

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh (Pamuttu et al., 2023) berjudul “*Analisis Kapasitas Saluran Drainase pada Wilayah Padat Penduduk dengan Menggunakan Metode Rasional*” menggunakan metode rasional dengan dua analisis utama, yaitu analisis hidrologi dan hidrolika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap segmen saluran (1–10) memiliki perbedaan kapasitas debit (Q_s) dan debit banjir rencana (Q_r). Pada segmen 1, kapasitas saluran masih mampu menampung debit banjir rencana dengan Q_s sebesar 5,51 $m^3/detik$ dan Q_r sebesar 2,07 $m^3/detik$ ($Q_s > Q_r$). Namun, segmen 7 memiliki kapasitas terkecil, yaitu hanya 0,004 $m^3/detik$ sedangkan Q_r mencapai 0,78 $m^3/detik$ ($Q_r > Q_s$), sehingga tidak mampu menampung aliran air. Sebagian besar segmen lainnya juga mengalami kondisi serupa, dengan kapasitas antara 0,003–0,05 $m^3/detik$ dan debit banjir rencana 0,21–1,19 $m^3/detik$.

Penelitian oleh (Laksana et al., 2022) dengan judul “*Analisis Kapasitas Saluran Drainase di Jalan Yos Sudarso Kota Jambi*” juga menggunakan metode rasional. Berdasarkan hasil perhitungan, beberapa saluran di ruas Jalan Yos Sudarso tidak dapat menampung aliran air, khususnya pada STA 0+395,32 m hingga STA 1679,41 m, kecuali pada STA 1192,63+1371,21 m yang masih berfungsi baik. Perbedaan kemampuan saluran ini disebabkan oleh ketidakseimbangan antara debit aliran dan kapasitas saluran. Jika debit lebih besar dari kapasitas, saluran akan meluap, sedangkan jika kapasitas lebih besar, saluran mampu mengalirkan air dengan lancar.

Selanjutnya, (Badaruddin et al., 2021) dalam penelitian berjudul “*Analisis Kapasitas Drainase Sinrijala Terhadap Operasi dan Pemeliharaan*” bertujuan untuk merencanakan normalisasi dan peningkatan kapasitas saluran drainase. Penelitian dilakukan melalui pengukuran lapangan, analisis saluran eksisting, simulasi menggunakan HEC-RAS, serta analisis curah hujan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit rencana saluran Sinrijala adalah 8,798 $m^3/detik$.

dan 10,304 m³/detik. Namun, hasil simulasi memperlihatkan bahwa sebagian besar saluran, terutama di titik P.16–P.34 (kecuali P.31), belum mampu menampung debit tersebut, sehingga diperlukan peningkatan kapasitas saluran.

Penelitian oleh (Hasan, 2022) dengan judul “*Analisis Kapasitas Drainase di Perumahan Bukit Sidabowa Asri Menggunakan Metode Rasional*” menggunakan metode rasional dalam menghitung dimensi saluran. Hasil analisis hidraulika menunjukkan bahwa kapasitas saluran eksisting masih cukup untuk menampung limpasan air hujan, karena Q saluran eksisting sebesar 0,5229 m³/detik lebih besar dibandingkan debit pada tiap blok (blok A–M) yang berkisar antara 0,0011–0,0054 m³/detik. Genangan air yang terjadi di lapangan kemungkinan disebabkan oleh penyumbatan sampah dan kondisi jalan rusak akibat proyek penimbunan tanah tahap dua di kawasan tersebut.

Penelitian oleh (Barid & Iman, 2022) dengan judul “*Studi Kinerja Inlet Persegi Panjang sebagai Drainase Jalan*” Metode penelitian dilakukan pengujian lapangan simulasi hujan untuk menilai kinerja inlet persegi panjang. Data genangan dan debit limpasan dianalisis menggunakan metode hidrologi dan metode rasional. Hasil analisis menunjukkan jumlah lubang inlet berpengaruh signifikan terhadap genangan dan debit limpasan. Penambahan lubang inlet mampu mengurangi genangan dan meningkatkan aliran, dengan koefisien limpasan 0,73–0,83 yang masih sesuai standar, sehingga inlet persegi panjang efektif mencegah genangan.

Penelitian oleh (Hasanah et al., 2022) dengan judul “*Evaluasi Inlet Drainase Jalan Poros Utama Kecamatan Kuala Kabupaten Nagan Raya*” metode yang dilakukan mengumpulkan data primer inlet di lapangan, sedangkan data sekunder berupa peta, penampang jalan, dan data curah hujan. Analisis dilakukan dengan metode rasional untuk menghitung debit aliran, serta perhitungan efisiensi inlet dan waktu pengeringan. Hasil analisis menunjukkan efisiensi inlet eksisting sangat rendah, hanya 4,93%–6,51%, sehingga belum mampu mengalirkan air secara optimal. Curah hujan rencana sebesar 142,74 mm (periode ulang 5 tahun) hasilnya menunjukkan perlunya perbaikan desain inlet untuk mengurangi genangan.

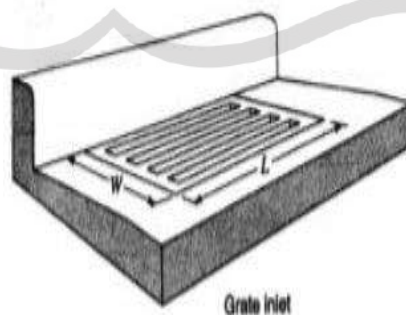
Sementara itu, (Fauzan Rahman, 2021) dalam penelitian berjudul “*Analisis Kapasitas Saluran Drainase Kota Pinrang Metode Rasional*” bertujuan menghitung debit banjir dan kapasitas saluran drainase di Kota Pinrang. Perhitungan dilakukan secara manual dengan metode rasional untuk menentukan debit banjir dan rumus Manning untuk menghitung kapasitas saluran. Hasilnya menunjukkan debit banjir rencana masing-masing sebesar 4,87 m³/detik (sub-area 1), 8,05 m³/detik (sub-area 2), dan 13,05 m³/detik (sub-area 3). Kapasitas saluran yang dihitung adalah 4,90 m³/detik, 6,76 m³/detik, dan 4,70 m³/detik pada sub-area yang sama, menunjukkan bahwa tidak semua saluran mampu menampung debit banjir secara optimal.

B. Pengertian Inlet

Saluran inlet adalah suatu bentuk koneksi antara permukaan badan dan suatu saluran untuk masuknya aliran air permukaan dan air hujan yang berfungsi menyalurkan limpasan air hujan ke dalam sistem drainase. Inlet direncanakan sedemikian rupa agar air hujan yang mengalir di permukaan jalan dapat ditangkap secepat mungkin sehingga mencegah genangan air di badan jalan (Binamarga, 2021)

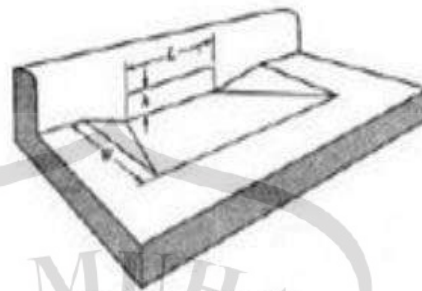
C. Jenis-Jenis Inlet jalan

1. Inlet saluran tepi (*gutter inlet*), lubang bukaan terletak mendatar secara melintang pada dasar saluran tepi, berbatasan dengan batu tepi. Tipe penutup: sekat vertikal, horisontal, sekat campuran dan berkisi.



Gambar 2. 1 Inlet Saluran Tepi
Sumber: (Binamarga, 2021)

2. Inlet kereb tepi (*curb inlet*) dengan arah masuk tegak lurus pada arah aliran saluran tepi, sehingga kereb tepi bekerja sebagai pelimpah samping.

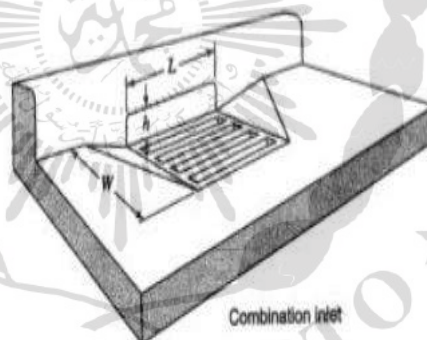


Curb-opening inlet

Gambar 2. 2 Inlet kereb tepi (*curb inlet*)

Sumber: (Binamarga, 2021)

3. Inlet kombinasi (*combination inlet*), merupakan kombinasi antara inlet saluran tepi dan inlet kereb tepi.



Combination Inlet

Gambar 2. 3 Inlet kombinasi (*combination inlet*)

Sumber: (Binamarga, 2021)

D. Pengertian Drainase

Drainase merupakan sistem saluran air yang dapat berada di permukaan maupun di bawah tanah, baik terbentuk secara alami maupun hasil buatan manusia. Dalam kehidupan sehari-hari, drainase sering kita temui dalam bentuk parit, selokan, atau gorong-gorong yang berfungsi mengalirkan air agar tidak terjadi genangan atau banjir. Tujuan utama drainase adalah mengalirkan dan membuang kelebihan air dari suatu area supaya lahan tetap kering, tidak

tergenang, dan bisa dimanfaatkan dengan baik. Selain itu, drainase juga berperan penting dalam menjaga kualitas air tanah serta mendukung kebersihan dan kesehatan lingkungan.

Menurut Dr. Ir. (Suripin, 2004), drainase merupakan segala bentuk bangunan air yang berfungsi untuk mengalirkan dan mengendalikan kelebihan air dari suatu kawasan. Sedangkan berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 233 Tahun 1987, drainase perkotaan adalah sistem pembuangan air yang dirancang untuk menanggulangi genangan di wilayah kota, baik yang disebabkan oleh curah hujan maupun luapan air sungai yang melewati kawasan tersebut.

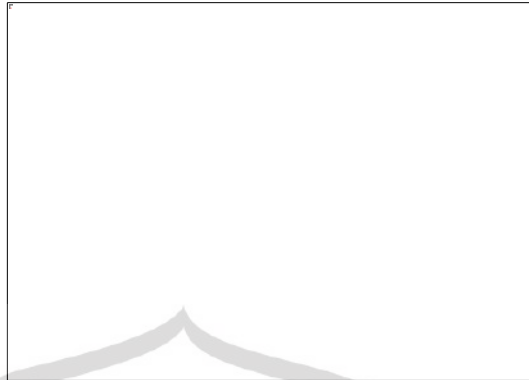
E. Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu Jaringan saluran atau badan air yang berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan hujan. Sistem ini juga dikenal sebagai saluran utama atau drainase primer, karena berperan dalam mengelola aliran air dalam jumlah besar dan mencakup wilayah yang luas. Komponen utamanya meliputi saluran primer, kanal besar, dan sungai.

Perencanaan sistem drainase mayor menggunakan periode ulang antara 5 hingga 10 tahun, tergantung pada kondisi wilayah dan intensitas curah hujan. Selain itu, pengukuran topografi secara detail sangat penting untuk memastikan aliran air dapat dikendalikan dan dialirkan secara efektif menuju saluran pembuangan akhir tanpa menimbulkan genangan atau banjir di wilayah sekitar.



Gambar 2. 4 Sistem Drainase Mayor (sungai citanduy)
Sumber: <https://radartasik.id/2024/12/10/sungai-citanduy/>

2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu Jaringan saluran dan bangunan pendukung yang berfungsi menampung serta mengalirkan air hujan dari area tangkapan yang berukuran kecil. Komponen sistem ini meliputi saluran tepi jalan, selokan di sekitar bangunan, gorong-gorong kecil, serta saluran drainase lingkungan perkotaan. Kapasitas alirannya relatif kecil karena hanya melayani wilayah dengan cakupan terbatas.

Perencanaan sistem drainase mikro biasanya disesuaikan dengan intensitas hujan dan tata guna lahan, dengan periode ulang perencanaan antara 2 hingga 10 tahun. Pada kawasan permukiman atau lingkungan padat penduduk, sistem drainase mikro menjadi yang paling umum digunakan karena fungsinya yang efektif dalam mengalirkan air hujan dari jalan, halaman, dan area sekitar rumah menuju saluran drainase yang lebih besar.



Gambar 2. 5 Sistem Drainase Mikro
Sumber: <https://portal.medan.go.id/index.php/>

F. Jenis – Jenis Drainase

1. Jenis Drainase

a. Menurut Sejarah Terbentuknya

1) Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alami adalah Saluran air yang terbentuk secara alami. Saluran ini muncul karena adanya aliran air yang terus bergerak mengikuti gaya gravitasi, sehingga secara perlahan mengikis permukaan tanah dan membentuk jalur aliran permanen. Seiring waktu, jalur tersebut berkembang menjadi sungai kecil. Drainase jenis ini berperan penting dalam mengalirkan air hujan langsung ke sungai, danau, atau laut.



Gambar 2. 6 Saluran Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Sumber: <https://www.mustikaland.co.id/news/drainase-pengertian-tujuan-jenis-hingga-contoh/2021>

2) Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah Saluran yang dibangun secara sengaja oleh manusia dengan tujuan tertentu, seperti mengalirkan air hujan, air limbah, atau mengendalikan genangan air di suatu area. Berbeda dengan drainase alami, sistem ini dilengkapi dengan berbagai konstruksi pendukung agar aliran air dapat berjalan lancar dan teratur. Komponen yang biasanya digunakan antara lain selokan dari pasangan batu atau beton, gorong-gorong, pipa saluran, serta bak kontrol. Drainase buatan dirancang sesuai kebutuhan lingkungan, baik

untuk kawasan perkotaan, perumahan, maupun area pertanian, guna menjaga agar lahan tetap kering dan berfungsi optimal.



Gambar 2. 7 Saluran Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Sumber: <https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/drainase/2024>

b. Menurut Letak Bangunan

1) Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran air yang ada di atas tanah dan bertugas mengalirkan air yang menggenang di permukaan, seperti air hujan yang tidak tertampung oleh tanah. Sistem ini umumnya berbentuk parit, saluran, atau sungai kecil yang membawa air ke tempat pembuangan yang lebih luas.

Analisis aliran pada drainase permukaan dilakukan dengan menggunakan konsep aliran saluran terbuka (*open channel flow*), di mana air mengalir di bawah pengaruh gravitasi tanpa tekanan penuh seperti pada pipa tertutup.



Gambar 2. 8 Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)
Sumber : (Syamsudin et al., 2021)

2) Drainase Bawah Tanah (*Subsurface Drainage*)

Saluran yang berfungsi mengalirkan air limpasan atau kelebihan air melalui media di bawah permukaan tanah, biasanya menggunakan pipa-pipa saluran. Sistem ini digunakan karena adanya pertimbangan tertentu, seperti tuntutan estetika (artistik) atau kebutuhan fungsi lahan yang tidak memungkinkan adanya saluran terbuka di permukaan.

Contoh area yang memerlukan drainase bawah permukaan antara lain lapangan sepak bola, bandara, taman, dan area publik lainnya, di mana keberadaan saluran di permukaan dapat mengganggu aktivitas atau tampilan lingkungan. Drainase jenis ini membantu menjaga permukaan tanah tetap kering tanpa mengganggu fungsi dan keindahan area tersebut.



Gambar 2. 9 Drainase Bawah Tanah
Sumber: <https://blog.kliknclean.com/apa-itu-drainase/2021>

c. Menurut Fungsi

- 1) *Single Purpose*, yaitu jenis saluran drainase yang dirancang untuk mengalirkan satu jenis air buangan saja. Dengan kata lain, setiap saluran memiliki fungsi tunggal sesuai peruntukannya, sehingga sistem ini lebih mudah dalam pengelolaan dan pemeliharaan karena tidak terjadi pencampuran antara air hujan dan air limbah.



Gambar 2. 10 Saluran *Single Purpose*

Sumber: <https://sinergia.id/drainase-perumahan/2025>

- 2) *Multi Purpose*, yaitu saluran drainase yang digunakan untuk mengalirkan lebih dari satu jenis air buangan, baik secara bersamaan (campur) maupun bergantian. Artinya, satu saluran bisa menampung dan mengalirkan air hujan, limbah rumah tangga, maupun limbah pabrik dalam sistem yang sama. .



Gambar 2. 11 Saluran *Multi Purpose*

Sumber: <https://sinergia.id/drainase-perumahan/2025>

d. Menurut Konstruksi

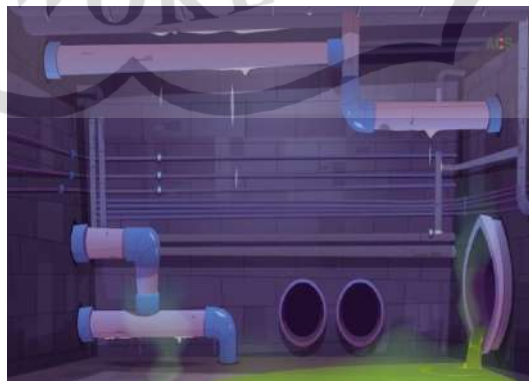
- 1) Saluran Terbuka, yaitu adalah jenis saluran drainase yang permukaannya tidak tertutup, sehingga aliran air dapat terlihat

langsung. Saluran ini lebih sesuai digunakan untuk mengalirkan air hujan di daerah yang memiliki lahan cukup luas, atau untuk air buangan non-hujan yang tidak menimbulkan gangguan kesehatan maupun pencemaran lingkungan. Contoh saluran terbuka antara lain parit, kanal, dan sungai buatan.



Gambar 2. 12 Saluran Drainase Terbuka
Sumber: <https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/drainase/2024>

- 2) Saluran Tertutup, yaitu saluran drainase yang bagian atasnya ditutup, sehingga aliran air tidak terlihat dari permukaan. Jenis saluran ini umumnya digunakan untuk mengalirkan air kotor, seperti air limbah domestik atau air buangan lain yang berpotensi mengganggu kesehatan dan kebersihan lingkungan. Selain itu, saluran tertutup juga banyak diterapkan di wilayah perkotaan atau permukiman padat.



Gambar 2. 13 Saluran Drainase Tertutup
Sumber: <https://www.alvindocs.com/blog/drainase-tertutup-2024>

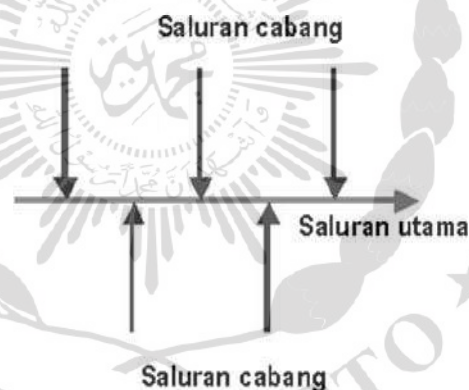
2. Pola Jaringan Drainase

Hubungan antara satu saluran dengan saluran lainnya di suatu kawasan, baik yang memiliki fungsi sama maupun berbeda, agar air dapat mengalir dengan baik. Dalam merancang sistem drainase, tidak cukup hanya menentukan ukuran saluran yang tepat, tetapi juga perlu memastikan kerja sama dan keterpaduan antar saluran supaya aliran air bisa mengalir lancar tanpa hambatan.

Dengan kata lain, pola jaringan drainase merupakan cara mengatur dan menghubungkan saluran-saluran air agar bekerja secara efisien dalam menyalurkan air hujan atau air buangan ke tempat pembuangan akhir.

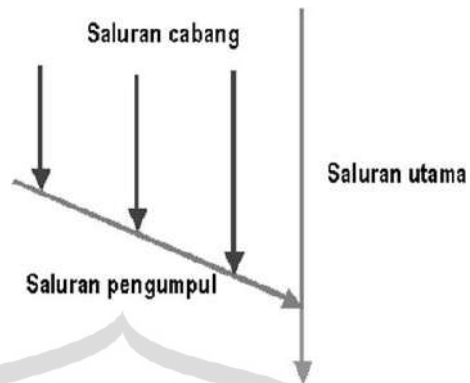
Contoh pola jaringan drainase yang biasa digunakan dalam perencanaan sistem drainase antara lain:

1. Pola jaringan Drainase siku



Gambar 2. 14 Pola Jaringan Siku
Sumber : Suripin, 2004.

2. Pola Jaringan Drainase Paralel



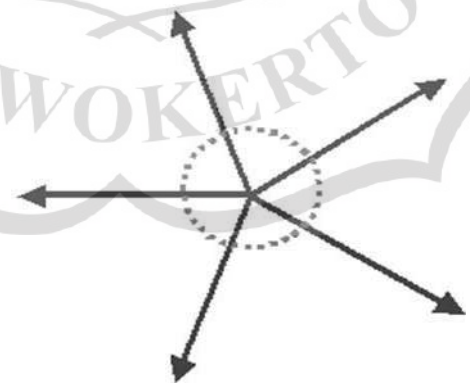
Gambar 2. 15 Pola Jaringan Paralel
Sumber : (Suripin, 2004)

3. Pola Jaringan Drainase Grid Iron



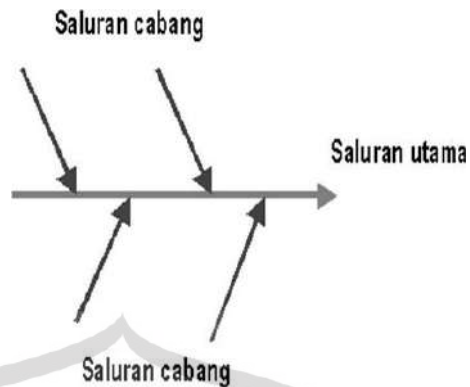
Gambar 2. 16 Pola Jaringan Drainase Grid Iron
Sumber : (Suripin, 2004)

4. Pola Jaringan Drainase Alamiah



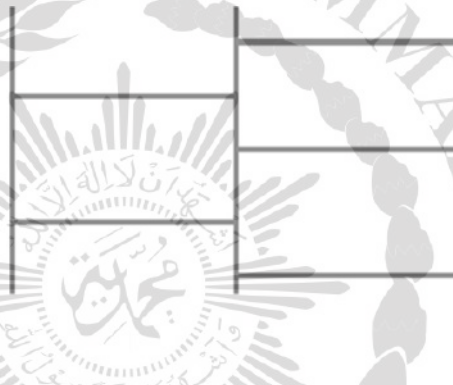
Gambar 2. 17 Pola Jaringan Drainase Alamiah
Sumber : Suripin, 2004.

5. Pola Jaringan Drainase Radial



Gambar 2. 18 Pola Jaringan Drainase Radial
Sumber : (Suripin, 2004)

6. Pola Jaringan Drainase Jaring Jaring



Gambar 2. 19 Pola Jaringan Drainase Jaring Jaring
Sumber : (Suripin, 2004)

G. Analisis Hidrologi

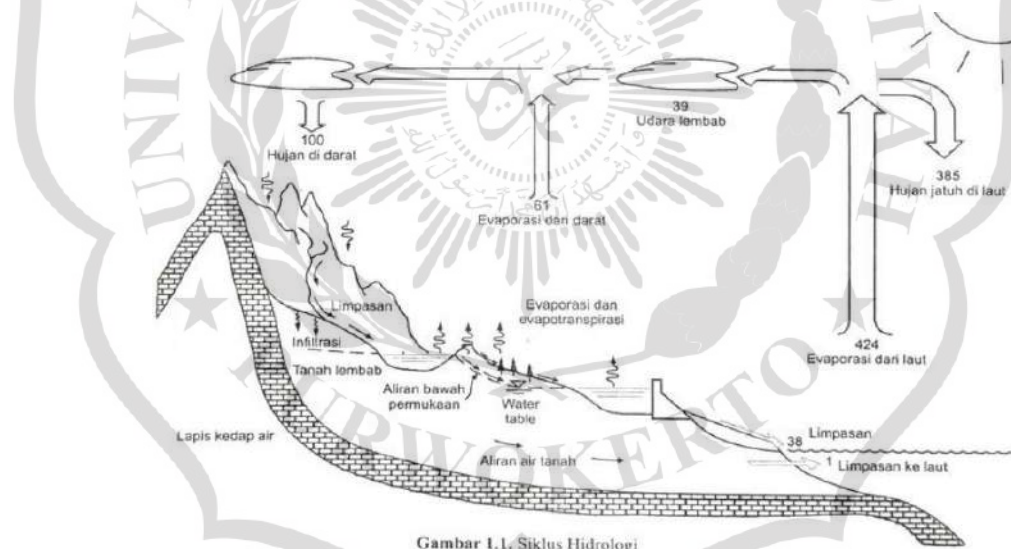
Siklus hidrologi adalah proses alami di mana air terus berputar dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui beberapa tahapan, seperti penguapan (evaporasi), pengembunan (kondensasi), presipitasi (hujan), dan transpirasi dari tumbuhan. Proses ini tidak pernah berhenti dan berlangsung secara terus-menerus.

Siklus ini dimulai ketika panas matahari menguapkan air dari laut, sungai, dan danau ke udara. Uap air tersebut naik ke atmosfer, dan karena suhu udara semakin dingin di ketinggian, uap air mengalami kondensasi, membentuk butiran air yang kemudian bergabung menjadi awan. Awan terbentuk karena uap air menempel pada partikel kecil di udara seperti debu, garam, abu vulkanik, atau zat kimia lain. Ketika awan sudah terlalu jenuh

dengan uap air, terjadilah presipitasi, yaitu turunnya air ke bumi dalam bentuk hujan, salju, kabut, atau hujan es.

Saat hujan jatuh ke permukaan bumi, sebagian airnya mengalir di atas tanah (*run off*) ke sungai, danau, atau laut. Sebagian lagi menyerap ke dalam tanah (*infiltrasi*) menjadi air tanah. Air tanah ini bergerak perlahan dan bisa muncul kembali ke permukaan sebagai mata air (*spring water*) atau mengalir ke tempat-tempat air lainnya. Selain itu, sebagian air hujan juga menguap kembali ke udara sebelum atau setelah mencapai permukaan bumi.

Pada akhirnya, air yang mengalir dari daratan menuju laut akan kembali menguap karena panas matahari, dan proses ini berulang tanpa henti. Karena itulah jumlah total air di bumi relatif tetap, hanya bentuk dan lokasinya yang terus berubah mengikuti siklus hidrologi (*hydrologic cycle*).



Gambar 1.1. Siklus Hidrologi
Gambar 2. 20 Skema Siklus Hidrologi
Sumber : (Triatmodjo, 2008)

1. Curah Hujan

Curah hujan adalah ukuran banyaknya air hujan yang jatuh dan tertampung di suatu permukaan datar tanpa ada air yang menguap, meresap, atau mengalir ke tempat lain. Jika curah hujan tercatat 1 mm, artinya pada

setiap satu meter persegi permukaan tanah tertampung air setinggi satu milimeter atau setara dengan satu liter air.

Data curah hujan biasanya diperoleh dari stasiun-stasiun pengamatan hujan di sekitar wilayah proyek atau dari instansi resmi pengelola data cuaca dan hidrologi. Untuk melakukan analisis hidrologi, diperlukan data curah hujan tahunan, misalnya dari 2015 hingga 2024, dan data yang digunakan sebaiknya berasal dari stasiun yang paling dekat dengan lokasi penelitian atau proyek agar hasilnya lebih akurat dalam mewakili kondisi sebenarnya di lapangan (Kementrian PUPR, 2018).

Langkah pertama dalam analisis hidrologi adalah menentukan stasiun curah hujan yang akan dijadikan acuan. Setelah itu, dilakukan pemetaan lokasi stasiun (*plotting*) untuk melihat stasiun mana saja yang mempengaruhi wilayah penelitian. Barulah kemudian dilakukan analisis hidrologi berdasarkan data hujan tersebut.

Perlu diperhatikan bahwa intensitas hujan yang tinggi di suatu kawasan, terutama di daerah permukiman padat, dapat menimbulkan genangan di jalan, area parkir, atau tempat terbuka lainnya.

2. Debit Hujan

Perhitungan debit hujan untuk saluran drainase di daerah perkotaan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus rasional atau hidrograf satuan. Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik periode ulang dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dan lain-lain.

Tabel 2. 1 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode perhitungan debit hujan
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 - 5	Rasional
101 - 500	5 - 20	Rasional
>500	10 - 25	Hidrograf satuan

Sumber: (Suripin, 2004)

3. Analisa Frekuensi

Analisis frekuensi atau distribusi frekuensi digunakan untuk menentukan peluang terjadinya curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang (misalnya 2 tahun, 5 tahun, atau 10 tahun). Tujuannya adalah untuk memperkirakan besarnya curah hujan yang mungkin terjadi kembali dalam jangka waktu tertentu, sehingga dapat digunakan dalam perencanaan sistem drainase atau pengendalian (Suripin, 2004).

1. Rata rata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (2. 1)$$

Dimana:

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai variasi ke- i

n = jumlah data

2. Standar deviasi

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

Dimana:

Sd = standar deviasi

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai variasi ke- i

N = jumlah data

3. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

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

Dimana:

C_s = koefisien *skewness*

Sd = standar deviasi

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai variasi ke-i

n = jumlah data

4. Koefisien Kurtois (*Curtois*)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

C_k = koefisien kurtosis

Sd = standar deviasi

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai variasi ke-i

n = jumlah data

5. Koefisien Variasi (*Variation*)

$$C_v = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

C_v = koefisien variasi

Sd = standar deviasi

\bar{X} = nilai rata-rata

Berikut adalah metode distribusi yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Pedoman Penentuan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
Gumbel Tipe 1	$C_k = 3$
	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$
	$C_k = 5,383$

Sumber: (Soewarno, 1995)

Hujan merupakan salah satu komponen utama dalam analisis hidrologi, karena berperan penting dalam menentukan besarnya debit air yang masuk ke sistem drainase, sungai, maupun waduk. Pengukuran curah hujan biasanya dilakukan selama 24 jam penuh, baik menggunakan alat manual (seperti penakar hujan konvensional) maupun alat otomatis. Hasil pengukuran ini menunjukkan total curah hujan harian yang terjadi di suatu lokasi.

Dalam analisis data hujan, digunakan distribusi frekuensi statistik. Jenis distribusi frekuensi yang umum digunakan di bidang hidrologi, di antaranya:

a. Distribusi Normal

Bahwa data hujan tersebar secara simetris terhadap nilai rata-ratanya dan membentuk kurva berbentuk lonceng (kurva *Gauss*). Artinya, sebagian besar data berada di sekitar nilai rata-rata, sedangkan nilai yang jauh di atas atau di bawah rata-rata jarang terjadi.

Rumus umum untuk menghitung curah hujan rencana menggunakan distribusi normal adalah:

$$R_{24} = \bar{X} + (k \times Sd) \dots\dots\dots (2. 6)$$

Dimana:

R_{24} = curah hujan harian maksimum rencana (mm)

\bar{X} = nilai rata-rata

Sd = standar deviasi

k = faktor frekuensi (Tabel 2.3)

Tabel 2. 3 Variabel Reduksi Gauss

No	Periode	k
1	1,001	-3,05
2	1,005	-2,58
3	1,010	-2,33
4	1,050	-1,64
5	1,110	-1,28
6	1,250	-0,84
7	1,330	-0,67
8	1,430	-0,52
9	1,670	-0,25
10	2,000	0,00
11	2,500	0,25
12	3,330	0,52
13	4,000	0,67
14	5,000	0,84
15	10,000	1,28
16	20,000	1,64
17	25,000	1,75
18	50,000	2,05
19	100,000	2,33
20	200,000	2,58
21	500,000	2,88
22	1000,000	3,09

(Sumber: Suripin, 2004)

b. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal adalah jenis distribusi yang diperoleh dari hasil transformasi data distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variabel X menjadi logaritma dari variabel tersebut (logX). Rumus yang digunakan dalam perhitungan metode ini:

$$R_{24} = \text{Log } \bar{X} + (k \times \text{Sd}_{\text{Log } \bar{X}}) \dots\dots\dots(2. 7)$$

Dimana:

R_{24} = curah hujan harian maksimum rencana (mm)

$\text{Sd}_{\text{Log } \bar{X}}$ = standar deviasi

$\text{Log } \bar{X}$ = nilai rata-rata

k = faktor frekuensi (lihat di Tabel 2. 3)

c. Distribusi *Gumbel*

Metode *Gumbel* adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk menganalisis data yang memiliki variasi besar. Persamaan matematika metode ini adalah:

$$R_{24} = \bar{X} + (k \times Sd) \dots\dots\dots(2. 8)$$

Dimana:

R_{24} = curah hujan harian maksimum rencana (mm)

\bar{X} = nilai rata-rata

Sd = standar deviasi

k = faktor frekuensi

Nilai k didapat dari perhitungan:

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2. 9)$$

Dimana:

Y_t = nilai reduksi variasi (lihat di Tabel 2. 4)

Y_n = nilai reduksi rata-rata (lihat di Tabel 2. 5)

S_n = nilai reduksi deviasi (lihat di Tabel 2. 6)

Tabel 2. 4 Variasi Reduksi Metode Gumbel

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2. 5 Tabel Reduksi Nilai Rata-rata

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	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	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									

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2. 6 Tabel Reduksi Nilai Deviasi

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	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	1,0315	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	1,1923	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	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

(Sumber: Suripin, 2004)

d. Distribusi *Log Pearson III*

Metode *Log Pearson III* salah satu metode statistik yang banyak digunakan dalam analisis hidrologi, khususnya untuk menghitung curah hujan rencana, debit banjir rencana, atau data hidrologi lain yang memiliki sebaran tidak simetris (*skewed distribution*) dan variasi data yang besar. Rumus umum metode *Log Pearson III* adalah sebagai berikut:

$$R_{24} = 10^{\text{Log } Y} \dots\dots\dots (2. 10)$$

$$\text{Log } Y = \text{Log } \bar{X} + (k \times \text{Sd}_{\text{Log } \bar{X}})$$

$$k = G \times \text{Sd}_{\text{Log } \bar{X}} \dots\dots\dots (2. 11)$$

Dimana:

R_{24} = curah hujan harian maksimum rencana (mm)

$\text{Sd}_{\text{Log } \bar{X}}$ = standar deviasi

$\text{Log } \bar{X}$ = nilai rata-rata

k = faktor frekuensi

G = harga G periode ulang terhadap Cs (lihat di Tabel 2. 7)

Tabel 2. 7 Tabel Harga G Untuk Distribusi *Log Pearson III*

Cs	Periode Ulang (Tahun)						
	2	5	10	20	25	50	100
	Peluang (%)						
	50	20	10	5	4	2	1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,0950	2,278	3,152	4,051
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,0933	2,262	3,048	3,845
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,0807	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,0662	2,219	2,912	3,605
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,0472	2,193	2,848	3,499
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,0240	2,163	2,780	3,388
1,4	-0,225	0,705	1,337	1,9962	2,128	2,706	3,271
1,2	-0,195	0,732	1,340	1,9625	2,087	2,626	3,149
1,0	-0,164	0,758	1,340	1,9258	2,043	2,542	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	1,9048	2,018	2,498	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,8877	2,998	2,453	2,891
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,8613	2,967	2,407	2,824
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,8372	2,939	2,359	2,755
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,8122	2,910	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,7862	2,880	2,261	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,7590	2,849	2,211	2,544
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,7318	2,818	2,159	2,472
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,7028	2,785	2,107	2,400
0,0	0,000	0,842	1,282	1,6728	2,751	2,054	2,326
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,6417	2,761	2,000	2,252
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,6097	1,680	1,945	2,178
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,5767	1,643	1,890	2,104
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,5435	1,606	1,834	2,029
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,5085	1,567	1,777	1,955
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,4733	1,528	1,720	1,880
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,4372	1,488	1,663	1,806
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,4010	1,488	1,606	1,733
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,3637	1,407	1,549	1,660
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,3263	1,366	1,492	1,588

-1,2	0,195	0,844	1,086	1,2493	1,282	1,379	1,449
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,1718	1,198	1,270	1,318
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,0957	1,116	1,166	1,200
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,0200	0,035	1,069	1,089
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,9483	0,959	0,980	0,990
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,8807	0,888	0,900	0,905
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,7893	0,793	0,798	0,799
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,6650	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

4. Uji Kesesuaian Distribusi Curah Hujan

Uji parameter untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi data curah hujan yang digunakan benar-benar sesuai dengan jenis distribusi teoritis (seperti Normal, *Log Normal*, *Gumbel*, atau *Log Pearson III*). Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa fungsi distribusi peluang yang dipilih mampu mewakili karakteristik data sebenarnya (Suripin, 2004)

Terdapat dua parameter utama yang sering digunakan dalam pengujian kesesuaian distribusi, yaitu:

a. Metode Uji Chi Kuadrat (*Chi-Square*)

Metode ini digunakan untuk memvalidasi distribusi data curah hujan dengan langkah-langkah perhitungan berikut:

- 1) Mengurutkan data pengamatan dari besar ke kecil.
- 2) Carilah jumlah kelas (K) dengan rumus:

$$K = 1 + 3,322 \log n \dots\dots\dots (2. 12)$$

Dimana:

K = jumlah kelas

n = jumlah data

- 3) Menghitung Derajat Kebebasan (DK) dan X^2Cr

Rumus:

$$DK = K - (P + 1) \dots\dots\dots (2. 13)$$

$$P = \frac{n}{K} \dots\dots\dots (2. 14)$$

Dimana:

DK = derajat kebebasan

P = banyaknya parameter

Banyaknya parameter untuk menghitung nilai X^2_{Cr} bisa dilihat dari Tabel 2.8 yaitu tabel nilai kritis derajat nyata untuk derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil besarnya 5% dengan parameter derajat kebebasan.

Tabel 2. 8 Nilai kritis untuk Uji Chi-Kuadrat

DK	α (Drajat kepercayaan)							
	0,995	0,99	0,97	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,00015	0,0039	0,0098	3841	6635	7879	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	1154	11070	12832	15086	16750
6	0,676	0,872	1237	1635	12592	14449	16812	18548
7	0,989	1239	1690	2167	14067	16013	18475	20278
8	1344	1646	2180	2733	15507	17535	20090	21955
9	1735	2088	2700	3325	16919	19023	21666	23589
10	2156	2558	3247	3940	18307	20483	23209	25188
11	2603	3053	3816	4575	19675	21920	24725	26757
12	3074	3571	4404	5226	21026	23337	26712	28300
13	3565	4107	5009	5892	22362	24736	27688	29819
14	4075	4660	5629	6571	23685	26119	29141	31319
15	4601	5229	6262	7261	24996	27488	30578	32801
16	5142	5812	6908	7962	26296	28845	32000	34267
17	5697	6408	7564	8672	27587	30191	33409	35718
18	6265	7015	8231	9390	28869	31526	34805	37156
19	6844	7633	8907	10117	30144	32852	36191	38582
20	7434	8260	9591	10851	31410	34170	37566	39997
21	8034	8897	10283	11591	32711	35479	38932	41401
22	8643	9542	10982	12338	33924	36781	40289	42796
23	9260	10196	11689	13091	36172	38076	41638	44181
24	9886	10856	12401	13848	36415	39364	42980	45558
25	10520	11524	13120	14611	37652	40646	44314	46928
26	11160	12198	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: (Suripin, 2004)

4) Menghitung Nilai X^2

Lalu menghitung harga X^2 dari derajat kebebasan dan taraf signifikansi dengan terlebih dahulu mencari nilai yang diharapkan (E_i).

Rumus:

$$X^2 = \sum \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2. 15)$$

$$E_i = \frac{n}{k} \dots\dots\dots (2. 16)$$

Dimana:

O_i = jumlah nilai yang diamati

E_i = nilai yang diharapkan

5) Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2_{Cr}

Lalu lihat hasil komparasi antara nilai X^2_{Cr} hasil tabel dengan X^2 hasil hitungan syarat $X^2 < X^2_{Cr}$

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Metode pengujian ini bertujuan untuk menilai seberapa baik kesesuaian antara data hasil pengamatan dengan distribusi teoritis melalui perbandingan nilai peluang (probabilitas) keduanya. Pengujian dilakukan dengan melihat selisih maksimum (DP maksimum) antara peluang hasil observasi dan peluang teoritis pada kertas probabilitas..

Berikut langkah-langkah pengujiannya:

a. Mengurutkan data

Susun data curah hujan dari nilai terbesar ke terkecil atau sebaliknya. Setelah itu, tentukan peluang kumulatif (P) untuk masing-masing data berdasarkan urutan tersebut

b. Menentukan peluang teoritis

Hitung nilai peluang teoritis (P') untuk setiap data berdasarkan fungsi distribusi peluang yang digunakan (misalnya distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, atau Log Pearson III).berikutnya yaitu pengurutan nilai dari tiap-tiap peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

c. Menghitung selisih peluang

Cari selisih antara peluang hasil pengamatan (P) dan peluang teoritis (P') untuk setiap data, lalu tentukan selisih maksimum (DP maksimum) dengan ruKemudian berdasarkan hasil kedua nilai peluang tersebut, maka carilah selisih tersebarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$DP \text{ maksimum} = (P(X_i) - P'(X_i)) \dots\dots\dots (2. 17)$$

d. Menentukan nilai DP kritis

Nilai DP kritis diperoleh dari tabel Kolmogorov–Smirnov, berdasarkan jumlah data (n) dan taraf kepercayaan (α) — biasanya digunakan $\alpha = 5\%$.

e. Lalu lihat hasil komparasi antara nilai DP kritis hasil tabel dengan DP hasil hitungan syarat $DP < DP$ kritis.

Tabel 2. 9 Nilai Kritis D0 untuk Uji Smirnov – Kolmogorof

n	Derajat Kepercayaan (α)				
	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361

20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161

Sumber : (Suripin, 2004)

5. Intesitas Curah Hujan

Intesitas curah hujan adalah ukuran yang menunjukkan seberapa banyak air hujan yang turun dalam jangka waktu tertentu, dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam). Nilai ini bisa berbeda-beda tergantung pada lama waktu hujan berlangsung dan seberapa sering hujan terjadi. Semakin singkat durasi hujan dengan volume air yang sama, maka intensitasnya akan semakin besar.

Untuk perhitungan intensitas curah hujan digunakan rumus :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \text{ mm/jam} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan

R_{24} = curah hujan maksimum harian 24 jam (mm)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

6. Limpasan Permukaan

Limpasan terjadi ketika intensitas hujan di suatu daerah aliran sungai (DAS) melebihi kemampuan tanah untuk menyerap air (infiltrasi). Setelah tanah jenuh dan cekungan-cekungan di permukaan terisi penuh, kelebihan air tersebut mengalir di atas permukaan tanah sebagai limpasan permukaan.

Secara sederhana, limpasan permukaan adalah air hujan yang tidak sempat meresap ke dalam tanah dan akhirnya mengalir di atas permukaan, seperti di jalan, tanah, atau lahan terbuka. Jumlah limpasan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- 1) Intensitas hujan (semakin deras hujannya, semakin besar limpasan),
- 2) Kondisi permukaan tanah (misalnya tertutup beton, berumput, atau tanah kosong),
- 3) Kemiringan lahan, Jenis tanah, dan Kelembapan tanah sebelum hujan (jika tanah sudah jenuh, limpasan akan lebih besar).

Volume dan kecepatan limpasan juga ditentukan oleh luas daerah tangkapan hujan, koefisien limpasan (yang menunjukkan seberapa besar air hujan berubah menjadi aliran permukaan), serta intensitas hujan tertinggi.

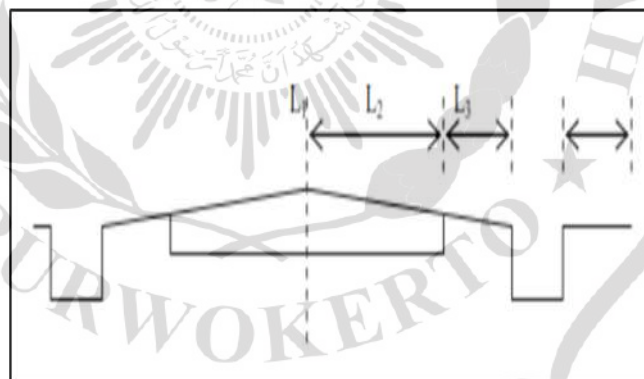
Limpasan merupakan bagian penting dari siklus hidrologi, namun juga dapat menyebabkan erosi dan pencemaran lingkungan. Saat air mengalir di permukaan, ia dapat membawa bahan berbahaya seperti minyak, pestisida, atau pupuk, yang kemudian mencemari saluran air.

Dalam analisis daerah aliran sungai (DAS), volume limpasan perlu dievaluasi sebelum, selama, dan setelah adanya kegiatan pembangunan

atau proyek. Hubungan antara lama waktu hujan dan waktu konsentrasi (waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai titik keluaran DAS) juga penting.

Jika lama hujan lebih lama dari waktu konsentrasi, maka aliran sungai akan stabil. Jika lama hujan lebih pendek, intensitas hujan meningkat, tetapi hanya sebagian wilayah DAS yang berkontribusi terhadap aliran sungai. Laju pengaliran maksimum terjadi ketika lama hujan sama dengan waktu konsentrasi DAS.

Dalam analisis banjir, beberapa variabel utama yang diperhatikan adalah volume banjir, debit puncak, tinggi dan lama genangan, serta kecepatan aliran air. Menurut Pedoman Perencanaan Drainase (2006), luas daerah tangkapan air ditentukan berdasarkan batas wilayah pengaliran, yang mencakup area utama serta kawasan sekitarnya yang turut memengaruhi aliran air. Gambaran mengenai pembagian daerah pengaliran tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 21 Area Pengaliran
Sumber: (DPU, 2006)

Keterangan:

L = total panjang batas daerah pengaliran ($L_1 + L_2 + L_3$)

L_1 = jarak yang diukur dari as jalan hingga tepi perkerasan

L_2 = jarak dari tepi perkerasan sampai ke tepi bahu jalan

L_3 = panjang berdasarkan kondisi atau situasi lapangan setempat

Limpasan ini dilambangkan dengan nilai C. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan Rumus sebagai berikut (Adiwijaya, 2016) :

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + C_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

C = Koefisien limpasan

C1,C1,C3 = koefisien pengaliran yang sesuai dengan kondisi permukaan

A1,A2,A3 = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

Tabel 2. 10 Koefisien aliran permukaan

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran	Faktor limpasan
Bahan			
1	Jalan beton & aspal	0,70 - 0,90	
2	Jalan kerikil & tanah	0,40 - 0,70	
Bahan			
3	Bahu jalan:		
	Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65	
	Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20	
	Batuan masif keras	0,70 - 0,85	
	Batuan masif lunak	0,60 - 0,75	
Tata Guna Lahan			
4	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95	2,0
5	Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70	1,5
6	Daerah industri	0,60 - 0,90	1,2
7	Permukiman padat	0,40 - 0,60	2,0

Sumber: (DPU, 2006)

Limpasan adalah jumlah air yang mengalir keluar dari suatu daerah aliran air (*catchment area*) setelah hujan turun. Dengan kata lain, limpasan menggambarkan bagian dari air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah,

melainkan mengalir di atas permukaan menuju saluran drainase, sungai, atau badan air lainnya.

Menurut Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No. 008/T/BNKT/1990 dalam (Adiwijaya, 2016), pemahaman tentang limpasan sangat penting agar fungsi sistem drainase dapat bekerja secara efektif sesuai dengan tujuan perencanaan, yaitu :

- 1) Mengalirkan air hujan secara cepat dan aman dari permukaan jalan,
- 2) Mencegah terjadinya genangan atau banjir di area jalan dan sekitarnya,
- 3) Menjaga kondisi struktur jalan agar tetap kering dan awet.

Aliran saluran dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan. Dalam kaitannya dengan limpasan permukaan, faktor-faktor tersebut secara umum dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu faktor meteorologi dan karakteristik daerah aliran sungai (DAS).

a) Faktor Meteorologi

1) Intensitas Hujan

Besarnya intensitas hujan sangat berpengaruh terhadap jumlah limpasan. Jika intensitas hujan lebih besar daripada kemampuan tanah menyerap air (laju infiltrasi), maka kelebihan air akan mengalir di permukaan tanah sebagai limpasan. Semakin tinggi intensitas hujan, semakin besar pula limpasan yang terjadi.

2) Durasi Hujan

Lama waktu hujan atau durasi hujan juga memengaruhi volume limpasan. Semakin lama hujan turun, semakin banyak air yang dihasilkan. Setiap DAS memiliki lama hujan

- 3) Distribusi Curah Hujan Cara hujan tersebar di suatu wilayah juga menentukan besarnya limpasan. Hujan dengan intensitas tinggi di sebagian wilayah DAS dapat menimbulkan limpasan yang lebih besar dibandingkan hujan dengan intensitas rendah tetapi merata di

seluruh wilayah DAS. besar dibandingkan dengan hujan biasa yang meliputi

b) Karakteristik DAS

1) Luas dan bentuk DAS

Semakin luas suatu DAS, semakin besar volume air yang mengalir ke saluran utama. Bentuk DAS juga berpengaruh terhadap waktu dan pola aliran — misalnya, DAS yang memanjang akan menghasilkan aliran yang lebih lambat dibandingkan DAS yang bundar atau menyebar.

2) Topografi

Kemiringan lahan, bentuk permukaan tanah, dan kerapatan saluran berpengaruh langsung terhadap kecepatan aliran air. DAS dengan kemiringan curam dan saluran yang sempit biasanya menghasilkan aliran yang lebih cepat dan volume limpasan yang lebih besar.

3) Tata Guna Lahan

Jenis penggunaan lahan (misalnya kawasan perumahan, pertanian, atau hutan) memengaruhi kemampuan tanah menyerap air. Hal ini dinyatakan dengan koefisien aliran permukaan (C), yang menunjukkan seberapa besar bagian air hujan yang menjadi limpasan. Permukaan yang tertutup beton atau aspal memiliki nilai C lebih tinggi dibandingkan tanah berumput atau berhutan.

7. Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan adalah perbandingan antara debit puncak aliran permukaan dan intensitas hujan. Nilai ini menunjukkan seberapa besar bagian air hujan yang berubah menjadi limpasan.

Beberapa faktor yang memengaruhi nilai koefisien ini antara lain: Debit infiltrasi tanah, Kemiringan lahan, Jenis dan kerapatan vegetasi penutup tanah, Intensitas hujan, Kondisi fisik tanah, seperti tingkat kepadatan, porositas, dan kadar air tanah.

Nilai koefisien aliran permukaan (C) dapat dilihat pada tabel standar perencanaan drainase, yang biasanya digunakan untuk menentukan kapasitas saluran dan memperkirakan potensi limpasan di suatu wilayah..

8. Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan adalah perbandingan antara debit puncak aliran permukaan dan intensitas hujan. Nilai ini menunjukkan seberapa besar bagian air hujan yang berubah menjadi limpasan.

Beberapa faktor yang memengaruhi nilai koefisien ini antara lain: Debit infiltrasi tanah, Kemiringan lahan, Jenis dan kerapatan vegetasi penutup tanah, Intensitas hujan, Kondisi fisik tanah, seperti tingkat kepadatan, porositas, dan kadar air tanah.

Nilai koefisien aliran permukaan (C) dapat dilihat pada tabel standar perencanaan drainase, yang biasanya digunakan untuk menentukan kapasitas saluran dan memperkirakan potensi limpasan di suatu wilayah. Untuk besarnya nilai koefisien aliran permukaan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2. 11 Koefisien limpas untuk Metode Rasional (C)

Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien Aliran (C)
Bisnis :	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,5 – 0,70
Perumahan	
Daerah Single Family	0,30 – 0,50
Multy unit terpisah	0,40 – 0,60
Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri:	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
Aspal, Beton	0,70 – 0,95
Batu bata, Paving	0,50 – 0,70
Atap	0,74 – 0,95
Halaman tanah berat	
Datar 2%	0,13 – 0,17
Rata 2 – 7 %	0,18 – 0,22
Curam 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35

Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, Perkuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
Datar 0 – 5 %	0,10-0,40
Bergelombang 5 – 10 %	0,25-0,50
Berbukit 10 – 30 %	0,30-0,60

Sumber: Suripin, 2004

9. Waktu Konsentrasi

Menurut (Suripin, 2004), waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh.

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

- 1) *Inlet time* (t_q), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.



Gambar 2. 22 *Inlet Time* (t_q)

Sumber: (Saktyanu, 2016)

- 2) *Conduit time* (t_d), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik *control* yang ditentukan dibagian hilir.



Gambar 2. 23 *Conduit time* (t_d)

Sumber: (Saktyanu, 2016)

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$t_c = t_0 + t_d \dots \dots \dots (2.20)$$

$$t_0 = \left[\left(\frac{2}{3} \right) \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \text{ menit} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$t_d = \frac{L}{60v} \text{ Dengan:} \dots \dots \dots (2.22)$$

n = koefisien kekasaran manning

S = kemiringan lahan

L = panjang lintasan di atas permukaan lahan (m),

L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran / sungai (m)

v = kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

Tabel 2. 12 Harga Koefisien Manning

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

Sumber: (Saktyanu, 2016)

Tabel 2. 13 Angka Kekasaran Permukaan Lahan

No	Tata Guna Lahan	n
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Kedap air	0,02
3	Timbunan tanah	0,1
4	Tanaman pangan dengan sedikit rumput pada tanah	0,2
5	Padang rumput	0,4
6	Tanah gundul yang kasar dengan runtuh dedaunan	0,6
7	Hutan dan sejumlah semak belukar	0,8

Sumber: (Kamiana, 2011)

Tabel 2. 14 Kecepatan aliran sesuai material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran (m/detik)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau aluvial	0,60
4	Keirikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	1,10
6	Lempung padat	1,20
7	Kerikil kasar	1,50
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

Sumber: (DPU, 2006)

Tabel 2. 15 Nilai Kemiringan Melintang Normal Perkerasan Jalan

Jenis Lapisan Permukaan	Kemiringan melintang Normal-i (%)
Beraspal, beton	2-3%
Japat	4-6%
Kerikil	3-6%
Tanah	4-6%

Sumber: (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1990)

Tabel 2. 16 Koefisien kemiringan saluran

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (is %)
1	Tanah asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

Sumber:(DPU, 2006)

Tabel 2. 17 Nilai Kecepatan Rata Rata (V)

Kemiringan Saluran (%)	Kecepatan rata-rata, v (m/dtk)
<1	0,4
1 - <2	0,6
2 - <4	0,9
4 - <6	1,2
6 - <10	1,5
10 - <15	2,4

Sumber : Suripin, 2004.

10. Metode Rasional

Menurut (Triatmodjo, 2008) adalah salah satu cara yang paling umum digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang dihasilkan dari hujan lebat pada daerah aliran sungai (DAS) yang berukuran kecil. Sebuah DAS dikategorikan kecil apabila curah hujan yang terjadi dapat dianggap seragam baik dari segi waktu maupun wilayah, serta durasi hujannya lebih lama dibandingkan waktu konsentrasi aliran air menuju titik keluaran.

Metode ini tergolong sederhana dan praktis, sehingga sering dipakai dalam perencanaan sistem drainase perkotaan. Dalam penerapannya, metode rasional mempertimbangkan beberapa parameter hidrologi penting, seperti intensitas, durasi, dan frekuensi hujan, luas daerah tangkapan air, serta faktor kehilangan air (abstraksi) yang meliputi evaporasi, intersepsi, infiltrasi, dan tampungan permukaan, termasuk waktu konsentrasi aliran. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut:

$$Q = 0,0278 C.I.A.....(2.23)$$

Dengan:

Q = debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m³/d)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km²)

C = koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan,

H. Analisis Hidrolika

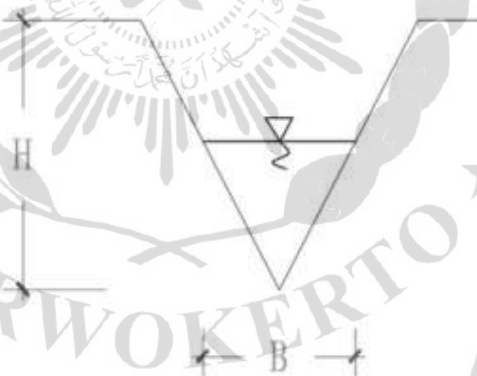
1. Dimensi Penampang Saluran

Saluran terdiri dari saluran tertutup dan saluran terbuka. Saluran tertutup contohnya saluran yang menggunakan pipa, dan saluran terbuka contohnya saluran air untuk drainase kota. Menurut Triatmodjo B. (1993) saluran terbuka yang ekonomis adalah saluran yang dapat mengalirkan

debit yang besar dan keliling basah minimum. Untuk aliran air dalam saluran terbuka, penampang yang umum dipergunakan adalah saluran berbentuk trapesium, segi empat dan segi tiga. dan aliran air dalam saluran tertutup, bentuk yang umum dipergunakan adalah bentuk lingkaran. Parameter utama yang digunakan untuk menentukan dimensi dari saluran tersebut adalah :

- a. lebar dasar saluran (B)
- b. kedalaman saluran (h)
- c. keliling basah saluran (p)
- d. luas saluran (A)
- e. jari-jari hidrolis (R) adalah perbandingan antara luas saluran dengan keliling basah saluran : $R = \frac{A}{P}$ (2.24)

1) Penampang Segi Tiga



Gambar 2. 24 Penampang Segi Tiga
Sumber: (Hasmar, 2002)

Suatu penampang saluran bentuk segi tiga dengan kemiringan talud z, dan kedalaman h (m), diperoleh rumus :

$$A = z \cdot h^2 \dots \dots \dots (2.25)$$

$$P = 2 \cdot \sqrt{z^2 + 1} \cdot h \dots \dots \dots (2.26)$$

$$R = \frac{z}{2\sqrt{z^2 + 1}} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana :

A = luas penampang basah (m²)

B = lebar dasar saluran (m)

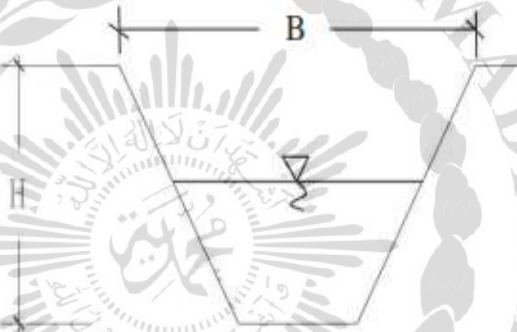
h = tinggi muka air (m)

z = kemiringan dinding saluran

R = jari-jari hidrolis (m)

P = keliling basah saluran

2) Penampang Trapezium



Gambar 2.17 Penampang Trapezium

Sumber: (Hasmar, 2002)

Suatu penampang saluran berbentuk trapezium dengan lebar b (m), kemiringan talud z dan kedalaman h (m), diperoleh rumus :

Persamaan untuk menghitung luas penampang basah (A)

$$A = (b + zh) \cdot h \dots \dots \dots (2.28)$$

Persamaan untuk menghitung keliling basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{z^2 + 1} \dots \dots \dots (2.29)$$

Persamaan untuk menghitung jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana :

A = luas penampang basah (m^2)

B = lebar dasar saluran (m)

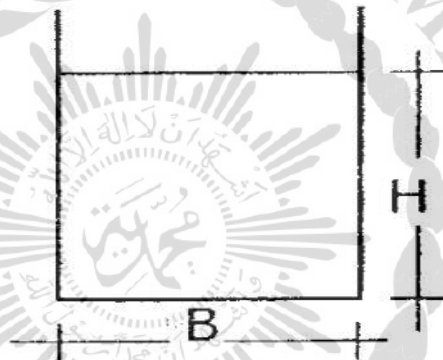
h = tinggi muka air (m)

z = kemiringan dinding saluran

R = jari-jari hidrolis (m)

P = keliling basah saluran

3) Penampang Persegi Empat



Tabel 2. 18 Penampang Persegi Empat

Sumber: (Hasmar, 2002)

Suatu penampang saluran berbentuk Persegi empat dengan lebar b (m), dan kedalaman h (m), diperoleh rumus :

$$A = b \times h \dots\dots\dots(2.31)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots(2.32)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

A= luas penampang basah (m^2)

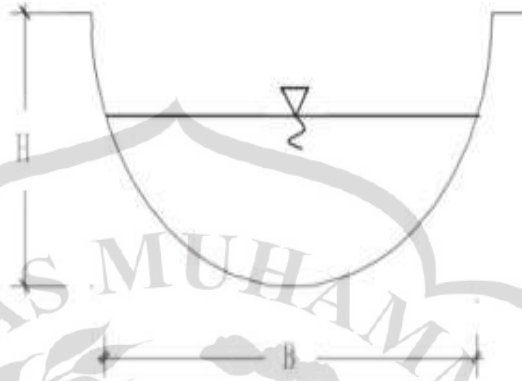
B = lebar dasar saluran (m)

h = tinggi muka air (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

P = keliling basah saluran

3) Penampang Setengah Lingkaran



Gambar 2.19 Penampang Setengah Lingkaran
Sumber: (Hasmar, 2002)

$$A = \frac{1}{2} \pi r^2 \quad \dots \dots \dots (2.34)$$

$$P = \frac{A}{h} \frac{2r}{\pi r^2} \quad \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana :

A = luas penampang basah (m²)

B = lebar dasar saluran (m)

h = tinggi muka air (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

P = keliling basah saluran

2. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapat dari rumus *Manning*.

Rumus Manning :

$$\text{Kecepatan (V)} = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

V = Kecepatan aliran air (m/det)

n = Koefesien kekasaran manning

R = Radius hidraulik

S = Kemiringan saluran

3. Debit Aliran

Debit aliran adalah Volume air yang mengalir melalui suatu penampang tertentu dalam satu satuan waktu. Dengan kata lain, debit menunjukkan seberapa besar volume air yang melewati saluran, sungai, atau pipa dalam waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m³/det).

Rumus debit :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan :

Q = Debit Aliran (m³/det)

A = Luas Penampang (m²)

V = Kecepatan Aliran (m/det)

4. Tinggi jagaan

Tinggi jagaan Pada saluran terbuka yang memiliki lapisan pelindung (*lining*) dengan permukaan keras ditentukan berdasarkan beberapa faktor, seperti ukuran saluran, kecepatan aliran air, bentuk tikungan saluran, debit banjir yang mungkin terjadi, pengaruh tekanan angin yang dapat menimbulkan gelombang, serta pentingnya area yang dilindungi oleh saluran tersebut.

Secara umum, tinggi jagaan atau jarak antara permukaan air maksimum dengan tepi atas saluran biasanya berada dalam kisaran 0,15 hingga 0,6 meter. Sementara itu, tinggi timbunan tanah di bagian atas lining umumnya berkisar antara 0,30 hingga 0,60 meter.

sedangkan untuk saluran drainase yang sudah dilining yang umumnya berada di kawasan permukaan maka tinggi jagaan, baik saluran dengan bentuk trapesium ataupun U ditetapkan dengan rumus:

$$W = \sqrt{0,5H} \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana :

W= Tinggi Jagaan (m)

H = tinggi air rencana (m)

Standar tinggi jagaan minimum saluran drainase berdasarkan debit aliran terlihat pada tabel 2. 18 berikut :

Tabel 2. 18 standar tinggi jagaan

Debit m ³ / detik	Tinggi jagaan minimum (m)
0-0,3	0,3
0,3-0,5	0,4
0,5-1,5	0,5
1,5-15,0	0,6
15,0-25,0	0,75
>25,0	1

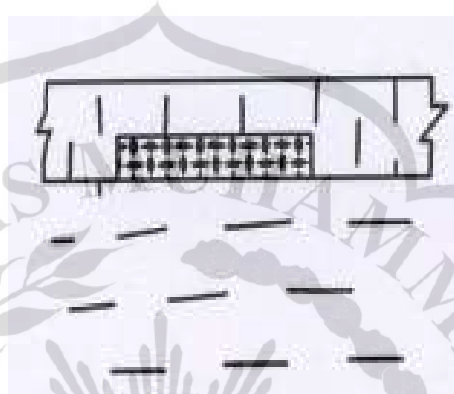
Sumber : (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2018)

5. Dimensi *curb inlet*

Dimensi *curb inlet* adalah ukuran bukaan inlet yang berada di tepi jalan dan berfungsi menentukan besar kecilnya kapasitas aliran air hujan yang dapat masuk ke saluran drainase. *Curb inlet* umumnya berupa bukaan memanjang pada sisi trotoar atau pinggir perkerasan jalan, dengan ukuran yang ditentukan oleh panjang dan tinggi bukaan. Desain dan dimensi *curb inlet* dibuat agar mampu menangkap limpasan air hujan yang mengalir di

sepanjang gutter jalan secara optimal. Oleh karena itu, dimensi *curb inlet* digunakan sebagai dasar dalam analisis kapasitas inlet untuk menilai efektivitas sistem drainase jalan dalam mengalirkan air hujan dan mencegah terjadinya genangan di permukaan (Suparman, 2008)

Kapasitas curb inlet dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 2. 25 Kapasitas *curb inlet*
Sumber :(Suparman, 2008)

$$Q = 0,36 \times g \times d^{\frac{3}{2}} \times L \dots\dots\dots (2.39)$$

Keterangan:

Q = Kapasitas debit (m³/det)

g = Gravitasi

d = Kedalaman air

L = Lebar bukaan curb (m)

Tinggi air (d) pada permukaan jalan dekat gutter/curb inlet dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$d = 0,0474 \times \frac{(D.I)^{0,5}}{S^{0,2}} \dots\dots\dots (2.40)$$

Keterangan

d = Kedalaman air

D = Jarak antar street inlet (m)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

S = Kemiringan jalan (%)

