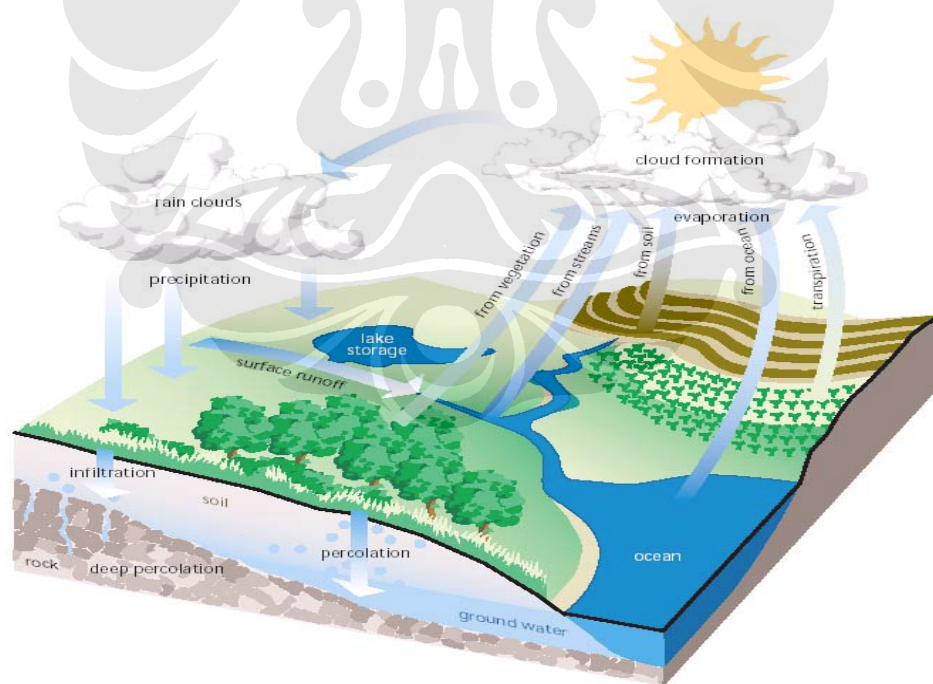


BAB II

DASAR TEORI

2.1 ASPEK HIDROLOGIS

Fenomena hidrologi adalah fenomena yang sangat rumit dan tidak akan pernah sepenuhnya bisa dimengerti. Daur hidrologi dapat disederhanakan sebagai suatu sistem, yang komponen-komponennya berupa curah hujan, penguapan, aliran dan tahapan-tahapan lain dari daur hidrologi. Komponen-komponen ini dapat dikelompokkan menjadi subsistem-subsistem dari daur keseluruhan guna menganalisis sistem keseluruhan.



Sumber: Stream Corridor Restoration

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Gambar diatas memperlihatkan daur hidrologi global yang disajikan berupa suatu sistem. Air yang meresap ke dalam tanah akan disimpan menjadi

cadangan air bawah tanah. Fungsi tanah sebagai tempat resapan air dapat dipertahankan apabila tanah tersebut ditumbuhi dengan berbagai tumbuhan. Dengan adanya kegiatan-kegiatan manusia seperti pembangunan maka daur hidrologi ini dapat terganggu siklusnya. Keseimbangan daur hidrologi dapat terganggu dengan adanya kegiatan pembangunan tadi.

2.1.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah banyaknya hujan yang turun pada suatu luasan tertentu yang dinyatakan dalam mm. Curah hujan yang diperoleh pada stasiun hujan kemudian dianalisa dengan analisa frekuensi untuk melihat sebaran yang ada. Analisa frekuensi adalah analisa yang dilakukan untuk menentukan atau memperkirakan kejadian curah hujan berdasarkan masa ulang peristiwa yang dapat diharapkan menyamai atau lebih besar dari pada rata-rata curah hujan. Namun kejadian waktu atau saat kejadian peristiwa itu sebenarnya tidak ditentukan. Analisa frekuensi yang digunakan berdasarkan metode Gumbel karena menggunakan sebaran nilai maksimalnya, dengan cara analitis.

- Rata-rata curah hujan :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Standar d eviasi, σ_x

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Rumus Gumble

$$X_{Tr,24} = \bar{X} + \frac{\sigma_x}{\sigma_N} (Y_T - Y_N) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana;

$X_{Tr,24}$ = Nilai curah hujan pada periode ulang Tr tahun

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan pada seri data tinjauan (mm)

σ_x = Standar deviasi

σ_N = Nilai reduksi standar deviasi, tergantung besarnya N tahun seri data

Y_T = Nilai reduksi variasi berdasarkan lama periode ulang

Y_N = Nilai reduksi rata-rata

Tabel 2.1. Harga Reduced Standar Deviation (σ_N)

M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Sumber; J NEMEC/Engineering hydrology

Tabel 2.2
Harga reduced mean (Y_N)

M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Sumber; J NEMEC/Engineering hydrology

Tabel 2.3.
Harga reduced Variated (Y_T)

Periode Ulang (tahun)	Reduced Variate (Y _T)
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
15	2.6844
20	2.9700
25	3.1985
50	3.9019

Sumber; J NEMEC/Engineering hydrology

2.1.2 Intensitas Hujan

Data curah hujan pada titik pengamatan dapat berupa data curah hujan harian, bulanan, atau tahunan. Data curah hujan yang dibutuhkan dalam perencanaan drainase yaitu tinggi curah hujan, intensitas hujan dan periode pencatatan curah hujan (durasi).

Untuk menentukan tinggi curah hujan rata-rata diatas wilayah tertentu dari beberapa pos pengamatan dapat dilakukan dengan tiga cara yang berbeda, yaitu :

a. *Metode rata-rata aritmatik*

Metode ini dapat memberika hasil yang dapat dipercaya jika pos pengamatannya ditempatkan secara merata didalam wilayah, dan hasil penakaran masing-masing pos pengamatan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos pengamatan diseluruh wilayah pengamatan.

Metode ini cocok digunakan untuk daerah yang datar dan memiliki pos pengamatan curah hujan yang rapat dan banyak.

Tinggi curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan rumus :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

d = tinggi curah hujan rata-rata

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

b. *Metode poligon thiessen*

Metode ini didasarkan rata-rata timbang/terbobot. Masing-masing pos pengamatan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak luruh terhadap garis penghubung diantara dua buah pos penghubung.

Metode ini digunakan pada daerah dengan distribusi pengamatan curan hujan yang tidak tersebar merata didalam wilayah pengamatan. Hasil analisa dengan metode ini lebih teliti apabila dibandingkan dengan cara rata-rata aritmatik, karena dalam menentukan curah hujan wilayah dengan metode ini akan diperhitungkan persentase luas pengaruh masing-masing pos pengamatan curah hujan. Luas pengaruh pos pengamatan yang digunakan adalah luas daerah yang berada di dalam daerah aliran sungai.

Rumus yang digunakan :

$$d = \frac{A_1d_1 + A_2d_2 + A_3d_3 + \dots + A_nd_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

- A_t = luas area total
- d = tinggi curah hujan rata-rata
- d_1, d_2, \dots, d_n = tinggi curah hujan di pos pengamatan 1, 2, ..., n
- A_1, A_2, \dots, A_n = luas area pengaruh di pos pengamatan 1, 2, ..., n

c. *Metode isohyet*

Metode ini adalah metode yang paling teliti untuk mendapatkan curah hujan wilayah rata-rata. Tetapi metode ini memerlukan pos pengamatan curah hujan yang cukup rapat atau banyak di dalam daerah pengamatan, sehingga memungkinkan untuk membuat kontur tinggi curah hujan atau garis-garis isohyet.

Untuk mendapatkan suatu hasil penggambaran garis-garis isohyet yang diharapkan maka perlu diperhatikan kondisi topografi daerah seperti pengaruh bukit atau .

Rumus dari metode ini :

$$d = \frac{A_1 \frac{d_0 + d_1}{2} + A_2 \frac{d_1 + d_2}{2} + \dots + A_n \frac{d_{n-1} + d_n}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{d_{i-1} + d_i}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

- d = tinggi curah hujan rata-rata
- d₀, d₁, ..., d_n = curah hujan pada isohyet 0, 1, ..., n
- A₁, A₂, ..., A_n = luas daerah yang dibatasi oleh isohyet yang bersangkutan.

Analisa frekuensi adalah analisa yang dilakukan untuk menentukan atau memperkirakan kejadian curah hujan berdasarkan masa ulang peristiwa yang dapat diharapkan menyamai atau lebih besar dari pada rata-rata curah hujan. Analisa frekuensi yang digunakan berdasarkan metode Gumbel, dengan cara analitis.

$$X_T = \bar{X} + \frac{\sigma_x}{\sigma_N} (Y_T - Y_N) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

- X_T = curah hujan harian maksimum sesuai dengan periode ulang T tahun
- \bar{X} = curah hujan harian maksimum rata-rata dari hasil pengamatan
- Y_T = *reduced variated*, yang besarnya tergantung pada periode ulang (T)
- Y_N = *reduced mean* yang besarnya tergantung pada jumlah tahun pengamatan
- σ_x = *Standard deviation* dari data pengamatan
- σ_N = *reduced standard deviation*, tergantung dari jumlah tahun pengamatan.

Sumber : "Hidrologi Teknik" C.D. Soemarto. 1999

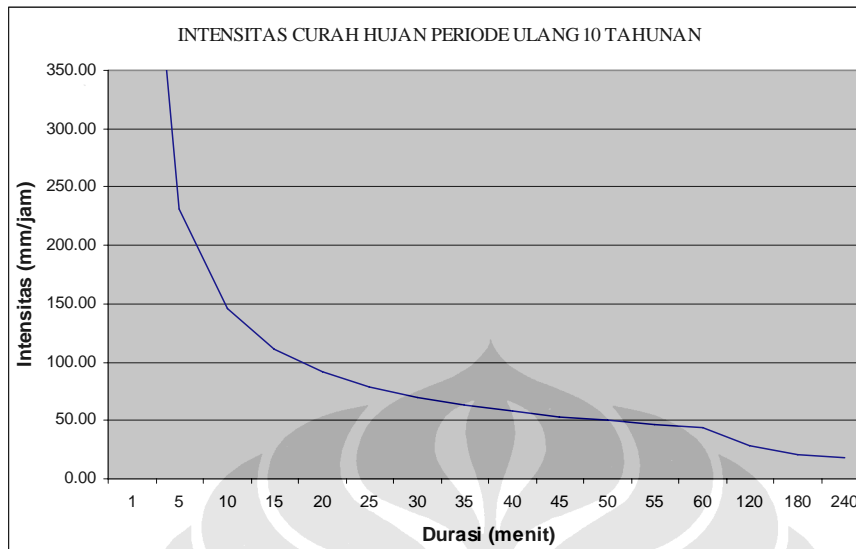
Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak sangat luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit (Sudjarwadi 1987). Sri Harto (1993) menyebutkan bahwa analisis IDF memerlukan analisis frekuensi dengan menggunakan seri data yang diperoleh dari rekaman data hujan. Jika tidak tersedia waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau disebabkan oleh karena alatnya tidak ada, dapat ditempuh cara-cara empiris dengan mempergunakan rumus-rumus eksperimental seperti rumus Talbot, Mononobe, Sherman dan Ishigura (Suyono dan Takeda 1993).

Intensitas curah hujan dapat dihitung berdasarkan rumus Mononobe yang merupakan variasi beberapa rumus intensitas curah hujan, rumus ini baik digunakan untuk curah hujan jangka pendek, setiap waktu berdasarkan curah hujan harian.

$$I = \frac{X_{Tr,24}}{24} \left(\frac{24}{T_d} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

- $X_{Tr,24}$ = curah hujan harian rencana dengan masa ulang (mm)
- T_d = waktu konsentrasi = T_c yaitu waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir dari lokasi terjauh lintasan Daerah Aliran Sungai (DAS) menuju outlet DAS
- I = intensitas hujan (mm/jam)



Gambar 2.2 Contoh lengkung IDF

Intensitas (I) diketahui dari lengkung IDF dengan waktu jujuh (duration = D) tertentu. Waktu jujuh (D) diasumsikan terjadi saat waktu puncak banjir (T_p) terjadi, sehingga waktu jujuh (D) sama dengan waktu konsentrasi (T_c).

T_c dapat dicari dengan persamaan Kirpich :

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

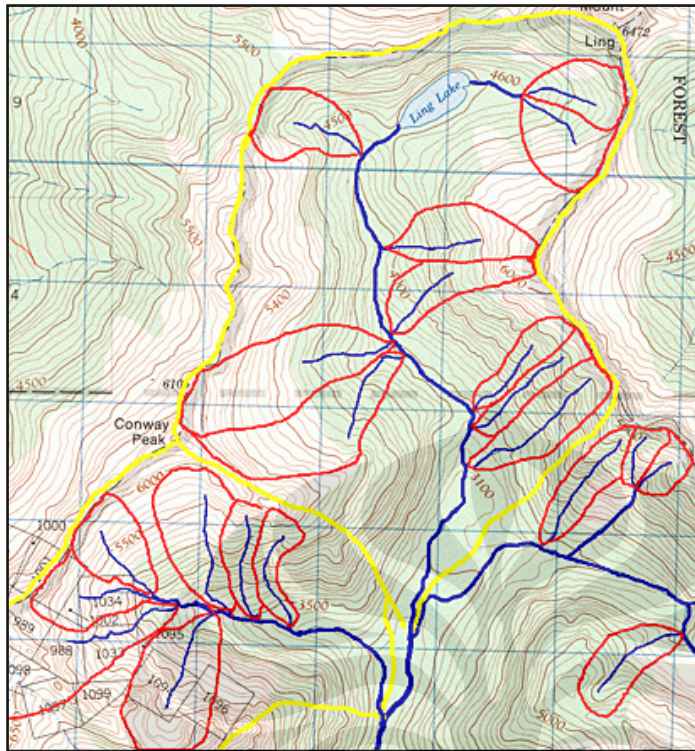
T_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang alur sungai (km)

S = Kemiringan alur sungai

2.1.3 Luas Daerah Aliran (A)

Luas daerah aliran adalah luas wilayah yang jika turun hujan limpasannya mengalir ke alur sungai yang diamati. Luas wilayah ini dapat ditentukan menggunakan planimeter terhadap area DAS yang telah ditentukan berdasarkan peta kontur wilayah pengamatan. Luas DAS juga dapat ditentukan dengan bantuan software Geographic Information System (GIS)



Gambar 2.3 Contoh DAS

Luas wilayah yang disarankan untuk menggunakan model rasional maksimum 0,8 km².

2.1.4 Debit Banjir

Banjir adalah suatu keadaan dimana saluran drainase mengalirkan air diatas kondisi batas normalnya. Debit banjir adalah besarnya kelebihan volume air dari batas normal yang melalui saluran drainase persatuan waktu.

Perkiraan debit banjir dilakukan dengan cara:

Metode Rasional

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah Metode Rasional USSCS (1973). Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya Metode Rasional

Cara ini merupakan cara tertua dalam menghitung debit banjir dari curah hujan, cara tersebut didasarkan atas rumus :

$$Q = C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

Q = Debit banjir yang terjadi (m^3/jam)

I = Intensitas hujan yang merata didaerah yang ditinjau (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran yang ditinjau (m^2)

C = Koefisien Pengaliran

Sumber : "Hidrologi Teknik" C.D. Soemarto. 1999.

Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata diseluruh DAS selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c) DAS. Jika asumsi ini terpenuhi, maka curah hujan dan aliran permukaan DAS tersebut dapat digambarkan dalam grafik. Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari (t_c), maka debit puncak yang terjadi lebih kecil dari Q_q karena seluruh DAS tidak dapat memberikan kontribusi aliran secara bersama pada titik kontrol (*outlet*). Sebaliknya jika hujan yang terjadi lebih lama dari t_c maka debit puncak aliran permukaan tetap sama dengan Q_p

2.1.5 Koefisien Pengaliran

Dalam perencanaan sistem drainase dibutuhkan suatu nilai koefisien aliran (C). Koefisien aliran adalah suatu angka yang memberikan pengertian berapa persen air yang mengalir dari bermacam-macam permukaan akibat terjadinya hujan pada suatu wilayah, atau perbandingan antara jumlah limpasan yang terjadi dengan jumlah curah hujan yang ada.

$$\text{Koefisien aliran (C)} = \frac{\text{air hujan yang dialirkan di permukaan}}{\text{air hujan yang jatuh ke permukaan}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Koefisien aliran tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya, antara lain :

a. Topografi

Pada peta topografi dapat ditelusuri penyebaran sungai-sungai serta anak-anak sungainya dan data kontur lahan, yang sangat penting dalam menentukan bagian punggung ataupun lembah yang kemudian akan dipergunakan untuk menentukan batas-batas DAS (daerah aliran sungai) serta sub DAS. DAS adalah daerah tangkapan air hujan yang masuk kedalam suatu

jaringan sungai yang dibatasi oleh punggung bukit yang dapat memisahkan dan membagi air hujan menjadi aliran permukaan ke masing-masing DAS.

Kemudian dari batasan DAS maupun sub DAS tersebut dapat ditentukan luas daerah tangkapan hujannya. Kemiringan lahan juga sangat penting untuk dipertimbangkan dalam perencanaan sistem drainase karena kemiringan tersebut mempengaruhi laju pergerakan aliran.

Berdasarkan keadaan topografi nilai C bervariasi berdasarkan pada kelandaian suatu daerah yaitu datar, curam atau bergelombang.

b. Tata guna lahan

Peta tata guna lahan menunjukkan pola serta intensitas penggunaan lahan. Perbedaan intensitas tata guna lahan mempengaruhi volume air hujan yang mengalir di permukaan dan yang kemudian masuk ke dalam badan sungai. Sedangkan persentase air hujan yang akan dialirkan tergantung dari tingkat kedekatan penutup permukaan terhadap air. Ada tidaknya vegetasi penutup lahan juga mempengaruhi terjadinya erosi yang menyebabkan pendangkalan. Vegetasi penutup lahan tersebut berfungsi untuk :

- melindungi permukaan tanah dari tumbukan air hujan
- menurunkan kecepatan lari

Lahan yang masih asli atau berupa hutan yang masih ditumbuhi oleh tumbuh-tumbuhan yang menutupi permukaannya akan memiliki angka koefisien yang kecil, berbeda dengan lahan yang sudah dibuka atau diolah, memiliki koefisien aliran yang besar.

c. Jenis penutup permukaan

Jenis penutup permukaan dapat berupa bahan yang tembus air ataupun kedap air. Jenis penutup permukaan dapat dibedakan berdasarkan dari tata guna lahan itu sendiri. Pada daerah perkotaan sebagian besar daerahnya ditutupi oleh bahan yang cukup kedap air, berupa lapisan aspal, beton dan bangunan, sehingga angka koefisien aliran akan semakin besar akibat tidak adanya lagi kemampuan untuk menyerap ke dalam tanah.

Tabel 2.4 Nilai Koefisien Run off

TIPE DAERAH TANGKAPAN	KOEFISIEN ALIRAN (C)
Bisnis	
Kawasan kota	0,70 - 0,95
Kawasan pinggiran	0,50 - 0,70
Kawasan pemukiman	
Kawasan keluarga-tunggal	0,30 - 0,50
Multi satuan, terpisah	0,40 - 0,60
Multi satuan, berdempetan (rapat)	0,60 - 0,75
Kawasan Pemukiman Pinggiran kota	0,25 - 0,40
Kawasan tempat tinggal berupa rumah susun (Apartement)	0,50 - 0,70
Perindustrian	
Kawasan yang ringan	0,50 - 0,80
Kawasan yang berat	0,60 - 0,90
Taman-taman dan kuburan	0,10 - 0,25
Lapangan bermain	0,20 - 0,35
Kawasan halaman rel kereta api	0,20 - 0,40
Kawasan yang belum dimanfaatkan (unimprove area)	0,10 - 0,30
Jalan-jalan	
Beraspal	0,70 - 0,95
Beton	0,80 - 0,95
Batu bata / Con block	0,70 - 0,85
TIPE DAERAH TANGKAPAN	KOEFISIEN ALIRAN (C)
Jalan raya dan trotoir	0,75 - 0,85
Atap	0,75 - 0,95
Halaman rumput, tanah berpasir	
Tanah berpasir, datar (2 %)	0,05 - 0,10
Tanah berpasir, rata-rata (2 - 7%)	0,10 - 0,15
Tanah berpasir, curam (7%)	0,15 - 0,20
Halaman rumput, tanah padat	
Tanah padat, datar (2%)	0,13 - 0,17
Tanah padat, rata-rata (2 - 7%)	0,18 - 0,22
Tanah padat, curam (7%)	0,25 - 0,35

Sumber : Ersin Seyhan, " Dasar-dasar Hidrologi " , hal. 239

2.2 ASPEK PENGENDALIAN LIMPASAN HUJAN

2.2.1 Drainase

2.2.1.1 Pemahaman umum drainase

Secara umum pengertian drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan. Referensi lain mengatakan bahwa saluran drainase adalah cara pengalihan aliran air, secara alamiah atau buatan, dari permukaan untuk suatu area tertentu yang mana pengaliran tersebut berlangsung secara gravitasi. Adapun pengertian Drainase perkotaan adalah sistem drainase dalam wilayah administrasi kota dan daerah perkotaan (urban). Sistem tersebut berupa jaringan pembuangan air yang berfungsi mengendalikan atau mengeringkan kelebihan air permukaan di daerah permukiman yang berasal dari hujan lokal, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan manusia.

Pemahaman umum mengenai drainase perkotaan adalah suatu sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi pemukiman, kawasan industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit, lapangan olahraga, lapangan parkir, instalasi militer, instalasi listrik dan telekomunikasi, pelabuhan udara, pelabuhan laut berfungsi mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat menimbulkan dampak negatif sehingga kelebihan air permukaan tersebut dapat memberikan manfaat bagi kegiatan kehidupan masyarakat perkotaan.

2.2.1.2 Tujuan dan manfaat sistem drainase

Mayoritas masalah drainase kota adalah menangani masalah limpasan permukaan sehingga biasa disebut drainase permukaan (surface drainage). Maka tujuan utama dari drainase perkotaan adalah untuk mengalirkan air lebih dari suatu kawasan yang berasal dari air hujan, agar tidak terjadi genangan yang berlebihan pada suatu kawasan tertentu. Drainase di masing-masing kawasan

merupakan komponen yang saling terkait dalam suatu jaringan drainase perkotaan dan membentuk satu sistem drainase perkotaan, selain itu drainase perkotaan bermanfaat untuk :

- Mengalirkan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya.
- Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.
- Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
- Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif.

Dengan adanya suatu sistem drainase diperkotaan maka akan diperoleh banyak manfaat pada kawasan perkotaan yang bersangkutan, yaitu akan semakin meningkatkan kualitas kesehatan, kenyamanan, dan keasrian daerah pemukiman khususnya dan daerah perkotaan pada umumnya, dan dengan tidak adanya genangan air maka kualitas hidup penduduk di wilayah bersangkutan akan menjadi lebih baik sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan ketentraman seluruh masyarakat.

2.2.1.3 Jenis-jenis drainase

Sistem drainase perkotaan pada prinsipnya terdiri atas suatu jaringan saluran tertutup / terbuka yang mengalirkan air hujan ke saluran-saluran pembuangan yang lebih besar. Saluran pembuangan yang besar inilah yang mengumpulkan air dari berbagai jaringan saluran kecil dan mengangkutnya ke saluran utama (bagian hilir dari sungai asli) dan menuju daerah pembuangan atau menuju laut.

Berdasarkan fungsi pelayanan, sistem drainase kota dibagi menjadi dua bagian pokok, yaitu :

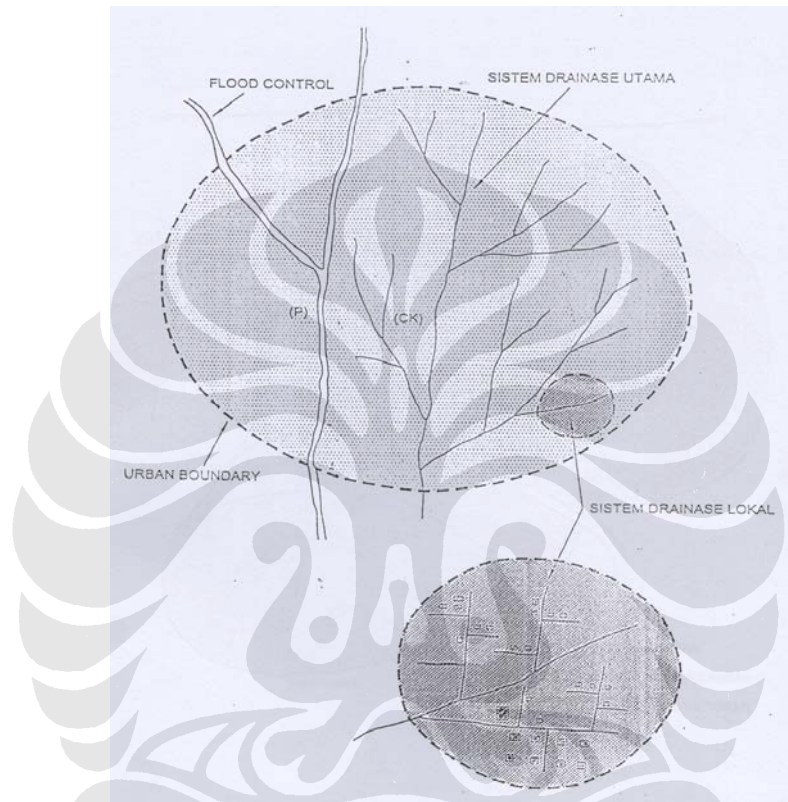
- **Sistem Drainase Lokal**

Yang termasuk dalam sistem drainase lokal adalah sistem saluran awal yang melayani suatu kawasan kota tertentu seperti kompleks permukiman, areal pasar, perkantoran areal industri dan komersial. Sistem ini melayani area kurang dari 10 ha. Pengelolaan sistem drainase lokal menjadi tanggung jawab masyarakat, pengembang atau instansi lainnya.

- **Sistem Drainase Utama**

Yang termasuk dalam sistem drainase utama adalah saluran drainase primer, sekunder, tersier, beserta bangunan kelengkapannya yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat. Pengelolaan sistem drainase utama merupakan tanggung jawab pemerintah kota.

Gambar 2.4 Sistem Drainase



Sumber : kuliah Drainase Perkotaan semester genap 2007

Selain itu sistem drainase perkotaan dibedakan berdasarkan kondisi fisiknya yaitu :

1. **Sistem saluran primer**

Adalah saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder. Dimensi saluran relatif besar. Akhir saluran primer adalah badan penerima air.

2. Sistem saluran sekunder

Adalah saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan air permukaan sekitarnya dan meneruskan aliran ke saluran primer. Dimensi saluran bergantung pada debit yang dialirkan.

3. Sistem saluran tersier

Adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran drainase lokal.

2.2.1.4 Tipe-tipe saluran drainase

Saluran Drainase dibedakan menurut bentuknya yaitu :

1. Saluran Terbuka

Saluran terbuka umumnya digunakan pada daerah yang lahannya masih memungkinkan (luas); lalu lintas pejalan kakinya relatif jarang; beban dikiri dan dikanan saluran relatif ringan.

- Bentuk Trapesium

Umumnya digunakan pada daerah yang masih mempunyai lahan cukup luas, dan harga lahan murah, umumnya digunakan untuk saluran yang relatif besar.

- Bentuk Segi Empat

Umumnya digunakan pada daerah yang lahannya tidak terlalu lebar, dan harga lahannya mahal. Umumnya digunakan untuk saluran yang relatif besar dan sedang.

- Bentuk Setengah Lingkaran

Umumnya digunakan pada saluran dilingkungan permukiman berupa saluran sekunder dan tersier.

- Bentuk Segi Tiga

Umumnya digunakan pada daerah permukiman sebagai saluran tersier. Keuntungannya dapat mengalirkan air pada debit yang kecil. Kerugiannya sulit dalam pemeliharaan.

- Bentuk-bentuk kombinasi antara trapesium, segiempat, setengah lingkaran, dan segitiga.

2. Saluran Tertutup

Saluran tertutup umumnya digunakan pada daerah yang lahannya terbatas (pasar, pertokoan); daerah yang lalu lintas pejalan kaki padat, lahan yang dipakai untuk lapangan parkir.

- Bentuk Lingkaran

Keuntungannya adalah mudah dalam menyiapkan cekungan; mudah dalam menghitung ukuran yang dibutuhkan oleh debit air yang ada. Kerugiannya antara lain adalah harus menyiapkan perletakan yang sesuai.

- Bentuk Persegi Empat

Keuntungannya antara lain adalah mudah dalam mengubah ukuran. Mudah menyiapkan cetakan, mudah menghitung besar ukuran yang dibutuhkan oleh debit air yang tersedia.

- Bentuk Tapal Kuda

Keuntungannya adalah cukup ekonomis untuk ukuran saluran yang besar. Kerugiannya adalah sulit dalam pelaksanaan dan membutuhkan waktu yang lama dalam pelaksanaan.

- Bentuk Bulat Telur

Keuntungannya adalah sangat baik untuk debit aliran yang kecil. Kerugiannya adalah biaya yang tinggi dan sukar dalam penyetakan dilapangan.

Saluran Drainase juga dibedakan berdasarkan material penyusunnya yaitu :

1. Saluran Tanah

Saluran tanah umumnya digunakan pada daerah yang mempunyai tekstur tanah yang relatif keras dan topografi yang baik (tidak terlalu curam dan tidak terlalu datar) hal ini untuk menghindari terjadi erosi dan sedimentasi dan tumbuhnya tanaman air. Saluran tanah umumnya berpenampang trapesium, hal ini untuk menghindari longsornya talud. Faktor yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan saluran tanah adalah :

- Air dapat mengalir secara gravitasi
- Kecepatan air sesuai dengan yang diizinkan

- Jenis material (bahan tanah) yang membentuk saluran relatif padat
2. Saluran Pasangan Batu

Saluran pasangan batu umumnya digunakan pada daerah yang mempunyai tekstur tanah yang relative lepas, dan mempunyai kemiringan curam. Faktor yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan saluran pasangan batu adalah :

 - Kecepatan aliran yang diizinkan
 - Kemiringan saluran yang diizinkan
 - Kekuatan tanah pendukung badan saluran
 3. Saluran Beton (yang diberi lapisan)

Saluran beton (yang dilapisi) umumnya digunakan pada daerah yang mempunyai topogrfi yang terlalu miring atau terlalu datar, serta mempunyai tekstur tanah yang relatif lepas. Lapisan saluran dimaksudkan untuk melindungi saluran dari erosi, serta untuk memudahkan pengaliran pada volume air yang kecil. Faktor yang harus dipertimbangkan dalam mendesain saluran beton ini antara lain :

 - Kecepatan aliran yang diizinkan
 - Kemiringan saluran yang diizinkan
 - Kekuatan tanah pendukung badan saluran
 4. Saluran dengan Perkuatan Kayu

Saluran dengan perkuatan kayu umumnya digunakan pada daerah yang mempunyai tekstur tanah yang sangat jelek (gambut) dan selalu terjadi pergeseran (tanah bergerak). Faktor yang harus diperhatikan adalah daya tahan kayu terhadap air dan tersedianya bahan baku dilapangan.

2.2.2 Pendimensian Saluran

Kapasitas saluran dapat diketahui dari persamaan berikut;

$$Q_{qp} = v \cdot A \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- v = kecepatan aliran (m/det)
- A = luas penampang saluran (m²)

Kecepatan dapat diperoleh menggunakan persamaan manning

$$v = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

n = koefisien kekasaran manning

R = jari-jari hidrolis

S = kemiringan saluran

Tabel 2.5 Nilai koefisien kekasaran Manning

Dinding Saluran	KONDISI	n
Kayu	Papan-papan rata, dipasang rapi	0,010
	Papan-papan rata, dipasang kurang rapi	0,012
	Papan-papan kasar, dipasang rapi	0,012
	Papan-papan kasar, dipasang kurang rapi	0,014
Metal	Halus	0,010
	Dikeling	0,015
	Sedikit kurang rata	0,020
Pasangan Batu	Plesteran Semen halus	0,010
	Plesteran Semen dan pasir	0,012
	Beton dilapis baja	0,012
	Beton dilapis kayu	0,013
	Batu bata kosongan yang baik kasar	0,015
	Pasangan batu, keadaan jelek	0,020
Batu Kosongan	Halus dipasang rata	0,013
	batu bongkahan, batu pecah, batu belah, batu guling, dipasang dalam semen	0,017
	Kerikil halus, padat	0,020
Tanah	Rata dalam keadaan baik	0,020
	dalam keadaan biasa	0,0225
	dengan batu-batu dan tumbuh-tumbuhan	0,025
	dalam keadaan jelek	0,035
	sebagian terganggu oleh batu-batu atau tumbuhan	0,050

Sumber : "Hidroloi Untuk Perencanaan Bangunan Air" Ir. Iman Subarkah 1980

Tabel 2.6. Penampang Hidraulis Efektif Saluran

BENTUK	POTONGAN	GEOMETRI OPTIMUM	KEDALAMAN NORMAL y_n	CROSS-SECTIONAL AREA
Trapesoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y_n$	$0.968 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Rectangular		$b = 2y_n$	$0.917 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Wide Flat		None	$1.00 \left[\frac{(Q/b)n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	—
Circular		$D = 2y_n$	$1.00 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$

Sumber: Ven te Chow

Ket :

Q = debit pada saluran

n = Nilai koefisien kekasaran manning

2.2.3 Drainase Berwawasan Lingkungan

Pengelolaan drainase yang tidak menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan. Terdapat 2 pola yang dipakai :

- **Pola detensi** (menampung air sementara), misalnya dengan membuat kolam penampungan.
- **Pola retensi** (meresapkan), antara lain dengan membuat sumur resapan, bidang resapan atau kolam resapan.