

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolam Retensi

2.1.1 Pengertian Kolam Retensi

Kolam Retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam retensi dibagi menjadi dua macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami atau kolam buatan.

Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Kolam buatan atau kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton (Sosrodarsono, 1993).

2.1.2 Fungsi Kolam Retensi

Fungsi dari kolam retensi adalah untuk menggantikan peran lahan resapan yang dijadikan lahan tertutup/perumahan/perkantoran maka fungsi resapan dapat digantikan dengan kolam retensi. Fungsi kolam ini adalah menampung air hujan langsung dan aliran dari sistem untuk diresapkan ke dalam tanah. Sehingga kolam retensi ini perlu ditempatkan pada bagian yang rendah dari lahan. Jumlah, volume, luas dan kedalaman kolam ini sangat tergantung dari berapa lahan yang dialihfungsikan menjadi kawasan permukiman.

Fungsi Kolam Retensi Secara Umum :

- a. Mengurangi bagian wilayah kota dari genangan air sehingga tidak menimbulkan dampak negative terhadap lingkungan sekitar.
- b. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
- c. Melindungi prasarana dan sarana perkantoran yang sudah terbangun.

2.1.3 Tipe-tipe Kolam Retensi

A. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu outlet, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.

B. Kolam retensi di dalam badan sungai

Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling pintu outlet, bending, saringan sampah, dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit dilakukan, dan kelemahannya adalah kapasitasnya terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan yang sulit dan pemeliharaannya yang mahal.

C. Kolam retensi tipe storage memanjang

Kelengkapan dari kolam tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bending setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahannya adalah kapasitasnya yang terbatas, harus menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit.

2.2 Drainase

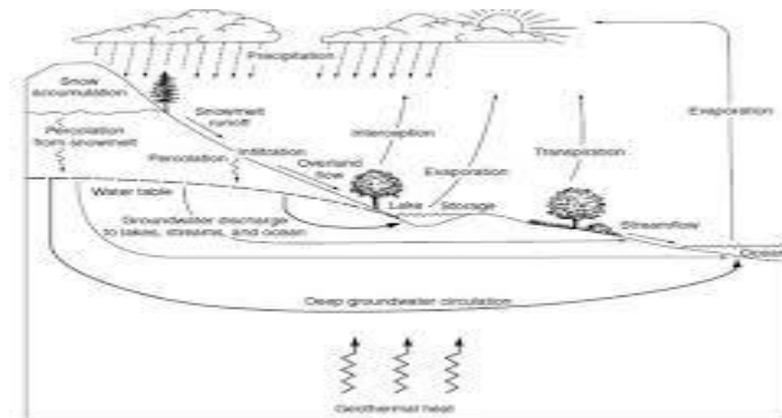
2.2.1 Pengertian Drainase

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota tersebut.

Drainase perkotaan merupakan system pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi : pemukiman, kawasan industry & perdagangan, sekolah, rumah sakit, lapangan olahraga, lapangan parker, instalasi militer, instalasi listrik, Bandar udara, pelabuhan laut/sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota (*Drainase Perkotaan,2011*).

2.3 Siklus Hidrologi

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus dimana kita tidak tahu kapan dari mana berawalnya dan kapan pula akan berakhir. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (*hydrologic cycle*).



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Air menguap dari permukaan samudra akibat energi panas matahari. Laju dan jumlah penguapan bervariasi, terbesar terjadi di dekat equator, di mana radiasi matahari lebih kuat. Uap air adalah murni, karena pada waktu dibawa naik ke atmosfer kandungan garam ditinggalkan. Uap air yang dihasilkan dibawa udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan, uap tersebut mengalami kondensasi dan membentuk butir-butir air yang akan jatuh kembali sebagai presipitasi berupa hujan atau salju. Presipitasi ada yang jatuh di samudera, di darat dan sebagian langsung menguap kembali sebelum mencapai ke permukaan bumi.

Presipitasi yang jatuh di permukaan bumi menyebar ke berbagai arah dengan beberapa cara. Sebagian akan tertahan sementara di permukaan bumi sebagai es atau salju, atau genangan air, yang dikenal dengan simpanan depresi. Sebagai air hujan atau lelehan salju akan mengalir ke saluran atau sungai. Hal ini disebut aliran/limpasan permukaan. Jika permukaan tanah porous, maka sebagian air akan meresap ke dalam tanah melalui peristiwa yang disebut infiltrasi. Sebagian lagi akan kembali ke atmosfer melalui pengupan dan transpirasi oleh tanaman (evapotranspirasi).

Di bawah permukaan tanah, pori-pori tanah berisi air dan udara. Daerah ini dikenal sebagai zona kapiler (*vadoze zone*), atau zona aerasi. Air yang tersimpan di zona ini disebut kelengasan tanah (*soil moisture*), atau air kapiler. Pada kondisi tertentu air dapat mengalir secara lateral pada zona kapiler, proses ini disebut interflow. Uap air dalam zona kapiler dapat juga kembali ke permukaan tanah, kemudian menguap.

Kelebihan kelengasan tanah kan ditarik masuk oleh gravitasi dan proses ini disebut drainase gravitasi. Pada kedalaman tertentu, pori-pori tanah atau batuan akan jenuh air. Batas atas zona jenuh air disebut muka air tanah (*water table*). Air yang tersimpan dalam zona jenuh air disebut air tanah. Air tanah ini bergerak sebagai aliran air tanah melalui batuan atau lapisan tanah sampai akhirnya keluar ke permukaan sebagai sumber air (*spring*) atau sebagai rembesan ke danau, waduk, sungai atau laut.

Air yang mengalir dalam saluran atau sungai dapat berasal dari aliran permukaan atau dari air tanah yang merembes di dasar sungai. Kontribusi air tanah pada aliran sungai disebut debit (*runoff*). Air yang tersimpan diwaduk, danau dan sungai disebut air permukaan (*surface water*) (Suripi, 2004).

2.4 Parameter Hidrologi

2.4.1 Analisis frekuensi

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (*ekstrim*), seperti hujan lebat, banjir dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang luar biasa ekstrim kejadiannya sangat langka.

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak tergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya kala-ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 100 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali.

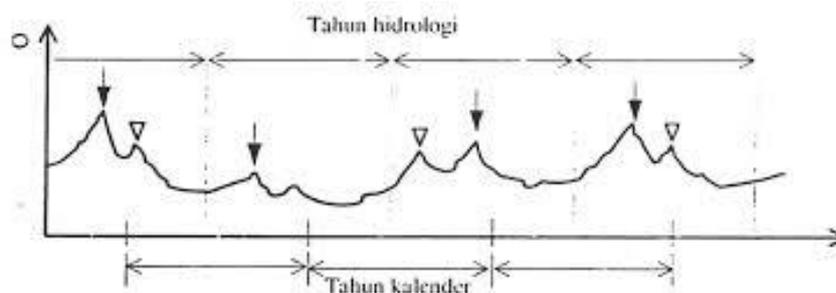
Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Ada dua macam seri data yang dipergunakan dalam analisis frekuensi, yaitu (Suripin, 2004):

1. Data maksimum tahunan

Tiap tahun diambil hanya satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya. Seri data seperti ini dikenal dengan seri data maksimum. Jumlah data dalam seri akan sama dengan panjang data yang tersedia. Dalam cara ini, besaran data maksimum kedua dalam satu tahun yang

mungkin lebih besar dari besaran data maksimum dalam tahun yang lain tidak diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis. Hal ini oleh beberapa pihak dianggap kurang realistis, apalagi jika diingat bahwa perhitungan permulaan tahun hidrologi tidak selalu seragam, ada yang berdasar musim ada pula yang mengikuti kalender masehi. Oleh karena itu, beberapa ahli menyarankan menggunakan cara seri parsial.



Gambar 2.2 Kejadian banjir seri durasi dan durasi tahunan

2. Seri parsial

Dengan menetapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian dari seri data untuk kemudian dianalisis seperti biasa. Pengambilan batas wilayah dapat dilakukan dengan sistem peringkat, dimana semua besaran data yang cukup besar diambil dari besaran data yang paling besar. Dalam hal ini dikemungkinan dalam satu tahun data yang diambil lebih dari satu data, sementara tahun yang lain tidak ada yang diambil.

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi.

2.4.2 Distribusi Gumble

Gumble menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P(X) = e^{-e^{-a(X-b)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Jika diambil $Y = a(X-b)$, dengan Y disebut reduce varied, maka persamaannya dapat ditulis

$$P(X) = e^{-e^{-Y}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$$e = \text{bilangan alam} = 2,7182818..$$

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sample), maka persamaan dapat didekati dengan persamaan :

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

\bar{X} = harga rata-rata sample

S = standar deviasi (simpangan baku) sample

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumble dapat dinyatakan dalam persamaan (Suripin, 2004):

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Y_n = *reduce mean* yang tergantung jumlah sample/data n

S_n = *reduce standar deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n

Y_{tr} = *reduce variate*

Tabel 2.1 *Reduced Mean, Yn*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
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	0,5485	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5508	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5538	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	0,5592	0,5592	0,4493	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.2 *Reduced Standar Deviasi, Sn*

(Sumber: Suripin, 2004)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1353	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1436	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	1,1283	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	1,1983	1,1945	1,1953	1,1969	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	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Tabel 2.3 *Reduced Variate*, Y_t sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang T_r (Tahun)	Reduced Variate Y_{tr}
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

(Sumber: Suripin, 2004)

2.4.3 Distribusi Log Person III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi ke dalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi Log Normal. Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas Log Normal untuk banjir puncak, maka

distribusi probabilitas ini hampir tidak berbabis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya.

Salah satu distribusi dari serangkaian yang dikembangkan person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log-Person Type III (LP.III). Tiga parameter penting dalam LP.III yaitu (i) harga rata-rata; (ii) simpangan baku; (iii) koefisien kemencangan. Yang menarik, jika koefisien kemencangan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Tabel 2.4 Nilai K untuk distribusi Log-Person III

Koef.G	Periode Ulang (Tahun)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,301	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,558	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	-0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178

(Sumber: Suripin, 2004)

2.5 Perhitungan Curah Hujan

2.5.1 Hujan Kawasan (Daerah Tangkapan Air = DTA)

Data hujan yang diperoleh dari penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat

berfariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau disekitar kawasan tersebut.

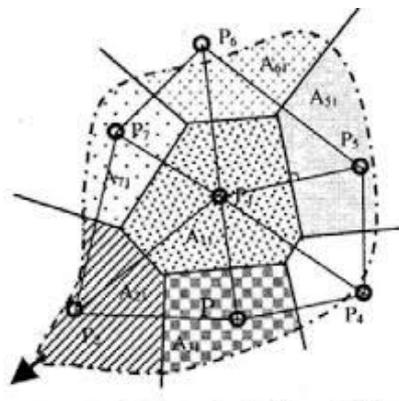
Ada tiga macam cara umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan :

1. Rata-rata Aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata hampir/hampir merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya.

2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos satu dengan lainnya adalah linear dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Metode Poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 2.3.

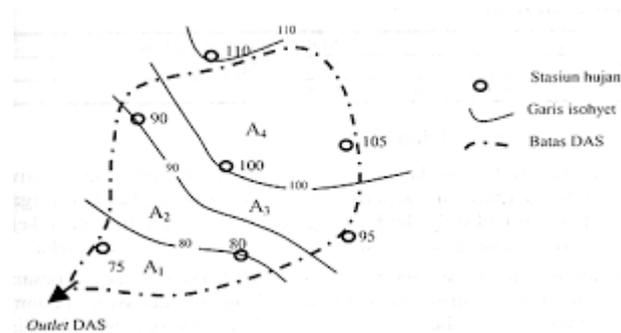


Gambar 2.3 Metode Poligon Thiessen

3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang membabi buta yang menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode Isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

- Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10mm.
- Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan plainmeter, kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.



Gambar 2.4 Metode Isohyet

2.6 Waktu Konsentrasi (T_c)

- a. Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air simultan (runoff) setelah melewati titik-titik tertentu.
- b. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$t_c = t_1 + t_2 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{is} \right)^{0,167} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$t_2 = L/60v \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

t_c = waktu konsentrasi (menit)

t_1 = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t_2 = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

L_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

n_d = koefisien hambatan

i_s = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.5 koefisien hambatan (n_d) berdasarkan kondisi permukaan

NO	Kondisi Lapis Permukaan	N_d
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

(Sumber : Dinas Pekerjaan Umum, 2016)

2.7 Intensitas Hujan

Data curah hujan dalam satu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatis dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam. Umpannya untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan ini harus dilakukan dengan $60/5$. Demikian pula untuk hujan 10 menit dikalikan dengan $60/10$.

Menurut Mononobe intensitas hujan (I) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus (Suripin, 2004):

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3} \text{mm/jam} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

R = Curah hujan rancangan setempat dalam (mm)

T_c = Lama waktu kosentrasi dalam jam

I = Intensitas hujan dalam (mm/jam)

2.8 Debit

2.8.1 Debit Limpasan

Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah.

Tabel 2.6 Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	C	Faktor Limpasan (fk)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95	-
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40-0,70	-
3	Bahu jalan :		-
4	Tanah berbutir halus	0,40-0,55	-
5	Tanah berbutir kasar	0,10-0,20	-
6	Batuan masih keras	0,70-0,85	-
7	Batuan masih lunak	0,60-0,75	-

(Sumber : Dinas Pekerjaan Umum, 2016)

2.8.2 Debit Air Kotor (Limbah)

Aliran air akan menangkap/mengikat oksigen dari udara yang akan bermanfaat dalam penguraian zat-zat organik dalam proses oksidasi (proses aerobik). Tetapi kemampuan ini sangat terbatas, sehingga tidak dibenarkan membuang limbah khususnya yang bersifat B3 (bahan beracun dan berbahaya) dan limbah padat/sampah yang sukar terurai dan mengganggu kelancaran aliran.

Ada dua jenis limbah yang memasuki/terbawa aliran yaitu:

- Limbah padat yang terdiri dari ilmiah organik yang akan dapat mengalami dekomposisi/penguraian seperti daun, bangkai binatang.
- Limbah padat anorganik yang sukar/tidak dapat terurai seperti logam, kaca hasil industri seperti plastik.

Limbah ini dapat berasal dari (Mulyanto, 2013):

Limbah proses industri yang sangat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan masyarakat, berupa debu dari asap cerobong pabrik dari pembakaran bahan bakar fosil dan limbah cair dari hasil produksi hasil pencucian bahan dan lain lain.

- a. Limbah rumah tangga serta yang dihasilkan oleh aktivitas kehidupan lainnya seperti limbah pasar, restoran, usaha cuci mobil dan bengkel, usaha pencucian pakaian, limbah padatan asap mesin-mesin kendaraan dan lain-lain.
- b. Limbah padat berupa sampah-sampah rumah tangga, pasar, guguran daun pohon-pohon perindang kota sisa bahan baku dan kemasan industri.

Jenis-jenis limbah di atas masuk kedalam sistem drainase secara berlebihan proses aerobik akan tidak dapat berjalan dengan baik karena oksigen yang terikat oleh air tidak akan mencukupi bahkan pengikat oksigen akan sangat terhambat. Banyaknya limbah yang masuk ke dalam saluran-saluran drainase disebabkan oleh perlakuan masyarakat yang menganggap sistem drainase dan sungai-sungai sebagai tempat pembuangan sampah.

Limbah terutama limbah padat akan sangat mengganggu kecepatan aliran bahkan menyumbat alur-alur dan menghambat penyerapan oksigen dan menghambat proses aerobik. Terjadi dekomposisi oleh bakteri-bakteri aerobik tanpa bantuan oksigen. Proses aneorobik ini akan menimbulkan pencemaran lain yaitu dihasilkannya zat yang beracun bagi kehidupan akuatik dan manusia seperti

nitrit, sulfat serta gas-gas berbau busk yang sangat mengganggu seperti sulfur dioksida, ammoniak.

Kehidupan akuatik di dalam air akan terhambat dan bahkan musnah, sumur-sumur tercemar oleh rembesan air kotor tersebut, serta mengikatnya penyebaran penyakit yang terbawa air (water borne disease seperti kolera, disentri, muntaber, gatal serta malaria dan demam dengue).

Karena fungsi kedua (2) mengangkut limbah harus disikapi dengan bijaksana bahwa sistem drainase sesungguhnya bukan tempat pembuangan sampah. Limbah cair yang terpaksa dialirkan ke dalam sistem drainase harus terlebih dahulu dilewatkan melalui suatu instalasi pengolah air limbah (IPAL), untuk menurunkan kandungan zat-zat pencemar agar dapat mencapai kadar di bawah ambang batas maksimum sebelum dialirkan/dibuang kedalam perairan bebas.

2.8.3. Debit Kumulatif

Debit kumulatif adalah debit total yang di dapat dari penjumlahan debit limpasan dan debit air kotor

Debit kumulatif = debit limpasan + debit air kotor(2.9)

2.9 Analisa Saluran

2.9.1 Bentuk-Bentuk Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainnase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air irigasi pada umumnya

Dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tumpang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu keci, tingkat kerugian akan besar.

Bentuk saluran drainnase terdiri dari :

1. Bentuk trapesium
2. Bentuk empat persegi panjang
3. Bentuk lingkaran, parabol dan bulat telur

4. Bentuk tersusun

Efektivitas penggunaan dari berbagai bentuk tampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut :

1. Bentuk trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

2. Bentuk empat persi panjang

Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus dari pasangan ataupun beton.

3. Bentuk lingkaran parabol dan bulat telur

Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan dan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan atau limbah

4. Bentuk tersusun

Saluran berbentuk tersusun dapat berupah saluran dari tanah maupun dari pasangan.

2.10 Volume Kolam Retensi

Pada kondisi minimum ini, pembuangan hanya dapat dilakukan apabila elevasi muka air minimum 0,30 m diatas elevasi asir pasang terendah, yang hanya terjadi kira-kira 6jam per hari, harus tersedia volume simpan di atas muka air normal di dalam saluran drainase induk.

Apabila evakuasi tertunda selama 18jam, harus disediakan penampungan maksimum sebesar volume itu di dalam saluran drainase induk dan sebuah waduk penyangga atau kolam penyangga atau kolam penyangga/retention basin/buffer storage yang dibuat untuk keperluan itu. Evaluasi air di dalamnya maksimum setinggi 0,80 m.

Volume retensi total diperlukan = $34,56.18.60.60 \text{ m}^3 = 995.000 \text{ m}^3$, terdiri dari (Mulyanto, 2013):

1. Ruang di dalam alur drainase induk yang tersedia untuk fluktuansi di atas elevasi air normal : $0,80.20.10.000 = 160000 \text{ m}^3$
2. Volume kolam retensi sebesar $(995.000-160.000) \text{ m}^3 = 835.000 \text{ m}^3$ diperlukan storage seluas $835.000/0,8 \text{ m}^3 = 1043.000 \text{ m}^3$ dibutuhkan 100 ha atau sekitar 1.00% dari total areal sistem drainase
3. Surutan muka air yang akan terjadi pada saat pengembangan adalah maksimum 0,8 m dan 0,8 m dalam 6 jam = 0,13 m/jam

2.11 Evaporasi dengan metode transfer massa

Pada tahun 1802, Jhon Dalton mengusulkan persamaan difusi untuk evaporasi, yang dikenal dengan hukum Dalton, di mana evaporasi sebanding dengan perbedaan antara tekanan uap jenuh dan tekanan uap karena kelembaban udara (Triatmodjo, 2008).

$$E = C f(u)(e_s - e_a) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan :

E = evaporasi

C = koefisien

F(u) = fungsi kecepatan angin

U = kecepatan angin pada jarak 2m di atas permukaan air (m/d)

e_s = tekanan uap jenuh (mm Hg)

e_a = tekanan uap udara (mm Hg)

2.11.1 Kelembaban Udara

Selama terjadinya penguapan, uap air bergabung dengan udara di atas permukaan air, sehingga udara mengandung uap air. Udara lembab merupakan campuran dari udara kering dan uap air. Banyaknya uap air yang terkandung dalam udara dapat dinyatakan dalam beberapa cara yaitu kelembaban mutlak, kelembaban spesifik, dan kelembaban relatif. Kelembaban mutlak adalah berat uap air dalam 1 m^3 udara lembab, dinyatakan dengan gram/m^3 . Kelembaban spesifik adalah berat

uap air yang terdapat dalam 1 kg udara lembab, yang dinyatakan dalam gram/kg. Kelembaban relatif adalah perbandingan antara tekanan uap air dan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama, dan dinyatakan dalam persen. Dari ketiga cara tersebut, kelembaban relatif adalah yang paling banyak digunakan

Kelembaban relatif dinyatakan dalam bentuk :

$$R = \frac{e_d}{e_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan:

E_d = tekanan uap air, yaitu tekanan yang disebabkan oleh uap air yang terdapat di udara

E_s = tekanan uap air jenuh

Tekanan uap air dinyatakan dalam milimeter kolom air raksa (mm Hg), milibarometer (mm bar), atau pascal, Pa(N/m²)

Di atas permukaan air tekanan uap air jenuh tergantung pada temperatur, yang dapat diperkirakan dengan rumus berikut :

$$E_s = 611 \exp\left(\frac{17,27t}{237,3+7}\right) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan :

E_s = tekanan uap air jenuh (Pa)

T = temperatur (°C)

Tabel 2.7 Tekanan uap air jenuh e_s

Suhu (°C)	Tekanan Uap Air Jenuh e_s		
	Mm Hg	Mm Bar	Pa
10	9,2	12,27	1228
11	9,84	13,12	1313
12	10,52	14,02	1403
13	11,23	14,97	1498
14	11,98	15,97	1599
15	12,78	17,04	1706
16	13,63	18,17	1819
17	14,53	19,37	1938
18	15,46	20,61	2065
19	16,46	21,94	2198

20	17,53	23,37	2339
21	18,65	24,86	2488
22	19,82	26,42	2645
23	21,05	28,06	2810
24	22,27	29,69	2985
25	23,75	31,66	3169
26	25,31	33,74	3363
27	26,74	35,65	3567
28	28,32	37,76	3781
29	30,03	40,03	4007
30	31,82	42,42	4244
31	33,7	44,93	44944
32	35,66	47,54	4756
33	37,73	50,3	5032
34	39,9	53,19	5321
35	42,18	56,23	5625

2.12 Pengelolaan Proyek

2.12.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek.

Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Adapaun langkah-langkah untuk menghitung rencana anggaran biaya (RAB), yaitu :

a. Persiapan pengecekan gambar kerja

Gambar kerja adalah dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja yang ada dalam komponen bangun yang akan dikerjakan. Dari gambar akan didapatkan ukuran, bentuk dan spesifikasi material yang akan digunakan untuk mempermudah perhitungan volume pekerjaan. Dalam tahap persiapan ini perlu juga dilakukan pengecekan harga-harga material dan upah yang ada disekitar atau lokasi paling dekat dengan tempat bangunan yang akan dikerjakan.

b. Perhitungan volume

Langkah awal untuk menghitung volume pekerjaan, yang perlu dilakukan adalah mengurutkan semua item dan komponen pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan gambar kerja yang ada

c. Membuat harga satuan pekerjaan

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, yang perlu dipersiapkan adalah indeks koefisien analisa pekerjaan, harga material atau bahan sesuai satuan dan harga upah kerja per-hari termasuk mandor, kepala tukang, tukang dan pekerja.

d. Perhitungan jumlah biaya pekerjaan

Setelah didapatkan volume dan harga satuan pekerjaan, kemudian kita tinggal mengalikannya sehingga didapat harga biaya pekerjaan dari masing-masing item pekerjaan.

e. Rekapitulasi

Rekapitulasi adalah jumlah masing-masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan. Dalam rekapitulasi ini bila mana diperlukan juga ditambahkan biaya *overhead* dan biaya pajak.

2.12.2 Network Planning

Network planning atau penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dalam mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (Callahan, 1992). Penjadwalan meliputi tenaga kerja, material, peralatan, keuangan dan waktu. Dengan penjadwalan yang tepat maka beberapa macam kerugian dapat dihindarkan seperti keterlambatan, pembengkakan biaya, dan perselisihan (Kementrian Pekerjaan Umum, 2016)

2.12.3 Barchat

Barchat atau diagram balok adalah jadwal yang paling banyak digunakan karena mudah dibuat dan dimengerti oleh pembacanya, diagram balok ini dikembangkan Henry L Gant sekitar awal abad 19. Karena pembuatan dan

penampilan informasinya sederhana dan hanya menyampaikan dimensi waktu dari masing-masing kegiatannya, maka bar chart lebih tepat menjadi alat komunikasi untuk menggambarkan kemajuan pelaksanaan proyek kepada manajemen senior. Bar chart tidak menginformasikan ketergantungan antar kegiatan dan tidak mengindikasikan kegiatan mana saja yang berada dalam lintasan kritisnya. (Kementrian Pekerjaan Umum, 2016)

2.12.4 Kurva S

Kurva S dikembangkan oleh jenderal Warren Hannum, Perwira Zeni dari Amerika Serikat, atas pengamatan proyeknya sampai selesainya proyek yang bersangkutan. Kurva S atau Hannum Curve digunakan sebagai berikut :

- a. Pengarahan penilaian atas progress pekerjaan
- b. Pada permulaan menunjukkan progres yang sangat kecil. Maka rencana juga harus realistis sesuai dengan kemampuan dan kondisi persiapan pekerjaan.
- c. Sangat membantu perencanaan proyek. Suatu proyek umumnya dimulai dengan rencana program yang cukup kecil lalu meningkat pada beberapa waktu kemudian. Dengan demikian beberapa pekerjaan merupakan “*peak load*” yang harus dilaksanakan secara serentak. Kurva S berguna memberikan indikasi dan koreksi pertama pada jadwal yang pertama kita buat.

Kurva S adalah suatu kurve yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam orang (*man hours*) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada kurve S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek. Dengan membandingkan kurve tersebut dengan kurve serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan. Oleh karena itu kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan kurva-S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek (Kementrian Pekerjaan Umum, 2016).