

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian terdahulu**

Penelitian terdahulu menjadi salah satu acuan dan juga referensi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori, metode dan juga perhitungan yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa judul penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu berupa jurnal terkait dengan penelitian yang akan dilakukan penulis:

Mursitaningsih, 2009. Penelitian ini Untuk menganalisis kapasitas sistem saluran drainase di daerah tangkapan air hujan sepanjang Kali Pepe Hulu dengan analisis Hidrologi, studi kasus penelitian ini berada di Daerah tangkapan air hujan sepanjang Kali Pepe, Surakarta. Dengan mengambil data curah hujan 22 tahun di stasiun hujan terdekat. Hasil dari penelitian ini yaitu 6 bagian saluran yang terjadi luapan air pada debit rencana periode ulang 5-tahunan.

Th Dwiati Wismarini dkk (2010). Penelitian ini berlokasi di Kota Semarang untuk menganalisis sistem drainase perkotaan dengan metode memakai Sistem Informasi Geografi. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa kontur tanah Kota Semarang lebih rendah dari air muka laut dan Tingkat rawan banjir klas sangat rawan dan rawan berturut-turut sebesar 6,95% dan 24,52%.

Danang Ady Trisno Saputro dkk. Perencanaan drainase perkotaan di kota Nanga Bulik Kabupaten Lamandau Propinsi Kalimantan Tengah dengan hasil analisa menunjukkan bahwa terdapat 26 saluran, namun 20 saluran tidak mencukupi dengan debit rancangan yang ada. Metode yang dilakukan berupa perencanaan dimensi saluran yang berguna untuk normalisasi saluran yang telah ada dan perencanaan kembali pembuatan saluran penangkap (inlet) serta pembuatan gorong – gorong di wilayah tersebut.

Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum (2014). Metode deskriptif dan hasil deskripsi data sekunder dan data primer

hasil survei disusun dalam tabel dan matrik data, Hasil kajian : (1) kriteria umum terdiri atas 2 (dua) parameter penentu, sebagai landasan kebijakan dan pembuatan master plan drainase berwawasan lingkungan, 10 (sepuluh) elemen penentu dan 29 (dua puluh sembilan) kriteria penentu, (2) kriteria teknis terdiri atas sekitar 3 (tiga) parameter penentu, 20 (dua puluh) elemen penentu dan 56 (lima puluh enam) kriteria penentu, (3) penerapan drainase kawasan atau kota berwawasan lingkungan perlu didukung dengan subsistem tampungan, resapan, manfaat dan alirkan (TRMA) sisa limpasan keluar.

Jamaludin (2018). Analisis dan perencanaan sistem drainase di lingkungan universitas lampung. Hasil yang didapat yaitu pembuatan sumur resapan dapat membantu kinerja drainase wilayah Ekonomi hingga Teknik terutama untuk mengatasi saat terjadi hujan dengan volume tinggi, durasi pendek dan kala ulang yang besar. Limpasan banjir yang mampu diresap sumur resapan berjumlah 32,70 % dari keseluruhan jumlah limpasan.

Rahmat Irawan (2017) Kajian Penataan Sistem Drainase Perkotaan Berdasarkan Rencana Pola Ruang Kecamatan Praya Kab. Lombok. Dengan hasil penelitian Berdasarkan pada analisa kapasitas saluran drainase diperoleh 30 saluran yang perlu dilakukan penanganan. Penanganan dilakukan dengan pelebaran saluran dan penambahan jumlah saluran sepanjang 3.191,36 m. Penanganan lainnya yaitu dengan pembuatan sumur resapan di area yang sering tergenang dengan total jumlah yang dibutuhkan sebanyak 179 unit. Perkiraan biaya yang dibutuhkan yaitu sebesar Rp. 30.595.800.000,00 dengan nilai manfaat sebesar Rp. 8.210.000.000,00 tiap tahunnya.

Achmad Jaya Permana (2020). Analisis system drainase perkotaan Studi kasus jalan stasiun kota Bandung Dari hasil analisis didapat bahwa kapasitas saluran drainae eksisting sudah tidak mampu menampung debit rencana, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang (redesign) terhadap dimensi, material saluran, dan juga kemiringan saluran, agar saluran tersebut mampu menampung debit air yang terjadi.

Mita Ardiyana dkk (2017) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas saluran drainase eksisting, serta mengetahui prosentase reduksi debit limpasan hujan dengan penerapan ekodrainase di kawasan Perumahan Sawojajar. Untuk menganalisanya, dilakukan pemodelan limpasan hujan kala ulang 5 tahun menggunakan instrumen *Storm Water Management*

*Model* (SWMM) dengan membandingkan kondisi jaringan drainase sebelum dan sesudah penerapan sumur resapan, bioretensi dan perkerasan permeabel. Hasil simulasi menunjukkan kapasitas saluran drainase eksisting tidak mampu menampung hujan kala ulang 5 tahun, mengakibatkan genangan di 25 titik. Prosentase reduksi debit limpasan lahan dan saluran dengan penerapan sumur resapan, bioretensi dan perkerasan permeabel berkisar antara 14.49%-92.26%, sedangkan reduksi debit banjir di outlet akhir mencapai 37.55%. Sumur resapan mereduksi 23.41% debit limpasan, perkerasan permeabel 14.02% sedangkan bioretensi 0.1%.

M Ied Akbar (2017) Dalam perencanaan saluran drainase di Kecamatan Rancaekek ini diajukan 2 (dua) alternatif jalur saluran drainase yaitu Alternatif I membagi daerah perencanaan menjadi 21 blok pelayanan dengan panjang jalur 64418 m, dengan jumlah gorong-gorong 16 buah, dan jumlah outfall 9 buah, sedangkan Alternatif II membagi daerah perencanaan menjadi 20 blok pelayanan dengan panjang jalur 64418 m, jumlah gorong-gorong 19 buah, dengan jumlah outfall 8 buah.

Lourin (2019) Evaluasi dan perencanaan drainase dilakukan dengan perhitungan Curah hujan menggunakan metode Gumbel, metode Log Pearson Tipe III, metode Log Normal dan metode Normal, serta mempertimbangkan intensitas hujan dan kondisi tata guna lahan sekitar. Perencanaan digunakan perhitungan banjir rancangan 5, 10, 20 dan 50 tahun. Dari hasil perhitungan didapatkan analisa Perhitungan saluran eksisting pada saluran kecamatan Teluk Ambon, didapatkan besar debit rancangan adalah  $0,088 \text{ m}^3 / \text{dtk}$  pada ruas jalan Dr.Leimena. Kapasitas saluran yang dibutuhkan untuk menampung saluran adalah  $0,013 \text{ m}^3 / \text{dtk}$  pada Desa Laha Saluran No 3, sedangkan pada saluran eksisting debit banjir sebesar  $0,023 \text{ m}^3 / \text{dtk}$ , maka didapatkan saluran tidak mencukupi untuk menampung debit tersebut. Untuk mengatasi saluran yang tidak mencukupi, dapat dilakukan peningkatan kapasitas saluran dengan cara melakukan pelebaran, pengerukan pada dimensi saluran, yang sesuai dengan tata guna lahan dan kondisi sekitar. Pada disimpulkan bawah saluran drainase pada kecamatan Teluk Ambon ini banyak yang tidak memenuhi atau tidak mencukupi untuk menampung, dan mengalir debit banjir, dan debit air kotor.

Tabel 2.1 Daftar penelitian terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Variabel	Kesimpulan
1.	Mursitaningsih	Analisis Kinerja Saluran Drainase di Daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Kali Pepe Kota Surakarta	Analisis Hidrologi	Data curah hujan, tata guna lahan dan dimensi saluran	6 bagian saluran yang terjadi luapan air pada debit rencana periode ulang 5-tahunan
2.	1). Th Dwiati Wismarini 2). Dewi Handayani Untari Ningsih	Analisis Sistem Drainase Kota Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi dalam membantu pengambilan keputusan bagi penanganan banjir	Sistem Informasi Geografi	Penggunaan lahan, topografi/kemiringan lereng, jenis tanah dan jenis batuan/analisis geologi	Tingkat rawan banjir klas sangat rawan dan rawan berturut-turut sebesar 6,95% dan 24,52%
3.	1) Danang Ady Trisno Saputro 2) M. Janu Ismoyo	Perencanaan drainase perkotaan di kota Nanga Bulik Kabupaten Lamandau Prop. Kalimantan Tengah	Analisa Hidrologi	Curah hujan debit rancangan, rancangan	Terdapat 26 saluran namun 20 saluran tidak mencukupi dengan debit rancangan yang ada.
4	Badan Litbang Kementrian PU	Kriteria Desain Drainase Kawasan Permukiman kota berwawasan lingkungan	Metode deskriptif dan hasil deskripsi data sekunder dan data primer hasil survei disusun dalam tabel dan matrik data	karateristik topografi, daya rembes tanah dan fungsi drainase	Penerapan drainase kawasan atau kota berwawasan lingkungan perlu didukung dengan subsistem tampungan, resapan,

					manfaat dan alirkan sisa limpasan keluar
5	Jamaludin	Analisis dan perencanaan sistem drainase di lingkungan universitas lampung	Aplikasi HEC-RAS 4.1.0.	Data curah hujan, dimensi saluran drainase eksisting	Perlu dilakukan pemeliharaan saluran berupa normalisasi saluran, pemasangan kisi-kisi penahan sampah, dan pembersihan saluran secara periodik.
6	Rahmat Irawan	Kajian Penataan Sistem Drainase Perkotaan Berdasarkan Rencana Pola Ruang Kec. Praya Kab. Lombok Tengah	Analisa Hidrologi dan Hidrolika	Data curah hujan, Mengukur debit rancangan	Diperoleh 30 saluran yang perlu dilakukan penanganan. Penanganan dilakukan dengan pelebaran saluran dan penambahan jumlah saluran sepanjang 3.191,36 m.
7	Achmad Jaya Permana	Analisis sistem drainase perkotaan Studi kasus jalan stasiun kota Bandung	Analisa Hidrologi dan Hidrolika	Topografi, data curah hujan 10 tahun, dimensi saluran	Dari hasil analisis didapat bahwa kapasitas saluran drainase eksisting sudah tidak mampu menampung debit rencana, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap dimensi, material saluran, dan juga kemiringan saluran,
8	Mita Ardiyana,	Studi penerapan			Hasil simulasi

	Mohammad Bisri, Sumiadi Sumiadi	ecodrain pada sistem drainase perkotaan studi kasus perumahan sawojajar kota Malang	instrumen <i>Storm Water Management Model (SWMM)</i>	Data hujan rancangan, mengukur debit oulet	menunjukkan kapasitas saluran drainase eksisting tidak mampu menampung hujan kala ulang 5 tahun, mengakibatkan genangan di 25 titik. Prosentase reduksi debit limpasan lahan dan saluran dengan penerapan sumur resapan, bioretensi dan perkerasan permeabel berkisar antara 14.49%- 92.26%,
9	M Ied Akbar, Alumni and Deni Rusmaya, DS	Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan Di Kecamatan Rancaekek Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat	Analisis Hidrologi dan Hidrolika	Saluran drainase eksisteing	Sistem yang akan diterapkan dalam perencanaan sistem drainase Kecamatan Rancaekek adalah sistem terpisah dengan bentuk saluran segiempat dengan panjang saluran keseluruhan 64.418 meter
10	Lourin	Evaluasi Dan Perencanaan Saluran Drainase Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon	metode Gumbel, metode Log Pearson Tipe III, metode Log Normal dan metode Normal	Curah hujan, menghitung debit rencana	didapatkan besar debit rencangan adalah 0,088 m <sup>3</sup> /dtk pada ruas jalan Dr.Leimena. Kapasitas

					salauran yang dibutuhkan untuk menampung saluran adalah 0,013 m <sup>3</sup> /dtk pada Desa Laha
--	--	--	--	--	--

Sumber : Hasil Olahan Peneliti, 2020

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Genangan

Pada musim hujan, genangan hampir setiap tahun melanda kota-kota besar di Indonesia yang menimbulkan kerugian materiil dan moril tidak sedikit serta masalah penyakit yang cukup serius sehingga memerlukan penanganan secepatnya. Sesuai dengan petunjuk teknis dalam peraturan menteri PU nomor : 14/PRT/M/2010, yang disebut tergenangnya suatu daerah adalah terendamnya suatu kawasan permukiman lebih dari 30 cm selama lebih dari 2 jam dan terjadinya lebih dari 2 kali pertahun. Genangan yang dimaksud adalah air hujan yang terperangkap di daerah rendah/cekungan di suatu kawasan, yang tidak bisa mengalir ke badan air terdekat. Genangan terjadi karena banyak faktor, salah satu penyebabnya adalah kurang berfungsinya drainase perkotaan sebagaimana mestinya.

Daerah genangan adalah kawasan yang tergenang air akibat tidak berfungsinya sistem drainase yang mengganggu dan/atau merugikan aktivitas masyarakat (Permen PU 12/PRT/M/2014).

### 2.2.2 Sistem Drainase Perkotaan

Dalam petunjuk teknis peraturan Menteri PU 12/PRT/M/2014, pengertian drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu dan/atau merugikan masyarakat. Sedangkan Sistem drainase perkotaan adalah satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan sarana drainase perkotaan.

Sebagai salah satu sistem dalam perencanaan perkotaan, maka sistem drainase yang ada dikenal dengan istilah sistem drainase perkotaan. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian

bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Namun, secara praktis kita dapat mengatakan bahwa drainase menangani kelebihan air sebelum masuk ke alur-alur besar atau sungai (Suripin, 2004).

Sampai saat ini perancangan drainase didasarkan pada filosofi bahwa air secepatnya mengalir dan seminimal mungkin menggenangi daerah layanan. Tapi dengan semakin timpangnya perimbangan air (pemakaian dan ketersediaan) maka diperlukan suatu perancangan drainase yang berfilosofi bukan saja aman terhadap genangan tapi juga sekaligus berasas pada konservasi air. Bertolak dari hal tersebut, maka yang cocok diterapkan saat ini adalah sistem drainase yang berkelanjutan. Adapun konsep dasar pengembangan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan (Suripin, 2004). Untuk itu diperlukan usaha-usaha yang komprehensif dan integratif yang meliputi seluruh proses, baik yang bersifat struktural maupun non struktural. Disamping terjadi ketimpangan air, terjadi pula pencemaran air drainase oleh limbah cair dan padat (sampah) yang cukup berat sehingga sehingga penanganan drainase harus terpadu dan berwawasan lingkungan (ecodrain). Saluran drainase perkotaan terdapat pada 88% dari seluruh jumlah kelurahan di kota-kota, namun saluran drainase yang baik hanya terdapat di 48,4% dari seluruh kelurahan dan desa. Kurang berfungsinya drainase perkotaan dapat menggambarkan menurunnya layanan drainase perkotaan diakibatkan antara lain oleh waktu dan kurang baiknya pengelolaan drainase. Jaringan drainase ada yang rusak, dengan demikian drainase perkotaan yang ada perlu ditingkatkan layanannya agar berfungsi kembali seperti semula atau mendekati semula sehingga dapat mengurangi terjadinya genangan air.

Berdasarkan pembagian kewenangan pengelolaan dan fungsi pelayanan, sistem drainase terbagi menjadi 3:

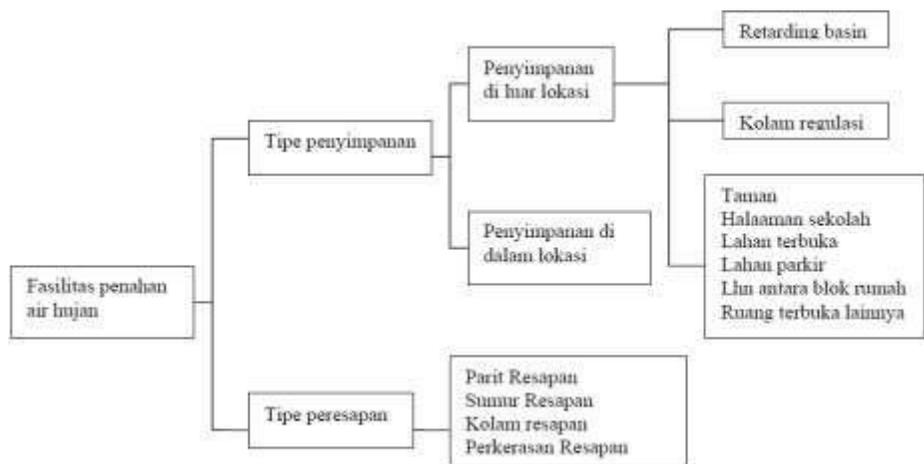
1. Sistem Drainase Lokal
2. Sistem Drainase Utama
3. Pengendalian Banjir

Berdasarkan fisik, sistem drainase terdiri atas:

1. Sistem Saluran Primer
2. Sistem Saluran Sekunder
3. Sistem Saluran Tersier

### 2.2.3 Konsep Sistem Jaringan Drainase Yang Berkelanjutan

Konsep Sistem Drainase yang Berkelanjutan merupakan prioritas utama kegiatan dan harus ditujukan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan. Berdasarkan fungsinya, fasilitas penahan air hujan dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu tipe penyimpanan dan tipe peresapan (Suripin, 2004) seperti disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Klasifikasi fasilitas penahan air hujan (Suripin, 2004)

Konsepsi perancangan drainase air hujan yang berasaskan pada konsevasi air tanah pada hakekatnya adalah perancangan suatu system drainase yang mana air hujan jatuh di atap / perkerasan, ditampung pada

suatu system resapan air, sedangkan hanya air dari halaman bukan perkerasan yang perlu ditampung oleh sistem jaringan drainase.

#### **2.2.4 Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi adalah perputaran (sirkulasi) air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Air yang ber-evaporasi kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (sleet), hujan gerimis atau kabut. Pada saat menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah, dan setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara kontinu dalam tiga cara yang berbeda : Lihat gambar 2.2.

1. *Evaporasi – transpirasi*, yaitu proses terjadinya awan dari penguapan air yang ada di laut, daratan, sungai dan di tanaman, dsb. Pada kondisi jenuh awan akan menjadi butir-butir air yang kemudian jatuh (precipitation) dalam bentuk hujan, salju atau es. Air hujan yang jatuh diatas tanah dalam pergerakannya secara alami hanya ada dua yang dipahami secara berurutan, yang pertama meresap ke dalam tanah (infiltrasi) jika memungkinkan dan menjadi aliran bawah tanah, atau yang kedua bergerak di permukaan tanah menjadi aliran permukaan (surface runoff) menuju ke tempat yang lebih rendah secara gravitasi menuju sungai kemudian mengalir ke danau atau laut. Hujan merupakan faktor yang sangat penting didalam analisis maupun desain hidrologi, dan besarnya hujan atau yang disebut sebagai curah hujan dapat dihitung dari tebal lapisan air hujan yang jatuh diatas permukaan tanah yang rata dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Oleh karena itu dalam suatu rancangan keairan perlu diperhatikan beberapa faktor hujan antara lain : ketebalan hujan atau tinggi curah hujan, distribusi hujan, frekuensi hujan, intensitas hujan, volume hujan dan jumlah hari hujan, sehingga dalam suatu perancangan keairan diperlukan curah hujan rata-rata atau sering disebut sebagai curah hujan daerah (Sosrodarsono dan

Takeda, 1978).

2. *Infiltrasi / Perkolasi*, yaitu proses pergerakan air ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Proses masuknya air hujan ke dalam lapisan tanah dan turun ke permukaan air tanah disebut resapan air tanah (infiltration). Dalam siklus hidrologi, kecepatan dan jumlah air yang meresap ke dalam tanah merupakan fungsi dari jenis tanah, kelengasan tanah, permeabilitas tanah, penutup tanah, kondisi buangan air (drainase), kedalaman muka airtanah (water table), intensitas hujan (I) dan jumlah hujan. Masuknya air ke dalam ruang antar butir tanah kosong melalui proses infiltrasi dari sebagian air hujan akan meningkatkan kelembaban tanah dan atau terus ke air tanah. Daya penggerak resapan air ke dalam tanah terdiri dari hisapan (suction) butir-butir tanah dan gravitasi. Daya hisap butir-butir tanah tergantung dari kadar air tanah, semakin kering semakin besar daya hisapnya, sehingga didominasi oleh daya hisap tanah. Setelah kondisi tanah jenuh, gerak air selanjutnya karena adanya gaya gravitasi dari perbedaan elevasi, sedang sifat alirannya mengikuti hukum Darcy, artinya laju kecepatan berbanding linier dengan gradien hidroliknya.
3. *Aliran Air Permukaan*, yaitu proses pergerakan air di atas permukaan tanah menuju ke aliran utama (sungai) dan danau. Ketika Air hujan jatuh di kawasan yang sebagian besar telah tertutup oleh bangunan, sehingga air tak punya cukup waktu dan tenaga untuk meresap ke tanah (infiltration), maka air akan bergerak menuju ke tempat yang lebih rendah melalui permukaan tanah yang disebut sebagai Aliran Permukaan (surface runoff). Aliran permukaan (surface runoff), adalah proses pergerakan air di atas permukaan tanah menuju ke aliran utama yaitu antara lain sungai dan danau. Sungai-sungai tersebut bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama dan mengalirkan seluruh air tersebut menuju laut sebagai suatu sistem drainase alam. Saluran air dan sungai alam (drainase) adalah jalan utama aliran air hujan yang telah menjadi air permukaan. Namun ketika daya tampung saluran air dan sungai sangat terbatas, apalagi dengan banyaknya sampah yang mengakibatkan pendangkalan dan sumbatan pada



### 2.2.5 Analisa Hidrologi

Hujan merupakan komponen masukan yang penting dalam proses hidrologi. Analisis data hujan pada tinjauan aspek perencanaan hidrologi digunakan sebagai pendekatan dalam mengestimasi besar debit banjir yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Pendekatan estimasi debit banjir yang terjadi dari data hujan dilakukan apabila pada DAS yang bersangkutan tidak dilengkapi dengan alat ukur duga air (*Automatic Water Level Recorder*). Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kedalaman hujan yang sebenarnya terjadi di seluruh DAS, maka diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dapat mewakili besaran hujan di DAS tersebut.

#### 2.2.5.1 Uji Konsistensi Data

Dalam suatu deretan pengamatan hujan pada umumnya terdapat ketidaksesuaian. Uji konsistensi dilakukan terhadap data curah hujan yang dimaksudkan untuk mengetahui adanya penyimpangan, sehingga dapat disimpulkan apakah data tersebut layak dipakai dalam perhitungan analisis hidrologi atau tidak. Ketidakkonsistenan selama pencatatan data curah hujan dapat diakibatkan oleh :

1. Pindahkan stasiun pengukur hujan ke lokasi lain,
2. Perubahan di sekitar stasiun pengukur hujan yang dapat mengakibatkan perubahan pola hujan,
3. Perubahan ekosistem akibat kebakaran, longsor, dan lain-lain
4. Kesalahan dalam pencatatan data

Uji konsistensi data dapat dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*). Untuk mengetahui tingkat konsistensi data curah hujan di suatu stasiun, langkah yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data curah hujan yang homogen dari beberapa stasiun pencatat hujan di sekitarnya. Kemudian curah hujan total dari keseluruhan stasiun di sekitar stasiun yang diuji tersebut dicari harga rata-rata tahunannya. Nilai akumulasi rata-rata curah hujan dari stasiun-stasiun tersebut kemudian diplotkan terhadap akumulasi hujan dari stasiun yang diuji (Asdak, 1995).

Ketidakkonsistenan data ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus. Jika terjadi penyimpangan, maka data hujan dari

stasiun hujan yang diuji harus dikoreksi sesuai dengan perbedaan kemiringan garisnya, dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Corection Ratio} &= \frac{c}{o} \\ P_{cx} &= P_x \frac{M_c}{M_o} = P_x \frac{c}{o} \end{aligned} \quad (2.1)$$

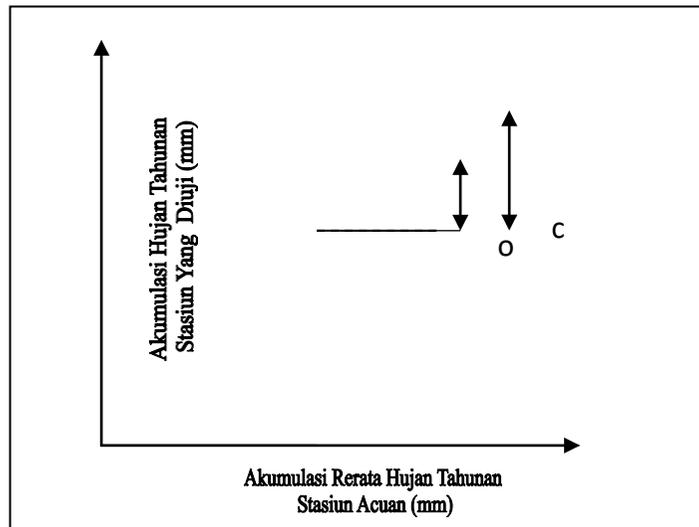
dengan :

$P_{cx}$  = Data hujan yang dikoreksi pada stasiun hujan yang diuji (mm)

$P_x$  = Data hujan terukur pada stasiun hujan yang diuji (mm)

$M_c$  = kemiringan setelah dikoreksi

$M_o$  = kemiringan asli sebelum dikoreks



Gambar 2. 3 Lengkung Massa Ganda (Asdak, 1995).

### 2.2.6 Curah Hujan Rerata Daerah

Untuk mendapatkan gambaran mengenai penyebaran hujan di seluruh daerah, di beberapa tempat tersebar pada DAS dipasang alat penakar hujan. Pada daerah aliran yang kecil kemungkinan hujan terjadi merata diseluruh daerah, tetapi tidak pada daerah aliran yang besar. Hujan yang terjadi pada daerah aliran yang besar tidak sama, sedangkan pos-pos penakar hujan hanya mencatat hujan di suatu titik tertentu. Sehingga akan sulit untuk menentukan beberapa hujan yang turun di seluruh areal. Hal ini akan menyulitkan dalam menentukan

hubungan antara debit banjir dan curah hujan yang mengakibatkan banjir tersebut.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau curah hujan daerah yang dinyatakan dalam satuan millimeter (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

Terdapat tiga macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada daerah tertentu di beberapa titik pos penakar atau pencatat hujan, yaitu :

#### 1. Metode rata-rata aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di daerah tersebut. Curah hujan rerata daerah metode rata-rata aljabar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots dn}{n} = \sum_{i=1}^n di/n \quad (2.2)$$

dengan :

d = tinggi curah hujan rata-rata daerah

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ... n

n = banyaknya pos penakar

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di daerah tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal.

#### 2. Metode Poligon Thiessen

Cara ini digunakan jika titik-titik pengamatan di dalam daerah tersebut tidak tersebar merata. Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Curah hujan rerata daerah metode poligon Thiessen dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$d = \frac{A_1d_1 + A_2d_2 + \dots + A_nd_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} \quad (2.3)$$

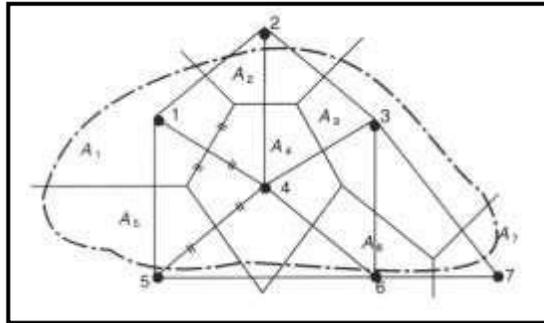
Dengan :

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

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

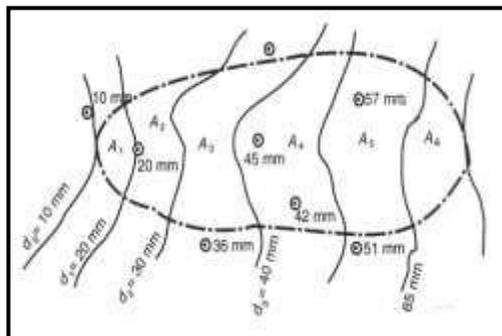


Sumber : Soemarto, 1999

Gambar 2. 4 Metode Poligon Thiessen

### 3. Metode garis *isohyet*

Dengan cara ini, maka harus digambar dulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (*isohyet*), seperti pada gambar 2.4



Sumber : Soemarto, 1999

Gambar 2. 5 Metode garis *Isohyet*

Kemudian luas bagian di antara *isohyet-isohyet* yang berdekatan diukur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang hitung nilai kontur, sebagai berikut :

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2}A_1 + \frac{d_1+d_2}{2}A_2 + \dots + \frac{d_{n-1}+d_n}{2}A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \quad (2.3)$$

dengan :

- A = luas areal total
- d = tinggi hujan rata-rata areal
- $d_0, d_1, \dots, d_n$  = curah hujan pada *isohyet* 0,1,2, ...,n
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = luas bagian areal yang dibatasi oleh *isohyet- isohyet* yang bersangkutan

Dalam pemilihan ketiga metode yang akan digunakan dalam suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan hal berikut (Suripin, 2004):

a. Luas DAS

- DAS besar (>5.000 km<sup>2</sup>) : Metode Isohyet
- DAS Sedang (500 – 5.000 km<sup>2</sup>) : Metode Poligon Thiessen
- DAS Kecil (<500 km<sup>2</sup>) : Metode Rata-Rata Aljabar

b. Jaring-jaring Stasiun Hujan

- Jumlah stasiun hujan cukup (lebih dari dua) menggunakan Metode Isohyet Poligon Thiessen, Rata-rata Aljabar.
- Jumlah stasiun hujan terbatas (hanya dua) menggunakan Metode Rata-rata Aljabar atau Poligon Thiessen.

### 2.2.7 Analisa Periode Ulang Hujan (PUH)

Periode ulang hujan adalah suatu periode yang berulang dalam ukuran tertentu yang mana kejadian hujan dengan intensitas sama berulang kembali. Misalnya 2, 5, 10, 50 tahun sekali (Masduki, 1988). Penetapan periode ulang hujan ini dipakai untuk menentukan besarnya kapasitas saluran atau bangunan drainase. Hal ini berkaitan dengan penentuan skala prioritas berdasarkan kemampuan pembiayaan, resiko dan teknologi yang akan digunakan. Adapun penentuan PUH yang digunakan di dalam perencanaan drainase adalah seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Penentuan PUH Untuk Perencanaan Drainase Perkotaan  
Jenis Kawasan

Jenis Kawasan	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
Permukiman			
- Kota Sedang	10 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
- Kota Kecil	5 - 10 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
Industri	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
Perumahan	5 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun

Sumber : Suripin, 2004

Selain berdasarkan jenis fasilitas, acuan penentuan PUH pada daerah penelitian atau perencanaan dapat didasarkan pada jenis fasilitas.

Tabel 2.3. Penentuan PUH untuk Perencanaan Drainase Perkotaan  
Berdasarkan Jenis Fasilitas

No	Fasilitas	PUH
1	Saluran Mikro	
	- Perumahan, taman, lahan tak berfungsi	2
	- Pusat Kota	5
	- Industri besar	5
	- Industri menengah	10
	- Industri sedang	25
2	Saluran Tersier	2
3	Saluran Sekunder	5
4	Saluran Primer	10
5	Saluran Tepi Jalan	
	- Jalan Raya biasa	5 - 10
	- Jalan by pass	10 - 25
	- Jalan tol	25 - 50

Sumber: Masduki, 1988

### 2.2.8 Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum (HMM)

Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Analisis frekuensi dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit, dan didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan/debit di masa yang akan datang (diandaikan bahwa sifat statistik tidak berubah/sama). Tahapan analisis frekuensi hujan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menyiapkan data hujan yang sudah dipilih berdasarkan metode pemilihan data terbaik menurut ketersediaan data.
2. Data diurutkan dari kecil ke besar (atau sebaliknya).
3. Hitung besaran statistik data yang bersangkutan ( $\bar{X}$ ,  $s$ ,  $C_v$ ,  $C_s$ ,  $C_k$ )

Dalam analisis frekuensi distribusi probabilitas teoritik yang cocok untuk data yang ada ditentukan berdasarkan parameter-parameter statistika seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien asimetri, koefisien variasi dan koefisien kurtosis. Adapun rumus-rumus parameter statistika tersebut antara lain sebagai berikut ini:

- a. Nilai rerata ( $\bar{x}$ ) Nilai rerata merupakan nilai yang dianggap cukup representative dalam suatu distribusi. Nilai rata-rata tersebut dianggap sebagai nilai sentral dan dapat dipergunakan untuk pengukuran sebuah distribusi.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n} \quad (2.4)$$

- b. Simpangan baku (standard deviation) ( $S$ ) Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar (standard deviation). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai deviasi standar ( $S$ ) akan besar pula, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka ( $S$ ) akan kecil.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})}{n-1} \quad (2.5)$$

- c. Koefisien asimetri (skewness) ( $C_s$ ) Kemencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat

ketidaksimetrisan (asymmetry) dari suatu bentuk distribusi. Apabila suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri, keadaan itu disebut menceng ke kanan atau ke kiri. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri. Kurva distribusi yang bentuknya simetri maka nilai  $CS = 0.00$ , kurva distribusi yang bentuknya menceng ke kanan maka  $CS$  lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya menceng ke kiri maka  $CS$  kurang dari nol

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (2.5)$$

- d. Koefisien variasi (Cv) Koefisien variasi (variation coefficient) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.6)$$

- e. Koefisien kurtosis (Ck) Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (2.7)$$

dengan :

$X_i$  = varian yang berupa hujan atau data debit<sup>-</sup>

$\bar{X}$  = rerata data hujan atau debit

$n$  = jumlah data yang dianalisis

$S$  = simpangan baku

$C_s$  = koefisien asimetri

$C_v$  = koefisien variasi

$C_k$  = koefisien kurtosis

4. Pemilihan jenis sebaran (distribusi). Setelah parameter statistik diketahui, maka distribusi yang cocok untuk digunakan dalam analisis frekuensi dapat ditentukan. Distribusi probabilitas yang sering dipakai dalam analisis hidrologi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Sifat-sifat khas dari setiap macam distribusi frekuensi sebagai berikut:

### a. Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Ciri khas distribusi Normal adalah :

Skewness ( $C_s$ )  $\approx 0,00$

Kurtosis ( $C_k$ ) = 3,00

Probabilitas  $X \leq (\bar{X} - S) = 15,87\%$

Probabilitas  $X \leq \bar{X} = 50,00\%$

Probabilitas  $X \leq (\bar{X} + S) = 84,4\%$

### b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai varian  $X$  menjadi nilai logaritmik varian  $X$ . Secara matematis distribusi log normal ditulis sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{(\log X)(S)(\sqrt{2\pi})} \cdot \exp \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{\log X - \bar{X}}{S} \right)^2 \right\} \quad (2.8)$$

dimana,

$P(X)$  = peluang log normal

$X$  = nilai varian pengamat

$\bar{X}$  = rata-rata dari logaritmik varian

$S$  = deviasi standar dari logaritmik nilai varian  $X$

Apabila nilai  $P(X)$  digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus. Sifat statistik distribusi Log Normal adalah :

$C_s \cong 3C_v$

$C_s > 0$  Persamaan garis teoritik probabilitas :  $22 \cdot X X K S T$

### c. Metode Gumbel

Metode analisa frekuensi extrem value dari H.J. Gumbel, yaitu suatu metoda distribusi yang didasarkan kepada karakteristik penyebaran dengan menggunakan suatu koreksi variabel yaitu menggunakan distribusi harga maksimum. Hujan harian maksimum pada metode ini dirumuskan sebagai berikut (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$RT = R + \frac{\sigma T}{\sigma n} (YT - Yn) \quad (2.9)$$

Dimana:

$R_T$  = HHM rencana dengan PUH tahun (mm/24 jam)

$R$  = harga curah hujan rata-rata selama  $n$  tahun (mm/24 jam)

$\sigma_R$  = standar deviasi  $n$  tahun (diperoleh dari perhitungan)

$\sigma_n$  = Expected Standar Deviation

$Y_T$  = Reduced Variate untuk PUH  $T$  tahun

$Y_n$  = Expected Mean Reduce Variate

Untuk mendapatkan nilai standar deviasi digunakan persamaan berikut :

$$\sigma R = \left[ \frac{\sum (R_i - R)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (2.10)$$

Dimana :

$R$  = Jumlah data

$R_i$  = Curah hujan tahunan (mm)

Nilai  $\sigma_n$  ,  $Y_T$  dan  $Y_n$  diperoleh dari tabel Reduce Mean fungsi  $n$  pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4. Hubungan Nilai  $Y_T$ ,  $\sigma_n$  dengan Jumlah Data ( $n$ )

<b>Jumlah Data n</b>	<b>Reduce Variate <math>Y_T</math></b>	<b>Standard Deviation <math>\sigma_n</math></b>
10	0,4595	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5035	0,9833
13	0,5070	0,9971
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0206

Sumber : Soewarno, 1995

Rentan keyakinan (confidence interval) untuk harga  $R_k$  yaitu sebagai berikut:

$$R = \pm t \alpha \cdot Se$$

$R_k$  = Rentang keyakinan (mm/jam)

$T(\alpha)$  = fungsi  $\alpha$

$Se$  = deviasi (Probability error)

Untuk  $\alpha = 90\%$   $t(\alpha) = 1,645$

Untuk  $\alpha = 80\%$   $t(a) = 1,282$

Untuk  $\alpha = 68\%$   $t(a) = 1,000$

d. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik. Sifat statistik distribusi ini adalah Jika tidak menunjukkan sifat-sifat seperti pada ketiga distribusi di atas, serta Garis teoritik probabilitasnya berupa garis lengkung. Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson type III adalah :

- 1) harga rata-rata ( $\bar{X}$ ),
- 2) standar deviasi (S),
- 3) koefisien kepengcengan ( $C_s$ ) .
- 4) Data digambarkan pada kertas probabilitas.
- 5) Ploting persamaan garis teoritis berdasarkan Persamaan
- 6) Selanjutnya dilakukan pengujian dengan Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

Terdapat beberapa cara untuk menguji jenis probabilitas dengan kesesuaian data yang ada antara lain :

a. Uji Chi-Kuadrat

Pada dasarnya uji ini merupakan pengecekan terhadap penyimpangan rerata dari data yang dianalisis berdasarkan distribusi terpilih. Penyimpangan tersebut diukur dari perbedaan antara nilai probabilitas setiap varian  $\chi$  menurut hitungan dengan pendekatan empiris. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \left[ \left( \frac{EF - OF}{EF} \right)^2 \right] \quad (2.11)$$

dengan :

$X^2$  = harga Chi-Kuadrat

Ef = estimasi frekuensi untuk kelas i

Of = observed frekuensi pada kelas i

K = banyaknya kelas

Syarat dari uji Chi-Kuadrat adalah harga  $\chi^2$  harus lebih kecil dari pada  $\chi^2_{cr}$  (Chi-Kuadrat kritik) yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata ( $\alpha$ ). Pada analisis frekuensi sering diambil derajat nyata 5%.

- b. Uji Smirnov Kolmogorov  
Pengujian dilakukan dengan mencari nilai selisih probabilitas tiap varian  $\chi$  menurut distribusi teoritik yaitu  $\Delta_i$ . Harga  $\Delta_i$  maksimum harus lebih kecil dari  $\Delta$  kritik yang besarnya ditetapkan berdasarkan banyaknya data dan derajat nyata ( $\alpha$ ).

### 2.2.9 Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan

Distribusi curah hujan adalah berbeda-beda dan memiliki ciri tersendiri sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau. Seperti curah hujan tahunan, curah hujan harian dan curah hujan per jam. Harga curah hujan yang akan didistribusikan ini penting, terutama untuk mendapatkan kurva durasi intensitas hujannya. Intensitas curah hujan adalah besarnya curah hujan maksimum yang diperhitungkan dalam suatu desain (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan dapat diturunkan dengan metoda Bell, Van Breen, dan Hasper Der Weduwen.

### 2.2.10 Analisa Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah ketinggian atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Semakin singkat intensitas hujan maka waktu yang diperlukan semakin lama. Dan sebaliknya, semakin lama intensitas hujan, maka waktu yang dibutuhkan semakin pendek. Untuk drainase perkotaan, rumus umum yang dipakai adalah rumus Mononobe.

$$I = \frac{R24}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (2.12)$$

Dengan :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)  
 $R_{24}$  = Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)  
 t = Lamanya hujan (jam)

Lamanya hujan pada permusan tersebut, dinyatakan sama dengan waktu konsentrasi ( $t_c$ ) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari suatu titik terjauh pada DAS hingga mencapai titik yang ditinjau pada sungai. Kemiringan daerah aliran dan kemiringan saluran dapat dihitung

### 2.2.11 Analisis Limpasan Permukaan Metode Rasional

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah limpasan permukaan yang terjadi. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode rasional. Metode ini banyak digunakan untuk sungai- sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit. Bentuk persamaan umum dari metoda rasional adalah sebagai berikut :

$$Q_p = (0,002778) \times C \times I \times A \quad (2.13)$$

Dimana :

- $Q_p$  = laju aliran permukaan (debit) puncak ( $m^3/detik$ )  
 C = koefisien aliran permukaan tergantung pada karakteristik DAS ( $0 \leq C \leq 1$ ).  
 I = intensitas curah hujan (mm/jam)  
 A = luas DAS ( ha )

Koefisien limpasan permukaan ditentukan oleh beberapa parameter yaitu, tekstur tanah, kemiringan daerah dan jenis tutupan lahan.

Keuntungan menggunakan metode rasional adalah kemudahannya dalam memberikan informasi perkiraan limpasan permukaan tanpa mengkhawatirkan sedikitnya data yang tersedia. Untuk daerah-daerah dengan data hidrologi yang terbatas, metode ini sangat baik untuk diterapkan.

### 2.2.12 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran seperti disajikan pada Tabel 2.4. berikut, didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien tersebut sangat tergantung pada faktor-faktor fisik. Harga koefisien pengaliran (C) untuk berbagai kondisi permukaan tanah dapat ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2.5 Koefisien Pengaliran Metode Rasional

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
<b>Perkantoran</b>		<b>Tanah lapang</b>	
Daerah pusat kota	0,70-0,95	Berpasir, datar, 2%	0,05-0,10
Daerah sekitar kota	0,50-0,70	Berpasir, agak rata, 2-7%	0,10-0,15
<b>Perumahan</b>		Berpasir, miring, 7%	0,15-0,20
Rumah tinggal	0,30-0,50	Tanah berat, datar, 2%	0,13-0,17
Rumah susun, terpisah	0,40-0,60	Tanah berat, agak datar, 2- 7%	0,18-0,22
Rumah susun, bersambung	0,60-0,75	Tanah berat, miring, 7%	0,25-0,35
Pinggiran kota	0,25-0,40	<b>Tanah pertanian, 0-30%</b>	
<b>Daerah industri</b>		Tanah kosong	
Kurang padat industri	0,50-0,80	Rata	0,03-0,60
Padat industri	0,60-0,90	Kasar	0,20-0,50
Taman,kuburan	0,10-0,25	Ladang Garapan	
Tempat bermain	0,20-0,35	Tanah berat, tanpa vegetasi	0,30-0,60
Daerah stasiun KA	0,20-0,40	Tanah berat, dengan vegetasi	0,20-0,50
Daerah tak berkembang	0,10-0,30	Berpasir, tanpa vegetasi	0,20-0,25
<b>Jalan Raya</b>		Berpasir, dengan vegetasi	0,10-0,25
Beraspal	0,70-0,95	Padang Rumput	
Berbeton	0,80-0,95	Tanah berat	0,15-0,45
Berbata bata	0,70-0,85	Berpasir	0,05-0,25
Trotoar	0,75-0,85	Hutan/bervegetasi	0,05-0,25
Daerah beratap	0,75-0,95	<b>Tanah Tidak Produktif, &gt; 30%</b>	
		Rata, kedap air	0,70-0,90
		Kasar	0,50-0,70

Sumber : Asdak, 1995

Untuk daerah pengaliran yang terdiri atas beberapa jenis tata guna lahan, maka nilai C diambil harga rata-ratanya sesuai dengan bobot luasan dengan luasannya dengan rumus:

$$C_{gab} = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.14)$$

Dimana :

$C_{gab}$  = Koefisien C rata-rata

$C_1, C_n$  = Koefisien C masing-masing sub area

$A_1, A_n$  = Luas masing-masing sub area

### 2.2.13 Waktu Mengalir pada Permukaan Tanah menuju Saluran Terdekat (tof, Time of Overland Flow)

Adalah waktu limpasan atau pengaliran air hujan sebelum masuk ke saluran terdekat. Dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004).

$$tof = \frac{0.0195 \sqrt{\frac{L_o}{S_o}}^{0.77}}{60} \quad (2.15)$$

Dimana ;

$t_{of}$  = waktu aliran di dalam saluran (jam)

$L$  = panjang saluran (m)

$S_o$  = kemiringan saluran

### 2.2.14 Waktu mengalir pada saluran ( $t_d$ , Time of Drain)

Adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir selama berada di dalam saluran, sampai pada titik pengamatan yang ditentukan. Dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$td = \frac{L}{V} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}} \quad (2.16)$$

Dimana:

$t_d$  = waktu aliran di dalam saluran (jam)

$L$  = panjang saluran (m)

$V$  = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

### 2.2.15 Waktu Konsentrasi ( $t_c$ , Time of Concentration)

Adalah waktu yang dibutuhkan air hujan untuk mengalir dari mulai titik terjauh hingga titik pengamatan. Pada daerah terbangun, waktu konsentrasi terdiri terdiri dari waktu yang diperlukan air

untuk menuju ke saluran terdekat ( $t_{of}$ ) dan waktu mengalir dari saluran ke suatu tempat yang ditinjau ( $t_d$ ). Dirumuskan sebagai berikut:

$$t_c = t_{of} + t_d \quad (2.17)$$

Dimana:

- $t_c$  = Time of Concentration (jam)  
 $t_{of}$  = Time of Overland Flow (jam)  
 $t_d$  = Time of Drain (jam)

### 2.2.16 Intensitas Hujan (I)

Adalah curah hujan rata-rata dari hujan yang mempunyai lama waktu yang sama dengan lama waktu konsentrasi ( $t_c$ ) pada Periode Ulang Hujan (PUH) tertentu. Lama waktu konsentrasi untuk berbagai daerah adalah berbeda-beda dan PUH yang harus dipilih untuk menentukan intensitas hujan rencana pada tiap-tiap daerah juga tidak selalu sama (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

### 2.2.17 Luas Daerah Pengaliran (A)

Adalah curah daerah tempat kejadian hujan sehingga seluruh air hujan jatuh di suatu daerah tertangkap di suatu titik tunjauan tertentu. Luas daerah pengaliran ini dihitung berdasarkan catchment area yang masuk menjadi beban pada saluran drainase (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

### 2.2.18 Kemiringan Medan Limpasan (So, Slope of Overland Flow)

Kemiringan dari aliran pada daerah yang kita tinjau. Kemiringan ini dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$S = \left( \frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \quad (2.18)$$

Persamaan di atas diturunkan dari rumus kecepatan berikut

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.19)$$

### 2.2.19 Analisa Hidrolika

Analisa ini dilakukan setelah debit rencana diketahui. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perencanaan teknis sistem drainase berdasarkan pertimbangan kapasitas saluran yang

ada. Menurut Suripin (2004), persamaan yang digunakan untuk melakukan analisis tampang adalah dengan metode Manning dari Robert Manning.

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.20)$$

Dimana nilai A dan P didapat dari persamaan berikut

$A = (B + mh) h$  — saluran trapesium

$A = B \times h$  — saluran persegi

$P = B + 2h + \sqrt{1 + m^2}$  — saluran trapesium

$P = B + 2h$  — saluran persegi

nilai m didapat dari:

$$m = \frac{B-b}{2 \times H} \quad (2.21)$$

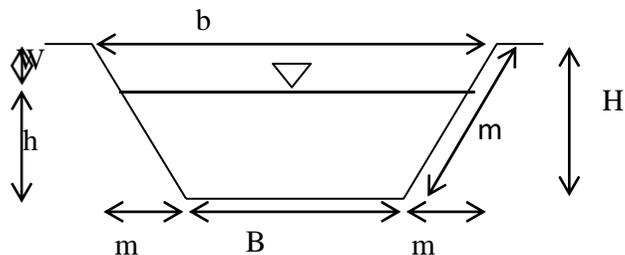
Kemudian dihitung debit kapasitas saluran menggunakan persamaan berikut:

$$Q = V \cdot A \quad (2.22)$$

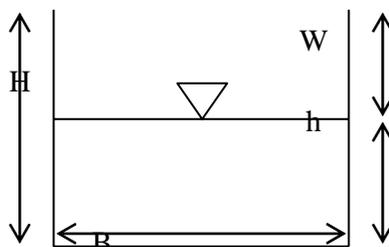
Dimana nilai V didapat dari persamaan berikut:

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

$$S = \left( \frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2$$



Gambar 2.6 Jenis Penampang Trapesium (Suripin, 2004)



Gambar 2.7 Jenis Penampang Persegi (Suripin, 2004)

Keterangan:

- Q = Debit rencana ( $m^3/detik$ )
- V = Kecepatan aliran ( $m/detik$ )
- A = Luas Penampang Basah ( $m^3$ )
- B = Lebar dasar saluran (m)
- b = Lebar atas saluran (m)
- h = Kedalaman air (m)
- H = Kedalaman saluran (m)
- W = Tinggi jagaan (m)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- P = Keliling basah (m)
- n = Koefisien kekasaran Manning
- S = Kemiringan saluran

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) sesuai dengan bahan saluran dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Koefisien Kekasaran Manning

No	Bahan Saluran	Koefisien Kekasaran n
1	Pasangan batu bata diplester halus	0,010 - 0,015
2	Pasangan batu bata tidak diplester	0,012 - 0,018
3	Pasangan batu kali dihaluskan	0,017 - 0,030
4	Pasangan batu kali tidak dihaluskan	0,023 - 0,035
5	Beton dihaluskan (finished)	0,011 - 0,015
6	Beton cetak tidak dihaluskan (unfinished)	0,014 - 0,020
7	Beton pada galian beton yang rapi	0,017 - 0,020
8	Beton pada galian beton yang tidak dirapikan	0,022 - 0,027
9	Tanah galian yang rapi	0,016 - 0,020
10	Tanah galian berbatu yang dirapikan	0,022 - 0,030
11	Tanah galian yang sedikit ditumbuhi rumput	0,022 - 0,033
12	Galian pada batuan yang keras	0,025 - 0,040

Sumber : Chow, 1989

### 2.2.20 Kriteria Desain

Untuk desain saluran drainase perkotaan harus menggunakan analisa hujan berdasarkan periode ulang 2 tahun. Perencanaan dengan periode ulang yang lebih besar sering kali tidak dapat dibenarkan secara ekonomis, karena mengakibatkan perencanaan dimensi saluran dan bangunan penunjang yang lebih besar. Sebagai konsekuensinya akan mengakibatkan biaya pembebasan tanah dan pembongkaran bangunan yang lebih besar dan rentan munculnya masalah sosial. Kesepakatan yang bertujuan kearah pencapaian keadilan dan kewajaran akan memerlukan waktu yang sangat panjang dan seringkali bentuk pada suatu yang tidak mencapai kata sepakat dari berbagai pihak. Untuk meminimalisir masalah ini, maka kriteria desain harus ditetapkan. Namun pendekatan dari berbagai aspek diatas menjadi pertimbangan dalam penetapan kriteria desain dibawah ini. Kriteria desain yang akan digunakan untuk analisa drainase perkotaan kota Lamongan adalah sebagai berikut :

- 1 Batas-batas genangan yang dapat diterima untuk perencanaan jalan
- 2 Periode Ulang Perencanaan untuk saluran primer digunakan periode ulang 10 tahun dan untuk saluran sekunder digunakan periode ulang 5 tahun.
- 3 Dimensi penampang saluran yang ditetapkan harus mampu untuk melewati debit banjir rencana ditambah tinggi jagaan dalam kondisi kapasitas penuh (full bank capacity).
- 4 Dalam merencanakan saluran drainase, sedapat mungkin menggunakan trase yang sudah ada. Perkecualian aturan ini dapat dilakukan bila kawasan tersebut mempunyai kerapatan drainase yang rendah.
- 5 Sedapat mungkin tidak melakukan peninggian tanggul saluran untuk memenuhi syarat tinggi jagaan, karena peninggian tersebut akan menghalangi aliran lateral.
- 6 Perhitungan debit banjir rencana yang digunakan untuk penentuan kapasitas saluran menggunakan metode Rasional dan Hidrograf yang didapat dari hidrograf satuan sintetis Nakayasu.
- 7 Perhitungan hidrolika untuk saluran tersier dan saluran sekunder untuk pematasan kecil menggunakan metode analitis dengan menganggap bahwa pada aliran pada saluran adalah

aliran seragam. Rumus yang digunakan untuk perencanaan saluran adalah rumus Manning. Sifat aliran pada perhitungan ini diasumsikan aliran permanen (steady flow).