

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Bangli terletak di tengah-tengah Pulau Bali, merupakan satu-satunya kabupaten yang tidak memiliki pantai. Secara topografi Kabupaten Bangli berada di daerah ketinggian, sehingga curah hujan yang ada cukup tinggi. menyebabkan di Kabupaten Bangli sering terjadi banjir dan genangan, pada saat musim hujan. Kapasitas saluran yang kurang ideal juga merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan banjir di beberapa titik di wilayah perkotaan Kabupaten Bangli.

Seiring dengan pertumbuhan perkotaan yang amat pesat di Indonesia, permasalahan drainase perkotaan semakin meningkat pula begitu juga di Kabupaten Bangli. Pada umumnya penanganan drainase di banyak kota di Indonesia masih bersifat parsial, sehingga tidak menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan secara tuntas. Pengelolaan drainase perkotaan harus dilaksanakan secara menyeluruh, dimulai tahap perencanaan, konstruksi, operasi dan pemeliharaan, serta ditunjang dengan peningkatan kelembagaan, pembiayaan serta partisipasi masyarakat.

Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang cepat menimbulkan tekanan terhadap ruang dan lingkungan untuk kebutuhan perumahan, kawasan jasa dan fasilitas pendukungnya, yang selanjutnya mengubah lahan terbuka dan lahan basah menjadi lahan terbangun. Perkembangan kawasan terbangun yang sangat pesat sering tidak terkendali dan tidak sesuai lagi dengan tata ruang maupun konsep pembangunan yang berkelanjutan, mengakibatkan banyak kawasan-kawasan rendah yang semula berfungsi sebagai tempat penampungan air

semetara (*retarding pond*) dan bantaran sungai berubah menjadi tempat hunian penduduk.

Semakin berkurangnya daerah terbuka di kawasan perkotaan yang dapat difungsikan sebagai lahan peresapan air dan didukung pula oleh menurunnya kondisi saluran drainase baik kapasitas, system operasi, maupun pengelolaannya telah menyebabkan timbulnya berbagai masalah di sektor drainase kota. Hal tersebut bisa berdampak pada rendahnya kemampuan drainase perkotaan.

Untuk mencapai tingkatan kehidupan masyarakat yang nyaman dan sehat diperlukan suatu sistem infrastruktur perkotaan yang baik. Sebagai kabupaten yang berkembang, Kabupaten Bangli masih mempunyai permasalahan pada salah satu infrastruktur kota yaitu sistem drainase perkotaannya. Masalah ini harus segera ditangani guna mencegah permasalahan pada infrastruktur lainnya. Masalah yang terjadi pada beberapa titik di pusat kota Bangli adalah genangan air. Genangan air terjadi apabila sistem yang berfungsi untuk menampung genangan itu tidak mampu mengalirkan debit yang masuk akibat sidimentasi, debit aliran air yang meningkat atau kombinasi dari keduanya.

Dengan mengacu pada masalah masalah yang terjadi pada sistem drainase Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai ruas selatan Lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Bangli inilah yang menarik penulis untuk melakukan analisis terhadap kinerja sistem drainase akibat terjadinya sidementasi dan dimensi saluran yang tidak ideal di ruas Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai ruas selatan lapangan Kapten Mudita - patung Adipura Bangli.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah yang diambil adalah :

1. Bagaimana kinerja sistem drainase di ruas Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Bangli saat ini?
2. Berapa dimensi ideal saluran drainase di ruas jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Kabupaten Bangli?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis kinerja saluran drainase di ruas Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Bangli saat ini.
2. Untuk mengetahui dimensi ideal saluran drainase di ruas jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita sampai dengan Patung Adipura Kabupaten Bangli.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberikan tambahan informasi kepada peneliti, menjadikan bahan referensi dan rekomendasi untuk pemerintah Kabupaten Bangli melalui Dinas Terkait, dan masyarakat di sekitar penelitian.

Manfaat tersebut antara lain adalah :

1.4.1. Manfaat untuk peneliti (Mahasiswa) :

1. Menambah ilmu pengetahuan terkait dengan Kinerja Sistem Drainase jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - patung Adipura Kabupaten Bangli
2. Mampu mendisain dimensi ideal saluran drainase jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - patung Adipura Kabupaten Bangli

1.4.2. Manfaat untuk Masyarakat :

1. Meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai sistem drainase yang aman dari genangan dan banjir saat hujan turun di sekitar jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Kabupaten Bangli,
2. Masyarakat sadar akan penting kebersihan dan kelancaran saluran drainase drainase di jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Kabupaten Bangli.

1.4.3. Manfaat untuk Instansi terkait :

1. Menjadi rekomendasi kebijakan Pemerintah Kabupaten Bangli mengenai sistem kinerja saluran drainase di jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Kabupaten Bangli .
2. Menjadi referensi oleh dinas terkait dalam perencanaan sistem drainase di jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Kabupaten Bangli .

1.5. Batasan Masalah

Untuk menganalisis kinerja saluran sistem drainase kinerja sistem drainase diruas Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang lapangan Kapten Mudita - patung Adipura Kabupaten Bangli, maka dalam hal ini perlu dibatasi permasalahannya sebagai berikut :

1. Kinerja sistem Drainase befokus pada pembahasan evaluasi tahun ini dan perhitungan siklus hidrologi 10 tahun berikutnya mengenai kinerja sistem saluran drainase diruas Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Kabupaten Bangli.
2. Dimensi ideal saluran Drainase fokus pada pembahasan mengenai desain yang berdimensi ideal dengan bahan beton precast dan kualitas yang lebih kuat dalam jangka panjang.
3. Kinerja saluran existing saat ini pada saluran drainase diruas Jalan Brigjen I Gusti Ngurah Rai sepanjang Lapangan Kapten Mudita - Patung Adipura Kabupaten Bangli .
4. Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan Stasiun Pengotan, Stasiun Klungkung dan Stasiun Rendang.
5. Data curah hujan yang digunakan adalah perhitungan selama 10 tahun sebelumnya mulai dari tahun 2011 s/d 2020.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Drainase

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air penerima (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan). Selain pengertian di atas drainase secara umum juga dapat didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air dalam satu konteks pemanfaatan tertentu, baik yang berasal dari hujan, rembesan maupun yang lainnya di suatu kawasan, sehingga fungsi kawasan tidak terganggu.

Menurut Suripin (2004) dalam bukunya yang berjudul Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. 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 sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu

unsur dari prasana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan bangunan resapan.

Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini antara lain (Suripin, 2004) :

1. Mengeringkan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
2. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
3. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
4. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

2.2. Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu dan/atau merugikan masyarakat (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan) selain itu juga ada beberapa pertimbangan lain di luar teknis seperti tuntutan akan terjaganya keindahan kota, kesehatan lingkungan dan lain sebagainya yang akan menentukan perencanaan bentuk, letak dan sifat dari drainase perkotaan itu sendiri. Berikut fungsi dari beberapa drainase perkotaan sendiri adalah :

1. Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif.
2. Mengalirkan air permukaan ke badan air penerima terdekat secepatnya.

3. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
4. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian tanah (konservasi air).
5. Melindungi sarana dan prasaran yang telah dibangun.

2.2.1. Sarana Drainase Perkotaan

Berdasarkan Lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Sarana dan prasarana drainase perkotaan dapat dibagi menjadi beberapa bagian :

1. Berdasarkan Prinsip Dasar Drainase Perkotaan :

Air hujan yang jatuh di suatu daerah perlu ditampung, diresapkan dan dialirkan dengan cara pembuatan tampungan, fasilitas resapan dan saluran drainase. Sistem saluran drainase di atas selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar yaitu ke badan air penerima

2. Fungsi Drainase Perkotaan Secara Umum adalah sebagai berikut :
 - a. Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan air sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.
 - b. Mengalirkan air permukaan ke badan air penerima terdekat secepatnya.
 - c. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
 - d. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah (konservasi air).
 - e. Melindungi prasarana dan sarana perkotaan yang sudah terbangun.

3. Fungsi Drainase Perkotaan Berdasarkan Fisiknya :

- a. Saluran primer adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran sekunder dan menyalurkannya ke badan air penerima;
- b. Saluran sekunder adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran tersier dan menyalurkannya ke saluran primer;
- c. Saluran tersier tersier adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran penangkap menyalurkannya ke saluran sekunder;

2.2.2. Sistem Drainase Perkotaan

Standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan terdiri dari tiga macam, yaitu : (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan)

1. Sistem drainase lokal

Yang dimaksud sistem drainase lokal adalah saluran awal yang melayani suatu kawasan kota tertentu seperti komplek, areal pasar, perkantoran, areal industri dan komersial. Pengelolaan system drainase lokal menjadi tanggung jawab masyarakat, pengembang/pengelola kawasan atau instansi lainnya.

2. Sistem drainase utama

Yang dimaksud sistem drainase utama adalah jaringan saluran drainase primer, sekunder, tersier beserta bangunan pelengkapanya yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat. Pengelolaan sistem drainase utama merupakan tanggung jawab pemerintah kabupaten/kota.

3. Pengendalian banjir (*Flood Control*)

Pengendalian banjir adalah usaha untuk mengendalikan air sungai yang melintasi wilayah kota, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan kehidupan manusia.

2.2.3. Sistem Jaringan Drainase Perkotaan

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas dua bagian :

1. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran atau badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai.

2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, seluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2,5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro

2.3. Jenis Drainase

Ada beberapa yang menjadi permasalahan dan kendala dalam sistem drainase perkotaan, yaitu masalah teknis dan non teknis. masalah teknis diantaranya, air hujan yang turun ke permukaan tanah masih dibuang "secepat-cepatnya" ke sungai. Air hujan yang turun tidak diberi kesempatan untuk meresap sebagai cadangan air tanah. Akibatnya tanah tak punya cadangan air, muka air tanah turun, kekeringan melanda. Sementara itu, sungai tidak lagi mengalirkan air bersih. Air sungai bercampur juga dengan air limbah, sedangkan masalah non teknisnya yaitu kurangnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah baik itu skala kecil maupun besar. Drainase merupakan salah satu factor pengembangan irigasi yang berkaitan dalam pengolahan banjir (*float protection*), sedangkan irigasi bertujuan untuk memberikan suplai air pada tanaman. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas.

Ada beberapa jenis drainase ditinjau dari cara terbentuknya diantaranya :

1. Jenis drainase ditinjau dari sejarah terbentuknya.
 - a. Drainase alamiah, yaitu saluran drainase yang terbentuk sebagai akibat adanya gerusan air yang mengikuti pola kontur tanah. Drainase ini biasanya terbentuk pada daerah yang cukup kemiringannya. Sehingga secara alamiah air akan mengalir dengan sendirinya dan masuk ke sungai-sungai yang ada dibawahnya. Pada kondisi tanah tertentu sebagian air akan meresap kedalam tanah (*infiltrasi*) dan dalam proses selanjutnya air akan mengalir sehingga menjadi aliran antara (*sub surface flow*) menuju ke

sungai. Atau bisa juga air tersebut akan masuk terus ke dalam tanah (*perkolasi*) hingga bercampur dengan air tanah dan mengalir sebagai aliran air tanah (*ground water flow*) menuju ke sungai-sungai.

b. Drainase buatan, adalah suatu sistem drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu serta merupakan hasil rekayasa yang berdasarkan hitungan-hitungan tertentu pula. Sistem Drainase ini ada karena merupakan salah satu rekayasa dalam penyempurnaan atau mengisi kekurangan sistem drainase alamiah yang telah ada.

1. Jenis drainase berdasarkan tata letak.

a. Drainase permukaan tanah, yaitu sistem drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah dimana pengaliran terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran.

b. Drainase bawah permukaan, yaitu sistem drainase yang dialirkan di bawah tanah (ditanam) biasanya disebabkan karena faktor artistik atau faktor kondisi lingkungan dimana dalam areal drainase tersebut tidak memungkinkan untuk mengalirkan air diatas permukaan tanah seperti pada lapangan olah raga, lapangan terbang, taman kota dan lain sebagainya.

2. Jenis drainase berdasarkan fungsinya.

a. Drainase *single purpose*, adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau limbah.

b. Drainase *multi purpose*, adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian. Misalnya campuran air hujan dan air limbah.

3. Jenis drainase berdasarkan konstruksinya.

- a. Drainase terbuka, adalah sistem saluran yang permukaannya terpengaruh dengan udara luar. Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan dan tidak mengganggu keindahan.
- b. Drainase tertutup, adalah sistem saluran yang permukaannya tidak terpengaruh dengan udara luar. Saluran ini biasanya digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan.

2.4. Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik kuantitas dan kualitas air di bumi menurut ruang serta waktu, termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan maupun manajemen. Serta Linsley (1986) mengatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air di bumi baik itu mengenai kejadiannya, jenis-jenis, sirkulasi, sifat kimia dan fisika serta reaksinya terhadap lingkungan maupun kehidupan.

2.5. Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan sebuah proses pengolahan data curah hujan, data topografi, data tata guna lahan dan data jumlah pertumbuhan penduduk yang mana masing-masing dari data tersebut dapat digunakan untuk mengetahui

besarnya intensitas hujan, koefisien pengaliran, luas daerah pengaliran dan debit air kotor. Sehingga dapat diketahui berapa besarnya debit banjir rencana. Kemudian dari debit banjir rencana inilah dapat dilakukan evaluasi terhadap saluran drainase yang ada.

2.5.1. Data Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Suroso 2006). Data curah hujan yang digunakan sekurang- kurangnya 10 tahun terakhir pengamatan yang diperoleh dari minimal 3 (tiga) stasiun pencatat curah hujan terdekat di lokasi perencanaan.

2.5.2. Pengujian Konsistensi Data Curah Hujan

Sebelum data curah hujan digunakan dalam analisa Hidrologi, terlebih dahulu harus dilakukan pengujian terhadap konsistensi data (*consistency test*).

Beberapa cara pengujian konsistensi data adalah :

1. Metode Rescaled Adjusted Partial Sum (Metode RAPS)

Metode yang digunakan untuk pengujian data yaitu metode RAPS (*Rescaled Adjusted partial Sums*) yaitu pengujian dengan menggunakan data hujan tahunan rata-rata dari stasiun yang sudah ditetapkan dengan melakukan pengujian kumulatif penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya. Persamaannya adalah sebagai berikut : (Sri Harto, 1993)

$$S_0^* = 0 \quad (2.1)$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (\bar{y} - y_i) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{Dy} \quad (2.3)$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \quad (2.4)$$

Nilai statistik Q dan R

$$Q = \text{Maks } |S_k^{**}| \text{ dengan } 0 \leq k \leq n \quad (2.5)$$

$$R = \text{Maks } S_k^{**} - \text{min } S_k^{**} \text{ dengan } 0 \leq k \leq n \quad (2.6)$$

Dengan melihat nilai statistik maka dapat dicari nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} .

Hasilnya dibandingkan dengan nilai Q/\sqrt{n} syarat dan R/\sqrt{n} . Data dikatakan masih dalam batasan konsisten jika Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} yang dihitung lebih kecil dari Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} syarat. (Sri Harto, 1993)

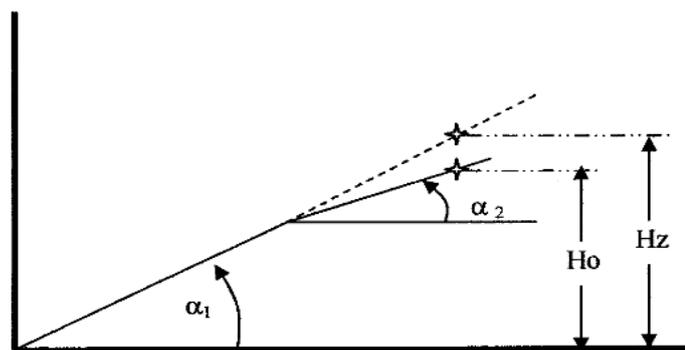
Tabel 2.1 Nilai Statistik Pengujian Rescaled Adjusted Partial Sums

n	$Q/n^{1/2}$			$R/n^{1/2}$		
	90 %	95 %	99 %	90 %	95 %	99 %
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.46	1.4	1.52	1.7
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.86

Sumber : Sri Harto, 1993.

2. Metode *Double Mess Curve* / Kurva Massa Ganda

Metode yang digunakan untuk mengoreksi data dengan cara *Double Mess Curve* yang menggambarkan grafik hubungan antara curah hujan kumulatif stasiun yang diuji dengan curah hujan kumulatif stasiun disekitarnya. Metode *Double Mess Curve* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Metode *Double Mess Curve*

Untuk garis horisontal adalah curah hujan kumulatif sekitar stasiun X dan untuk garis vertikal adalah curah hujan kumulatif stasiun X. Persamaan yang digunakan

$$\text{adalah : } H_z = \left(\frac{a_1}{a_2} \right) \times H_0 \quad (2.7)$$

Dimana :

H_z = Tinggi hujan setelah dikoreksi

H_0 = Tinggi hujan sebelum dikoreksi

Pengujian dengan metode ini menggunakan analisis regresi linier. Analisis regresi linier adalah hubungan secara linier antara satu variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y). Rumus regresi linier adalah : $Y = a + bX \dots (2.9)$

Dimana :

Y = Variabel dependen (nilai yang diprediksi)

X = Variabel Independen

a = Konstansta (nilai Y apabila $X = 0$)

b = Koefision regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

Menghitung konstanta (a) dengan rumus :

Keselarasan model regresi dapat diterangkan dengan menggunakan nilai R^2 semakin besar nilai tersebut maka model semakin baik. Jika nilai mendekati 1 maka model regresi semakin baik. Nilai R^2 mempunyai karakteristik antara lain selalu positif, nilai R^2 maksimal sebesar 1. Jika R^2 sebesar 1 akan mempunyai arti kesesuaian yang sempurna, maksudnya seluruh variasi dalam variabel Y dapat diterangkan oleh model regresi. Sebaliknya jika R^2 sama dengan 0 maka tidak ada hubungan linier antara X dan Y.

2.5.3. Perhitungan Curah Hujan

Dalam menentukan curah hujan rata – rata daerah ada tiga macam cara yang umum digunakan dalam menganalisa curah hujan rata – rata daerah di beberapa titik pengamatan, yaitu :

4. Metode Rerata Aljabar (Aritmetik)

Menurut Seyhan (1990: 55), metode rerata aljabar (aritmetik) adalah metode yang paling sederhana dan diperoleh dengan menghitung rata-rata aritmetik dari semua total penakar hujan disuatu kawasan. Metode ini sesuai untuk

kawasan-kawasan yang datar untuk DAS-DAS dengan jumlah penakar hujan yang besar yang didistribusikan secara merata pada lokasi-lokasi yang mewakili.

Rumusnya :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2.10)$$

Keterangan :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata rendah.

n = Jumlah titik atau pos pengamatan.

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = Curah hujan di tiap titik pengamatan.

1. Metode Poligon Thiessen

Menurut Seyhan (1990: 55), metode poligon theissen terdapat bisektor tegak lurus yang digambar melalui garis-garis lurus yang menghubungkan penakar-penakar hujan di dekatnya, dengan meninggalkan masing-masing penakar di tengah-tengah suatu poligon. Metode ini sesuai untuk kawasan-kawasan dengan jarak penakar-penakar presipitasi yang tidak merata, memerlukan stasiun-stasiun pengamat didekat kawasan tersebut, penamahan atau pemindahan suatu stasiun pengamat akan mengubah saluran jaringan, dan metode ini tidak memperhitungkan topografi.

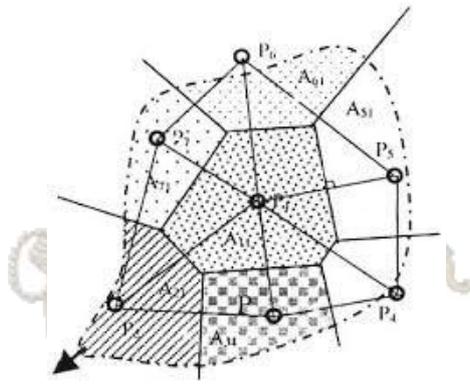
Rumusnya :

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.11)$$

Keterangan :

A = Luas areal.

- R = Curah hujan daerah.
- $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik-titik pengamatan.
- $A_1, A_2, R_3, \dots, A_n$ = Bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.



Gambar 2.2 Garis Poligon Thiessen

2. Metode Garis Isohyet

Menurut Seyhan (1990: 55-59), metode isohyet memungkinkan menghitung presipitasi dengan bantuan isohyet yang digambarkan pada kawasan tersebut. Luas daerah antara dua garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian juga harga rata-rata dari garis-garis isohyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

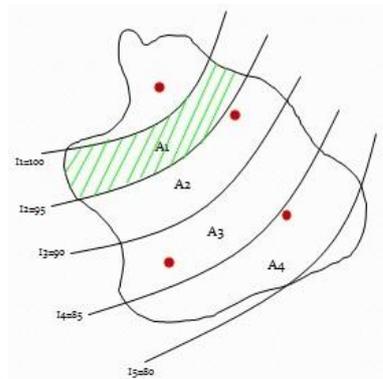
$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.12)$$

Keterangan :

- R = Curah hujan daerah.

$A_1 + A_2, \dots + A_n$ = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan.

$R_1 + R_2, \dots + R_n$ = Curah hujan setiap titik pengamatan.



Gambar 2.3 Garis Isohyet

2.5.4. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Analisis frekuensi dapat dilakukan untuk seri datayang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit, untuk memperoleh probabilitas besaran hujan/debit di masa yang akan datang.

Menurut Amin (2010) tahapan analisis frekuensi hujan dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. Menyiapkan data hujan yang sudah dipilih
- b. Data di urutkan dari kecil ke besar (atau sebaliknya)
- c. Hitung besaran statistik data yang bersangkutan (\bar{X}, s, Cv, Cs, Ck)

Dalam analisi 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 yaitu :

1. 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.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.13)$$

2. 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.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.14)$$

3. Koefisien asimetri (*skewness*) (Cs)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*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 kekanan atau kekiri. 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.

$$C_S = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (2.15)$$

4. Koefisien variasi (Cv)

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

$$C_V = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.16)$$

5. Koefisien kurtosis (Ck)

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (2.17)$$

Keterangan :

X_i = varian yang berupa hujan atau data debit

\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

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi.

Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi :

1. Distribusi Normal

Perhitungan curah hujan rencana menurut distribusi normal, mempunyai perumusan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.18)$$

Keterangan :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T – tahun.

\bar{X} = Harga rerata data.

S = Simpangan baku (standar deviasi).

K_T = Faktor frekuensi.

2. Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun dengan rumus :

$$X_T = \bar{X} + sK \quad (2.19)$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan untuk T tahun (mm).

S = Simpangan baku (standar deviasi).

\bar{X} = Harga rerata.

K = Faktor frekuensi.

3. Distribusi Log Person 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 Person Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi Person Log Tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritme. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan Log Person Tipe III sebagai berikut (Soemarto, 1999)

a. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \quad (2.20)$$

Hitung simpangan baku dengan rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2} \quad (2.21)$$

b. Hitung koefisien kemencengan dengan rumus :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (2.22)$$

c. Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu :

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot Sd \quad (2.23)$$

Keterangan :

Log X = Rata-rata logaritma data.

n = Banyaknya tahun pengamatan.

Sd = Standar deviasi.

G = Koefisien kemencengan.

K = Variabel standar (standardized variabel) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemiringan kemiringan G.

4. Distribusi Probabilitas Log Normal

Perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel, dilakukan dengan rumus-rumus berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{LogX}} + K_T \cdot S \text{ LogX} \quad (2.24)$$

Keterangan :

Log XT = nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T

$$\overline{\text{LogX}} = \text{nilai rata-rata dari Log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{LogXi}}{n} \quad (2.25)$$

$$S = \text{standar deviasi dari Log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} X)^2}{n-1}} \quad (2.26)$$

KT = Faktor Frekuensi, nilainya bergantung dari T

2.5.5. Kala Ulang Hujan

Perencanaan dalam mengatasi drainase pada umumnya ditentukan dengan suatu kala, misalnya 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, atau 100 tahun, sehingga drainase akan aman jika debit banjir yang terjadi tidak melebihi debit rencana kala ulang tersebut.

2.5.6. Intensitas Hujan

Menurut Suripin (2004) Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Untuk perhitungan intensitas curah hujan digunakan rumus Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2.27)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam).

R_{24} = curah hujan rencana setempat (mm).

t = lama waktu konsentrasi dalam jam.

Menurut Soemarto (1999) bahwa jika tidak ada waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau disebabkan oleh karena alatnya tidak ada, maka dapat ditempuh dengan cara empiris dengan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Metode Talbot

Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dan tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang terukur.

$$I = \frac{a}{t+b} \quad (2.28)$$

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a dan b = konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi di DAS.

$$a = \frac{\sum [I.t] \cdot \sum [I^2] - \sum [I^2.t] \cdot \sum [I]}{N \sum [I^2] - [\sum I]^2} \quad (2.29)$$

$$b = \frac{\sum I \cdot \sum [I.t] - \sum [I^2.t]}{N \sum [I^2] - [\sum I]^2} \quad (2.30)$$

2. Rumus Sherman

Rumus ini mungkin cocok untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam.

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (2.31)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a dan b = konstanta

$$\log a = \frac{\sum \log I \cdot \sum [\log t]^2 - \sum [\log t \cdot \log I] \sum \log t}{N \sum [\log t]^2 - [\sum \log t]^2} \quad (2.32)$$

$$b = \frac{\Sigma \log I \cdot \Sigma \log t - N \cdot \Sigma [\log t \cdot \log I]}{N \cdot \Sigma [\log t]^2 - [\Sigma \log t]^2} \quad (2.33)$$

3. Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (2.34)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a dan b = konstanta

$$a = \frac{\Sigma [I \cdot \sqrt{t}] \Sigma [I^2] - \Sigma [I^2 \cdot \sqrt{t}] \Sigma I}{N \cdot \Sigma [I^2] - [\Sigma I]^2} \quad (2.35)$$

$$b = \frac{\Sigma I \cdot \Sigma [I \cdot \sqrt{t}] - [I^2 \cdot \sqrt{t}]}{N \cdot \Sigma [I^2] - [\Sigma I]^2} \quad (2.36)$$

2.5.7. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik control yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Sehingga waktu konsentrasi dapat dihitung dengan (Suripin, 2004) :

$$t_c = t_o + t_d \quad (2.37)$$

Keterangan :

t_c = Waktu konsentrasi (mm).

t_o = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.

t_d = Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik control yang ditentukan dibagian hilir.

2.5.8. Dimensi Saluran

Penentuan dimensi saluran drainase dihitung dengan pendekatan rumus-rumus aliran seragam yang mana mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Dalamnya aliran, luas penampang aliran, kecepatan aliran dan debit aliran selalu dianggap tetap disetiap penampang lintang.
2. Garis energi dan dasar saluran selalu sejajar.

Saluran drainase dapat tertutup maupun terbuka sehingga rumus-rumus aliran seragam tetap berlaku. Terlebih dahulu harus ditetapkan kemiringan saluran. Biasanya kemiringan ini disesuaikan dengan keadaan lapangan dengan normalisasi seperlunya. Rumus-rumus yang digunakan adalah rumus *Stickler* yaitu sebagai berikut :

$$V = k \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (2.38)$$

Keterangan :

K = Koefisien kekasaran, diambil $K = 50$ untuk pasangan tepi.

R = Jari-jari hidrolis saluran dengan rumus :

$$R = \frac{A}{P}$$

A = Luas penampang basah (m^2).

P = Keliling penampang basah (m).

V = Kecepatan aliran (m/dt).

I = Kemiringan saluran.

Berdasarkan pada normalisasi kemiringan saluran maka saluran pembuangan dibagi dalam ruas-ruas yang memiliki kemiringan dan debit yang sama. Hasil pengukuran di lapangan dan hasil perhitungan debit banjir memberikan hasil L (kemiringan) dan Q (debit air).

Sedangkan untuk menentukan kapasitas saluran (Q) yang mengalir disaluran digunakan rumus kontinuitas sebagai berikut :

$Q = V \cdot A$

A = Luas penampang saluran.

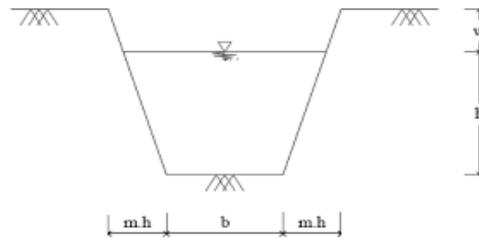
P = Keliling basah.

Q = debit aliran (m^3/dt).

2.5.9. Penampang melintang saluran

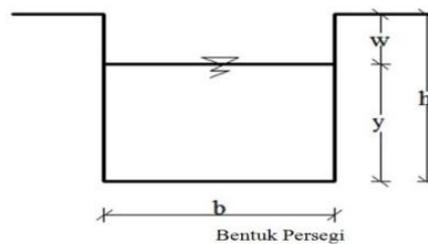
Penampang melintang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Hal ini perlu diperhatikan karena pada daerah permukiman padat lahan yang dapat dipergunakan sangat terbatas. Penampang saluran yang ideal sangat dipengaruhi oleh faktor bentuk penampang, sehingga perlu diperhatikan bentuk penampang saluran yang stabil. Bentuk penampang saluran berdasarkan kapasitas saluran yaitu :

a. Penampang trapesium



Gambar 2.4 Saluran bentuk trapesium (SNI 03-3424-1994)

b. Penampang persegi



Gambar 2.5 Saluran bentuk empat persegi panjang (SNI 03-3424-1994)

$$Q = A \cdot V \quad (2.39)$$

Keterangan :

Q = Debit aliran (m^3/dtk).

V = Kecepatan aliran (m/dtk).

A = Luas penampang basah (m^2).

2.5.10. Debit Air Hujan / Limpasan

Untuk debit rencana daerah perkotaan pada umumnya diinginkan pembuangan air yang secepatnya, agar tidak ada genangan air yang terhenti. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu koefisien run off (C), data intensitas curah hujan (I), dan catchment area (A). Untuk memenuhi tujuan ini saluran drainase harus dibuat sesuai dengan debit rancangan. Berikut perhitungan

besarnya debit banjir rencana dengan metode rasional menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3,6} C.I.A \quad (2.40)$$

Keterangan :

Q = debit banjir (m³/dtk).

C = koefisien pengaliran.

I = Intensitas hujan (mm/jam).

A = luas daerah pengaliran (km²).

Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran dan lain-lain. Tabel berikut menyajikan standar saluran drainase berdasarkan “Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis”

Tabel 2.2 Kriteria Desain Hidrologi sistem drainase perkotaan

LUAS DAS (ha)	PERIODE ULANG (tahun)	METODE PERHITUNGAN DEBIT BANJIR
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 - 5	Rasional
101 - 500	5 - 20	Rasional
> 500	10 - 25	Hidograf satuan

(Sumber : Suripin 2014).

2.6. Analisa Hidrograf Banjir

Sebaran hujan jam-jaman dipakai model mononobe dengan rumus :

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \quad (2.41)$$

Dimana

R_t = Intensitas hujan rata-rata dalam T jam

R_{24} = Curah hujan efektif dalam satu hari

t = Waktu mulai hujan

T = Waktu konsentrasi hujan

Dimana untuk daerah Indonesia rata-rata $t = 6$ jam.

Untuk perhitungan hujan jam-jaman menggunakan rumus :

$$\text{Curah hujan netto jam-jaman} = \text{Nisbah} \times c \times \left(\frac{R_{24}}{100}\right) \quad (2.42)$$

Keterangan :

c = Koefisien pengaliran

Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan.

Tabel 2.3 Koefisien Pengaliran

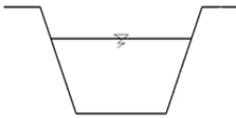
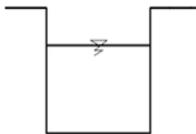
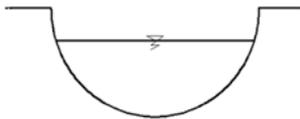
KAWASAN	TAT GUNA LAHAN	KETINGGIAN PENGALIRAN
Perkotaan	Kawasan Permukiman :	
	Kepadatan rendah	0,25 - 0,40
	Kepadatan sedang	0,40 – 0,70
	Kepadatan tinggi	0,70 – 0,80
	Dengan sumur resapan	0,20 – 0,30
	Kawasan perdagangan	0,90 – 0,95
	Kawasan industri	0,80 – 0,90
Perdesaan	Taman,jalur hijau, kebun dll	0,20 – 0,30
	Perbukitan	0.40 – 0.60
	Perbukitan, kemiringan < 20 %	0.50 – 0.60
	Kawasan jurang, kemiringan > 20 %	0.25 – 0.35
	Lahan dengan ”terasering” Persawahan	0.45 – 0.55

Sumber : Drainase Berwawasan Lingkungan, oleh A.Syarifidin, 2017

2.6.1. Bentuk Saluran Air Sistem Drainase

Aliran pada saluran terbuka terdiri dari saluran alam (*natural channel*), seperti sungai-sungai kecil di daerah hulu (pegunungan hingga sungai besar di muara dan saluran buatan (*artificial channel*), seperti saluran drainase tepi jalan, saluran irigasi untuk mengairi persawahan, saluran pembuangan, saluran untuk membawa air ke pembangkit listrik tenaga air, saluran untuk suplai air minum dan saluran banjir. Saluran buatan dapat berbentuk sebagai berikut :

Tabel 2.4 Bentuk – Bentuk Profil Saluran

No	Bentuk Saluran	Fungsinya
1	<p>Trapesium</p> 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar, sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil.
2	<p>Persegi</p> 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar, sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil.
3	<p>Segitiga</p> 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini digunakan pada lahan yang cukup terbatas.
4	<p>Setengah Lingkaran</p> 	Berfungsi untuk menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini umumnya digunakan untuk saluran rumah penduduk dan pada sisi jalan perumahan yang padat.

(Wesli,Ir.,2008, Drainase Perkotaan, Graha Ilmu, Yogyakarta).