

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sholi et al., 2020), berjudul “Analisis Kapasitas Drainase Sebagai Upaya Pengendalian Banjir di Desa Sangkrah Surakarta” mengungkapkan bahwa analisis sistem drainase dihitung menggunakan metode hidrograf Unit Sintesis Dinas Konservasi Tanah. Analisis penelusuran banjir dilakukan menggunakan software HEC-RAS dengan aliran tidak tunak. Volume banjir ditentukan dari hasil pemetaan dan diolah menggunakan excel. Sedangkan debit puncak saluran drainase dihitung menggunakan rumus Manning. Hasil analisa penelitian menunjukkan volume banjir Sungai Pepe Hilir sebesar 1943,7 m³/jam akibat Q5, 2714,1 m³/jam akibat Q10, 3278,4 m³/jam akibat Q25 dan 3278,4 m³/jam. Curah hujan harian sebesar 8795,8 m³/jam. Drainase yang direncanakan mempunyai kapasitas 1013066,96 m³/jam pada kondisi normal. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dimensi saluran drainase usulan mampu menampung volume banjir pada kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 2 kali curah hujan harian.

Penelitian sebelumnya oleh (Kartawijaya et al., 2021) berjudul “Analisis Kapasitas Saluran Drainase di Kecamatan Kelapa Gading”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan kawasan Kelapa Gading sering mengalami banjir dan mencari solusi untuk mengurangi banjir di kawasan Kelapa Gading. Ada beberapa faktor yang perlu dikaji yaitu curah hujan, kapasitas drainase, dan kondisi drainase. Kapasitas drainase dihitung dengan menggunakan metode Manning untuk mengetahui debit dari saluran drainase eksisting. Kemudian dibandingkan dengan limpasan yang disebabkan oleh hujan. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, ditemukan 12 dari 32 saluran yang diperiksa tidak mampu menampung aliran air limbah. Setelah dilakukan analisa maka dapat

disimpulkan bahwa faktor penyebab banjir adalah kapasitas saluran drainase dan faktor luar seperti adanya sedimen di dasar saluran atau tersumbatnya saluran akibat pembangunan jalan. Ada dua pendekatan untuk mengatasi hal ini: memperdalam saluran drainase atau membangun sumur drainase di daerah rawan banjir.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Mahfidh et al., 2024) dengan judul “Analisis Kapasitas Saluran Drainase di Jalan Raya Kelet – Bangsri” bertujuan untuk mengetahui kapasitas drainase dalam mengalirkan air limbah. Hal ini juga bertujuan untuk meningkatkan kapasitas drainase dan memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut. Pada penelitian ini, kondisi saluran eksisting terlebih dahulu diperiksa dengan mengumpulkan data primer dan sekunder kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7[1]. Sehubungan dengan permasalahan drainase Jalan Raya Kelet-Bangsri, maka perlu dilakukan analisa kapasitas drainase sehingga dapat dicarikan solusi untuk perencanaan kedepannya. Dengan analisis hidrologi menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7, perencanaan ulang drainase dengan menggunakan simulasi kondisi saluran menjadi lebih mudah. Pada analisis komputasi menggunakan distribusi log Pearson III, curah hujan selama 2 tahun sebesar 226.0757 mm, selama 5 tahun sebesar 285.6254 mm dan selama 10 tahun sebesar 322.7451 mm karena nilai $C_s < 1$ dari metode ini sehingga menghasilkan debit banjir terencana. untuk Q 2019 sebesar 2,99 m³/s, Q 2021 3,28 m³/s, Q 2024 3,64 m³/s dan Q 2029 4,04 m³/s. Sedangkan *software* HEC-RAS 5.0.7 menghasilkan rata-rata debit saluran Q sebesar 2,43 m³/s bila debit $Q > Q$ saluran, hal ini menunjukkan bahwa saluran Q tidak memenuhi syarat untuk membawa debit banjir sehingga mengakibatkan debit air mengarah. Untuk itu berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7 diperoleh parit U dengan dimensi $b = 1,2$ m dan $h = 1,4$ m dengan kekasaran Manning 0,014 dan kemiringan saluran 2,75% direncanakan dimensi parit U $b = 1,2$ m dan $h = 1,4$ m memenuhi kebutuhan dana personel untuk menampung saluran banjir.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu, (Sholi et al., 2020), (Kartawijaya et al., 2021), (Mahfidh et al., 2024) terletak pada kegiatan analisis yang dilakukan yaitu menganalisis kapasitas drainase.

Berdasarkan perbandingan dari ketiga penelitian diatas dapat dilihat perbedaan penelitian yang akan diteliti pada penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Perbedaannya yaitu terletak pada objek penelitian dan metode penelitian yang akan diteliti dan metode penelitian yang digunakan yaitu metode *software EPA SWMM 5.1*. Penelitian yang dipaparkan dari ketiga penelitian tersebut berbeda dengan yang diteliti, yaitu **“Analisis Kapasitas Saluran Drainase Di Jalan Muktiharjo Raya Kota Semarang Sebagai Pengendalian Banjir”**.

2.2. Pengertian Drainase

Drainase merupakan suatu tindakan rekayasa yang dirancang untuk mengurangi kelebihan air, baik itu air hujan, air lindi, atau kelebihan air irigasi pada suatu properti atau kawasan sehingga properti atau kawasan tersebut dapat berfungsi secara optimal (Pania et al., 2013). Drainase merupakan salah satu komponen infrastruktur perkotaan terpenting yang memecahkan masalah banjir dan genangan air. Drainase juga diartikan sebagai upaya pengendalian kualitas air tanah ditinjau dari salinitasnya (Suripin, 2004).

Drainase adalah seperangkat bangunan air yang dirancang untuk mengurangi dan/atau mengalihkan kelebihan air dari suatu kawasan atau properti sehingga lahan dapat dimanfaatkan secara optimal (Suripin, 2004). Menurut Fachrurazie et al (2002) drainase adalah sumur berbentuk persegi atau bulat dengan kedalaman tertentu untuk menyerap air hujan sehingga dapat meresap ke dalam tanah.

2.2.1. Jenis Drainase

A. Berdasarkan Sejarah Pembentukan

1. Drainase alami

Drainase alami (*natural drainage*) merupakan drainase yang terjadi secara alami tanpa adanya bangunan pemukiman seperti saluran pelimpah, pasangan bata/beton, gorong-gorong, dan lain-lain. Pergerakan air akibat gravitasi bumi dapat menciptakan drainase alami. Pergerakan air ini mengikis permukaan tanah sehingga menimbulkan jalur aliran air permanen (Hasmar, 2011).



Gambar 2.1 Drainase Alami

Sumber: (DPU Kulonprogo, 2022)

2. Drainase buatan

Drainase buatan (*artificial drainage*) merupakan drainase yang sengaja dibuat oleh manusia untuk tujuan tertentu. Oleh karena itu, drainase memerlukan beberapa bangunan khusus, antara lain talang beton atau batu, pipa, gorong-gorong, dll (Hasmar, 2011).



Gambar 2.2 Drainase Buatan

Sumber: (DPU Kulonprogo, 2022)

B. Berdasarkan Peletakan Saluran

1. Drainase Permukaan

Drainase permukaan (*Surface Drainage*) merupakan drainase yang terletak di atas permukaan tanah. Drainase ini digunakan untuk mengalirkan air limpasan dan genangan di permukaan (Hasmar, 2011).



Gambar 2.3 Drainase Permukaan

Sumber: (DPU Kulonprogo, 2022)

2. Drainase Bawah Permukaan

Drainase bawah permukaan (*subsurface drainase*) merupakan drainase yang dirancang untuk mengalirkan air

limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan bumi. Sistem drainase dengan pipa bawah tanah ini dibangun untuk tujuan tertentu, yaitu kebutuhan estetika dan fungsional permukaan tanah, misalnya pada lapangan sepak bola dan bandara (Hasmar, 2011).



Gambar 2.4 Drainase Bawah Permukaan

Sumber: (DPU Kulonprogo, 2022)

C. Berdasarkan Fungsi Drainase

1. Single Purpose

Drainase *single purpose* merupakan drainase yang dibuat khusus untuk mengalirkan satu jenis air pembuangan saja. Contohnya, di suatu wilayah dibangun saluran drainase untuk air hujan, maka saluran tersebut tidak boleh dicampur dengan air pembuangan lainnya.

2. Multi Purpose

Drainase *multi purpose* merupakan drainase yang berfungsi untuk mengalirkan beberapa jenis air pembuangan, baik dialirkan dalam bentuk air campuran maupun dialirkan secara bergantian. Contohnya yaitu drainase di sebuah

perumahan digunakan untuk menyalurkan limbah rumah tangga sekaligus air hujan.

D. Berdasarkan Konstruksi

1. Saluran Terbuka

Drainase yang memiliki bagian atas terbuka ini berfungsi untuk mengalirkan air yang tidak mengandung limbah berbahaya seperti air hujan. Drainase saluran terbuka sangat cocok jika diterapkan pada daerah yang memiliki luasan cukup (Hasmar, 2011).



Gambar 2.5 Saluran Terbuka

Sumber: (DPU Kulonprogo, 2022)

2. Saluran Tertutup

Drainase yang memiliki bagian atas tertutup ini umumnya dibangun untuk mengalirkan air limbah yang dapat mengganggu kesehatan atau lingkungan. Drainase ini kerap ditemukan di wilayah perkotaan atau pemukiman (Hasmar, 2011).



Gambar 2.6 Saluran Tertutup
Sumber (DPU Kulonprogo, 2022)

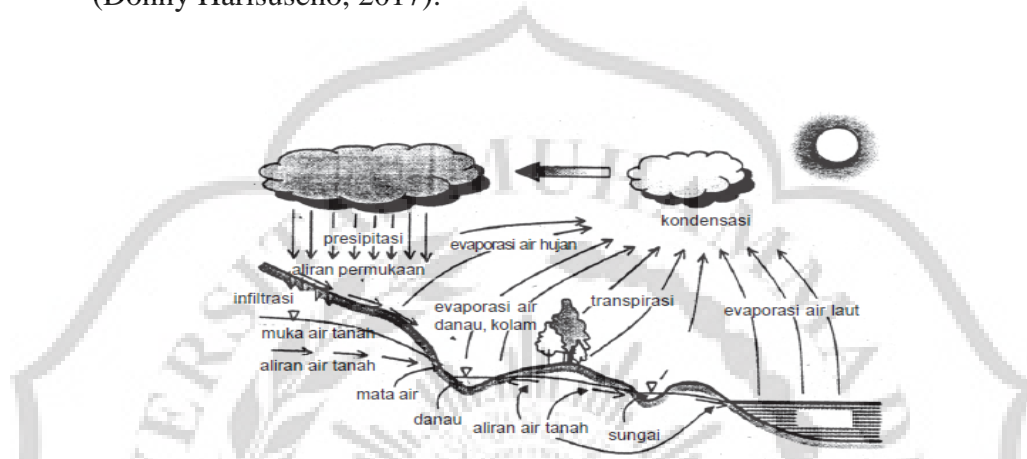
2.3. Pengertian Hidrologi

Menurut Ambarawati (2013), hidrologi secara umum adalah cabang ilmu geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi dan kualitas air di bumi, serta siklus air dan sumber daya air. Sedangkan pengertian umum siklus air adalah peredaran air dari laut ke atmosfer, lalu ke bumi dan kembali ke laut dan seterusnya. Hidrologi berasal dari kata “Hidrologia” yang berarti “ilmu tentang air”. Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari keberadaan dan pergerakan air di bumi. Kajian hidrologi meliputi potamalog (aliran permukaan), geohidrologi (air tanah), hidrometeorologi (air di udara dan berbentuk gas), dan limnologi (air permukaan yang relatif tenang seperti danau dan waduk).

2.4. Siklus Hidrologi

Siklus air merupakan suatu proses yang berkesinambungan dimana air berpindah dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi dalam bentuk tetesan air hujan. Air yang ada di permukaan darat dan laut menguap ke udara dan berlanjut ke atmosfer, kemudian mengembun dan berubah menjadi tetesan air berbentuk awan. Tetesan air ini kemudian jatuh ke permukaan laut dan mendarat sebagai hujan. Sebagian air hujan yang turun ditahan oleh tanaman dan sebagian lagi sampai ke permukaan tanah. Air hujan yang sampai ke permukaan bumi sebagian merembes ke dalam tanah

(infiltrasi), sebagian lagi mengalir di atas permukaan bumi, mengisi cekungan tanah dan danau, masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air hujan yang terinfiltrasi sebagian diserap oleh akar tanaman pada proses selanjutnya dan sebagian lagi naik melalui akar dan batang tanaman sehingga terjadi transpirasi yaitu proses penguapan (evaporasi) melalui bagian bawah tanaman (Donny Harisuseno, 2017).



Gambar 2.7 Siklus Hidrologi

Sumber: (Suripin, 2004)

Sebagian air hujan meresap ke dalam tanah, sering disebut infiltrasi, dan kemudian terus bergerak ke bawah. Sebagian air hujan yang jatuh ke bumi menguap (evaporasi dan transpirasi) membentuk uap air. Sebagian mengalir ke dalam tanah (infiltrasi, resapan, kapiler) (Hartini, 2017).

2.5. Genangan

Genangan adalah sebuah kandungan cairan kecil, biasanya air, di sebuah permukaan (Wesli, 2008). Genangan dapat terbentuk lewat pengisian air dalam sebuah cekungan permukaan, atau oleh tegangan permukaan diatas permukaan datar. Genangan umumnya bersifat dangkal untuk dilangkahi, dan terlalu kecil untuk dilewati perahu atau rakit. Genangan dapat diidentifikasi dengan adanya luas genangan, tinggi genangan. Kapasitas saluran drainase yang terbatas, diperburuk dengan sampah yang masuk ke saluran drainase, dan tingkat infiltrasi tanah yang rendah, sementara curah hujan tinggi menyebabkan terjadinya banjir genangan. Menurut Peraturan Menteri

Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2020 tentang Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, genangan air tidak bisa dideskripsikan sebagai banjir apabila mengalami surut dalam tempo beberapa jam, namun jika genangan air bertahan lebih dari 1x24 jam maka dimasukkan dalam fase banjir, sedangkan tinggi genangan berkisar kurang dari 40 cm.

2.6. Banjir

Menurut Wesli (2008) banjir merupakan kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran drainase atau tersumbatnya aliran air didalam saluran drainase. Banjir menimbulkan kerusakan lingkungan hidup. Banjir dapat terjadi karna hujan terus menerus tanpa henti atau pasang surut pada air laut yang masuk kedalam wilayah daratan karena tidak dapat menampung air.

Banyak faktor yang menjadi penyebab terjadinya banjir. Namun secara umumnya banjir dapat diklarifikasikan dalam dua kategori, yaitu banjir secara alami dan banjir yang diakibatkan oleh manusia.

Tabel 2.1 Perbedaan Genangan dan Banjir

No	Kondisi Lapangan	Genangan	Banjir
1	Tinggi Air	≤ 40 cm	> 40 cm
2	Durasi Waktu	< 24 jam	> 24 jam
3	Luas Area	≤ 100 m	> 100 m
4	Dampak	Akses lalu lintas terganggu	Kerugian material bahkan nyawa

Sumber: Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), 2020

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2020 tentang Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, yang mana genangan air lebih dari 40 cm dan haru membuat masyarakat mengungsi dalam skala besar serta durasi nya lebih dari 24 jam maka hal tersebut dikategorikan sebagai banjir.

2.6.1. Penyebab Banjir

Menurut Nurhaimi. A.R (2014) faktor-faktor yang menyebabkan bencana banjir diklasifikasikan menjadi dua faktor yakni faktor

penyebab banjir secara alam dan faktor penyebab banjir secara non-alam. Adapun faktor alam yang menjadi penyebab bencana banjir yaitu curah hujan, kapasitas sungai, erosi, pengaruh fisiografi, kapasitas drainase tidak memadai, dan pengaruh air pasang. Sedangkan faktor non-alam yaitu adanya kawasan kumuh dan sampah, terjadinya perubahan kondisi DAS, terjadi drainase lahan, adanya kerusakan pada bangunan pengendali air, kerusakan hutan atau tidak ada vegetasi alami, serta perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat.

2.6.2. Upaya Penanggulangan Banjir

Upaya penanggulangan banjir yang efektif yaitu dengan membuat sumur resapan. Sumur resapan merupakan sumur atau lubang di permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah (Kusnaedi, 2011). Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum menetapkan data teknis sumur resapan air sebagai berikut:

1. Ukuran Maksimum diameter sumur 1,4 meter.
2. Ukuran pipa masuk diameter 110 mm.
3. Ukuran pipa pelimpah diameter 110 mm.
4. Ukuran kedalaman sumur adalah 1,5 – 3 meter.
5. Jarak antara sumur resapan 5 – 10 meter.
6. Jumlah satu sumur resapan dapat dirancang maksimal 3 rumah.
7. Dinding dibuat dari pasangan bata atau batako (campuran 1:4 tanpa plester).
8. Rongga sumur resapan diisi dengan batu kosong 20/20 setebal 40 cm.
9. Penutup sumur resapan dari plat beton tebal 10 cm dengan campuran 1:2:3.

Saat ini telah berkembang berbagai jenis atau model dari sumur resapan, seperti sumur resapan saluran terbuka dan tertutup. Bagi masyarakat umum, sumur resapan dapat juga dibangun di

pekarangan dengan pedoman pada SNI No.03-2453-2002 tentang Tata cara perencanaan teknik sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan.

2.7. Analisis Frekuensi

Menurut Suripin (2004) sistem hidrologi terkadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim tersebut berbanding terbalik dengan frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis.

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Kala ulang (*return period*) merupakan waktu hipotek dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Kala ulang rencana yang digunakan untuk desain hidrologi mengikuti standar yang berlaku seperti pada Tabel 2.2.

Dalam menganalisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Semakin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpanan yang terjadi.

Tabel 2.2 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota dan Luas Daerah Pengaliran

Tipologi Kota	Catchment Area (Ha)			
	<10	10-100	100-500	>500
Kota Metropolitan	2 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun	10-25 Tahun
Kota Besar	2 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-20 Tahun
Kota Sedang/Kecil	2 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun

Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya, 2010

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

1. Distribusi Normal,
2. Distribusi Log Normal,
3. Distribusi Log Person III, dan
4. Distribusi Gumbel.

Parameter statistik data curah hujan yang perlu diperkirakan untuk pemilihan distribusi yang sesuai dengan sebaran data adalah sebagai berikut:

$$1. \text{ Rata-rata} \quad : \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad 2.1$$

$$2. \text{ Simpangan Baku} \quad : \quad s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad 2.2$$

$$3. \text{ Koefisien Variasi} \quad : \quad C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad 2.3$$

$$4. \text{ Koefisien Skewness} \quad : \quad C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad 2.4$$

$$5. \text{ Koefisien Kurtosis} \quad : \quad C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad 2.5$$

Keterangan :

n = Jumlah data yang dianalisis,

x_i = Curah hujan (mm).

Selanjutnya memilih metode distribusi yang akan digunakan dengan cara menyesuaikan parameter statistik yang didapat dari perhitungan data dengan sifat-sifat yang ada pada metode-metode distribusi seperti yang disajikan pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Person III	Selain nilai di atas

Sumber : (Triadmodjo, 2008)

1. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. PDF (*probability density function*) distribusi normal ini dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad 2.6$$

Keterangan:

- $P(X)$ = Peluang terjadinya x
- π = 3,14159
- e = 2,71828
- X = Variabel acak kontinyu
- μ = Rata-rata nilai X
- σ = Deviasi standar dari nilai X

Dalam pemakaian praktis digunakan rumus umum, sebagai berikut:

$$X_t = X + (k + s) \quad 2.7$$

Keterangan:

- X_t = Perkiraan nilai x yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahun

- X = Nilai rata-rata hitungan varian X
 S = Deviasi standar nilai varian X
 K = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang,

2. Distribusi Log-Normal

Distribusi Log Normal digunakan apabila nilai dari variable random tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal. Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

$$\log X_i = \log X_{rt} + (S \log X_{rt} \times K) \quad 2.8$$

Keterangan:

- X_i = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang X tahun (mm).
 S = Standar deviasi data hujan maksimum tahunan.
 X_{rt} = Curah hujan rata-rata (mm).
 K = Nilai karakteristik dari distribusi Log-Normal, yang nilainya tergantung dari koefisien variasi.

3. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel umumnya digunakan untuk analisis data ekstrim, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana menurut metode Gumbel adalah sebagai berikut:

$$X_i = X_{rt} + (S + k) \quad 2.9$$

Keterangan:

- X_i = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm).
 X_{rt} = Nilai tengah sampel (mm).
 S = Standar deviasi sampel.

K = Faktor frekuensi.

Faktor frekuensi k didapat dengan menggunakan rumus:

$$k = \frac{Y_{cr} - Y_n}{Y_n} \quad 2.10$$

Keterangan:

Y_n = Harga rata-rata *reduced mean*

S_n = *Reduced standar deviation*

Y_{tr} = *Reduced variate*

4. Distribusi Log Person III

Distribusi Log Person III memiliki tiga parameter penting, yaitu harga rata-rata, simpangan baku dan koefisien asimetri (*skewness*). Jika koefisien asimetri sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi normal. Berikut adalah perhitungan yang digunakan pada distribusi Log Person III (Suripin, 2004) :

1. Ubah data kedalam bentuk logaritma,

$$\text{Log } X_i = \text{Log } (X_i) \quad 2.11$$

2. Hitung harga rata-rata logaritma,

$$\text{Log } X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{log} R_i \quad 2.12$$

3. Hitung harga simpangan baku,

$$S_{\text{Log}X} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{Log} x_i - \text{Log} \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad 2.13$$

4. Hitung koefisien *skewness* (kemencengan),

$$C_{S_{\text{Log}X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)(S_{\text{Log}X})^3} \sum_{i=1}^n (\text{Log} x_i - \text{Log} \bar{x})^3 \quad 2.14$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{Log} \overline{X} + K \cdot S \quad 2.15$$

Keterangan :

- K = Variabel standar untuk X yang besarnya tergantung Cs
 X_T = Hujan kala ulang T tahun

Dalam menentukan nilai K biasanya digunakan dengan interpolasi, adapun rumus interpolasi adalah sebagai berikut :

$$K = K_0 + \left[\frac{K_T + K_0}{C_{S_T} - C_{S_0}} \right] \times (C_s - C_{S_0}) \quad 2.16$$

Keterangan :

- K = Nilai K yang dicari
 K_0 = Nilai K pada awal nilai yang sudah ada
 K_T = Nilai K pada akhir nilai yang sudah ada
 C_s = Nilai Koefisien *skewness* yang dicari
 C_{S_0} = Nilai Koefisien *skewness* pada awal yang sudah ada
 C_{S_T} = Nilai Koefisien *skewness* pada akhir yang sudah ada

Tabel 2.4 Harga K Untuk Distribusi Log Person III

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
(CS)	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.840	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	6.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540

0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.831	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.017	0.836	1.270	1.761	2.000	2.252	2.482	3.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.830	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.488	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.200	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.089	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	1.995	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	1.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber : (Triadmodjo, 2008)

2.8. Uji Kecocokan

Uji kecocokan untuk mencari distribusi yang sesuai digunakan untuk menganalisis distribusi frekuensi data curah hujan. Untuk mengetahui (*goodness of fit*) distribusi frekuensi empiris suatu sampel data terhadap fungsi distribusi frekuensi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi empiris tersebut, diperlukan uji statistik.

Uji kecocokan digunakan untuk memeriksa kesesuaian data curah hujan pada suatu wilayah sungai, yaitu uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov

dan uji kesesuaian Chi-Kuadrat. Setelah diperoleh hasil distribusi frekuensi, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi sebagai berikut:

2.8.1. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov juga disebut uji kecocokan non parametik karena pengujian nya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji ini akan membandingkan nilai dari ΔP perhitungan (ΔP_i) dengan nilai ΔP kritis. Nilai tersebut dibandingkan dan akan ditentukan $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika “ya” artinya distribusi yang dipilih dapat diterima, demikian sebaliknya.

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov diperoleh dengan menghitung probabilitas untuk masing-masing data hujan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} \times 100 \quad 2.17$$

Keterangan :

- $P(X_m)$ = Probabilitas empiris (%)
- m = Nomor urut data dari seri data yang telah disusun
- n = Banyak data

Selanjutnya mencari harga mutlak perbedaan maksimum antara distribusi empiris $P(X_m)$ dengan distribusi teoritis $P'(X_m)$:

$$D_{max} = \text{maksimum} (P(X_m) - P'(X_m)) \quad 2.18$$

Apabila nilai $D_{max} \leq D_{kritis}$, maka distribusi teoritis dapat diterima dan bila terjadi sebaliknya maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

Tabel 2.5 Nilai Kritis D0 Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	A			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.59	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
	1.07	1.22	1.36	1.63
N>50	N ^{0,5}	N ^{0,5}	N ^{0,5}	N ^{0,5}

Sumber : (Triadmodjo, 2008)

2.8.2. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat bertujuan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang telah dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2_{Hitung} , yang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$X^2_{Hitung} = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad 2.19$$

Keterangan :

X^2_{hitung} = Parameter chi-kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Langkah-langkah pengujian chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

- $K = 1 + 3,322 \log n$,
- Memasukkan nilai-nilai data ke kelas yang bersangkutan,
- Menghitung nilai-nilai pengamatan yang ada dalam kelas (O_i),
- Menentukan E_i yaitu banyaknya data (n) yang dibagi dengan banyaknya kelas,
- Menentukan derajat kebebasan (dk), dengan $dk = K-R-I$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi normal dan binomial dan $R = 1$ untuk distribusi Poisson),
- Menentukan nilai X^2_{cr} . Jika nilai $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$, maka distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima,

Tabel 2. 6 Nilai Kritis Untuk Uji Chi-Kuadrat

z	α (Drajat Kepercayaan)							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.009	0.00015	0.00098	0.0039	3841	5024	6635	7879
2	0.01	0.0201	0.0506	0.103	5991	7378	9210	10597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7815	9348	11345	12838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9488	11143	13277	14860
5	0.412	0.554	0.831	1.154	11070	12832	15086	16750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12592	14449	16812	18548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14067	16013	18475	20278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15507	17535	20090	21955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16919	19023	21666	23589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18307	20483	23209	25188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19675	21920	24725	26757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21026	23337	26712	28300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22362	24736	27688	29819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23685	26119	29141	31319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24996	27488	30578	32801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26296	28845	32000	34267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27587	30191	33409	35718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28869	31526	34805	37156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30144	32852	36191	38582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31410	34170	37566	39997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32671	35479	38932	41401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33924	36781	40289	42796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	35172	38076	41638	44181

24	9886	10856	12401	13848	36415	39364	42980	45558
25	10520	11524	13120	14611	37652	40646	44314	46928
26	11160	12918	13844	15379	38885	41923	45642	48290
27	11808	12879	14573	16151	40113	43194	46963	49645
28	12641	13565	15308	16928	41337	44461	48278	50993
29	13121	14256	16047	17708	42557	45722	49588	52336
30	13787	14953	16791	18493	43773	46979	50892	53672

Sumber : (Triadmodjo, 2008)

2.9. Analisa Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan didefinisikan sebagai jumlah curah hujan yang terjadi selama periode terkonsentrasinya air hujan. Analisis intensitas curah hujan ini dapat dilakukan berdasarkan data curah hujan tahun-tahun sebelumnya. Berbagai rumus empiris dari hidrologi dapat digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan.

Rumus mononobe digunakan bila tidak tersedia data curah hujan jangka pendek, hanya tersedia data curah hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad 2.20$$

Keterangan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

2.10. Menentukan Debit Puncak dengan Metode Rasional

Metode rasional USSCS (1973) berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi memiliki intensitas seragam dan merata diseluruh DPS selama paling sedikit dengan waktu konsentrasi (t_c) DAS. Pada sistem aliran, laju masukan adalah hasil dari curah hujan dengan intensitas pada suatu DAS dengan luasan sedang, nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak (Q_p) yang terjadi saat mencapai waktu konsentrasi (t_c) dinyatakan sebagai koefisien limpasan (C) dimana nilainya 0 sampai 1 detik. Artinya bahwa curah hujan selama satu jam dengan intensitas hujan 1 mm/jam di daerah seluas 1 ha menghasilkan Q_p sebesar $0,02778 \text{ m}^3/\text{dt}$

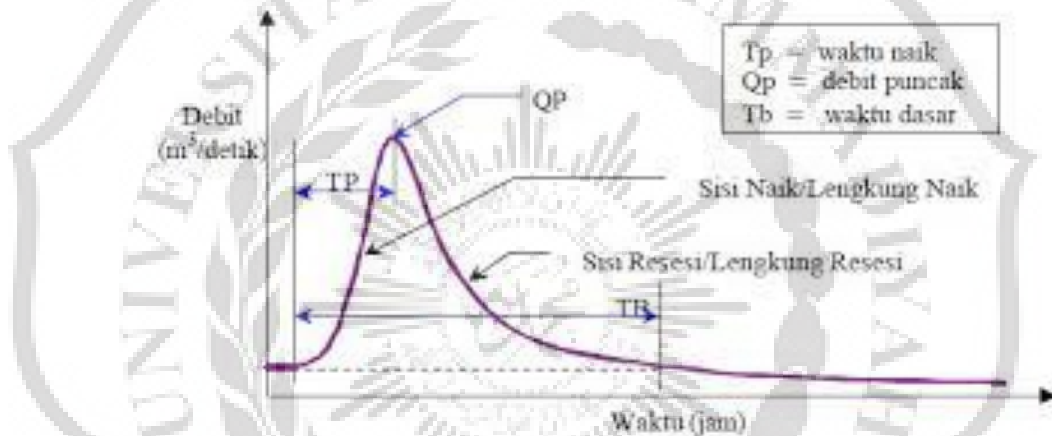
yang melimpas merata selama satu jam, sehingga dapat disajikan dibawah ini (Suripin, 2004).

Metode rasional dinyatakan dengan rumus:

$$Q_p = 0,02778 \cdot C \cdot I \cdot A \quad 2.21$$

Keterangan:

- Qp = Debit puncak (m³/detik)
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah (hektar)



Gambar 2.8 Grafik Debit Puncak

Sumber: (Br, 1993)

Koefisien aliran permukaan (C) suatu koefisien yang menjadi perbandingan besarnya jumlah air yang dialirkan oleh suatu jenis permukaan terhadap jumlah air yang ada. Faktor mempengaruhi C adalah, laju infiltrasi, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Jika DPS terdiri dari berbagai macam penggunaan lahan koefisien aliran permukaan berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DPS dapat dihitung dengan persamaan:

$$C_{Komposit} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad 2.22$$

Keterangan :

A_i = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i ,

C_i = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i ,

N = Jumlah jenis permukaan tanah

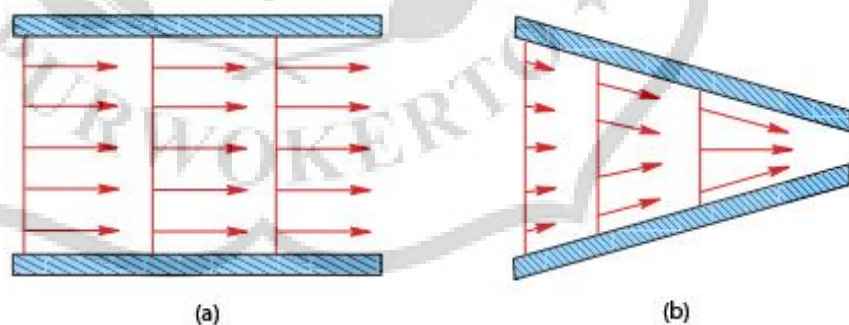
2.11. Analisa Hidraulika

Hal-hal berikut yang harus diperhatikan dalam analisis hidraulika yaitu jenis aliran, kecepatan aliran dan tinggi proteksi. Selain itu, terdapat utilitas atau software yang dapat mempermudah perhitungan drainase.

2.11.1. Tipe Aliran

Saluran drainase merupakan aliran permukaan terbuka yakni aliran dimana muka air mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Suripin, (2004) menggolongkan aliran terbuka menjadi berbagai tipe berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan ruang dan waktu.

1. Aliran seragam (*uniform flow*), bila kedalaman air di sepanjang saluran sama.
2. Aliran tidak seragam (*nonuniform flow*), bila kedalaman air di sepanjang saluran yang ditinjau tidak sama.



Gambar 2.9 Kondisi Aliran Seragam dan Tak Seragam

Sumber: (Mcdonough, 2009)

Berdasarkan waktu, pipa aliran dibedakan menjadi:

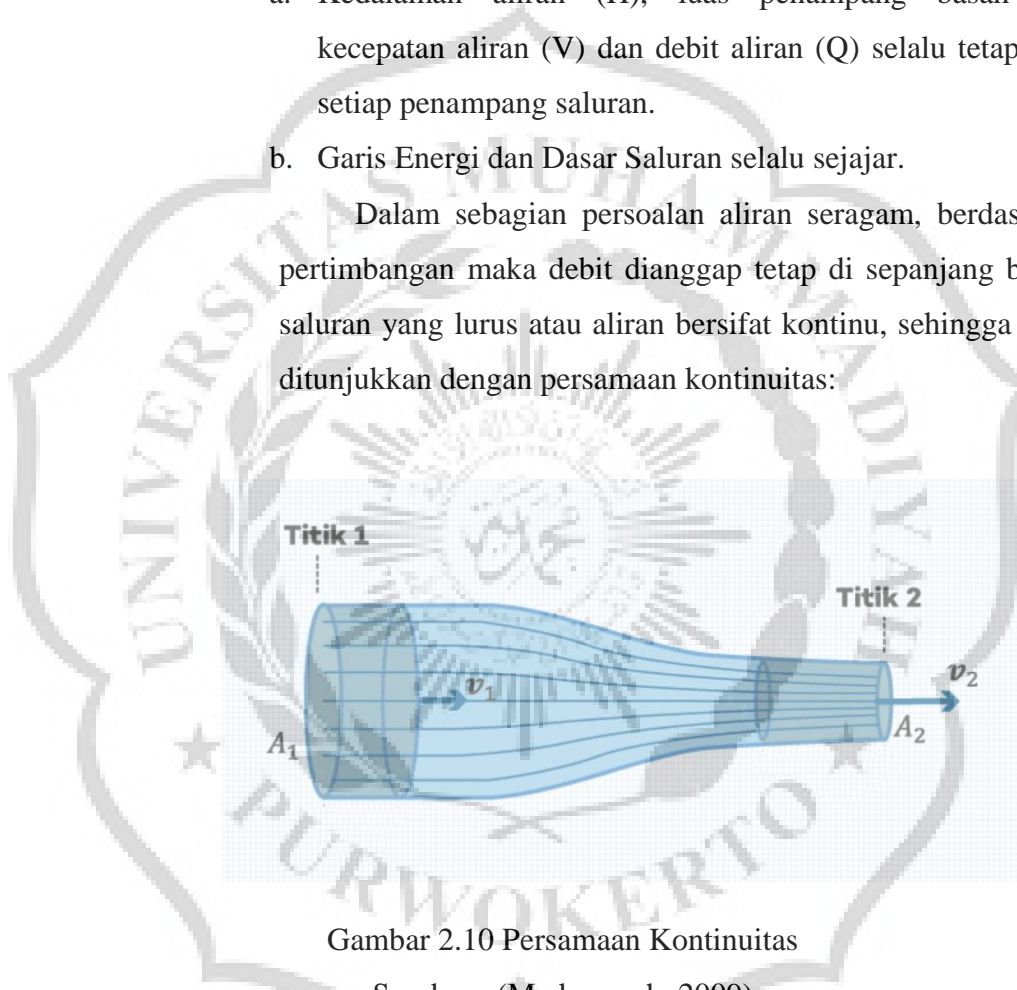
1. Aliran tetap (*steady flow*), bila kedalaman air tidak berubah atau dianggap tetap dalam kurun waktu tertentu.

2. Aliran tidak tetap (*unsteady flow*), bila kedalam aliran berubah sesuai dengan waktu.

Untuk mempermudah dalam penyelesaian persamaan aliran maka aliran dalam drainase dianggap mempunyai tipe aliran seragam adalah:

- a. Kedalaman aliran (H), luas penampang basah (A), kecepatan aliran (V) dan debit aliran (Q) selalu tetap pada setiap penampang saluran.
- b. Garis Energi dan Dasar Saluran selalu sejajar.

Dalam sebagian persoalan aliran seragam, berdasarkan pertimbangan maka debit dianggap tetap di sepanjang bagian saluran yang lurus atau aliran bersifat kontinu, sehingga dapat ditunjukkan dengan persamaan kontinuitas:



Gambar 2.10 Persamaan Kontinuitas

Sumber: (McDonough, 2009)

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \quad 2.23$$

Keterangan :

- Q = Debit saluran ($m^3/detik$)
- A_1 = Luas penampang pertama (m^2)
- A_2 = Luas penampang kedua (m^2)
- V_1 = Kecepatan aliran pertama ($m/detik$)
- V_2 = Kecepatan aliran kedua ($m/detik$)

2.11.2. Kecepatan Aliran

Rumus kecepatan aliran ada 3 buah yang diketahui yaitu:

a. Rumus Chezy

$$V = C\sqrt{RS} \quad 2.24$$

b. Rumus Strickler

$$V = k_s R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad 2.25$$

c. Rumus Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad 2.26$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

R = Jari-jari hidrolis (m)

A = Luas basah (m²)

P = Keliling basah (m)

S = Kemiringan dasar saluran (%)

C = Koefisien kekasaran Chezy

k_s = Koefisien kekasaran Strickler

n = Koefisien kekasaran Manning

Pada saluran alam maupun buatan sering ditemui bahwa kekasaran dinding saluran berbeda dengan kekasaran dasar saluran. Untuk menghitung kekasaran komposit ditinjau daerah pengaruh masing-masing. Sehingga kekasaran komposit dapat dihitung dengan rumus:

$$n_{co} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (n_i^{3/2} \times P_i)}{P_{co}} \right]^{2/3} \quad 2.27$$

Keterangan :

n_{co} = Koefisien manning komposit

P_{co} = Koefisien basah komposit

Tabel 2.7 Harga Koefisien Manning Pada Saluran Drainase

<i>Channel Type</i>	<i>Manning (n)</i>
<i>Line Channels</i>	
<i>Asphalt</i>	0,013 – 0,017
<i>Brick</i>	0,012 – 0,018
<i>Concrete</i>	0,011 – 0,020
<i>Rubble or riprap</i>	0,020 – 0,035
<i>Vegetal</i>	0,030 – 0,040
<i>Excavated or dredged</i>	
<i>Earth, straight and uniform</i>	0,020 – 0,030
<i>Earth, winding, fairly uniform</i>	0,025 – 0,040
<i>Rock</i>	0,030 – 0,045
<i>Unmaintained</i>	0,050 – 0,140
<i>Natural Channels (minor stream, top width at flood stage < 100 ft)</i>	
<i>Fairly regular section</i>	0,030 – 0,070
<i>Irregular section with pools</i>	0,040 – 0,100

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.11.3. Tinggi Jagaan

Tinggi Jagaan suatu saluran adalah jarak dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana. Jarak ini harus cukup untuk mencegah kenaikan muka air ke tepian saluran. Tinggi jagaan minimum pada saluran primer dan sekunder dikaitkan dengan debit rencana saluran. Untuk menentukan tinggi jagaan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Tinggi Jagaan

Debit Aliran (m³/detik)	Tinggi Jagaan (m)
< 0.5	0,40
0.5 – 1.5	0,50
1.5 – 5.0	0,60
5.0 – 10.0	0,75
10.0 – 15.0	0,85
> 15.0	1,00

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

2.11.4. Software EPA SWMM 5.2

Dalam pengaplikasian analisis hidrolika dibidang mengatasi genangan atau banjir ada beberapa *software* yang bisa digunakan yaitu HEC-HMS, HEC-RAS dan EPA SWMM. Dalam penelitian ini digunakan *software* EPA SWMM 5.2. Menurut Rossman (2016), *Strom Water Management Model* (SWMM) merupakan model simulasi hujan aliran (*rainfall-runoff*) digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan dari daerah perkotaan. Limpasan permukaan dihasilkan dari daerah tangkap hujan yang menerima hujan. Beban limpasan permukaan tersebut kemudian dialirkan melalui sistem saluran pada pipa, saluran terbuka, tampungan, pompa, dan sebagainya. SWMM menghitung kuantitas dan kualitas limpasan dari daerah tangkapan hujan, dan debit aliran, kedalam aliran, dan kuantitas air disetiap pipa dan saluran selama periode simulasi.

Berikut tampilan dalam persiapan *Software* EPA SWMM 5.2. Persiapan dilakukan guna mengatur tampilan suatu objek input program EPA SWMM 5.2.

1. Tampilan Utama *Software* EPA SWMM 5.2

Keterangan nomor pada *interface* tampilan utama EPA SWMM 5.2.

- 1) *Main menu* (Menu Utama)
- 2) *Toolbars* (Komponen item untuk mengedit)
- 3) *Study Area Map* (Lembar Kerja)
- 4) *Data / Map Browser* (Informasi data yang di input)
- 5) *Status Bar* (Keterangan data yang di pilih)

2. Kemampuan Pemodelan

Software EPA SWMM digunakan untuk memodelkan berbagai hal mengenai proses hidrologi yang dihasilkan dari area perkotaan. Antara lain:

- 1) Waktu curah hujan
- 2) Evaporasi permukaan air
- 3) Akumulasi salju dan meleleh
- 4) Penangkapan curah hujan dari penyimpanan depresi
- 5) Infiltrasi air yang masuk ke dalam lapisan tanah
- 6) Hubungan antara air tanah dan sistem drainase
- 7) Tangkapan dan penyimpanan curah hujan dengan berbagai tipe pemodelan

2.11.5. Komponen Software EPA SWMM

Komponen-komponen dalam EPA SWMM mencakup berbagai aspek. Setiap komponen bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan simulasi yang akurat terhadap aliran permukaan, infiltrasi, dan kualitas air.

A. Rain Gage

Rain gage adalah pemodelan yang mewakili curah hujan yang akan mensuplai area studi. Data hujan yang digunakan adalah data curah hujan yang telah diolah terlebih dahulu sehingga didapatkan format yang diinginkan. Beberapa format curah hujan dapat digunakan dalam simulasi ini.

1. Intensitas curah hujan yaitu jumlah hujan yang tercatat pada pengukur hujan tertentu.
2. Volume curah hujan yaitu jumlah hujan yang tercatat pada pengukur hujan dalam waktu tertentu.

Curah hujan kumulatif yaitu jumlah curah hujan yang terjadi dari hujan mulai turun hingga berhenti. Data masukkan curah hujan adalah tipe data hujan (intensitas, volume, kumulatif), interval pencatatan curah hujan (60 menit, 15 menit, 5 menit, dan lain-lain), sumber dari data hujan, nama sumber data hujan.

B. Subcatchment

Subcatchment atau disebut juga sub daerah pengalir adalah salah satu unit hidrologi dipermukaan tanah yang mempunyai tofografi dari elemen sistem drainase internal yang mengalirkan limpasan permukaan ke suatu titik *outlet*.

Subcatchment dapat dibagi menjadi bagian *pervious subarea* dan *Impervious subarea*, dimana limpasan dapat mengalami infiltrasi jika melewati *pervious subarea* tetapi tidak terjadi jika melewati *impervious subarea*. Limpasan dapat mengalir dari satu *subarea* ke *subarea* lainnya atau mengalir bersama ke satu titik *outlet*. Infiltrasi air hujan pada *subcatchment* dengan *pervious area* dapat dideskripsikan dengan tiga model yang berbeda yaitu model infiltrasi *Horton*, model infiltrasi *Green-Ampt*, model infiltrasi *SCS Curve Number*.

Masukkan parameter lain untuk *subcatchment* adalah:

1. *Area*

Area merupakan daerah *subcatchment* yang dipakai untuk pengukuran daerah resapan air, area jua disebut sebagai luasan daerah.

2. *Width*

Width adalah lebar *subcatchment*, dapat dicari dengan meng-klik “*add path*” pada *software Google Earth*. Klik pada *subcatchment*. Lakukan sebanyak 3 kali atau lebih, untuk mencari rata-rata lebarnya.

3. *%Slope*

%Slope adalah kemiringan sungai atau drainase disetiap *subcatchment*. cara menentukan *% slope* dengan cara beda elevasi pada batas *subcatchment* kemudian dikalikan 100%.

4. %Impervious

%Impervious adalah daerah atau suatu bagian dari daerah yang kedap air (tidak dapat menyerap air), misalnya jalan beraspal, rumah tempat tinggal, perkotaan, dan lain-lain. Menentukan presentase *impervious subarea* berdasarkan Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Nilai % Impervious

<i>Land Use or Surface Characteristic</i>	<i>Percentage Impervious</i>
<i>Business</i>	
<i>Comercial area</i>	95
<i>Neighborhood Area</i>	85
<i>Residential</i>	
<i>Single-family</i>	*
<i>Multi Unit (detached)</i>	65
<i>Multi Unit (attached)</i>	75
<i>Hai farce lot or large</i>	*
<i>Apartment</i>	80
<i>Industrial</i>	
<i>Light Area</i>	80
<i>Heavy Area</i>	90
<i>Park, cemeteries</i>	5
<i>Playground</i>	10
<i>School</i>	50
<i>Railroad yard area</i>	15
<i>Historic flow analysis</i>	2
<i>Greenbelt, agricultural</i>	2
<i>Off site flow analysis when land use not defined</i>	45
<i>Street</i>	
<i>Paved</i>	100
<i>Gravel</i>	40
<i>Drive and walks</i>	90
<i>Roofs</i>	90

Sumber: (Agency, 1971)

5. *N-Impervious* dan *N-Pervious*

N-impervious adalah koefisien Manning untuk daerah yang kedap air dan *N-pervious* adalah koefisien Manning untuk daerah yang tidak kedap air.

Menentukan bilangan Manning untuk aliran permukaan dalam hal ini adalah menentukan nilai *N-Impervious* dan *N-pervious* yang dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Nilai Koefisien Kekasaran Manning (n)
Tutupan Lahan

<i>Surface</i>	n
<i>Smooth asphalt</i>	0,011
<i>Smooth concrete</i>	0,012
<i>Ordinary concrete lining</i>	0,013
<i>Good wood</i>	0,014
<i>Brick with cement mortar</i>	0,014
<i>Vitrified clay</i>	0,015
<i>Cast iron</i>	0,015
<i>Corrugated metal pipes</i>	0,024
<i>Cement rubble surface</i>	0,024
<i>Fallow soils (no residue)</i>	0,05
<i>Cultivated soils</i>	
<i>Residue cover < 20%</i>	0,06
<i>Residue cover > 20%</i>	0,17
<i>Range (natural)</i>	0,13
<i>Grass</i>	
<i>Short, prairie</i>	0,15
<i>Dense</i>	0,24
<i>Bermuda grass</i>	0,41
<i>Woods</i>	
<i>Light underbrush</i>	0,40
<i>Dense underbrush</i>	0,80

Sumber: (Agency, 1971)

6. *Depression Storage (D Store Impervious dan D Store Pervious)*

Depression Storage atau simpanan lekukan adalah tertinggalnya air dalam suatu cekungan yang kedap air yang kemudian menahan air dalam lekukan tersebut. Air hanya akan mengalami penguapan dan tidak mengalami peresapan ke dalam tanah sehingga tidak dapat menjadi air tanah dan juga air dalam *subcatchment* yang nantinya akan menuju ke suatu saluran. *D Store Impervious* adalah simpanan lekukan

yang kedap air dan *D Store Pervious* adalah simpanan lekukan yang tidak kedap air.

Tabel 2.11 Nilai Depression Storage Berdasarkan Jenis Tata Guna Lahan

<i>Surface Characteristic</i>	<i>Depression Storage</i>
<i>Impervious surface</i>	0,05 – 0,10 inches
<i>Lawns</i>	0,10 – 0,20 inches
<i>Pasture</i>	0,2 inches
<i>Foresi litter</i>	0,3 inches

Sumber: (Agency, 1971)

7. %Zero impervious

%Zero impervious adalah presentasi area yang kedap air yang tidak akan menampung air (*depression storage*).

8. Infiltrasi

Infiltrasi air hujan dari *pervious area* dalam daerah tangkapan dapat digambarkan dengan tiga model berbeda :

- A. *Horton Infiltration.*
- B. *Green-Ampt Infiltration.*
- C. *SCS Curve Number Infiltration.*

Untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam pemodelan sebaiknya disesuaikan pada kecocokan penerapan metode pada daerah yang bersangkutan dan ketersediaan data pada daerah tersebut. Untuk penentuan infiltrasi pada penelitian ini akan digunakan metode *Soil Conservation Service (SCS) Curve Number.*

Curve Number merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembapan dan cara pengerjaan tanah. Model *SCS Curve Number (CN)* memperkirakan hujan lebihan atau hujan efektif

sebagai bagian dari hujan yang menjadi aliran langsung di sungai. Hujan efektif ini adalah sama dengan hujan total yang jatuh di permukaan tanah dikurangi dengan kehilangan air. Nilai CN bervariasi antara 0 sampai 100. Nilai CN = 100 untuk *water body* (permukaan lahan yang kedap air).

Jenis tanah juga sangat berpengaruh terhadap nilai hujan efektif. Tanah berpasir mempunyai nilai infiltrasi yang tinggi sehingga hujan efektif sangat kecil, sebaliknya nilai infiltrasi pada tanah lempung sangat kecil. *The Soil Conservation Service* (SCS) telah membagi tipe tanah kedalam 4 tipe tanah seperti yang tertera pada Tabel 2.12. Berikut dan pembagian nilai CN pada Tabel 2.13.

Tabel 2.12 Definisi Kelompok Daya Hantar Hidrolik

<i>Group</i>	Definisi	<i>Hydraulic Conductivity (In/Hr)</i>
A	Potensi limpasan rendah, mempunyai laju infiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah pasir dengan <i>silty</i> dan <i>clay</i> sangat sedikit, juga kerikil (<i>gravel</i>) yang sangat lurus air.	$\geq 0,45$
B	Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang (<i>sandy soils</i>) dengan laju meloloskan air sedang. Misalnya lempung berpasir	0,30 – 0,15
C	Tingkat infiltrasi rendah jika tanah sepenuhnya	0,15 – 0,05

basah. Tanah berbutir sedang sampai halus (*clay* dan *colloid*) dengan laju meloloskan air lambat. Misalnya tanah liat, lempung berpasir dangkal. Tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat. Tanah dengan muka air tanah permanen tinggi. Tanah ini mempunyai laju meloloskan air sangat lambat.

0,05 – 0,00

Sumber: (Agency, 1971)

Tabel 2.13 Curve Number

<i>Land Use Description</i>	<i>Hydrologic Soil Group</i>			
	A	B	C	D
<i>Cultivated land</i>				
<i>Without Conservation treatment</i>	72	81	88	91
<i>With conservation treatment</i>	62	71	78	81
<i>Pasture or range land</i>				
<i>Poor condition</i>	68	79	86	89
<i>Good condition</i>	39	61	74	80
<i>Meadow</i>				
<i>Good condition</i>	30	58	71	78
<i>Wood or forest land</i>				
<i>Thin stand, poor cover, no much</i>	45	66	77	83
<i>Good cover</i>	25	55	70	77
<i>Open space, lawns, parks, golf, courses,</i>				
<i>Good condition: grass cover on 75%</i>	39	61	74	80
<i>Fair condition: grass cover on 50%</i>	49	69	79	84
-	89	92	94	95
<i>Commercial and business areas (85%)</i>	81	88	91	93
<i>Industrial districts (72% impervious)</i>				
<i>Residential, Average lot size (% impervious)</i>	77	85	90	92
<i>1/8 ac or less (65)</i>	61	75	83	87
<i>1/4 ac (38)</i>	57	72	81	86
<i>1/3 ac (30)</i>	54	70	80	85
<i>1/2 ac (25)</i>	51	68	79	84
<i>1 ac (20)</i>	98	98	98	98

<i>Paved parking lots, roofs, drive</i>				
<i>Streets and roads</i>	98	98	98	98
<i>Pavel with curbs and storm sewers</i>	76	85	89	91
<i>Gravel</i>	71	82	87	89
<i>Dirt</i>				

Sumber: (Agency, 1971)

D. *Junction Nodes* (Titik Pertemuan)

Junction merupakan titik pertemuan aliran.

Dalam keadaan sebenarnya *junction* dapat menggambarkan pertemuan antara saluran, manholes pada *server system*, ataupun pada pipa saluran tertutup. Aliran yang akan masuk ke dalam sistem drainase harus melalui *junction*. Kelebihan air pada *junction* dapat menyebabkan meluapnya air pada titik tersebut sehingga dapat digambarkan sebagai banjir pada titik tersebut.

E. *Outfall Nodes* (Titik Pengeluaran)

Outfall Nodes adalah terminal terakhir dari rangkaian aliran sistem drainase, menggambarkan titik akhir berupa muara ataupun keluaran lainnya.

F. *Conduit* (Penghubung Pengaliran Air)

Conduit adalah penghubung yang mengalirkan air dari suatu node ke node lainnya dalam sistem pengaliran, dalam hal ini dapat berupa saluran terbuka ataupun tertutup. Berikut ini adalah masukan untuk *conduit*:

- a. Nama node masuk dan node keluar
- b. Panjang saluran
- c. Bilangan kekasaran Manning
- d. Geometri penampang saluran