

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Drainase

Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik air yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu (Suripin, 2004).

Drainase perkotaan merupakan prasarana kota yang intinya berfungsi selain untuk mengendalikan dan mengalirkan limpasan air hujan yang berlebihan dengan aman, juga untuk menyalurkan kelebihan air lainnya yang bersifat mengganggu dan mencemari lingkungan perkotaan, yaitu air limbah dan air buangan lainnya (Hardjosuprpto, 1998).

2.2 Fungsi Drainase

Fungsi sistem drainase, diantaranya adalah sebagai berikut (Hardjosuprpto, 1998) :

1. Meringankan daerah becek dan genangan air.
2. Mengendalikan akumulasi limpasan air hujan yang berlebihan dan memanfaatkan sebesar-besarnya untuk imbuhan air tanah.
3. Mengendalikan erosi, kerusakan jalan, dan kerusakan infrastruktur.
4. Mengelola kualitas air.

2.3 Faktor – Faktor Perencanaan

Dalam perencanaan suatu sistem drainase dibutuhkan beberapa aspek sebagai faktor-faktor perencanaan untuk suatu wilayah perencanaan. Aspek-aspek yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Aspek hidrologi;
 1. Penentuan debit rencana agar dihitung melalui kekerapan durasi deras hujan.
 2. Penentuan debit desain dan tinggi jagaan agar didasarkan pada: macam kota (kota-raya, kota-besar, kota sedang dan kota-kecil), macam daerah (daerah perdagangan, daerah industri dan daerah pemukiman), macam

saluran (saluran primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran jalan bebas hambatan, saluran jalan arteri dan lain-lain).

3. Penetapan karakteristik daerah aliran berupa luas daerah aliran, koefisien aliran, dan penetapan tinggi jagaan agar didasarkan pada jenis kota, daerah perdagangan, daerah industri, dan daerah pemukiman.
 4. Drainase perkotaan yang menggunakan bangunan stasiun pompa, perlu mempertimbangkan penyediaan waduk dan memperhitungkan volume total aliran serta waktu konsentrasi curah hujan.
- b. Aspek hidraulik;
1. Kecepatan maksimum aliran agar ditentukan tidak lebih besar dari pada kecepatanmaksimum yang diizinkan sehingga tidak terjadi kerusakan.
 2. Kecepatan minimum aliran agar ditentukan tidak lebih kecil dari pada kecepatanminimum yang diizinkan sehingga tidak terjadi pengendapan dan pertumbuhantanaman air.
 3. Bentuk penampang saluran agar dipilih berupa segi empat, trapezium, lingkaran,bagian dari lingkaran, bulat telur, bagian dari bulat telur, atau kombinasi daribentuk-bentuk tersebut;
 4. Saluran sebaiknya dibuat dengan bentuk majemuk, terdiri atas saluran kecil dansaluran besar, guna mengurangi beban pemeliharaan.
 5. Kelancaran pengaliran air dari jalan ke dalam saluran drainase agar dilewatkanmelalui lubang pematas yang berdimensi dan berjarak penempatan tertentu.
 6. Dimensi bangunan pelengkap seperti gorong-gorong, pintu air dan lubangpemeriksaan agar ditentukan berdasarkan kriteria desain sesuai dengan macammkota, daerah dan macam saluran;
- c. Aspek struktur.
1. Jenis dan mutu bahan bangunan agar dipilih sesuai dengan persyaratan desain,tersedia cukup banyak dan mudah diperoleh;
 2. Kekuatan dan kestabilan bangunan agar diperhitungkan sesuai dengan umur layanyang ditentukan.

(Permen Pekerjaan Umum No.12 Tahun 2014)

2.4 Dasar Perencanaan

Perencanaan suatu sistem drainase di perkotaan harus dibangun dengan memperhatikan prasaran dan fungsi sistem drainase yang berbasis pada konsep pembangunan berwawasan lingkungan. Sedangkan drainase berwawasan lingkungan dapat diartikan sebagai upaya mengalirkan dan meresapkan sebagian air hujan yang mengalir melewati saluran-saluran air hujan pada suatu kawasan atau lahan. Selain fungsi lahan tersebut tidak terganggu akibat banjir, air yang meresap dapat dijadikan cadangan sumber air (SNI 02-2406-1991).

2.5 Klasifikasi Saluran Drainase

Saluran drainase, baik yang alami maupun yang buatan, yang berada atau melintasi dalam wilayah administrasi kota, dibagi menjadi dua golongan, yaitu saluran drainase regional (makro) dan saluran drainase kota (mikro). Saluran drainase regional (makro) adalah saluran drainase yang berawal dari luar batas administrasi kota, awalan atau hulunya berada relatif jauh dari batas kota. Lajur salurannya melintasi dalam wilayah kota. Sedangkan saluran drainase kota adalah saluran drainase yang mempunyai hulu atau awalan aliran berada di dalam wilayah kota.

Saluran drainase kota dapat dibagi menjadi lima kelompok, sebagai berikut:

1. Saluran drainase kota I (induk utama), dimana mempunyai luas daerah pengaliran (DPS) lebih besar dari 100 ha.
2. Saluran drainase kota II (induk madya atau induk saja), dimana mempunyai luas DPS antara 50-100 ha.
3. Saluran drainase kota III (cabang utama), dimana mempunyai luas DPS antara 25-50 ha.
4. Saluran drainase kota IV (cabang madya atau cabang saja), dimana mempunyai luas DPS antara 5-25 ha juga dapat disebut saluran drainase sekunder.
5. Saluran drainase V (awalan), dimana mempunyai luas DPS antara 0-5 ha, juga dapat disebut saluran drainase tersier.

Saluran drainase induk (utama dan madya dengan $DPS > 50$ ha) dapat dikategorikan ke dalam sistem drainase mayor karena akibat kerusakan banjir dianggap besar, sedangkan saluran drainase cabang utama dan seterusnya ($DPS <$

50 ha) dapat dikategorikan ke dalam sistem drainase minor karena akibat kerusakan banjir dianggap kecil (Hardjosuprpto, 1998).

Berdasarkan sistem drainase mayor dan minor adalah sebagai berikut (Hardjosuprpto, 1998):

a. Sistem Drainase Minor

Sistem drainase minor adalah bagian dari sistem drainase yang menerima debit limpasan maksimum dari mulai aliran awal, yang terdiri dari inlet limpasan permukaan jalan, saluran dan parit drainase tepian jalan, gorong-gorong, got air hujan, saluran air terbuka dan lain-lain, yang didesain untuk menangani limpasan. banjir minor sampai DPS sama dengan 50 ha. Saluran drainase minor di desain untuk PUH 2-10 tahun, tergantung dari tata guna lahan disekitarnya.

b. Sistem Drainase Mayor

Selain untuk menerima limpasan banjir minor, sarana drainase harus dilengkapi dengan suatu saluran yang dapat mengantisipasi terjadinya kerusakan-kerusakan besar akibat limpasan banjir yang mungkin terjadi setiap 25-100 tahun sekali. Sarana sistem drainase mayor meliputi saluran alami dan buatan, daerah banjir, dan jalur saluran drainase pembawa aliran limpasan besar serta bangunan pelengkapannya.

2.6 Analisa Hidrologi

2.6.1 Penentuan Stasiun Utama

Penentuan stasiun utama ini dilakukan dengan Metode *Poligon Thiessen*. Metode *Poligon Thiessen* menggambarkan pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Metode ini menggunakan asumsi bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat dan cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5000 km² (Suripin, 2004).

2.6.2 Pelengkapan Data Curah Hujan

Perkiraan data curah hujan yang kosong memerlukan data-data curah hujan minimal dari dua stasiun hujan terdekat pada tahun yang sama, sebagai data pembanding. Data curah hujan yang hilang dapat dilengkapi dengan menggunakan metode Aljabar dan metode Perbandingan Normal. Penentuan

metode dilakukan dengan melihat persentase perbedaan data curah antara stasiun pembanding dengan stasiun yang kehilangan data (Hardjosuprpto,1998).

Metode Aljabar digunakan apabila perbedaan curah hujan tahunan antara stasiun pembanding dengan stasiun yang kehilangan data mempunyai perbedaan kurang atau sama dengan 10%. Jika perbedaan lebih besar dari 10%, dapat didekati dengan metode pembanding normal (Hardjosuprpto,1998).

2.6.3 Uji Konsistensi

Menurut Soewarno (1995), data itu harus tidak mengandung kesalahan dan harus dicek sebelum digunakan untuk analisis hidrologi lebih lanjut. Agar tidak mengandung kesalahan (*error*) dan harus tidak mengandung data kosong (*missing record*). Oleh karena itu harus dilakukan pengecekan kualitas data (*data quality control*). Beberapa kesalahan yang mungkin terjadi dapat disebabkan oleh faktor manusia, alat dan lokasi. Selain itu perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, pemindahan tempat stasiun pengukur hujan atau pemindahan alat pengukur, dan perubahan cara pengukur. Bila terjadi kesalahan maka data itu dapat disebut tidak konsisten (*inconsistency*). Uji konsisten berarti menguji kebenaran data. Data hujan disebut konsisten berarti data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar serata sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi.

Satu seri data hujan untuk satu stasiun tertentu, dimungkinkan sifatnya tidak konsisten (*inconsistence*). Data semacam ini tidak dapat langsung di analisis, karena sebenarnya data didalamnya berasal dari populasi data yang berbeda. Tidak konsistensinya data kumulatif rata-rata curah hujan pada stasiun- stasiun pembanding dapat terjadi yang disebabkan oleh:

- Alat ukur yang diganti atau dipindahkan dari tempatnya;
- Situasi lokasi penempatan alat ukur mengalami perubahan;
- Perubahan ekosistem terhadap iklim secara drastis misalnya akibat kebakaran ataupun pembakaran liar, dan;
- Kesalahan ekosistem observasi pada sekumpulan data akibat posisi atau cara pemasangan alat ukur yang tidak baik (Soewarno, 1995).

2.6.4 Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan untuk melihat persebaran data yang paling tepat dari data-data curah hujan yang tersedia. Uji homogenitas dilakukan agar data-data curah hujan yang disebabkan oleh hujan buatan tidak diikutsertakan dalam perhitungan analisa frekuensi, karena akan menimbulkan ketidakhomogenan data curah hujan (Soewarno, 1995).

Uji homogenitas biasanya dilakukan bila data-data pokok untuk studi diperoleh dari sekitar lebih dari sepuluh stasiun pengamat hujan (Hardjosuprpto,1998). Namun, untuk menyempurnakan perhitungan dan untuk mengikuti prosedur yang berlaku, maka tes homogenitas perlu dilakukan. Uji homogenitas ini dilakukan pada kurva tes homogenitas dengan mengplotkan data-data curah hujan terpilih. Apabila titik tersebut berada pada corong kurva, maka data tersebut bersifat homogen. Apabila tidak homogen, dapat dipilih sebagian dari data-data yang ada dan dihitung kembali kehomogenitasannya sedemikian rupa sehingga array baru yang terpilih bersifat homogen.

2.6.5 Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum

Sistem hidrologi terkadang dipengaruhi peristiwa ekstrem, seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrem berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa ekstrem kejadiannya sangat langka (Suripin, 2004).

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrem dan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi diasumsikan tidak bergantung dan terdistribusi acak Berikut ini tiga jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi (Suripin, 2004):

1. Metode *Gumbel*

Gumbel didasarkan pada distribusi harga ekstrim atau distribusi normal yang banyak digunakan di Indonesia, Adanya garis energi secara grafis maka Hujan Harian Maksimum (HHM) rencana dapat diperoleh, demikian juga nilai PUH.

2. Metode *Log Pearson Tipe III*

Distribusi ini digunakan untuk serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai oleh hampir semua distribusi probabilitas empiris.

3. Metode *Iway Kedoya*

Metode *Iway kadoya* ini disebut juga cara distribusi terbatas sepihak. Metoda ini berdasarkan pada metoda log normal. Prinsip dasarnya adalah merubah variable (x) dari kurva kemungkinan kerapatan dari curah hujan harian maksimum ke $\log x$ atau merubah kurva distribusi yang asimetris menjadi kurva distribusi normal.

2.6.6 Uji Kecocokan

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi sampel data yang dianalisis. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah chi-kuadrat. Uji chi-kuadrat dimaksud untuk menentukan apakah persamaan curah hujan yang telah dipilih mewakili sampel data curah hujan yang dianalisis (Suripin, 2004).

2.6.7 Analisis Intensitas Hujan

Analisis tahap ini dimulai dari data curah hujan harian maksimum yang kemudian diubah ke dalam bentuk intensitas hujan. Pengolahan data dilakukan dengan metoda statistik yang umum digunakan dalam aplikasi hidrologi. Data yang digunakan sebaiknya adalah data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan jam-jaman. Bila tidak diketahui data untuk durasi hujan maka diperlukan pendekatan empiris dengan berpedoman pada durasi enam puluh menit dan pada curah hujan harian maksimum yang terjadi setiap tahun. Cara lain yang lazim digunakan adalah mengambil pola intensitas hujan dari kota lain yang mempunyai kondisi yang hampir sama (Wurjanto, 1986) .

Metoda-metoda yang dapat digunakan untuk menganalisis intensitas hujan adalah sebagai berikut (Hardjosuprpto,1998):

1. Metode Van Breen

Metode Van Breen cocok digunakan untuk lokasi di Pulau Jawa dan kondisi umum di Indonesia. Durasi hujan harian adalah terpusat 4 jam dengan curah hujan efektif 90% dari hujan selama 24 jam.

2. Metode Bell Tanimoto

Data hujan dalam selang waktu yang panjang diperlukan dalam analisis data frekuensi hujan. Bila data ini tidak tersedia dan besarnya curah hujan selama enam puluh menit dengan periode ulang 10 tahun diketahui sebagai dasar, maka suatu rumus empiris yang disusun oleh Bell dapat digunakan untuk menentukan curah hujan dengan durasi 5 – 120 menit dan periode ulang 2 – 100 tahun.

3. Metode Hasper Der Weduwen

Metode ini merupakan hasil penyelidikan di Indonesia yang dilakukan oleh Hasper dan Der Weduwen. Penurunan rumus diperoleh berdasarkan curah hujan harian yang dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi yang simetris dengan durasi hujan (t) lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan dari 1 jam sampai 24 jam.

2.6.8 Penggambaran Kurva IDF

Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) atau *Intensity-Duration-Frequency Curve*. Diperlukan data curah hujan pendek misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit untuk membentuk kurva IDF (Suripin, 2004).

Kurva IDF digunakan untuk perhitungan limpasan (*run-off*) dengan rumus rasional untuk perhitungan debit puncak dengan menggunakan intensitas hujan yang sebanding dengan waktu pengaliran curah hujan dari titik paling atas ke titik yang ditinjau di bagian hilir daerah pengaliran tersebut. Kurva ini menunjukkan besarnya kemungkinan terjadinya intensitas hujan yang berlaku untuk lama curah hujan sembarang (Suripin, 2004).

2.7 Analisa Hidrolika

2.7.1 Periode Ulang Hujan (PUH)

PUH desain sistem drainase kota untuk berbagai tata guna lahan dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Periode Ulang Hujan Desain (Tahun)

No	Tata Guna Lahan/Kegunaan	T (tahun)
1	Saluran awalan pada daerah :	
	- Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	- Perdagangan, perkantoran, dan industri	5
2	Saluran minor	
	- DPS \leq 5 Ha (saluran tersier)	
	- Resiko kecil	2
	- Resiko besar	5
	- DPS 5 – 25 Ha (saluran sekunder)	
	- Tanpa Resiko	2
	- Resiko kecil	5
	- Resiko Besar	10
	- DPS 25 – 50 Ha (saluran primer)	
	- Tanpa resiko	5
	- Resiko kecil	10
- Resiko besar	25	
3	Saluran mayor	
	- DPS 50 – 100 Ha	
	- Tanpa resiko	5
	- Resiko kecil	10
	- Resiko besar	25
	- DPS \geq 100 Ha	
	- Tanpa resiko	10
	- Resiko sedang	25
- Resiko besar	50	
- Pengendalian banjir mayor/kiriman	100	
4	Gorong-gorong/jembatan	
	- Jalan biasa	5-10
	- Jalan <i>bypass</i>	10-25
	- Jalan bebas hambatan	25-50
5	Saluran tepi jalan	
	- Jalan lingkungan	2-5
	- Jalan kota	5-10
	- Jalan <i>bypass</i>	10-25

No	Tata Guna Lahan/Kegunaan	T (tahun)
-	Jalan bebas hambatan	25-50

(Sumber : Hardjosuprpto, 1998).

2.7.2 Luas Daerah Pengaliran (A)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam suatu luas daerah pengaliran adalah (Hardjosuprpto, 1998):

- Tata guna lahan eksisting dan pengembangannya dimasa mendatang
- Karakteristik tanah dan bangunan diatasnya
- Kemiringan tanah dan bentuk daerah pengaliran

2.7.3 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran diperoleh dari hasil perbandingan antar jumlah hujan yang jatuh dengan yang mengalir sebagai limpasan dalam permukaan tanah tertentu. Harga koefisien pengaliran dari berbagai tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Harga Koefisien Pengaliran Untuk Berbagai Penggunaan Tanah

No	Untuk Daerah/Permukaan	C
1	Perdagangan	
	- Pusat kota terbangun penuh pertokoan	0,70 - 0,95
	- Sekeliling pusat kota	0,50 - 0,70
2	Pemukiman	
	- Keluarga tunggal	0,30 - 0,50
	- Keluarga ganda (tidak kopel)/aneka ragam	0,40 - 0,60
	- Keluarga ganda (kopel)/aneka ragam	0,60 - 0,75
	- Pinggiran kota	0,25 - 0,40
	- Apartemen	0,50 - 0,70
	- Perumahan, dengan kerapatan bangunan rumah/ha	
	10 rumah/ha	0,45 – 0,55
	15 rumah/ha	0,50 – 0,65
	20 rumah/ha	0,60 – 0,7
	25 rumah/ha	0,65 – 0,75
	30 rumah/ha	0,75 – 0,85
3	Industri	

No	Untuk Daerah/Permukaan	C
	- Ringan	0,50 - 0,78
	- Berat	0,60 - 0,90
4	Taman, kuburan, hutan lindung	0,10 - 0,30
5	Lapangan Bermain	0,20 - 0,35
6	Pekarangan rel kereta api	0,20 - 0,40
7	Daerah tak terbangun	0,10 - 0,30
8	Jalan	
	- Aspal	0.70 – 0.95
	- Beton	0.80 – 0.95
	- Bata	0.70 – 0.85
9	Halaman parkir dan pejalan kaki/trotoar	0.75 – 0.85
10	Atap	0.75 – 0.95
11	Pekarangan dengan tanah pasir	
	- Dasar 2%	0.05 – 0.10
	- Reratan (2-7)%	0.10 – 0.15
	- Terjal 7%	0.15 – 0.20
12	Pekarangan dengan tanah keras	
	- Dasar 2%	0.13 – 0.17
	- Reratan (2-7)%	0.18 – 0.22
	- Terjal 7%	0.25 – 0.35
13	Tanah gundul	0.70 – 0.80
14	Lahan galian pasir	0.05 – 0.15

(Sumber : Hardjosuprpto, 1998).

2.7.4 Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi (t_c) adalah waktu yang diperlukan untuk air hujan mengalir dari daerah terjauh dalam DPS ke suatu titik atau profil melintang saluran yang akan ditinjau. Apabila nilai t_c lebih kecil dari durasi hujan (t_e), maka nilai intensitas hujan dianggap sama dengan lamanya hujan yaitu $t_c = t_e$ sehingga $I_c = I_e$. Untuk nilai t_e dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut (Hardjosuprpto, 1998).

Dalam drainase perkotaan pada umumnya, waktu konsentrasi (t_c) terdiri dari penjumlahan dua waktu, yaitu (Suripin, 2004):

- a. Waktu rayap pada permukaan tanah (t_0) adalah waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir pada permukaan tanah ke saluran terdekat.
- b. Waktu mengalir pada saluran (t_d) adalah waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari dalam saluran sampai dengan badan air penerima (sungai).

2.7.5 Kecepatan Aliran (v)

Penentuan kecepatan aliran air di dalam saluran yang direncanakan didasarkan pada kecepatan minimum yang diperbolehkan agar tidak terjadi pengendapan dan kecepatan maksimum yang diperbolehkan agar konstruksi tetap aman dari erosi pada dasar dan dinding saluran.

- Kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah $3,0 \text{ m}^3/\text{detik}$ merupakan kecepatan aliran terbesar yang tidak mengakibatkan penggerusan pada lahan saluran.
- Kecepatan minimum yang diperbolehkan $0,6 \text{ m}^3/\text{detik}$, yaitu kecepatan aliran terendah di mana tidak terjadi pengendapan pada saluran dan tidak mendorong pertumbuhan tanaman air dan gang-gang.

Tabel-tabel berikut menyajikan beberapa harga n Manning yang diperoleh dari berbagai sumber, sebagai bahan perbandingan.

Tabel 2. 3 Harga n Persamaan Manning pada Permukaan Tanah

Jenis Permukaan	n
Permukaan diperkeras	0,015
Permukaan tanah gundul	0,0275
Permukaan berumput sedikit	0,035
Permukaan berumput sedang	0.045
Permukaan berumput lebat	0,060

(Sumber : Hardjosuprpto, 1998).

Tabel 2. 4 Harga n Persamaan Manning

Jenis Saluran	Bagus sekali	Bagus	Cukup	Jelek
Saluran Buatan				
1. Saluran tanah, lurus teratur	0.017	0.020	0.023	0.025
2. Saluran tanah, digali alat besar	0.023	0.028	0.030	0.040
3. Seperti 1, tetapi dibatuan	0.023	0.030	0.030	0.035
4. Seperti 3, tidak lurus, tak teratur	0.035	0.040	0.045	-
5. Seperti 4, dengan ledakan, sisi	0.025	0.030	0.035	0.040

Jenis Saluran	Bagus sekali	Bagus	Cukup	Jelek
vegetasi				
6. Dasar tanah, sisi batu belah	0.028	0.030	0.033	0.035
7. Saluran berbelok-belok, v rendah	0.020	0.025	0.028	0.030
Saluran Alami				
1. Bersih, lurus, tanpa onggokan pasir dan tanpa lubang	0.025	0.028	0.030	0.033
2. Seperti 1, sedikit vegetasi dan kerikil	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Belok-belok, bersih, sedikit onggokan pasir dan lubang	0.033	0.040	0.040	0.045
4. Seperti 3, dangkal, kurang teratur	0.040	0.045	0.040	0.055
5. Seperti 3, sedikit vegetasi dan batu	0.035	0.040	0.045	0.050
6. Seperti 4, sedikit ada penampang batuan	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Lambat, banyak vegetasi dan lubang dalam	0.050	0.060	0.070	0.080
8. Banyak vegetasi tinggi dan lebat	0.075	0.100	0.125	0.150
Saluran Pasangan				
1. Pasangan batu kosong	0.025	0.030	0.033	0.035
2. Seperti 1, dengan adukan	0.017	0.020	0.025	0.030
3. Beton tumbuk	0.014	0.016	0.019	0.021
4. Beton, sangat halus	0.010	0.011	0.012	0.013
5. Beton biasa, cetakan baja	0.013	0.014	0.014	0.015
6. Seperti 5, cetakan kayu	0.015	0.016	0.016	0.018

Sumber: Kinori B.Z., 1970

2.7.6 Intesitas Hujan

Intesitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Intesitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intesitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis (Suripin, 2004).

2.7.7 Perhitungan Debit Banjir

Perhitungan debit banjir yang digunakan dalam menentukan perkiraan debit banjir adalah persamaan modifikasi rasional. Persamaan tersebut dipilih agar mudah dan sederhana dalam mencari parameter yang akan digunakan (Hardjosuprpto, 1998).

2.7.8 Penampang Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran harus di usahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan tertentu (Suripin, 2004).

Bila saluran dengan kekasaran n , kemiringan S , dan luas peampang basah tertentu mencapai debit maksimum, maka agar daya angkut aliran maksimal tercapai, penampang basah itu harus memiliki bentuk dengan jari-jari hidrolis maksimum pula. Bentuk penampang yang seperti ini disebut penampang/profil hidrolis umum (Hardjosuprpto, 1998). Parameter penentuan saluran hidrolis optimum dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Hubungan Dimensi Penampang Saluran

m	b/d	$d = \frac{d}{\sqrt{A}}$	$b = \frac{b}{\sqrt{A}}$	$B = \frac{B}{\sqrt{A}}$	$a = \frac{a}{\sqrt{A}}$	$p = \frac{p}{\sqrt{A}}$	$R = \frac{R}{\sqrt{A}}$	a°
0,00	2,0000	0,7071	1,4142	1,4142	0,7071	2,8284	0,35	90,00
0,50	1,2361	0,7590	0,9362	1,6972	0,8486	2,6352	0,38	63,50
0,51	1,1521	0,7598	0,8547	1,7567	0,8784	2,6321	0,38	60,00
1,00	0,8284	0,7396	0,6127	2,0919	1,0460	2,7044	0,37	45,00
1,25	0,7016	0,7158	0,5022	2,2917	1,1459	2,7939	0,36	38,60
1,50	0,6056	0,6891	0,4173	2,4846	1,2423	2,9021	0,34	33,50
1,75	0,5309	0,6621	0,3515	2,6689	1,3345	3,0206	0,33	30,00
2,00	0,4721	0,6361	0,3003	2,8444	1,4222	4,1446	0,32	26,50
2,50	0,3852	0,5887	0,2268	3,1702	1,5851	3,3971	0,29	21,80
3,00	0,3246	0,5485	0,1780	3,4690	1,7345	3,6467	0,27	18,40
4,00	0,2462	0,4853	0,1195	4,0019	2,0010	4,1213	0,24	14,00
5,00	0,1979	0,4386	0,0868	4,4728	2,2364	4,5597	0,22	11,30
6,00	0,1654	0,4027	0,0666	4,8990	2,4495	4,9961	0,20	9,50

Sumber: Kinori B.Z., 1970

2.7.9 Ambang Batas

Ambang bebas adalah jarak vertikal dari pucak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana. Ambang bebas merupakan jagaan untuk mencegah meluapnya air ke tepi saluran (Suripin, 2004) .

Tabel 2. 6 Harga CF untuk suatu rentang debit

Debit, Q (m ³ /dt)	Cf
$Q \leq 0.6$	0.14
$0.6 < Q \leq 8$	0.14 – 0.22
$Q > 8$	0.23 – 0.25

Sumber : Hardjosuprpto, 1998.

2.8 Perlengkapan Saluran

Perlengkapan saluran mencakup bangunan penunjang guna menjamin berfungsinya saluran drainase dengan baik (Joetata, 1997). Perlengkapan saluran sebagai sarana pelengkap digunakan untuk menunjang kinerja penyaluran air dari saluran drainase. Berikut adalah sarana pelengkap dari saluran drainase mencakup *street inlet*, gorong-gorong, dan bangunan pembuangan.

2.8.1 *Street Inlet*

Street inlet merupakan lubang di sisi-sisi jalan memiliki fungsi menyalurkan dan menampung limpasan air hujan yang berada di sepanjang jalan diarahkan masuk menuju kedalam saluran bawah tanah atau saluran samping. Jarak dan ukuran inlet tergantung pada debit limpasan. Pada saluran terbuka, tidak diperlukan adanya *street inlet*. Peletakan *street inlet* mempunyai ketentuan-ketentuan sebagai berikut (Hardjosuprpto, 1998). :

- Diletakkan pada tempat yang tidak memberikan gangguan terhadap transportasi lalu lintas dan pengguna jalan.
- Ditempatkan pada daerah yang rendah dimana air hujan menuju ke arah *street inlet*.
- Limpasan yang masuk ke *street inlet* harus dapat secepatnya menuju ke arah saluran.
- Jumlah *street inlet* harus cukup untuk dapat menangkap limpasan air pada jalan yang bersangkutan dengan adanya jarak diantara *street inlet*.

Persamaan yang dapat digunakan untuk pembuatan *street inlet* yaitu: (Hardjosuprpto, 1998)

$$D = \frac{280\sqrt{S}}{W} \quad (2.1)$$

Dimana:

D : Jarak antar *street inlet* (m), $D \leq 50$ m

S : Kemiringan (%)

W : Lebar jalan (m)

Terdapat 2 (dua) tipe *street inlet* yang dapat digunakan, yaitu:

a. Gutter Inlet

Tipe *inlet* ini merupakan bukaan horizontal dimana air jatuh ke dalam saluran. Kapasitas dari gutter inlet dapat ditentukan dengan persamaan manning untuk aliran dalam saluran dangkal, yaitu: (Hardjosuprpto, 1998)

$$Q = 0,56 \frac{z}{n} S^{1/2} d^{8/3} \quad (2.2)$$

Dimana:

Q : Kapasitas *gutter inlet* (m³/detik)

z : Kemiringan potongan melintang jalan (m/m)

n : Koefisien kekasaran manning

S : Kemiringan longitudinal *gutter inlet* (m/m)

d : Kedalaman aliran di dalam *gutter inlet* (m)

b. Curb Inlet

Tipe inlet ini merupakan bukaan vertical dimana air jatuh ke dalam saluran. Kapasitas dari *gutter inlet* dapat ditentukan dengan persamaan berikut yaitu: (Hardjosuprpto, 1998)

$$\frac{Q}{L} = 0,36 g d^{3/2} \quad (2.3)$$

Dimana:

Q : kapasitas *curb inlet* (m³/detik)

L : lebar bukaan *curb inlet* (m)

g : gaya gravitasi (m/detik²)

d : kedalaman total air di dalam *curb inlet* (m)

Tingginya air pada permukaan jalan dekat *gutter* atau *curb* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan: (Hardjosuprpto,1998)

$$d = \frac{0,0474 (D.I)^{0,5}}{S^{0,2}} \quad (2.4)$$

Dimana:

d: Kedalaman air (mm) pada $\frac{1}{4}$ lebar jalan

D : Jarak antar *street inlet* ($m^3/detik$)

I : Intensitas hujan (mm/jam)

S: Kemiringan jalan

2.8.2 Gorong-Gorong

Gorong-gorong adalah saluran yang memotong jalan atau media lain. Bentuk gorong-gorong terdiri dari bentuk lingkaran yang terbuat dari pipa beton dan bentuk segiempat dari beton bertulang (Permen PU 12 tahun 2014).

Gorong-gorong yang berfungsi mengatur perubahan kecepatan secara berangsur-angsur sehingga tidak terlalu banyak terjadi kehilangan tekanan (headloss). Gorong-gorong merupakan saluran tertutup yang berfungsi mengalirkan air dari jalan ke kanal penampungan, biasanya memiliki posisi melintang jalan dan ditempatkan di bagian bawah badan jalan. Dilihat dari fungsinya, dalam perencanaan drainase jalan raya dikenal 2 macam gorong-gorong, yaitu (Mulyono, 2017). :

- Gorong-gorong untuk mengalirkan air yang telah terkumpul pada bak penampung saluran samping, dan
- Gorong-gorong untuk mengalirkan air alur alam atau sungai kecil.

Perencanaan gorong-gorong perlu memperhatikan (Joetata, 1997) :

- Gorong-gorong harus cukup besar untuk melewati debit air maksimum dari daerah pengaliran.
- Kemiringan dasar gorong-gorong dibuat lebih besar dari saluran pembuangannya untuk dapat dengan mudah menggelontorkan sedimen.
- Keadaan aliran pada gorong-gorong.

Kehilangan tekanan aliran dalam gorong-gorong dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$H = H_v + H_e + H_f \quad (2.5)$$

$$H_v = \frac{V^2}{2g} \quad (2.6)$$

$$H_e = K_u \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (2.7)$$

$$H_f = \left(\frac{K_u \cdot n^2 \cdot L}{R^{1,33}} \right) \frac{V^2}{2g} \quad (2.8)$$

Dimana:

- H_v : Velocity head (m)
 H_e : Entrance loss (m)
 H_f : Friction loss (m)
 V : Kecepatan air didalam gorong-gorong (m/detik)
 g : Gaya gravitasi (m/detik²)
 L : Panjang gorong-gorong (m)
 R : Jari-jari hidrolis gorong-gorong (m)
 K_u : Nilai koefisien berdasarkan jenis konfigurasi inlet
 n : Koefisien kekasaran manning

2.8.3 Bangunan Pembuangan (Outfall)

Bangunan pembuangan atau biasa disebut dengan *outfall* merupakan ujung dari saluran yang diletakkan pada badan air penerima atau sungai. Penentuan dimensi bangunan ini dapat menggunakan persamaan manning dengan kecepatan aliran air yang direncanakan antara 6 – 10 m/detik. Persamaan yang dapat digunakan untuk bangunan pembuangan yaitu: (Chow, 1992)

$$Q = 0,35 b_1 \left(h + \frac{v^2}{29} \right) 2g \sqrt{\frac{v^2}{2g}} \quad (2.9)$$

Nilai v merupakan kecepatan aliran pada saluran, sedangkan kecepatan aliran pada bagian awal peralihan (V_1) dihitung dengan persamaan:

$$Q = A \cdot V_1 \quad (2.10)$$

$$A = \frac{2}{3} bh \quad (2.11)$$

Panjang pada bagian peralihan dihitung dengan persamaan:

$$L = \frac{H}{S} \quad (2.12)$$

$$V_2 - V_1 = m \sqrt{2gh} \quad (2.13)$$

Dimana:

- H : Perbedaan tinggi profil awal akhir pada bagian peralihan (m)
 S : Kemiringan Saluran (%)
 V_2 : Kecepatan aliran pada bagian normal (m/detik)
 V_1 : Kecepatan aliran pada bagian awal peralihan (m/detik)

2.9 Drainase Berwawasan Lingkungan dengan Usaha Konservasi Sumber Daya Air

Konsep dari drainase yang berwawasan lingkungan yaitu air hujan yang jatuh ke badan jalan harus secepatnya dialirkan ke saluran tepi jalan (menghindari tergenangnya air dipermukaan jalan). Konsep ini mengupayakan supaya air sebelum diteruskan dan disalurkan ke saluran pembuangan atau badan air sungai, maka air di usahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau (Suripin, 2004).

Metode drainase ramah lingkungan yang dapat dipakai di Indonesia, diantaranya adalah metode kolam konservasi, metode sumur resapan bersifat sebagai bangunan penahan air (kolam), serta biopori. Selain metode untuk mengkonservasi air, dapat juga melakukan pemeliharaan saluran drainase seperti dilakukannya pengerukan sedimen saluran drainase tipe terbuka yang dilakukan satu atau dua kali dalam setahun, biasanya dilaksanakan di musim kemarau (Permen PU 12 tahun 2014).

2.9.1 Sumur Resapan

Sumur resapan memanfaatkan air hujan yang jatuh dari atap atau jalanan kedap air untuk disalurkan meresap ke dalam tanah dengan suatu sistem resapan. Sumur resapan memberikan kapasitas tampungan untuk menampung air sebelum air diresapkan ke dalam tanah (Suripin, 2004).

Persyaratan umum penerapan sumur resapan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut (SNI 8456, 2017):

- a. Sumur resapan air hujan ditempatkan pada lahan yang relative datar dengan kemiringan maksimum $< 2\%$.
- b. Air yang masuk kedalam sumur resapan adalah limpasan air hujan.
- c. Penempatan sumur air hujan harus mempertimbangkan keamanan bangunan sekitarnya.
- d. Sumur resapan dan parit resapan air hujan bias dibuat secara individual dan komunal.
- e. Harus memperhatikan peraturan daerah setempat.
- f. Hal-hal yang tidak memenuhi ketentuan ini harus disetujui oleh instansi yang berwenang.