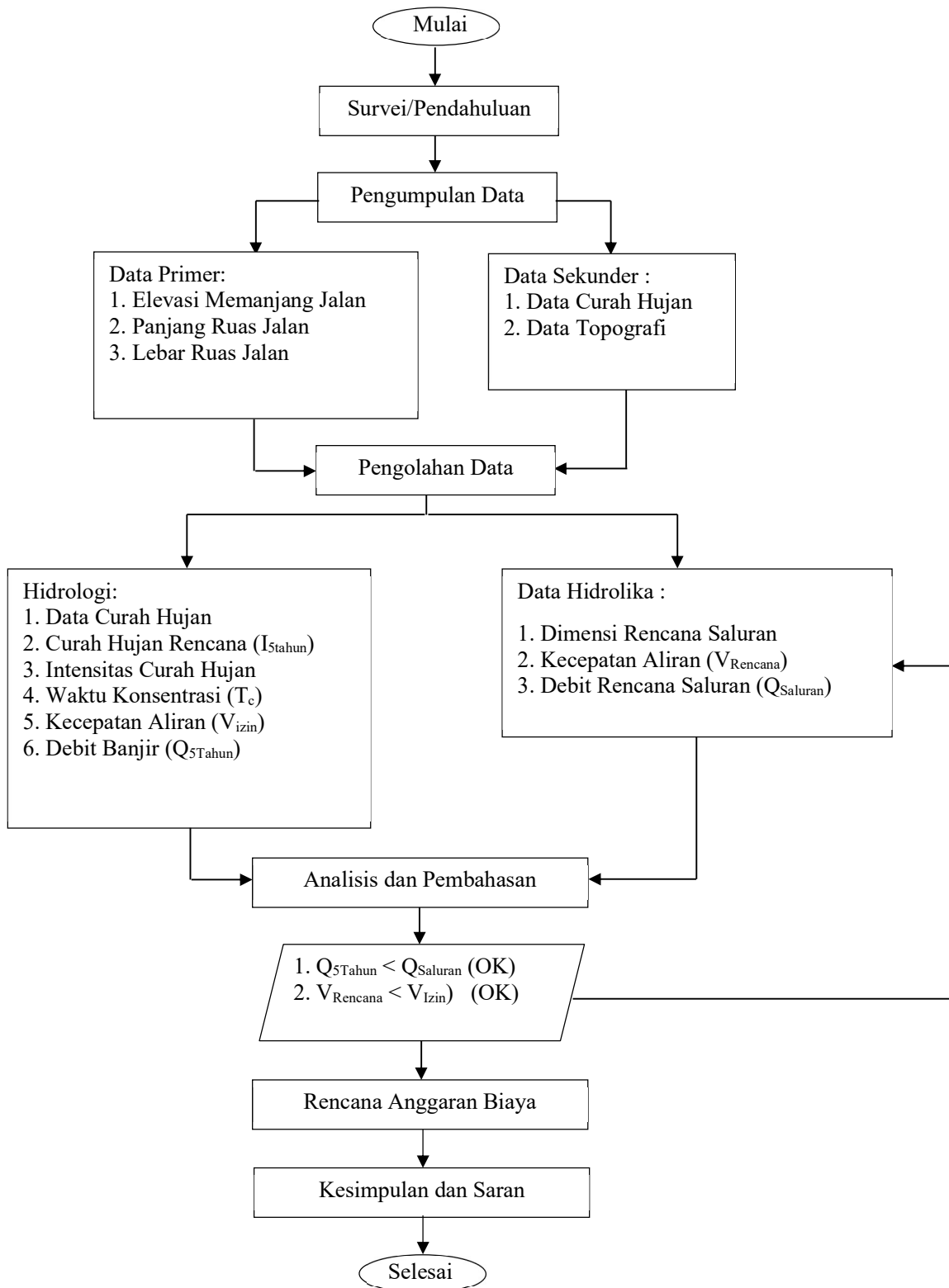
3. Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini mengambil tempat di Desa Piyeung Datu, Kecamatan Montasik, Kabupaten Aceh Besar. Dengan Panjang rencana saluran 500 meter dengan elevasi dasar saluran +50 di hulu dan +47,5 di hilir. Lokasi rencana saluran/drainase seperti diperlihatkan pada gambar dibawah. Untuk tahapan metodologi penelitian selanjutnya dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 4. Lokasi Rencana Saluran/Drainase

1. Data curah hujan didapatkan dari situs <https://hidrologi.net>. Data tersebut diambil dari dua stasiun pengamat curah hujan, yaitu di Desa Aneuk Glee, Kabupaten Aceh Besar, dan Desa Meunasah Baro, Kecamatan Seulimeum, Aceh Besar. Data yang dikumpulkan mencakup periode 22 tahun, yaitu dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2019.
2. Dari kedua data stasiun hujan yang telah disebutkan pada point 1, kemudian dicari hujan maksimum tertinggi pada tahun-tahun tersebut, dari data maksimum tersebut diambil rata-rata hujan dari kedua stasiun dan kemudian diurutkan.
3. Setelah mengetahui curah hujan rata-rata tahunan, langkah berikutnya adalah melakukan uji sebaran data menggunakan distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Pearson Type III, sehingga dapat diperoleh curah hujan rencana untuk periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Untuk perencanaan saluran diambil ini diambil curah hujan rencana 5 tahun dengan kriteria luas area 100 - 500 hektar dan tipologi kota sedang/kecil.
4. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan Analisa Uji - t untuk mengetahui homogenitas data. Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah data dari dua stasiun pengukur yang berada dalam suatu daerah aliran atau salah satunya berada di luar daerah aliran tersebut berasal dari satu populasi yang sama atau tidak.
5. Uji Kecocokan atau uji Goodness-of-Fit dengan metode Chi-square (χ^2) dan Smirnov-Kolmogorov (KS) adalah dua jenis uji statistik non-parametrik yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana data sampel cocok dengan distribusi peluang teoritis tertentu, seperti distribusi Normal, Poisson, Binomial, atau distribusi lainnya yang telah ditentukan.
6. Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan waktu konsentrasi (T_c) dengan parameter yang mempengaruhi adalah : Panjang saluran, kemiringan daerah pengaliran, koefisien hambatan, kecepatan air rata-rata di saluran.
7. Selanjutnya dicari debit kala ulang 5 tahunan (Q_5) dengan metode rasional modifikasi. Kriteria ini dipilih karena DAS kurang dari 500 hektar.
8. Tahapan berikutnya dengan membandingkan $V_{desain} < V_{izin}$ dan $Q_{desain} < Q_5$ untuk tampang saluran trapezium, persegi dan segituga, jika tidak terpenuhi maka dilakukan perhitungan ulang.
9. Tahapan terakhir mencari Rencana anggaran biaya untuk ketiga jenis penampang saluran seperti yang telah disebutkan pada point 8 di atas.



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

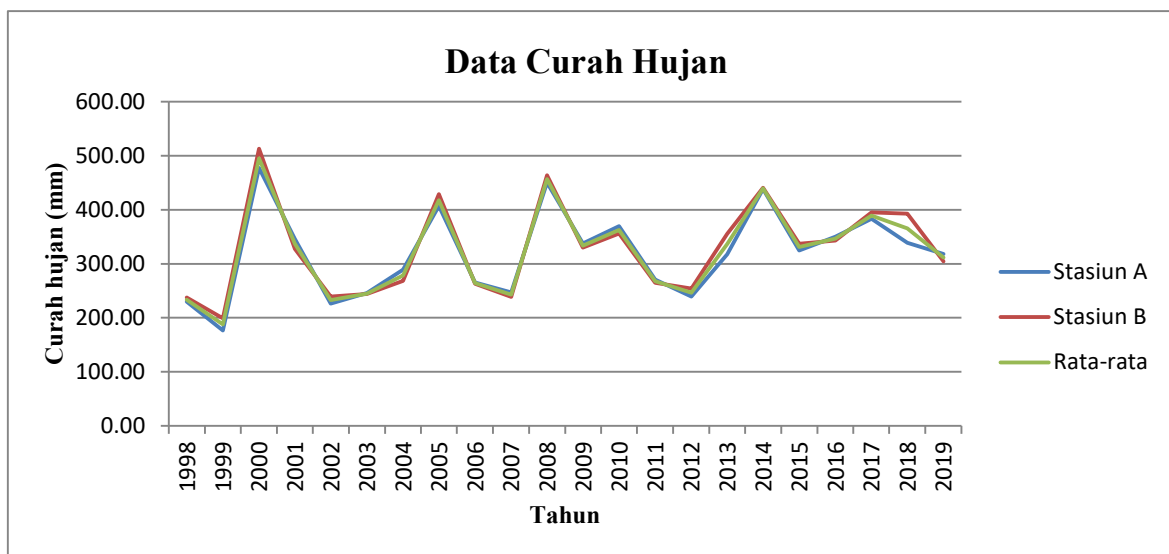
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Curah Hujan Maksimum Tahunan

Untuk mengetahui besar hujan tertinggi di wilayah daerah aliran desa Piyeung datu, dibutuhkan data curah hujan harian dalam beberapa tahun terakhir dari stasiun hujan terdekat. Data hujan yang digunakan didapatkan dari website hidrologi.net, yaitu data curah hujan harian selama 22 tahun yaitu tahun 1998 sampai 2019 dari stasiun stasiun pengamat curah hujan, yaitu di Desa Aneuk Glee (A) dan Desa Meunasah Baro (B), Kecamatan Seulimeum, Aceh Besar. Data curah hujan yang telah didapatkan kemudian dianalisis untuk mendapatkan nilai curah hujan tertinggi. Cara menentukan curah hujan tertinggi harian adalah dengan memilih nilai hujan yang paling besar dalam rentang tahun 1998 sampai 2019. Data curah hujan yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Data Curah Hujan Maksimum 2 Stasiun

No	Tahun	Stasiun A (mm)	Stasiun B (mm)	Curah Hujan Rata2 (mm)
1	1998	229.82	237.44	233.63
2	1999	176.64	199.41	188.02
3	2000	477.44	513.34	495.39
4	2001	346.16	327.82	336.99
5	2002	226.41	239.38	232.90
6	2003	245.88	244.13	245.01
7	2004	289.31	268.08	278.69
8	2005	406.94	429.25	418.09
9	2006	265.47	263.32	264.40
10	2007	247.15	238.62	242.89
11	2008	450.11	463.96	457.03
12	2009	337.53	330.01	333.77
13	2010	369.44	356.26	362.85
14	2011	270.90	264.56	267.73
15	2012	238.99	254.24	246.61
16	2013	317.86	355.40	336.63
17	2014	438.76	440.83	439.79
18	2015	324.73	337.09	330.91
19	2016	349.87	343.52	346.69
20	2017	383.58	395.38	389.48
21	2018	338.68	392.96	365.82
22	2019	318.35	304.56	311.46



Gambar 7. Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan

4.2 Hasil Uji Sebaran

Parameter-parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi antara lain: rata-rata (mean), deviasi standar, koefisien variasi, koefisien kemencengan (skewness), dan koefisien puncak (kurtosis). Dari hasil perhitungan statistik terhadap data hujan maksimum, diperoleh nilai-nilai parameter statistik sebagai berikut:

Tabel. 8 Hasil Perhitungan Statistik Hujan Maksimum

Hitungan Statistik Curah Hujan Maksimum								
No	Tahun	Curah Hujan Rata2	Ri (mm)	Ri-Rt	(Ri - Rt)^2	Log Ri	Log(Ri-Rt)	Log(Ri -Rt)^2
1	1998	233.63	495.39	171.54	29424.76	2.69	-321.16	103143.15
2	1999	188.02	457.03	133.18	17736.91	2.66	-321.19	103165.63
3	2000	495.39	439.79	115.94	13441.85	2.64	-321.21	103176.36
4	2001	336.99	418.09	94.24	8881.27	2.62	-321.23	103190.48
5	2002	232.90	389.48	65.63	4306.83	2.59	-321.26	103210.26
6	2003	245.01	365.82	41.96	1760.98	2.56	-321.29	103227.75
7	2004	278.69	362.85	39.00	1520.69	2.56	-321.29	103230.02
8	2005	418.09	346.69	22.84	521.66	2.54	-321.31	103242.74
9	2006	264.40	336.99	13.14	172.54	2.53	-321.33	103250.66
10	2007	242.89	336.63	12.78	163.23	2.53	-321.33	103250.96
11	2008	457.03	333.77	9.92	98.36	2.52	-321.33	103253.34
12	2009	333.77	330.91	7.06	49.79	2.52	-321.33	103255.74
13	2010	362.85	311.46	-12.40	153.70	2.49	-321.36	103272.65
14	2011	267.73	278.69	-45.16	2039.47	2.45	-321.41	103303.68
15	2012	246.61	267.73	-56.13	3150.13	2.43	-321.43	103314.88
16	2013	336.63	264.40	-59.46	3535.02	2.42	-321.43	103318.38
17	2014	439.79	246.61	-77.24	5966.02	2.39	-321.46	103337.82
18	2015	330.91	245.01	-78.85	6216.62	2.39	-321.46	103339.64
19	2016	346.69	242.89	-80.97	6555.58	2.39	-321.47	103342.07
20	2017	389.48	233.63	-90.23	8140.64	2.37	-321.49	103352.92
21	2018	365.82	232.90	-90.96	8273.36	2.37	-321.49	103353.80
22	2019	311.46	188.02	-135.83	18450.34	2.27	-321.58	103413.58
Jumlah		Σ		317.02	105695.40		-6105.30	1961826.22
Banyak Data		n	22	2.50				
Rata-rata		R _t	323.85	0.11				
Standar Deviasi		S _d	81.81	0.04				
Koefisien Skewness		C _s	0.41	-0.06				
Koefisien Variasi		C _v	0.25	0.40				
Koefisien Kurtosis		C _k	-0.53	-0.68				

Untuk menentukan jenis distribusi dari hasil perhitungan parameter statistik data hujan, kita mengacu pada tabel syarat parameter statistik distribusi. Diketahui nilai $C_v = 0,25$, $C_s = 0,41$, dan $C_k = -0,53$ untuk distribusi normal dan Gumber. Untuk nilai distribusi Log Normal dan Log Pearson 3 didapat $C_v = 0,4$, $C_s = -0,06$ dan $C_k = -0,68$. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, diasumsikan bahwa data terdistribusi mengikuti Log Pearson tipe III. Berikut adalah tabel persyaratan parameter statistik distribusi:

Tabel.9 Syarat Uji Sebaran

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$	0.41	Tidak Memenuhi
		$C_k = 5,4$	-0.53	Tidak Memenuhi
2	Normal	$C_s = 0$	0.41	Tidak Memenuhi
		$C_k = 3$	-0.53	Tidak Memenuhi
3	Log Normal	$C_s = C_v3 + 3C_v = 0,13$	-0.06	Tidak Memenuhi
		$C_k = C_v8 + 6C_v6 + 15C_v4 + 16C_v2 + 3 = 3,03$	-0.68	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	C_s tidak sama = 0	-0.06	Memenuhi

Sumber : Bambang T (2008)

4.3 Uji Kecocokan Data

Dari distribusi yang sudah diperoleh, maka dilakukan uji statistik untuk mengecek apakah distribusi yang dipilih sesuai dengan hasil yang diperoleh secara empiris. Dalam penelitian ini, uji statistic kecocokan data dilakukan dengan metode Chi-Square dan metode Smirnov-Kologmorov. Hasil perhitungan yang didapat dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel. 10 Hasil Uji Kecocokan Data

Uji Kecocokan Data				
Uji Chi-Kuadrat				
X ² Hitung	1.182	2.091	1.636	4.364
X ² Kritis	7.815	7.815	7.815	7.815
Kesimpulan	Mewakili	Mewakili	Mewakili	Mewakili
Uji Smirnov-Kologmorov				
D _{Hitung}	0.077	0.128	0.103	0.169
D _{Kritis}	0.282	0.282	0.282	0.282
Kesimpulan	Mewakili	Mewakili	Mewakili	Mewakili

4.4 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dari hasil perhitungan analisis distribusi sebaran frekuensi Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Person tipe 3 serta Uji Kecocokan data menggunakan metode Chi-Square dan Smirnov-Kologmorov, didapatkan hasil bahwa sebaran frekuensi curah hujan maksimum pada stasiun pengamat curah hujan, yaitu di Desa Aneuk Glee (A) dan Desa Meunasah Baro (B), Kecamatan Seulimeum Aceh Besar, mengikuti sebaran Log Pearson tipe 3 . Data hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel. 11 Hasil Uji Distribusi Sebaran dan Kecocokan Data

Curah Hujan Rencana (mm)				
Tr (Tahun)	Normal	Gumbel	Log Normal	Log Pearson Tipe III
100	514.48	631.83	567.81	561.16
50	491.57	578.86	528.81	525.27
25	463.62	525.49	484.84	487.69
10	428.57	453.56	434.84	434.30
5	392.58	396.63	388.84	389.27
2	323.85	310.64	314.11	314.92
Pemilihan Distribusi				
Cs	0.41	0.41	-0.06	-0.06
Syarat	0.00	0.00	0.00	> 0
Ck	-0.53	-0.53	-0.68	-0.68
Syarat	0.00	0.00	0.00	
Kesimpulan	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi
Uji Kecocokan Data				
Uji Chi-Kuadrat				
X ² Hitung	1.182	2.091	1.636	4.364
X ² Kritis	7.815	7.815	7.815	7.815
Kesimpulan	Mewakili	Mewakili	Mewakili	Mewakili
Uji Smirnov-Kologmorov				
D _{Hitung}	0.077	0.128	0.103	0.169
D _{Kritis}	0.282	0.282	0.282	0.282
Kesimpulan	Mewakili	Mewakili	Mewakili	Mewakili

4.5 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan air hujan dari titik paling jauh di suatu wilayah untuk sampai ke suatu titik tertentu, seperti saluran drainase atau titik keluaran. Waktu ini dihitung dengan menjumlahkan waktu tempuh air di permukaan tanah (yaitu waktu aliran permukaan) dan waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir di saluran drainase. Parameter untuk menghitung waktu konsentrasi ini adalah : Koefisien lapir permukaan $n_d = 0,013$ (Lapis semen dan aspal beton) dan 0,4 (area swah dan rumah),

Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan $s = 3\%$ (Aspal, Beton), Kecepatan Aliran yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material $v = 1,5$ m/det, lebar (L_o) = 4 meter (1/2) badan jalan dan 6 meter (sawah dan perumahan). Dari parameter tersebut, kemudian dimasukkan kedalam rumus $T1 = [(2/3) * (3,28) * L_o * (nd/s^{0,5})]^{0,167}$. Untuk T1 setengah badan jalan didapat = 0,932 menit dan area sawah = 2,503 menit. Untuk T2 digunakan rumus $T2 = L/60v$, dengan $L = 500$ meter dan $v = 1,5$ m/det, didapatkan hasil 5,556 menit sehingga didapatkan $Tc = T1 + T2$ adalah 6,488 menit untuk 1/2 badan jalan dan 7.608 untuk area sawah dan perumahan. Nilai Tc ini kemudian dibagi rata-rata sehingga Tc didapat 14,096 menit.

4.6 Debit kala ulang 5 tahunan (Q_5)

Debit kala ulang dicari dengan menggunakan metode modifikasi rasional dengan rumus $Q = 0,278 * C * CS * I * A$, dengan $CS = 2Tc / (2Tc + T2)$. Untuk nilai koefisien limpasan (C) digunakan 0,7 untuk jalan beton dan aspal dan 0,5 untuk area persawahan dan rumah. Koefisien penyimpangan (C_s) = didapatkan nilai 0,717, untuk Intensitas hujan dipakai rumus manonobe yaitu : $I = (R_{24}/24) * (24/T)^{2,3}$, dengan R_{24} adalah hujan rencana 5 tahunan metode log pearson tipe 3. Dengan demikian didapatkan hasil Intensitas hujan rencana $I = (389.27/24) * [24/(14,096/60)]^{2,3} = 354,442$ mm/jam. Setelah semua parameter didapatkan, maka bisa dihitung debit kala ulang 5 tahunan (Q_5) = $0,278 * 0,7 * 0,717 * 354,442 * 0,005 = 0,25$ m³/det.

4.7 Dimensi Saluran

Dimensi saluran yang direncanakan memiliki tiga bentuk yaitu : bentuk persegi panjang, trapezium dan segitiga. Bentuk yang direncanakan ini harus dapat menampung debit kala ulang 5 tahun ($Q_5 < Q_{rencana}$) dan kecepatan aliran tidak melebihi kecepatan aliran izin ($V_{rencana} < V_{izin}$). Dari hasil trial and eror yang telah di coba pada aplikasi MS Excel didapatkan dimensi saluran sebagai berikut :

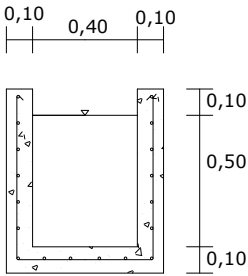
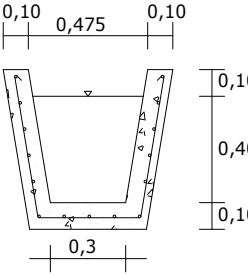
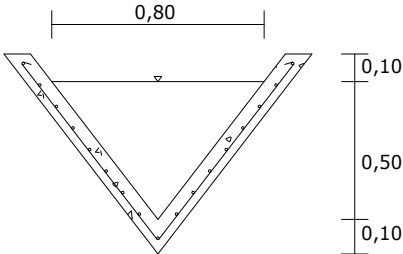
Tabel. 12 Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Persegi, Trapesium dan Segitiga

Area	Panjang Saluran (m)	Debit (Q_5) (m ³ /det)	Dimensi Saluran Persegi Panjang						
			b (m)	h (m)	F (m ²)	P (m)	R (m)	Slope (m/m)	n
Saluran Area 1	500	0.25	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.01	0.014
Saluran Area 2	500	0.25	0.40	0.50	0.20	1.40	0.14	0.01	0.014
Kapasitas Saluran									
V_{desain} (m/det)	V_{izin} (m/det)	$V_{desain} < V_{izin}$	Q_{sat} (m ³ /det)	$Q_5 < Q_{Saluran}$	Elevasi dasar saluran				
					Awal	Akhir			
1.380	1.50	Ok	0.276	Ok	+50	+47.5			
1.380	1.50	Ok	0.276	Ok	+50	+47.5			
Area	Panjang Saluran (m)	Debit (Q_5) (m ³ /det)	Dimensi Saluran Trapezium						
			b (m)	h (m)	z	F (m ²)	P (m)	R (m)	Slope (m/m)
Saluran Area 1	500	0.25	0.30	0.40	0.07	0.18	1.11	0.16	0.01
Saluran Area 2	500	0.25	0.30	0.40	0.07	0.18	1.11	0.16	0.01
Kapasitas Saluran									
V_{desain} (m/det)	V_{izin} (m/det)	$V_{desain} < V_{izin}$	Q_{sat} (m ³ /det)	$Q_5 < Q_{Saluran}$	Elevasi dasar saluran				
					Awal	Akhir			
1.48	1.50	Ok	0.260	Ok	+50	+47.5			
1.48	1.50	Ok	0.260	Ok	+50	+47.5			
Area	Panjang Saluran (m)	Debit (Q_5) (m ³ /det)	Dimensi Saluran Segitiga						
			h (m)	z	F (m ²)	P (m)	R (m)	Slope (m/m)	n
Saluran Area 1	500	0.25	0.50	0.40	0.20	1.28	0.16	0.50	0.014
Saluran Area 2	500	0.25	0.50	0.40	0.20	1.28	0.16	0.50	0.014
Kapasitas Saluran									
V_{desain} (m/det)	V_{izin} (m/det)	$V_{desain} < V_{izin}$	Q_{sat} (m ³ /det)	$Q_5 < Q_{Saluran}$	Elevasi dasar saluran				
					Awal	Akhir			
1.46	1.50	Ok	0.293	Ok	+50	+47.5			
1.46	1.50	Ok	0.293	Ok	+50	+47.5			

4.8 Desain Saluran dan Rencana Anggaran Biaya

Setelah didapatkan ukuran dimensi saluran untuk ketiga jenis penampang, langkah selanjutnya membuat desain penampang saluran. Desain saluran ini dibuat berdasarkan parameter ukuran yang telah dihitung sebelumnya. Setelah dilakukannya penggambaran desain saluran, selanjutnya dihitung rencana anggaran biaya untuk ketiga penampang tersebut. Untuk hasil yang telah dihitung diperlihatkan pada tabel di bawah ini :

Tabel. 13 Hasil Gambar Desain Saluran dan Rencana Anggaran Biaya

Dimensi Gambar Dalam Meter (m)	Harga Pekerjaan Saluran	
Saluran Persegi Panjang	Pekerjaan	
	1 M3 Beton Bertulang Mutu K. 225	
	Luas (m ²)	0.18
	Panjang (m)	500
	Volume (m ³)	90
	Volume Besi (kg)	79
	Harga Besi/Kg (Rp)	18,000.00
	Jumlah Harga (Rp) (1)	127,980,000.00
	Harga/m ³ (Rp)	1,856,000.00
	Jumlah Harga (Rp) (2)	167,040,000.00
	Total Harga (1+2)	295,020,000.00
Saluran Trapesium	Pekerjaan	
	1 M3 Beton Bertulang Mutu K. 225	
	Luas (m ²)	0.1482
	Panjang (m)	500
	Volume (m ³)	74.1
	Volume Besi (kg)	83
	Harga Besi/Kg (Rp)	18,000.00
	Jumlah Harga (Rp) (1)	110,705,400.00
	Harga/m ³ (Rp)	1,856,000.00
	Jumlah Harga (Rp) (2)	137,529,600.00
	Total Harga (1+2)	248,235,000.00
Saluran Segitiga	Pekerjaan	
	1 M3 Beton Bertulang Mutu K. 225	
	Luas (m ²)	0.1325
	Panjang (m)	500
	Volume (m ³)	66.25
	Volume Besi (kg)	83
	Harga Besi/Kg (Rp)	18,000.00
	Jumlah Harga (Rp) (1)	98,977,500.00
	Harga/m ³ (Rp)	1,856,000.00
	Jumlah Harga (Rp) (2)	122,960,000.00
	Total Harga (1+2)	221,937,500.00

Dari hasil tabel 13 dapat dilihat bahwa saluran persegi panjang memiliki kapasitas debit saluran sebesar 0,276 m³/detik kecepatan aliran pada saluran 1,380 m/detik, saluran bentuk trapesium dengan debit pada saluran sebesar 0,260 m³/detik dengan kecepatan aliran 1,48 m/detik dan saluran dengan bentuk segitiga memiliki debit 0,293 m³/detik dan kecepatan aliran pada saluran/kecepatan rencana sebesar 1,46 m/detik. Dapat dikatakan bahwa saluran dengan bentuk segitiga memiliki debit terbesar dan saluran dengan bentuk trapesium dengan kecepatan aliran terbesar, dengan dimensi yang berbeda. Untuk Rencana Anggaran Biaya (RAB) didapatkan bahwa saluran dengan bentuk segitiga memiliki biaya paling rendah yaitu sebesar Rp. 221.937.500,00 dan saluran dengan bentuk persegi panjang dengan biaya terbesar yaitu sebesar Rp. 295.020.000,00. Perlu diperhatikan bahwa walaupun saluran dengan bentuk segitiga paling efisien dalam anggaran biaya, tetapi saluran dengan bentuk ini memakan luasan area untuk pekerjaan yang besar dibandingkan dengan saluran bentuk persegi panjang dan trapesium, jika pekerjaan ini menghitung pembebasan lahan pastinya saluran dengan bentuk segitiga akan memakan biaya yang lebih besar jika dibandingkan dengan yang bentuk persegi panjang dan trapesium.

5 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan dianalisis dengan berbagai metode/cara maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Data hujan pada stasiun pengamat curah hujan, yaitu di Desa Aneuk Glee (A) dan Desa Meunasah Baro (B), Kecamatan Seulimeum, Aceh Besar yang analisis dengan metode Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Pearson tipe tiga didapatkan hasil bahwa data curah hujan kedua stasiun tersebut mengikuti distribusi sebaran log pearson tipe tiga untuk seluruh hujan rencana tahunan dengan hasil seperti yang telah diuraikan pada bagian 4 hasil dan pembahasan.
2. Untuk uji kecocokan data yang memakai metode Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kologmorov, data hujan mengikuti distribusi sebaran log pearson tipe tiga.
3. Untuk waktu konsentrasi (T_c) dimana daerah dibagi 2 yaitu daerah badan jalan dan area persawahan dan perumahan maka didapatkan hasil $T_c = 14,096$ menit.
4. Debit kala ulang 5 tahunan (Q_5) menggunakan metode modifikasi rasional adalah sebesar $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$.
5. Untuk kecepatan aliran pada saluran dengan bentuk persegi panjang kecepatan aliran pada saluran (V_{sal}) $1,380 \text{ m/detik}$ lebih kecil dari pada kecepatan izin (V_{izin}) sebesar $1,5 \text{ m/detik}$ memenuhi kriteria rancangan. Bentuk trapesium dengan kecepatan aliran pada saluran (V_{sal}) $1,48 \text{ m/detik}$ dan bentuk segitiga memiliki kecepatan aliran pada saluran/kecepatan rencana sebesar (V_{sal}) $1,46 \text{ m/detik}$ juga memenuhi kriteria rancangan < dari kecepatan izin (V_{izin}) sebesar $1,5 \text{ m/detik}$.
6. Pada saluran dengan bentuk persegi panjang memiliki kapasitas debit saluran (Q_{sal}) sebesar $0,276 \text{ m}^3/\text{detik}$ lebih besar dari debit lima tahunan (Q_5) $0,25 \text{ m}^3/\text{detik}$ memenuhi kriteria rancangan. Untuk saluran dengan bentuk trapesium debit saluran (Q_{sal}) sebesar $0,260 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan saluran dengan bentuk segitiga debit saluran (Q_{sal}) sebesar $0,293 \text{ m}^3/\text{detik}$ juga memenuhi kriteria rancangan.
7. Anggaran Biaya (RAB) didapatkan bahwa saluran dengan bentuk segitiga memiliki biaya paling rendah yaitu sebesar Rp. 221.937.500,00 kemudian saluran dengan bentuk trapesium sebesar Rp. 248.235.00 dan saluran dengan bentuk persegi panjang dengan biaya terbesar yaitu sebesar Rp. 295.020.000,00. Walaupun saluran dengan bentuk segitiga biaya paling rendah, akan tetapi memakan area luasan pembangunan yang paling besar.

6 References

- [1] Alfianshar, M., Fath, M. N., Azis, I., & Gaffar, F. (2023). Analisis Perencanaan Sistem Drainase Sebagai Upaya Penanggulangan Banjir Di Kecamatan Tallo Kota Makassar. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 10(11), 5099–5106. <https://doi.org/10.31604/jips.v10i11.2023.5099-5106>
- [2] Grace, A., Yudianto, D., & Fitriana, F. (2022). Optimasi Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Industri Di Cikarang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 13(2), 103–112. <https://doi.org/10.32679/jth.v13i2.712>
- [3] Haryanto, P. C. (2006). Pd. T-02-2006-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan. https://binamarga.pu.go.id/otomasi9/index.php?p=show_detail&id=23661&keywords=
- [4] IRAWAN, F. (2015). Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Talang Sari Regency Di Kota Samarinda. *Kurva Mahasiswa*, 4(1), 973–982.
- [5] Nabila, N. T., Juwono, P. T., & Sumiadi. (2025). Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Wisma Ababil 2 Banjarsari Kecamatan Cerme Kabupaten Gresik. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 5(1), 508–519. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2025.005.01.048>
- [6] Nifen, S. Y., Maarifatullah, A., & Yusnita, Y. (2023). Evaluasi Sistem Saluran Drainase Kawasan Jalan Dpr, Kel. Dadok Tunggul Hitam, Kec. Koto Tangah, Kota Padang. *Ensiklopedia of Journal*, 5(2), 200–203. <https://doi.org/10.33559/eoj.v5i2.1523>
- [7] Sari, H., Muttaqin, Z., & Aulia, R. (2025). Analisis Sistem Drainase Desa di Kabupaten Aceh Utara. *MARAS: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 3(3), 1181–1187. <https://doi.org/10.60126/maras.v3i3.1221>
- [8] Silaban, E. R., & Nusa, A. B. (2023). Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase pada Jl. Asrama Sei Kambing C-II Kota Medan. *SMART: Jurnal Teknik Sipil, Manajemen Konstruksi, Dan Arsitektur*, 1(1), 9–18. <https://doi.org/10.24114/smart.v1i1.50235>
- [9] Suhudi, S., & Nggae, S. (2021). Redesain Sistem Drainase Di Kawasan Pasar Lawang Kecamatan Lawang Kabupaten Malang. *Jurnal Qua Teknika*, 11(2), 58–70. <https://doi.org/10.35457/quateknika.v11i2.1694>
- [10] Sulistyani, K. F., Rahma, P. D., & Sinambela, D. (2023). Perencanaan Dimensi Saluran Drainase Jalan Simpang Seputuk KTT KALTARA Sebagai Penunjang Kegiatan Penanggulangan Banjir (STA 200 - 4 + 400). *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan Dan Infrastruktur)*,

- 6, C1.1-C1.12.
- [11] Sultoni, S., Wahidin, W., Taufiq, M., Khamid, A., & Yunus, M. (2021). Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sapphire Regency Desa Pulosari Kecamatan Brebes. *Infratech Building Journal*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.46772/ibj.v2i1.1348>
 - [12] Syahrizal, K. N., Sari, K. E., & Dinanti, D. (2024). Hubungan Kinerja Sistem Drainase Dengan Permasalahan Pengendalian Air Limpasan Di Kelurahan Pandanwangi Kota Malang. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 13(2), 111–120.
 - [13] Tiawan, A. (no date) Evaluasi Sistem Drainase Pada Jalan Pasundan Kota Samarinda, Kurva Mahasiswa. Available at: <http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/3139> (Accessed: 14 November 2025).
 - [14] Widarmano, A. W., Suhardono, A., & Harsanti, W. (2022). Perencanaan Ulang Drainase Pemukiman Di Perumahan Pondok Jati Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 3(2), 172–176.
 - [15] Zulfa, N., Pudjowati, U. R., & Hanggara, I. (2024). Perencanaan Ulang Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Di Kelurahan Sumberejo Kota Batu. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 5(2), 60–65. <https://doi.org/10.33795/jos-mrk.v5i2.3605>