

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang akan digunakan sebagai landasan dalam penulisan Penelitian Tugas Akhir yang dibuat sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama	Hasil	Persamaan	Perbedaan
Lourin, Dr. Ir. Kustamar, MT, Sriliani Surbakti, MT. (2018). “Evaluasi Dan Perencanaan Saluran Drainase Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon”	Untuk mengatasi saluran yang tidak mencukupi dalam upaya penanggulangan banjir maupun genangan dapat dilakukan peningkatan kapasitas saluran dengan cara melakukan pelebaran, penggerukan pada dimensi saluran, yang sesuai dengan tata guna lahan dan kondisi sekitar.	<ul style="list-style-type: none">- Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder.- Data curah hujan menggunakan 10 tahun terakhir.- Menghitung debit air kotor.	<ul style="list-style-type: none">- Lokasi Penelitian.- Uji kesesuaian distribusi yang digunakan adalah metode <i>Log Pearson Type III</i>.
Sriliani Surbakti (2021). “Normalisasi Drainase Perkotaan Pada Ruas Jalan Krucil – Tambelang (R.53) Kabupaten Probolinggo”	Berdasarkan kondisi eksisting bahwa kapasitas saluran drainasenya tidak memenuhi distribusi dalam saluran drainase sehingga menimbulkan permasalahan terjadinya genangan air pada saat musim hujan yang menyebabkan terganggunya arus lalu lintas, yang diperlukannya dimensi drainase baru.	<ul style="list-style-type: none">- Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder.- Menghitung debit air kotor.	<ul style="list-style-type: none">- Lokasi penelitian- Metode yang digunakan adalah metode rata-rata aljabar untuk mencari curah hujan daerah, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan metode <i>Polygon Thiessen</i>.

Nama	Hasil	Persamaan	Perbedaan
<p>Halwa Zuyyinal Ilmi, Ir. I Wayan Mundra., MT, Ir. Bambang Wedyantadji., MT. (2021) “Kajian Evaluasi Kinerja Saluran Drainase Di Daerah Air Hitam Kota Samarinda”</p>	<p>Alternatif lain guna menanggulangi banjir yaitu perlunya pemeliharaan pada saluran-saluran drainase yang ada, yang dibutuhkannya perawatan secara berkala agar kerusakan pada saluran, sedimentasi yang menumpuk pada saluran, dan penyumbatan akibat sampah dapat diminimalisir. Dan juga alternatif lain guna menanggulangi banjir/limpasan seperti memperbaiki kondisi tata guna lahan, dan memperlebar dan memperdalam dimensi saluran eksisting yang tidak memenuhi untuk menampung debit banjir rencana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. - Solusi Penangan banjir dengan perencanaan ulang dimensi saluran eksisting yang tidak memenuhi untuk menampung debit banjir rencana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak menghitung proyeksi penduduk dan menghitung debit air kotor. - Data curah hujan menggunakan periode 20 tahun. - Data curah hujan menggunakan 1 stasiun hujan terdekat.
<p>Rusedie, I Wayan Mundra, Nenny Roostrianawaty (2022) “Evaluasi Dan Perencanaan Ulang Sistem Drainase Pada Kawasan Jalan Sudimoro Kota Malang”</p>	<p>Berdasarkan dari perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting yang dimana tidak semua saluran drainase dapat mampu menampung debit banjir rencana. Oleh karena itu diperlukannya alternatif lain guna menanggulangi banjir dengan perencanaan ulang saluran drainase tersebut diperlukannya dimensi drainase baru.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Data curah hujan menggunakan 3 stasiun curah hujan terdekat, - Uji kesesuaian distribusi yang digunakan adalah metode <i>EJ. Gumbel</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lokasi penelitian - Tidak menghitung proyeksi penduduk dan tidak menghitung debit air kotor. - Menghitung debit banjir rencana menggunakan periode kala ulang 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun.

Nama	Hasil	Persamaan	Perbedaan
Ryanwira Adha, I Wayan Mundra, Nenny Roostrianawaty. (2020) “Peningkatan Kinerja Sistem Drainase Perkotaan Nganjuk”	Berdasarkan hasil dari evaluasi kapasitas saluran eksisting, diketahui bahwa salah satu penyebab terjadinya genangan air pada daerah penelitian diakibatkan karena kapasitas saluran yang tidak mencukupi menampung debit banjir rencana. Oleh karena itu dilakukan pembesaran dimensi pada ruas saluran yang tidak mencukupi untuk menampung debit rancangan.	<ul style="list-style-type: none"> - Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. - Data yang digunakan ialah data curah hujan 10 tahun terakhir - Menghitung debit air kotor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lokasi penelitian - Uji kesesuaian distribusi yang digunakan adalah metode <i>Log Pearson Type III</i>.

2.2 Pengertian Drainase

Drainase adalah salah satu dasar untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, yang dimana drainase merupakan suatu komponen terpenting dalam perencanaan infrastruktur sebuah kota. Drainase juga bertujuan untuk menjadikan infrastruktur kota yang lebih aman, nyaman, bersih dan juga sehat.

Drainase juga mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut (Suripin, 2004).

Dalam SK Menteri PU No. 233 tahun 1987. Drainase perkotaan adalah sebuah jaringan limpasan aliran yang memiliki fungsi mengalirkan air yang menggenangi bagian-bagian wilayah perkotaan dari sebuah genangan air baik itu dari debit air hujan maupun sebuah luapan sungai yang melewati daerah perkotaan tersebut.

2.3 Sistem Drainase

Pada dasarnya sistem jaringan drainase perkotaan dibagi menjadi dua bagian yaitu (Ilmi, 2021):

1. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor ialah sebuah sistem saluran atau badan air yang mampu menampung atau mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini juga disebut sebagai sistem saluran pembuangan utama (*Major System*) atau disebut dengan drainase primer. Sistem jaringan ini mampu menampung aliran yang berskala besar atau luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai untuk periode kala ulang 5 sampai 10 tahun.

2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro adalah sebuah sistem saluran drainase atau bangunan pelengkap drainase yang dapat mampu menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan (*Catchment Area*). Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran yang berada disepanjang sisi jalan, saluran atau selokan air hujan yang berada disekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya, dimana debit air yang dapat mampu ditampungnya tidak terlalu besar.

Pada umumnya sistem drainase mikro ini direncanakan untuk curah hujan menggunakan kala ulang 2, 5, atau 10 tahun yang dilihat dari tata guna lahan yang ada. Sistem drainase yang ada lingkungan pemukiman lebih cenderung disebut sebagai sistem drainase mikro.

2.4 Jenis – Jenis Drainase

Drainase dilihat dari tipe-tipenya dapat digolongkan menjadi beberapa bagian, diantara lain (Hasmar, 2012):

a. Menurut Sejarah Terbentuknya

Menurut sejarah terbentuknya drainase dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Saluran drainase yang terbentuk secara alami atau tidak terdapat unsur campur tangan manusia seperti bangunan-bangunan penunjang yaitu bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong, dan lain-lain.

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Saluran Drainase yang dibentuk berdasarkan analisis dari ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat banjir dan dimensi saluran. Sehingga memerlukan suatu bangunan-bangunan khusus seperti selokan, pasangan batu atau beton, gorong-gorong, pipa-pipa, dan lain sebagainya.

b. Menurut Letak Saluran

Menurut letak saluran drainase dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*) ialah saluran drainase yang terdapat di permukaan tanah atau memiliki fungsi lain yaitu mengalirkan air pada permukaan tanah. Untuk menganalisa alirannya yaitu dengan menggunakan analisa *open channel flow*.

2. Drainase bawah tanah (*Sub Surface Drainage*) ialah sebuah saluran limpasan air yang terdapat di kedalaman tanah yang menggunakan pipa-pipa. Tipe dari drainase ini digunakan dengan mempertimbangkan alasan-alasan tertentu. Yang dimana alasan tersebut diantaranya ialah tuntutan keestetikaan, maupun tuntutan fungsi dipermukaan tanah yang tidak memperbolehkan adanya suatu saluran dipermukaan tanah seperti halnya pada lapangan sepak bola, lapangan terbang, dan lain-lain.

c. Menurut Konstruksi

Menurut Konstruksi drainase dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Sistem saluran drainase terbuka ialah suatu saluran yang memiliki fungsi mengalirkan air hujan ataupun limbah domestik. Di daerah tertentu, saluran terbuka tidak memerlukan lining atau lapisan pelindung. Namun pada

saluran terbuka di daerah perkotaan ataupun di daerah padat penduduk, diperlukannya lapisan pelindung atau lining.

2. Sistem saluran drainase tertutup ialah suatu saluran yang digunakan untuk mengalirkan air kotor atau limbah domestik yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Pada sistem saluran drainase tertutup seperti ini sangatlah cocok digunakan untuk daerah perkotaan ataupun daerah yang padat penduduk.

d. Menurut Fungsi

Menurut fungsi saluran drainase terdapat dua macam yaitu:

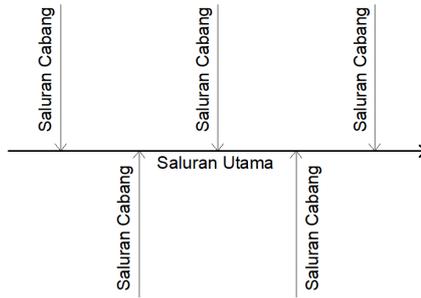
1. *Single Purpose Drainage* adalah suatu drainase yang memiliki fungsi untuk mengalirkan satu jenis air buangan saja.
2. *Multy Purpose Drainage* adalah suatu drainase yang memiliki fungsi untuk mengalirkan beberapa jenis.

2.5 Pola Jaringan Drainase

Menurut Wesli (2008) dalam Saidah (2021) sistem drainase pada umumnya saling terhubung dan membentuk suatu pola jaringan tertentu. Dalam merencanakan suatu pola jaringan drainase memiliki dua hal yang harus diperhatikan, yaitu topografi daerah ataupun tata guna lahan di daerah lokasi studi yang akan direncanakan sistem saluran drainasenya. Berikut ini adalah pola jaringan drainase sebagai pilihan untuk sebuah perencanaan yang sesuai dengan kondisi alam atau lingkungannya:

1. Jaringan Drainase Siku

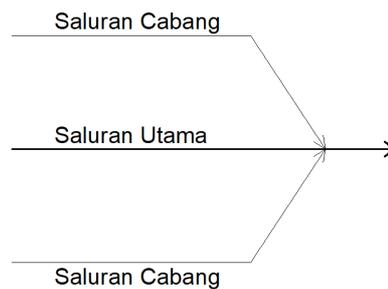
Jaringan drainase siku direncanakan di daerah yang memiliki elevasi yang lebih tinggi dari pada elevasi sungai. Elevasi tersebut bisa di dapatkan dengan peta topografi, sehingga untk merencanakan jaringan drainase siku kita harus memiliki data topografi yang akurat agar dapat mengetahui tinggi elevasi drainase di daerah yang akan direncanakan pada kondisi lapangan.



Gambar 2.1 Jaringan Drainase Siku

2. Jaringan Drainase Paralel

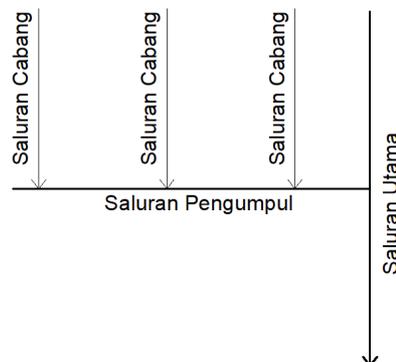
Pada pola jaringan drainase paralel, saluran utama ataupun saluran primer memiliki tata letak yang sejajar dengan saluran cabang atau saluran sekunder. Dalam daerah perkotaan, pola jaringan seperti inilah yang sangat banyak ditemui, dikarenakan terdapat begitu banyak saluran sekundernya.



Gambar 2.2 Jaringan Drainase Paralel

3. Jaringan Drainase Grid Iron

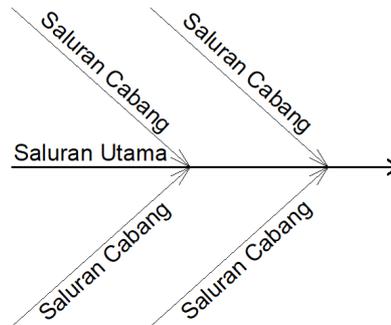
Untuk pola jaringan drainase ini saluran sekunder berkumpul terlebih dahulu, kemudian dari saluran pengumpul tersebut dapat diteruskan ke dalam saluran utama.



Gambar 2.3 Jaringan Drainase Grid Iron

4. Jaringan Drainase Alami

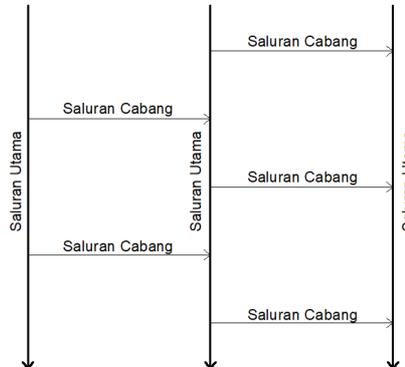
Jenis pola jaringan drainase ini terbentuk karena sebuah limpasan air permukaan yang secara alami.



Gambar 2.4 Jaringan Drainase Alami

5. Jaringan Drainase Jaring-Jaring

Tipe jaringan drainase jaring-jaring ini memiliki bentuk penampang yang sesuai dengan arah jalan, jaringan ini biasanya digunakan di daerah dengan topografi yang datar ataupun di daerah yang memiliki elevasi yang hampir sama.



Gambar 2.5 Jaringan Drainase Jaring-Jaring

2.6 Analisa Hidrologi

Menurut Soemarto (1986:15) hidrologi adalah ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam kita ini. Meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, diatas dan dibawah permukaan tanah. Didalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan diplanet bumi ini. Adapun aspek-aspek hidrologi yang perlu dikaji adalah:

2.6.1 Estimasi Data Hujan Yang Hilang

Menurut Limantara (2010) data hujan yang diperoleh sering kali didapati data yang tidak lengkap, banyak data-data yang hilang ataupun rusak. Data yang hilang disuatu pos penakar hujan, pada saat tertentu dapat diisi dengan menggunakan bantuan data yang tersedia pada pos-pos penakar yang ada disekitarnya pada saat yang waktu yang sama. Cara yang dipakai disebut dengan *Ratio Normal*. Syarat untuk menggunakan cara ini ialah tinggi hujan rata-rata tahunan pos penakar yang datanya hilang harus diketahui, disamping dari dibantu dengan data tinggi hujan rata-rata tahunan dan data dari pos-pos penakar disekitarnya.

Jika jumlah penakar hujan untuk menentukan data x yang hilang adalah sebanyak n , maka rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$Dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n di \frac{Anx}{Ani} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- Dx = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun X (mm).
- n = Jumlah stasiun disekitar x untuk mencari data di x (mm).
- d_i = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun I (mm).
- An_x = Jumlah tinggi hujan tahunan di stasiun x (mm).
- An_i = Jumlah tinggi hujan tahunan di stasiun sekitar x (mm).

2.6.2 Uji Konsistensi Data

Menurut Kamiana (2011) Uji konsistensi data ini bertujuan untuk mengetahui tingkat dari kebenaran data yang diperoleh dari lapangan yang dimana data tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Spesifikasi alat penakar berubah.
- 2) Tempat alat ukur dipindahkan.
- 3) Perubahan lingkungan di sekitar alat penakar.

Jika dari hasil pengujian data tersebut ternyata adalah konsisten artinya tidak terjadi perubahan lingkungan dan cara penakaran, sebaliknya jika ternyata data tidak konsisten artinya terjadi perubahan lingkungan dan cara penakaran.

Cara pengujian konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan metode berikut:

a. Metode *Curva Massa Ganda*

Metode *Curva Massa Ganda* dilakukan pemilihan antara stasiun yang diuji dan stasiun referensi kemudian dibandingkan nilai kumulatif seri data keduanya. Stasiun referensi berupa data rata-rata dari beberapa stasiun terdekat. Nilai kumulatif seri data digambarkan pada grafik sistem koordinat kartesius (X-Y) dan kurva yang terbentuk kemudian diperiksa untuk mengetahui titik yang mengalami perubahan atau patahan gradien. Jika kurva berbentuk garis lurus maka data tersebut sudah konsisten, sebaliknya jika terjadi perubahan atau patahan maka data uji tidak konsisten dan perlu dilakukan koreksi dengan mengalirkan atau membagi data sebelum perubahan atau patahan. Berikut adalah cara perbaikan dengan metode *Curva Massa Ganda*:

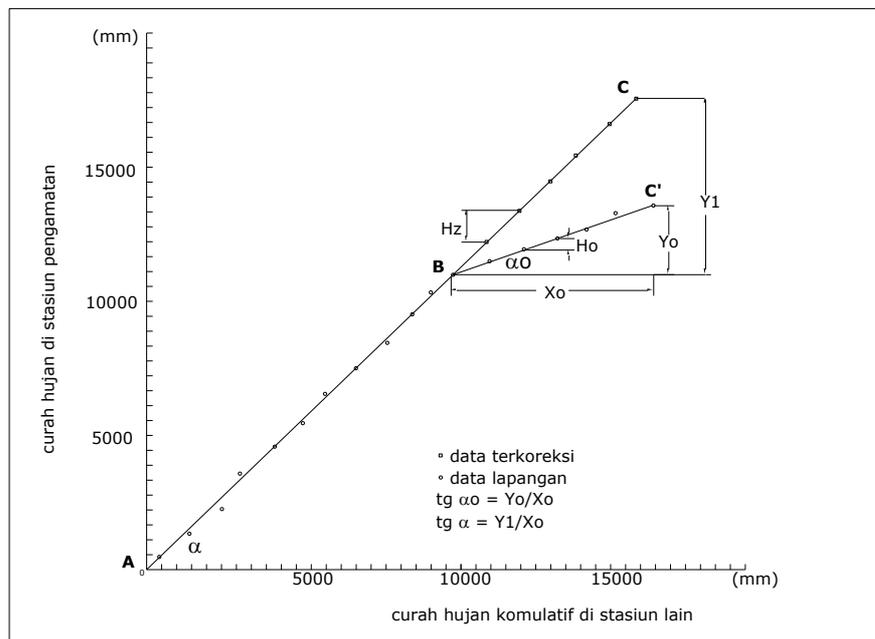
$$Hz = \frac{tg\alpha}{tg\beta} xHo \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- Hz = Data hujan yang diperbaiki.
- Ho = Data hujan hasil pengamatan.
- tgα = Kemiringan sebelum ada perubahan.
- tgβ = Kemiringan setelah ada perubahan.

Berikut langkah untuk menggambar *Curva Massa Ganda*:

1. Menentukan stasiun yang dianggap konsisten. Dalam hal ini penyusun menganggap P1 konsisten.
2. Menentukan stasiun yang dianggap sebagai pembanding. Dalam hal ini penyusun menganggap P1, P2, P3, dan P5 adalah stasiun pembanding.
3. Menentukan rata-rata kumulatif dari P1.



Gambar 2.6 Contoh Grafik Uji Konsistensi Data Curah Hujan
 Sumber: (Kamiana, 2011)

Untuk hujan rata-rata daerah diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$d = \frac{d_1+d_2+d_3+\dots+d_n}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$d = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

d = Tinggi curah hujan rata-rata areal.

d1, d2, d3,...dn = Tinggi curah hujan pada pos penakar.

n = Banyaknya pos penakar.

2.6.3 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Data hujan yang didapat dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya disatu tempat atau satu titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangatlah bervariasi terhadap suatu tempat (*space*), maka dari itu untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan untuk wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah

hujan dari beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau disekitar kawasan tersebut.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan: (1) Rata-rata Aljabar, (2) Polygon Thiessen, dan (3) Isohyet. (Suripin, 2004).

1. Rata – Rata Aljabar

Rata-rata aljabar adalah metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Metode ini cocok untuk Kawasan dengan topografi yang rata atau datar, alat penakar tersebar merata atau hamper merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan (Suripin, 2004).

$$p = \frac{p_1+p_2+p_3+\dots+p_n}{n} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$p = \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

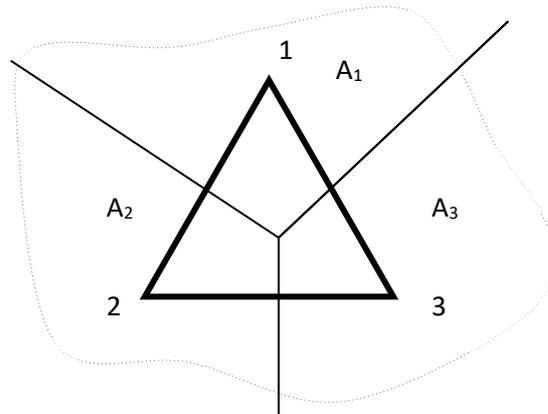
Dimana:

- p = Tinggi curah hujan rata-rata area.
- $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ = Tinggi curah hujan pada pos penangkar.
- n = Banyaknya pos penangkar hujan.

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya atau akurat, asalkan dimana pos-pos penakarnya terbagi merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata seluruh pos penakar.

2. Metode Polygon Thiessen

Metode ini didasarkan atas cara rata-rata timbangan (*weight-ed average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar (lihat gambar 2.7) (Suripin, 2004).



Gambar 2.7 Polygon Thiessen

Misalnya A_1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A_2 luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya. Jumlah $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n = A$ adalah merupakan jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya.

Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan d_1 , pos penakar 2 menakar d_2 , hingga pos penakar n menakar d_n , maka:

$$d = \frac{d_1 \times A_1 + d_2 \times A_2 + d_3 \times A_3 + \dots + d_n \times A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$d = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} \dots \dots \dots (2.8)$$

Jika $\frac{A_i}{A} = p_i$ yang merupakan prosentasi luas

$$d = \sum_{i=1}^n p_i d_i \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana;

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3,n

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = Tinggi curah hujan dipos 1, 2, 2,n

d = Tinggi curah hujan rata-rata area

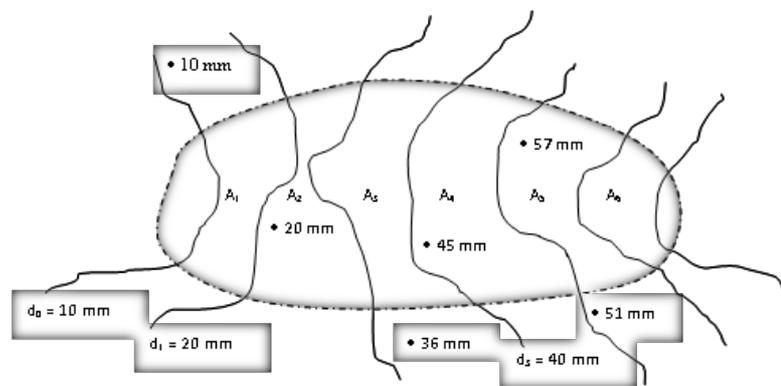
A = Luas area

$\sum_{i=1}^n p_i$ = Jumlah prosentasi luas = 100%

Hasil perhitungan dengan cara *Polygon Thiessen* lebih teliti dibandingkan dengan cara yang tinggi rata-rata aljabar.

3. Metode Isohyet

Metode ini adalah metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Metode ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang secara membabi buta menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Dalam hal ini kita harus menggambar dulu kontour dengan tinggi hujan yang sama (*isohyet*), seperti terlihat pada gambar 2.8 (Suripin, 2004).



Gambar 2.8 Isohyet

Kemudian luas bagian diantara *isohyet-isohyet* yang berdekatan diukur, dan harga rata-ratanya dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari nilai kontur, seperti berikut ini:

$$d = \frac{A_1 x \frac{d_1+d_2}{2} x A_2 + \frac{d_2+d_3}{2} x A_3 + \frac{d_3+d_4}{2} x A_n}{A_1 + A_1 + A_1 \dots A_{n-1}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana:

- $A_1 + A_2 + A_3 + \dots A_n = A$ = Luas area total
- d = Tinggi curah hujan area rata-rata
- $d_1, d_2, d_3, \dots d_n$ = Curah hujan pada *isohyet* 0, 1, 2,.....n
- $A_1, A_2, A_3, \dots A_n$ = Luas bagian area yang dibatasi oleh garis *isohyet*

Metode ini adalah cara paling teliti, tetapi membutuhkan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat guna memungkinkan untuk membuat garis-garis *isohyet*. Pada waktu menggambar garis-garis *isohyet* sebaiknya juga meninjau pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (*hujan orografik*).

2.6.4 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisa frekuensi bertujuan untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai untuk mendapatkan curah hujan rencana yang didapatkan dari data curah hujan rerata daerah. Pemilihan jenis distribusi curah hujan yang sesuai berdasarkan koefisien asimetri, kepencengan kurtois (CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1986).

1. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.11)$$

2. Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

3. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{Sd^3} \dots\dots\dots(2.13)$$

4. Koefisien kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots(2.14)$$

5. Koefisien variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

\bar{X} = Nilai rata-rata

Cs = Koefisien skewness

X_i = Nilai varian ke I

Ck = Koefisien kortosis

n = Banyaknya data

Cv = Koefisien variasi

Sd = Standar deviasi

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2.2 Syarat Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
E.J. Gumbel	$Cs \leq 1,1396$
	$Ck \leq 5,4002$
Log Person Tipe III	$Cs \neq 0$

Sumber : Suripin 2004

1. Metode E.J. Gumbel

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel) maka menggunakan persamaan sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

\bar{X} = Rerata curah hujan

S = Simpangan baku

K = Faktor frekuensi

(Faktor frekuensi) K dihitung dengan persamaan :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

K = Faktor frekuensi

Y_n = *reduce mean*, yang tergantung jumlah sampel/data n

S_n = *reduce standard deviation*, yang juga tergantung pada jumlah sampel atau data n

Y_t = *reduce variate*

Sumber: Suripin 2004

Tabel 2.3 Reduce Mean, (Y_n) Pada Metode EJ. Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber: Suripin 2004

Tabel 2.4 Reduce Standard Deviation, (Sn) Pada Metode EJ. Gumbel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9497	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber: Suripin 2004

Tabel 2.5 Reduced Variate, Ytr Sebagai Fungsi Periode Ulang

Periode Ulang T (Tahun)	Yt
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1255
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: CD. Soemarto, Hidrologi Teknik, 1987

Dari penjelasan diatas, maka disimpulkan persamaan:

$$X_{Tr} = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S \dots\dots\dots(2.18)$$

$$X_{Tr} = \bar{X} - \frac{Y_n \cdot S}{S_n} + \frac{Y_{Tr} \cdot S}{S_n} \dots\dots\dots(2.19)$$

atau,

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} + Y_{Tr} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana,

$$a = \frac{S_n}{S} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n \cdot S}{S_n} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan:

X_{Tr} = Curah hujan rancangan

Y_n = *reduced mean*, yang tergantung jumlah sampel/data n

S_n = *reduced standard deviation*, yang juga tergantung pada jumlah sampel atau data n

Y_t = *reduced variate*

S = Simpangan baku

\bar{X} = Rerata curah hujan

Sumber: Suripin 2004

Dimana di dalam metode *Gumbel* setelah menyelesaikan persamaan-persamaan diatas, maka selanjutnya adalah menghitung nilai koefisien kemencengan (*skewness*) Cs dan koefisien ketajaman (*kurtosis*) Ck.

2. Metode *Log Person Type III*

Berikut langkah-langkah penggunaan Distribusi *Log Person Type III* adalah (Suripin, 2004):

a. Ubah data ke dalam bentuk *logaritmik*, $X = \log X$

b. Hitung harga rata-rata:

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots(2.23)$$

c. Hitung harga simpangan baku:

$$s = \left[\frac{\sum (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1} \right]^{0,5} \dots\dots\dots(2.24)$$

d. Hitung koefisien kemencengan:

$$G = \frac{\sum (\log X_i - \log X_i)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(2.25)$$

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

$$\log X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

$\text{Log}\bar{X}$ = Nilai rata-rata *logaritmik* dari X_i

\bar{X} = Rata-rata dari data X_i

X_i = Data hujan maksimum tiap tahun

n = Jumlah data

Σ = Jumlah

S = Simpangan baku

G = Koefisien kemencengan

X_T = X yang terjadi dalam periode ulang T

K = Faktor frekuensi

Sumber: Suripin 2004

Dimana K adalah variable standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan C_s . Tabel 2.6 memperlihatkan harga K untuk berbagai nilai kemencengan.

Tabel 2.6 Nilai K Untuk Distribusi Log-Person III

C_s	Periode Ulang (tahun)												
	1.0101	1.0526	1.1111	1.25	2	5	10	20	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)												
	99	95	90	80	50	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
0	-2.326	-1.645	-1.202	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.595	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.336	0.017	0.846	1.270	1.567	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.539	1.680	1.945	2.178	2.308	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.510	1.643	1.890	2.104	2.291	2.670
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.481	1.606	1.834	2.029	2.201	2.530
-0.5	-2.606	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.450	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.320	-0.880	0.099	0.857	1.200	1.419	1.528	1.720	1.880	2.016	2.270
-0.7	-2.824	-1.019	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.386	1.488	1.663	1.806	1.926	2.140
-0.8	-2.021	-1.039	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.354	1.448	1.606	1.733	1.837	2.020
-0.9	-2.057	-1.050	-1.339	-0.769	0.140	0.854	1.147	1.320	1.407	1.549	1.660	1.749	1.900
-1.0	-3.022	-1.077	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.170	1.301	1.366	1.492	1.508	1.664	1.790
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.595	1.751	2.045	2.326	2.576	3.090
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.085	0.017	0.836	1.297	1.622	1.785	2.107	2.400	2.670	3.230
0.2	-2.170	-1.538	-1.258	-0.850	0.033	0.830	1.301	1.646	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.3	-2.130	-1.555	-1.245	-0.853	0.050	0.824	1.309	1.669	1.849	2.211	2.544	2.856	3.520
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	0.066	0.816	1.317	1.692	1.880	2.261	2.615	2.947	3.670
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	0.083	0.808	1.323	1.714	1.910	2.311	2.606	3.041	3.810
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	0.079	0.800	1.328	1.735	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	0.116	0.790	1.333	1.756	1.967	2.407	2.824	3.223	4.100
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	0.132	0.780	1.336	1.774	1.993	2.453	2.891	3.312	4.240
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	0.148	0.769	1.339	1.792	2.018	2.498	2.957	3.401	4.390
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	0.164	0.758	1.340	1.809	2.043	2.542	3.022	3.489	4.530
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.018	0.180	0.745	1.341	1.824	2.066	2.585	3.087	3.575	4.670

2.6.5 Uji Kecocokan

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah sebagai berikut (Suripin, 2004):

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$E_i = \frac{n}{k} \dots\dots\dots(2.28)$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan :

$$K = 1 + 3,22 \log n \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan:

- G = Jumlah sub kelompok
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i
- K = Jumlah kelas distribusi
- n = Banyaknya data

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.7 Nilai kritis untuk Distribusi Uji Chi-Kuadrat (Uji Satu Sisi)

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00004	0,00016	0,00098	0,00039	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,365	12,592	14,499	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,533	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	16,675	21,920	24,752	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,061	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,802
16	5,142	5,812	6,968	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,967	6,048	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,256	7,015	8,321	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,884	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,464	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,397	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	40,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: Soewarno, 1995, Hidrologi

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, maka uji ini digunakan pada daerah studi. Prosedurnya, yaitu sebagai berikut (Suripin, 2004):

1. Data diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya dan juga ditentukan masing-masing peluangnya.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3), \text{ dan seterusnya}$$

2. Setelah itu dilakukan pengurutan nilai masing-masing peluang teoritis dari penggambaran data persamaan distribusinya:

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_3 = P'(X_3), \text{ dan seterusnya}$$

3. Selisih kedua nilai dapat dihitung dengan persamaan

$$D = \text{maksimum} [P(X_m) - P'(X_n)]$$

4. Berdasarkan table nilai kritis (*smirnov-kolmogorov test*), dapat ditentukan nilai D_0 , dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2.8 Nilai Kritis D_0 Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan, α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
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	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber: Bonnier, 1980, dalam Suripin, 2004

Apabila $D < D_0$ distribusi teoritis diterima. $D > D_0$ distribusi teoritis ditolak.

2.6.6 Debit Banjir Rancangan

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum digunakan adalah Metode Rasional USSCS 1973. Metode rasional merupakan cara yang paling umum untuk menghitung debit banjir dari curah hujan. Metode ini banyak digunakan untuk sungai-sungai kecil dengan daerah pengaliran yang luas, dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit. (Suripin, 2004).

Bentuk umum rumus rasional ini adalah sebagai berikut:

$$Q_{ah} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

- Q_{ah} = Debit banjir maksimum akibat air hujan ($m^3/detik$)
- I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran bagian hulu (ha)
- C = Koefisien pengaliran

1. Koefisien aliran pengaliran (C)

Untuk mendapatkan hasil pengaliran yang sama dengan keadaan dilapangan, maka ditambahkan suatu koefisien pengaliran nilai-nilai dari koefisien didapatkan dari pengamatan medan misalnya: permeabilitas tanah semakin besar maka akan banyak infiltrasi, sehingga lapisan-lapisan menjadi lebih sedikit, sedangkan dalam perhitungan hidrologi yang dipakai adalah data curah hujan. Akibat adanya pengurangan tersebut, maka dinilai perhitungan harus disesuaikan dengan koefisien-koefisien pengaliran.

Tabel 2.9 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Jenis Permukaan/Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran
1. Perumputan	
Tanah pasir, slope 2%	0,05 - 0,1
Tanah pasir, slope 2 - 7%	0,10 - 0,15
Tanah pasir, slope 7%	0,15 - 0,32
Tanah gemuk, slope 2%	0,13 - 0,17
Tanah gemuk, slope 2 - 7%	0,17 - 0,22
Tanah gemuk, slope 7%	0,25 - 0,35

Lanjutan Tabel 2.9 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Jenis Permukaan/Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran
2. Perkantoran	
Pusat kota	0,75 - 0,95
Daerah Pinggiran	0,50 - 0,70
3. Perumahan	
Kepadatan 20 rumah/ha	0,50 - 0,60
Kepadatan 20 - 60 rumah/ha	0,60 - 0,80
Kepadatan 60 - 160 rumah/ha	0,70 - 0,90
4. Perindustrian	
Industri ringan	0,50 - 0,60
Industri berat	0,60 - 0,90
5. Pertanian	0,45 - 0,55
6. Perkebunan	0,20 - 0,30
7. Pertamanan, kuburan	0,10 - 0,25
8. Tempat bermain	0,20 - 0,35
9. Jalan	
Beraspal	0,70 - 0,95
Beton	0,80 - 0,95
Batu	0,70 - 0,85
10. Daerah yang dikerjakan	0,10 - 0,30

Sumber: Kustamar, 2019

Harga-harga dari koefisien pengaliran yang dipergunakan dalam perhitungan debit aliran harus memperhatikan tipe daerah aliran karena berkaitan dengan besar kecilnya limpasan aliran air, seperti yang dapat dilihat pada table, jadi dalam melakukan penelitian untuk mengetahui debit limpasan, maka penentuan besar kecilnya harga koefisien harus disesuaikan dengan kondisi daerah yang bersangkutan.

2. Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi suatu DAS ialah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik nol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam pembahasan ini untuk menghitung waktu konsentrasi menggunakan rumus Kirpich (1940) yang dapat ditulis sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times s} \right)^{0,385} \dots\dots\dots(2.31)$$

Selain itu waktu konsentrasi juga dapat dihitung dengan membedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat t_0 dan (2) waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran t_d , sehingga:

$$t_c = t_0 + t_d \dots \dots \dots (2.32)$$

Dimana:

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \dots \dots \dots (2.33)$$

Dan,

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \dots \dots \dots (2.34)$$

Dimana:

- n = Angka kekasaran Manning
- S = Kemiringan lahan
- L = Panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (m)
- L_s = Panjang lintasan aliran didalam saluran/sungai (m)
- V = Kecepatan aliran didalam saluran (m/detik)

(Sumber: Suripin, 2004)

3. Intensitas Hujan (I)

Untuk menentukan debit banjir rancangan, diperlukanya intensitas curah hujan. Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu.

Intensitas hujan untuk t_c tertentu dapat dihitung dengan rumus Mononobe. Metode ini digunakan apabila data curah hujan yang tersedia adalah curah hujan harian. Dengan rumus sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- R = Curah hujan maksimum dalam 24 (mm)
- t_c = Durasi hujan/waktu konsentrasi (jam)

2.7 Debit Air Kotor

Debit air kotor atau debit buangan domestik ialah banyaknya jumlah air buangan yang berasal dari aktifitas manusia, baik yang berasal dari buangan rumah tangga, buangan dari perkantoran, buangan dari instalasi, dan lain sebagainya. Untuk mengetahui analisa dari debit air kotor hal pertama yang terlebih dahulu perlu diketahui ialah jumlah kebutuhan air rata-rata dan jumlah penduduk di lokasi studi.

2.7.1 Proyeksi Penduduk

Jumlah penduduk pada daerah studi pada awal perencanaan dimulai dan pada tahun-tahun yang akan datang harus diperhitungkan untuk menghitung air buangan. Dalam analisa proyeksi penduduk menggunakan metode pertumbuhan Geometri. Berikut adalah ramalan laju pertumbuhan Geometri. (Kustamar, 2019):

$$P_n = P_o \times (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana:

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun
- R = angka pertumbuhan penduduk
- n = interval waktu (tahun)

2.7.2 Limbah Air Buangan Domestik

Air kotor atau air buangan merupakan air sisa atau bekas dari air yang dimanfaatkan untuk kepentingan sehari-hari. Debit air kotor berasal dari air buangan hasil aktivitas penduduk yang berasal dari (Kustamar, 2019):

- a. Air buangan domestik, dari rumah tangga dan faasilitas umum.
- b. Air buangan industri.

Untuk memperkirakan jumlah air kotor harus diketahui kebutuhan air bersih rata-rata dan jumlah penduduk kota. Air buangan rumah tangga diperkirakan sebesar 80% dari kebutuhan rata-rata air bersih, sedangkan untuk fasilitas sosial, pemerintahan dan perdagangan diperkirakan 70 – 90 % kebutuhan air bersih. Kuantitas air buangan industri diperkirakan sebesar 90 % dari kebutuhan air bersih. Didalam Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTR) dapat diketahui bahwa:

- a. Sambungan rumah membutuhkan air 100 liter/orang/hari
- b. Kebutuhan non domestik (perkantoran, perdagangan, jasa, industri dll) dihitung 20% dari kebutuhan domestik.
- c. Kehilangan air (losses) sekitar 25% dari kebutuhan domestik dan non domestik. Air buangan yang hanya berasal dari kebutuhan rumah tangga, dan diperkirakan 80% dari total kebutuhan air rumah tangga.

Contoh perhitungan debit air kotor tiap hari:

- a. Kebutuhan air domestik – 100 liter/orang/hari
- b. Dikalikan dengan faktor pengaliran air buangan 0,7 - 0,9 (diambil 0,8 dari perkiraan 80% kebutuhan air rumah tangga)

$$0,8 \times 100 = 80 \text{ liter/orang/hari}$$

$$= 0,00093 \text{ liter/orang/detik}$$

- c. Dikalikan dengan faktor penduduk (p) dihasilkan Qpeak

Jumlah air kotor yang dibuang pada suatu daerah tiap km² adalah jumlah air buangan maksimum dikalikan dengan kepadatan penduduknya (Pn/A):

$$Q_{ak} = \frac{Pn \times 0,00093}{A} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana:

Qak = Debit air kotor (lt/dt/km²)

A = Luas daerah (Km²)

Pn = Jumlah penduduk

Tabel 2.10 Standar Kebutuhan Air Rumah Tangga Berdasarkan Jenis Kota dan Jumlah Penduduk

Jumlah Penduduk	Jenis Kota	Jumlah Kebutuhan Air
		Liter/orang/hari
> 2.000.000	Metropolitan	> 210
1.000.000 - 2.000.000	Metropolitan	150 - 210
500.000 - 1.000.000	Besar	120 - 150
100.000 - 500.000	Besar	100 - 150
20.000 - 100.000	Sedang	90 - 100
3.000 - 20.000	Kecil	60 - 100

Sumber: Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Dep. PU Dalam Direktorat Pengairan dan Irigasi Bappenas 2006.

2.8 Debit Total

Debit total yang digunakan untuk merencanakan suatu saluran yang berasal dari aliran limpasan air hujan dan air buangan rumah tangga kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan debit rencana salura. Selanjutnya besarnya debit air total dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ak} \dots \dots \dots (2.38)$$

Dimana:

Q_r = Debit total atau debit banjir rencana ($m^3/detik$).

Q_{ah} = Debit banjir akibat air hujan ($m^3/detik$).

Q_{ak} = Debit limbah domestik ($m^3/detik$).

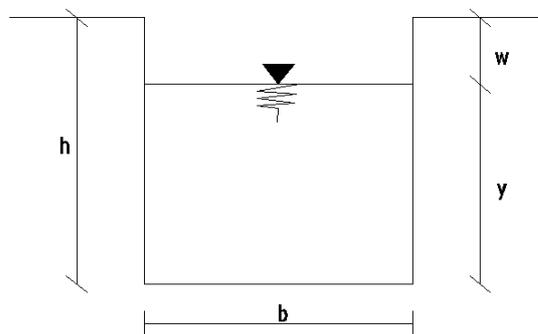
2.9 Analisa Hidrolika Saluran

Pada analisa hidrolika ini meliputi beberapa aspek hidrologis pada saluran drainase eksisting, yang meliputi dimensi saluran dan kapasitas saluran (Kustamar, 2019).

1. Dimensi Tipikal Saluran Terbuka

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

- a. Bentuk penampang segi empat untuk saluran drainase adalah:

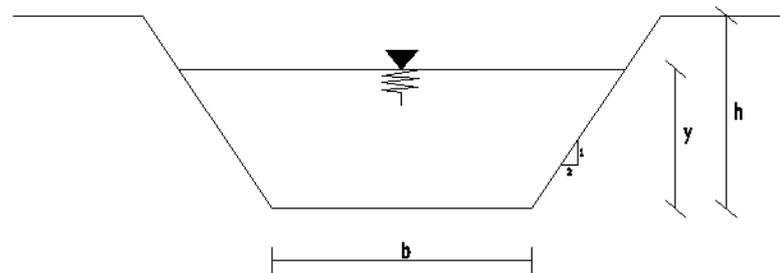


Gambar 2.9 Bentuk Penampang Persegi

Rumus bentuk penampang segi empat sebagai berikut:

- a. Luas penampang basah (A) = $b \cdot y$(2.39)
- b. Keliling basah (P) = $b + 2 \cdot y$(2.40)
- c. Jari-jari hidrologis (R) = $\frac{A}{P}$(2.41)
- d. Kecepatan aliran (V) = $\frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$(2.42)
- e. Tinggi jagaan $w = 20\% \cdot h$(2.43)
- f. Debit saluran $Q = V \cdot A$(2.44)

b. Bentuk penampang trapesium untuk saluran drainase adalah:



Gambar 2.10 Bentuk Penampang Trapesium

Rumus bentuk penampang segi empat sebagai berikut:

$$A = y(b + m x y) \dots\dots\dots(2.45)$$

$$P = b + 2y \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana:

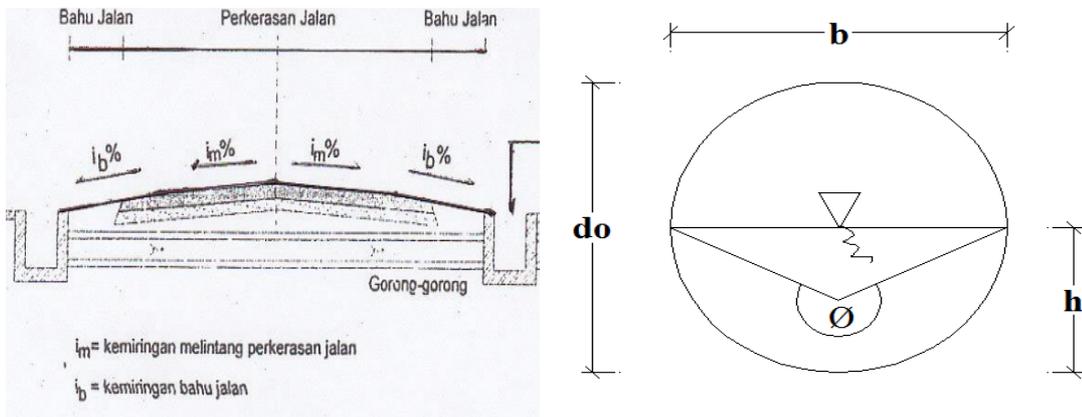
- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- n = Koefisien kekerasan dinding (*manning*)
- h = Tinggi saluran air (m)
- b = Lebar saluran air (m)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- S = Kemiringan dasar saluran
- W = Tinggi jagaan (m)
- Q = Debit saluran (m³/detik)
- A = Luas penampang basah (m²)
- P = Keliling basah saluran (m)

2. Saluran tertutup

Gorong - gorong merupakan saluran tertutup yang mengalirkan air penuh dan dipakai terutama untuk membawa aliran air melintas dibawah jalan raya, tanggul, jalan/rel kereta api, *run away* dan sebagainya.

Dalam merencanakan gorong-gorong hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Gorong-gorong harus cukup besar untuk melewati debit banjir air maksimum dari daerah pengaliran secara tertentu atau efisien.
- Kemiringan dasar gorong-gorong dibuat lebih besar dari saluran pembuangannya.
- Keadaan aliran pada gorong-gorong.



Gambar 2.11 Keadaan Aliran Pada Gorong-Gorong

Rumus-rumus dalam perhitungan gorong-gorong:

$$\text{Luas penampang } (A) = \frac{1}{2} \cdot (t) - \sin \emptyset \cdot do^2 \dots\dots\dots(2.48)$$

$$\text{Keliling basah } (P) = \frac{1}{2} \cdot \emptyset \cdot do \dots\dots\dots(2.49)$$

$$\text{Kecepatan aliran } (V) = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis } (R) = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana:

- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- n = Koefisien kekerasan dinding (*manning*)
- R = Jari-jari hidrolis (m)

- S = Kemiringan dasar saluran
- A = Luas penampang basah (m²)
- P = Keliling basah saluran (m)

3. Dimensi Saluran

Sebelum merencanakan dimensi saluran, langkah pertama yang harus diketahui adalah luas daerah yang dikeringkan oleh saluran tersebut, barulah dilaksanakan perhitungan dimensi saluran.

Untuk merencanakan dimensi saluran, rumus manning digunakan dalam merencanakan dimensi saluran, dikarenakan rumus ini memiliki luas penampang sesuai dengan rumus aliran seragam.

Rumus *manning*:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana;

- n = Koefisien kekerasan dinding (*manning*)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- S = Kemiringan dasar saluran
- V = Kecepatan aliran (m/detik)

Dengan n adalah koefisien Manning dan R adalah jari-jari hidrolis, yaitu perbandingan antara luas tampang aliran A dan keliling basah P.

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.53)$$

Untuk pipa lingkaran, $A = \pi D^2/4$ dan $P = \pi D$, sehingga:

$$R = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4} \text{ atau } D = 4R \dots\dots\dots (2.54)$$

Untuk aliran di dalam pipa persamaan menjadi:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (2.55)$$

Tabel 2.11 Nilai Kekerasan Manning

Tipe saluran dan jenis bahan	Harga n
Beton	
Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010 - 0,013
Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011 - 0,014
Beton dipoles	0,011 - 0,014
Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013 - 0,017
Tanah, lurus, dan seragam	
Bersih baru	0,016 - 0,020
Bersih telah melapuk	0,018 - 0,025
Berkerikil	0,022 - 0,030
Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022 - 0,033
Saluran alam	
Bersih lurus	0,025 - 0,033
Bersih berkelok-kelok	0,033 - 0,045
Banyak tanaman pengganggu	0,050 - 0,08
Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025 - 0,035
Saluran di belukar	0,035 - 0,07

(Sumber: Ven Te Chow 1985, dalam Suripin 2004)