

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Stadion

Stadion adalah bangunan untuk menyelenggarakan kegiatan olahraga sepakbola atau atletik serta fasilitas untuk penontonnya berupa tribun yang mengelilingi lapangan untuk akomodasi penonton berdiri atau duduk, dengan penutup atap yang menutupi atau tidak menutupi lapangannya. Dan juga merupakan prasarana olahraga utama, karena keberadaannya yang dapat berfungsi sebagai pusat kegiatan olahraga, artinya dapat dilaksanakan beberapa kegiatan olahraga pada satu area.

2.1.1 Tipe Stadion menurut buku Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Stadion, tahun 1991 adalah

Tabel 2.1 Tipe Stadion Berdasarkan Kapasitas Tempat Duduk

		TIPE		
		A	B	C
Kapasitas penonton dan wilayah pelayanan		Penggunaannya melayani wilayah Provinsi dengan kapasitas tempat duduk mencapai 30.000 – 50.000 kursi.	Penggunaannya melayani wilayah Kabupaten atau Kotamadya dengan kapasitas tempat duduk mencapai 10.000 – 30.000 kursi.	Penggunaannya melayani wilayah Kecamatan dengan kapasitas tempat duduk mencapai 5.000 – 10.000 kursi.
Jumlah lintasan lari minimal	100 m	8	8	8
	400 m	8	6	6

Menurut FIFA, Secara umum stadion yang menggelar pertandingan internasional memiliki kapasitas 30.000 tempat duduk bahkan lebih ideal untuk menyediakan kapasitas 40.000 tempat duduk

2.2 Pengertian Drainase

Dalam bidang teknik sipil, Suripin (2004 : 7) mengemukakan bahwa “Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu”

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris “*Drainage*” mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah (Suripin, 2004).

Dalam proses pengaliran air, dibutuhkan bangunan atau instalasi atau prasarana yang digunakan untuk mendukung berfungsinya suatu sistem drainase. Sistem drainase merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara normal

Drainase perkotaan / terapan merupakan sistem pengirangan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi : Permukiman, Kawasan Industri, Kampus dan Sekolah, Rumah Sakit dan Fasilitas Umum, Lapangan Olahraga, Lapangan Parkir, Bandar Udara

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel desain seperti : Keterkaitan dengan tata guna lahan, Keterkaitan dengan masterplan drainase kota, Keterkaitan dengan masalah social budaya (H.A. Halim Hasmar : 2012)

2.3 Drainase Khusus

1. Drainase Lapangan Olahraga

1.1. Sistem drainase untuk lapangan olahraga bertujuan untuk mengeringkan lapangan olahraga tidak terjadi genangan apabila terjadi hujan. Hal ini disebabkan karena bila terjadi genangan air maka akan mengganggu dan membahayakan pemakai lapangan.

Oleh karena itu diusahakan agar air dapat cepat meresap kedalam tanah (secara infiltrasi).

1.2. Perencanaan sistem drainase lapangan olahraga harus diperhatikan :

a. Kontruksi sistem drainase diusahakan agar dapat mengeringkan daerah dengan cepat, tetapi tidak mengganggu pertumbuhan rumput.

b. Daerah yang akan ditangani cukup luas dan tidak memungkinkan

c. Tidak ada erosi tanah, Limpasan permukaan sekecil mungkin $i = 0.007$

2.4 Analisis Hidrologi

Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. “Intensitas hujan yang tinggi pada suatu kawasan mengakibatkan genangan pada jalan-jalan, tempat parkir, lapangan terbang, lapangan olah raga, dan tempat yang lainnya” (Suripin, 2004). Untuk mengalirkan genangan air yang terjadi akibat hujan, maka dibuat sistem drainase untuk mengalirkan genangan tersebut menuju saluran pembuangan.

Data untuk melakukan analisis hidrologi meliputi :

- Intensitas (I), adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu, misalnya mm/menit, mm/jam, atau mm/hari
- Lama waktu (durasi) (t), adalah panjang waktu dimana hujan turun dalam menit atau jam
- Frekuensi adalah kejadian yang biasanya dinyatakan dengan kala ulang (*return period*) (T), misalnya sekali dalam 2 tahun
- Luas adalah Luas geografis daerah sebaran hujan

secara kualitatif, intensitas curah hujan disebut juga derajat curah hujan, sebagaimana diperlihatkan dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Derajat Curah Hujan	Intensitas curah hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 1.20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	1.20 – 1.30	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddle
Hujan normal	3.00 – 18.0	Dapat dibuat puddle dan bunyi hujan kedengaran
Hujan deras	18.0 – 60.0	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan
Hujan sangat deras	> 60.0	Hujan seperti ditumpahkan, sehingga saluran dan drainase meluap

2.4.1 Uji Konsistensi Data

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 seperti ini dapat saja terjadi karena alat ukur yang diganti atau dipindahkan dari tempatnya, atau situasi lokasi penempatan alat ukur mengalami perubahan.

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

$$So^* = 0$$

$$Sk^* = 0 \sum_{i=1}^k (Y1 - Y)^2, \text{ dengan } k = 1, \dots, n \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Dy^2 = \sum \frac{(Yi - Y)}{n} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$Sk^{**} = Sk^*/Dy, \text{ dengan } k=0,1, \dots, n \dots \dots \dots (2.3)$$

Nilai Statistik Q $\Rightarrow Q = \text{Max}[S_k^{**}]$, dimana $0 \leq k \leq n$(2.4)

Nilai Statistik R (Range)

$R = S_k^{**\text{max}} - s_k^{**\text{min}}$, dimana $0 \leq k \leq n$(2.5)

Tabel 2.3. Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

	Q/\sqrt{n}			R/\sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
0	1.050	1.140	1.290	1.210	1.280	1.380
0	1.100	1.220	1.420	1.340	1.430	1.600
0	1.120	1.240	1.480	1.400	1.500	1.700
0	1.310	1.270	1.520	1.440	1.550	1.780
00	1.170	1.290	1.550	1.500	1.620	1.850

Sumber : Sri Harto, 1993

2.4.2 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Menurut Suripin (2004 : 32), tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala-ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui.

Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Ada dua macam seri data yang dipergunakan dalam analisis frekuensi, pertama yaitu data maksimum tahunan dimana tiap tahun diambil hanya satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya. Kedua, seri parsial yaitu dengan menetapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian seri data untuk kemudian dianalisis seperti biasa

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan yang paling banyak digunakan dalam ilmu hidrologi yaitu : Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log-Person III, dan Distribusi Gumbel.

2.4.2.1 Distribusi Normal

Distribusi Normal atau kurva normal disebut pula Distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (*PDF = Probability Density Function*) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal.

Untuk mendapatkan perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

$$S = \text{Deviasi standar nilai variat} = \sqrt{\frac{n(\sum R^2) - (\sum R)^2}{n(n-1)}}$$

K_T = faktor frekuensi, dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	- 3,05
2	1,005	0,995	- 2,58
3	1,010	0,990	- 2,33
4	1,050	0,950	- 1,64
5	1,110	0,900	- 1,28
6	1,150	0,800	- 0,84
7	1,330	0,750	- 0,67
8	1,430	0,700	- 0,52
9	1,670	0,600	- 0,25
10	2,000	0,500	0

11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1.000,000	0,001	3,09

Sumber : Suripin, (2004 : 37)

2.4.2.2 Distribusi Log Normal

Untuk distribusi log normal, langkah yang pertama dilakukan adalah merubah data hidrologi ke dalam logaritma, $Y = \log X$. Untuk mendapatkan perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan.

$$Y_T = \bar{Y} + Y_T \cdot S \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variat = $\log \bar{X}$

$$S = \text{Deviasi standar nilai variat} = \sqrt{\frac{n(\sum R^2) - (\sum R)^2}{n(n-1)}}$$

K_T = faktor frekuensi, dilihat pada tabel 2.2

2.4.2.3 Distribusi Log-Person III

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Person yang menjadi perhatian ahli sumber daya air adalah Log-Person tipe III

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person tipe III.

- Ubah ke dalam bentuk logaritmis, $X = \text{Log } X$

- Hitung harga rata-rata :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Hitung harga simpang baku :

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1} \right]^{0,5} \dots\dots\dots(2.9)$$

- Hitung koefisien kemencengan :

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.10)$$

- Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K.s. \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G. Tabel 2.5 memperlihatkan hubungan antara harga K dengan G

Tabel 2.5 Nilai K untuk distribusi Log-Person III

	Interval kejadian (<i>recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Persentase peluang terlampaui (<i>percent chance of being exceeded</i>)							
	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	3,889
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	-0,307	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	-1,588	-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

-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2.029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	-0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	-0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	-0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	-0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	-0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	-0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	-0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	-0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	-0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	-0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	-0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber : Suripin, (2004 : 43)

2.4.2.4 Distribusi Gumbel

Gumbel 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. Rumus Gumbel dibawah ini sebagai berikut :

$$X_t = X_a + k \cdot S_x \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- X_t = besaran yang diharapkan terjadi dalam t tahun
- t = periode ulang
- X_a = harga pengamatan rata-rata
- k = faktor frekuensi
- S_x = standar deviasi

Harga k tergantung dari banyaknya data dan besarnya periode ulang yang dikehendaki dengan rumus :

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana :

- Y_t = *Reduced variate*
- Y_n = *Reduced mean*
- S_n = *Reduced standar deviation*

Untuk rumus ini, Gumbel telah membuat tabel untuk harga-harga Y_1, Y_n , dan S_n , sedangkan untuk nilai S_x dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum(X_i)^2 - X_a \sum X_i}}{n-1} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

X_i = harga besaran pada pengamatan tertentu

X_a = harga pengamatan rata-rata

n = banyaknya pengamatan

Tabel 2.6 *Reduced Mean*, (Y_n)

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	0,8396	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	0,5521	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	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber : Suripin, (2004 : 51)

Tabel 2.7 *Reduced Standar Deviation* (S_n)

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	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1577	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	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber : Suripin, (2004 :52)

Tabel 2.8 *Reduced Variate* (Y_t)

Periode Ulang T (tahun)	<i>Reduced Variate</i> (Y_t)
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
75	4,3117
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

Sumber : Suripin, (2004 :52)

2.4.3 Uji Kecocokan

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang paling sering digunakan adalah *chi-kuadrat* dan *Smirnov-Kolmogorof*.

2.4.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji *chi-kuadrat* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 , yang dapat dihitung dengan rumus berikut,

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan

χ^2 = harga *Chi-Kuadrat*

Ef = frekuensi yang diharapkan untuk kelas i

Of = frekuensi terbaca pada kelas i

K = banyaknya kelas

Syarat dari uji *Chi-Kuadrat* adalah harga χ harus lebih dari pada χ_{cr} (*Chi-Kuadrat* kritis) yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata (α). Pada analisis frekuensi sering diambil derajat nyata 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan :

$$DK = K - (P+1)$$

Dengan :

DK = derajat kebebasan

K = banyaknya kelas

P = jumlah parameter

2.4.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* sering disebut juga uji kecocokan non-parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3), \text{ dan seterusnya}$$

2. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_3 = P'(X_3), \text{ dan seterusnya}$$

3. Dari kedua nilai tersebut, tentukan selisih terbesar antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Berdasarkan tabel kritis (*Smirnov-Kolmogorof test*) tentukan harga D_0 dari tabel dibawah ini

Tabel 2.9 Nilai kritis D_0 untuk Uji *Smirnov-Kolmogorof*

N	Derajat Kepercayaan, α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber : Suripin, (2004 : 59)

2.4.4 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

Perhitungan data maksimum harian rata-rata DAS harus dilakukan secara benar untuk analisis frekuensi data hujan. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata DAS adalah sebagai berikut :

- Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah pos hujan

- Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain
- Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih
- Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah pertama) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain
- Ulangi langkah kedua dan ketiga untuk setiap tahun

Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun

2.4.5 Waktu Konsentrasi

Definisi waktu konsentrasi (t_c) menurut Suripin (2004 : 82) adalah “waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi.

Waktu konsentrasi (t_c) terdiri dari dua bagian yaitu (1) waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari titik terjauh dari tadah sampai di saluran (t_o) dan (2) waktu yang diperlukan air mengalir pada saluran sampai titik yang ditinjau (t_d). Rumus Kirpich (1940) untuk konsentrasi (t_c) adalah sebagai berikut :

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_p \times \frac{nd}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$t_d = \frac{Ld}{60 \cdot V} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

- t_o = *Time inlet* (menit)
- L_p = panjang titik terjauh sampai sarana drainase (m)
- S_o = kemiringan lahan
- n_d = koefisien hambatan
- t_d = *time of flow* (menit)

L_d = panjang saluran drainase (m)

V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

Tabel 2.10 Koefisien hambatan (n_d)

No	Kondisi permukaan yang dilalui aliran	n_d
a	Lapisan aspal semen dan beton	0,013
b	Permukaan halus dan kedap air	0,02
c	Permukaan halus dan padat	0,10
d	Lapangan dengan rumput jarang, ladang dan tanah kosong permukaan cukup kasar	0,20
e	Ladang dan lapangan rumput	0,40
f	Hutan	0,60
g	Hutan dan rimba	0,80

Sumber : Suripin, (2004)

2.4.6 Analisis Intensitas Hujan

Menurut Suripin (2004 : 66), intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi ($IDF = Intensity-Duration-Frequency Curve$). Diperlukan hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan rumus *Mononobe* sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

2.4.7 Debit Rencana

Debit rencana dapat dihitung berdasarkan dua pendekatan, tergantung pada data yang tersedia. Dalam analisa debit yang terjadi pada drainase biasanya digunakan Metode Rasional. Metode ini digunakan untuk menduga seberapa besarnya *runoff* maksimum. Metode rasional ini didasarkan pada beberapa anggapan :

1. Intesitas hujan yang terjadi adalah seluruh dan seragam (*steady and uniform*)
2. Koefisien *runoff* besarnya akan selalu tetap untuk semua macam tipe hujan

Persamaan matematik Metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3,6} C . I . A \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

Q = debit aliran maksimum m³/det

C = koefisien aliran -

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas tangkapan hujan (km²)

Tabel 2.11 Koefisien Aliran (C)

No	Deskripsi lahan/Karakter permukaan	C
a	Bussiness Perkotaan Pinggiran	0,70 – 0,90 0,50 – 0,70

b	Perumahan	
	Rumah tinggal	0,30 – 0,50
	Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
	Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	Perkampungan	0,25 – 0,40
	Apartemen	0,50 – 0,70
c	Industri	
	Ringan	0,50 – 0,80
	Berat	0,60 – 0,90
d	Atap	0,75 – 0,95
e	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0,70 – 0,95
	Batu bata, paving	0,50 – 0,70
f	Halaman, tanah berpasir	
	Datar 2%	0,05 – 0,10
	Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
	Curam, 7%	0,15 – 0,20
g	Halaman, tanah berat	
	Datar 2%	0,13 – 0,17
	Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
	Curam, 7%	0,25 – 0,35
h	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
i	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
j	Taman, perkebunan	0,10 – 0,25
k	Hutan	
	Datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
	Bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
	Berbukit, 10 – 30%	0,30 – 0,60

Sumber : Suripin, (2004 : 80)

2.5 Air Tanah

Air tanah adalah air dalam keadaan bebas yang mengalami proses rembesan ke dalam tanah atau tertahan di bawah permukaan tanah. Air tanah berasal dari tampungan air hujan yang menggenang di atas muka tanah kemudian masuk ke dalam tanah melalui pori-porinya sampai lapisan kedap air di zona dalam. Permukaan air dalam tanah disebut muka air tanah. Dalam perjalanannya air tanah dapat meresap sampai kedalaman tertentu di antara dua lapisan kedap air.

Secara umum, jumlah air yang mengalir melalui butiran tanah sangat bergantung pada kemiringan hidrolis, penampang melintang dan yang terpenting adalah koefisien permeabilitas tanah itu sendiri. Koefisien ini merupakan ukuran yang menyatakan tingkat kecepatan air mengalir melalui pori-pori antara partikel tanah tertentu.

Berikut ini disajikan nilai koefisien permeabilitas secara pendekatan yang mewakili beberapa jenis tanah :

Tabel 2.12 Koefisien Permeabilitas Tanah

Jenis tanah yang diwakili	Koefisien Permeabilitas (cm/detik)
Kerikil Kasar	100 – 1,0
Pasir Kasar	1,0 – 0,01
Pasir Halus	0,01 – 0,001
Lanau	0,001 - 0,000001
Lempung	0,000001

Sumber : Braja M. Das, Mekanika Tanah (1995)

Kuantitas aliran air tanah dapat dihitung menggunakan hukum *Darcy* yang merupakan hukum dasar aliran air tanah, yaitu :

$$Q = k \cdot i \cdot A \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

Q = debit aliran air tanah (cm³/detik)

k = koefisien permeabilitas (cm/detik)

i = kemiringan aliran rata-rata

A = luas total penampang melintang massa tanah yang tegak lurus arah aliran (cm²)

2.5.1 Infiltrasi

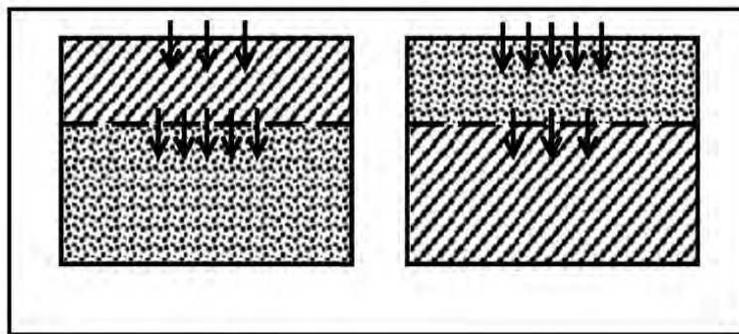
Pengertian infiltrasi menurut Chow (1988 : 108), “*Infiltration is the process of watering penetrating from the ground surface into the soil*”. Jadi, infiltrasi merupakan proses masuknya air dari permukaan tanah ke dalam tanah. Proses infiltrasi merupakan bagian yang sangat penting dalam siklus hidrologi

maupun dalam proses pengalihragaman hujan menjadi aliran air di permukaan tanah seperti sungai

Banyak faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi, diantaranya yaitu : jenis tanah, kepadatan tanah, kelembaban tanah, dan tutup tumbuhan (*vegetative cover*).

Faktor-faktor tersebut membuat laju infiltrasi menjadi beragam. Infiltrasi terjadi secara demikian sehingga pada saat-saat awal mempunyai laju infiltrasi yang tinggi, akan tetapi makin lama makin rendah sehingga mencapai laju infiltrasi tetap.

a. Infiltrasi kecil perkolasi besar b. Infiltrasi besar perkolasi kecil



Sumber : Sri Harto (1993: 97)

Gambar 2.1 skema infiltrasi dan perkolasi pada dua lapisan tanah

Skema di atas memperlihatkan keterikatan infiltrasi dengan perkolasi. Pada gambar 2.1a, skema formasi tanah dengan lapisan atas mempunyai laju infiltrasi kecil, akan tetapi lapisan bawah mempunyai laju perkolasi tinggi. Sebaliknya, pada gambar 2.1b, lapisan atas dengan laju infiltrasi tinggi sedangkan laju perkolasi pada lapisan bawah rendah.

Rumus perhitungan koefisien permeabilitas tanah adalah sebagai berikut :

$$k = \frac{h}{\frac{h_1}{k_1} + \frac{h_2}{k_2} + \frac{h_3}{k_3}} \dots\dots\dots(2.22)$$

dimana :

- k = koefisien permeabilitas tanah
- h = tebal lapisan tanah total
- h₁ = tebal lapisan tanah pertama

- h_2 = tebal lapisan tanah kedua
- h_3 = tebal lapisan tanah ketiga
- k_1 = koefisien permeabilitas lapisan tanah pertama
- k_2 = koefisien permeabilitas lapisan tanah kedua
- k_3 = koefisien permeabilitas lapisan tanah ketiga

2.6 Porositas Tanah

Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. Maka, hubungan antara angka pori dengan porositas tanah dapat dirumuskan (Braja M. Das,1998:31)

$$n = \frac{e}{1+e}$$

dengan

n = porositas tanah

e = angka pori

Porositas berdasarkan kuantitas :

1. (0% – 5 %) dapat diabaikan (*negligible*)
2. (5% – 10%) buruk (*poor*)
3. (10%- 15%) cukup baik (*fair*)
4. (15%- 20%) baik (*good*)

2.7 Sistem Drainase Permukaan

Pengertian drainase permukaan menurut SNI 03-3424-1994 adalah “Sistem drainase yang berkaitan dengan pengendalian air permukaan”. Drainase permukaan berfungsi untuk menangani air permukaan, khususnya air yang berasal dari hujan. Langkah awal dalam perencanaan drainase adalah menentukan debit rencana yang pada umumnya diestimasi berdasarkan hujan rencana.

Waktu pengaliran dapat diperoleh sebagai pendekatan dengan membagi panjang aliran maksimum dari saluran samping dengan kecepatan rata-rata aliran pada saluran tersebut. Kecepatan rata-rata aliran diperoleh dari rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

V = kecepatan rata-rata aliran (m³/det)

S = kemiringan saluran (%)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis saluran

A = luas penampang basah (m²)

P = keliling basah (m)

Tabel 2.13 Koefisien Manning (n)

No	Jenis Saluran	n
a	Besi tuang dilapis	0,014
b	Kaca	0,010
c	Saluran Beton	0,013
d	Batu dilapis mortar	0,015
e	Pasangan batu disemen	0,025
f	Saluran tanah bersih	0,022
g	Saluran tanah	0,30
h	Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,40

Sumber : Suripin (2004 : 145)

2.7.1 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien limpasan (C), adalah angka reduksi dari intensitas hujan yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah, dan durasi hujan. Besarnya koefisien pengaliran, dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$C_w = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

C_w = koefisien pengaliran rata-rata

C_i = koefisien pengaliran pada masing-masing daerah

A_i = luas daerah pengaliran

Tabel 2.14 Koefisien Pengaliran (C_i)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran	Faktor Limpasan
		(C)	(fk)
	BAHAN		
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70 – 0,95	-
2	Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 – 0,70	-
3	Bahu Jalan :		
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65	-
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	-
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85	-
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75	-
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40	0,2
7	Persawahan	0,45 – 0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

Sumber : Suripin (2004)

2.7.2 Kecepatan Minimum yang Diijinkan

Penentuan kecepatan aliran di dalam saluran didasarkan pada kecepatan minimum yang diijinkan yaitu kecepatan aliran terendah 0,6 m/det agar tidak terjadi pengendapan dan mencegah pertumbuhan tanaman dalam saluran.

Sedangkan kecepatan maksimum yang diperbolehkan yaitu kecepatan aliran terbesar 3,0 m/det yang tidak mengakibatkan penggerusan pada bahan saluran.

2.7.3 Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran disesuaikan dengan topografi dan energi yang diperlukan untuk mengalirkan air secara gravitasi dan kecepatan yang ditimbulkan harus sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan.

Kemiringan rata-rata saluran dipakai untuk perhitungan waktu konsentrasi. Rumus yang digunakan untuk perhitungan yaitu sebagai berikut :

$$S = \left(\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

- S = kemiringan saluran (%)
- V = kecepatan aliran (m/det)
- n = koefisien kekasaran *Manning* (lihat tabel 2.11)
- R = jari-jari hidrolis (m)

2.7.4 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan atau *free board* (h) jarak vertikal antar titik tertinggi penampang saluran dengan tinggi air yang direncanakan. Tinggi jagaan harus tersedia sebagai batas keamanan untuk mencegah terjadinya sedimentasi di dalam saluran dan mencegah kelebihan debit selama terjadi banjir yang melebihi debit banjir rencana. Penentuan tinggi jagaan biasanya dipengaruhi oleh kedalaman aliran atau *depth of flow* (d), kecepatan aliran dalam drainase dan ukuran drainase. Rumus yang digunakan untuk menghitung tinggi jagaan pada saluran terbuka adalah

$$F = \sqrt{c \cdot y} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

- F = tinggi jagaan (m)
- y = kedalaman aliran dalam keadaan normal (m)
- c = koefisien debit

$Q < 0,60 \text{ m}^3/\text{det}$	$c = 0,14$
$0,60 < Q < 8,00 \text{ m}^3/\text{det}$	$0,14 < c < 0,20$
$Q > 8,00 \text{ m}^3/\text{det}$	$c > 0,23$

2.7.5 Perencanaan Dimensi Saluran

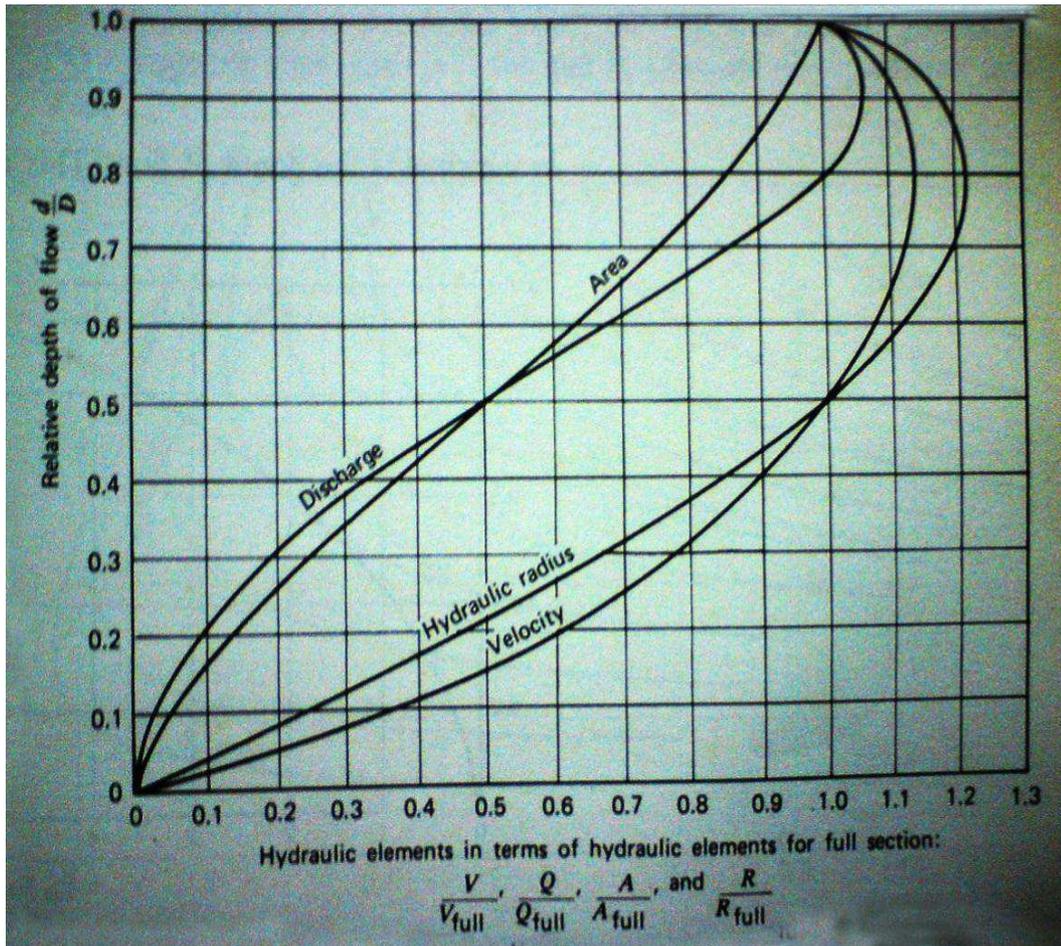
Terdapat dua macam tipe saluran drainase, yaitu :

1. Drainase saluran terbuka, sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruhi udara luar.
2. Drainase saluran tertutup, sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruhi udara luar.

Saluran tertutup penampangnya dapat berbentuk bulat lingkaran, bulat telur, elips, dan tapal kuda. Bentuk saluran terbuka antara lain trapesium, segiempat, setengah lingkaran, dan modifikasi dari bentuk-bentuk tersebut

2.7.6 Kecepatan dan Tinggi Muka Air pada Saluran Penampang Lingkaran

Kecepatan dan tinggi muka air pada saluran penampang lingkaran dapat diketahui menggunakan metode grafis, yaitu menggunakan grafik "*Hydraulic Parameters of Circular Pipes Flowing Partially Full*".



Gambar 2.2 Hydraulic Parameters of Circular Pipes Flowing Partially Full

Sumber : *Handbook of Concrete Culvert Pipe Hydraulics* (1964)

2.8 Sistem Drainase Bawah Permukaan

Pengertian drainase bawah permukaan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia yaitu “drainase alam atau drainase buatan yang terdapat di bawah permukaan tanah”. Air yang mengalir di atas permukaan sebagian meresap atau berinfiltrasi ke bawah permukaan tanah. Agar permasalahan kelebihan air tersebut tertangani maka waktu infiltrasi harus cepat dan tanah tidak semakin jenuh atau lembab, maka diperlukan drainase bawah permukaan atau *subsurface drainage*.

Drainase bawah permukaan berfungsi untuk menampung dan membuang air yang masuk ke dalam struktur yang ada di atasnya, sehingga meminimalisir atau tidak sampai menimbulkan kerusakan pada struktur tersebut

2.8.1 Diameter Pipa

Untuk menghitung diameter pipa, digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{\text{pipa}} = V \cdot A \dots\dots\dots(2.28)$$

- $k \cdot i \cdot \pi \cdot D \rightarrow$ sehingga D dapat dicari

Dimana :

Q_{pipa} = debit aliran pipa

k = koefisien permeabilitas

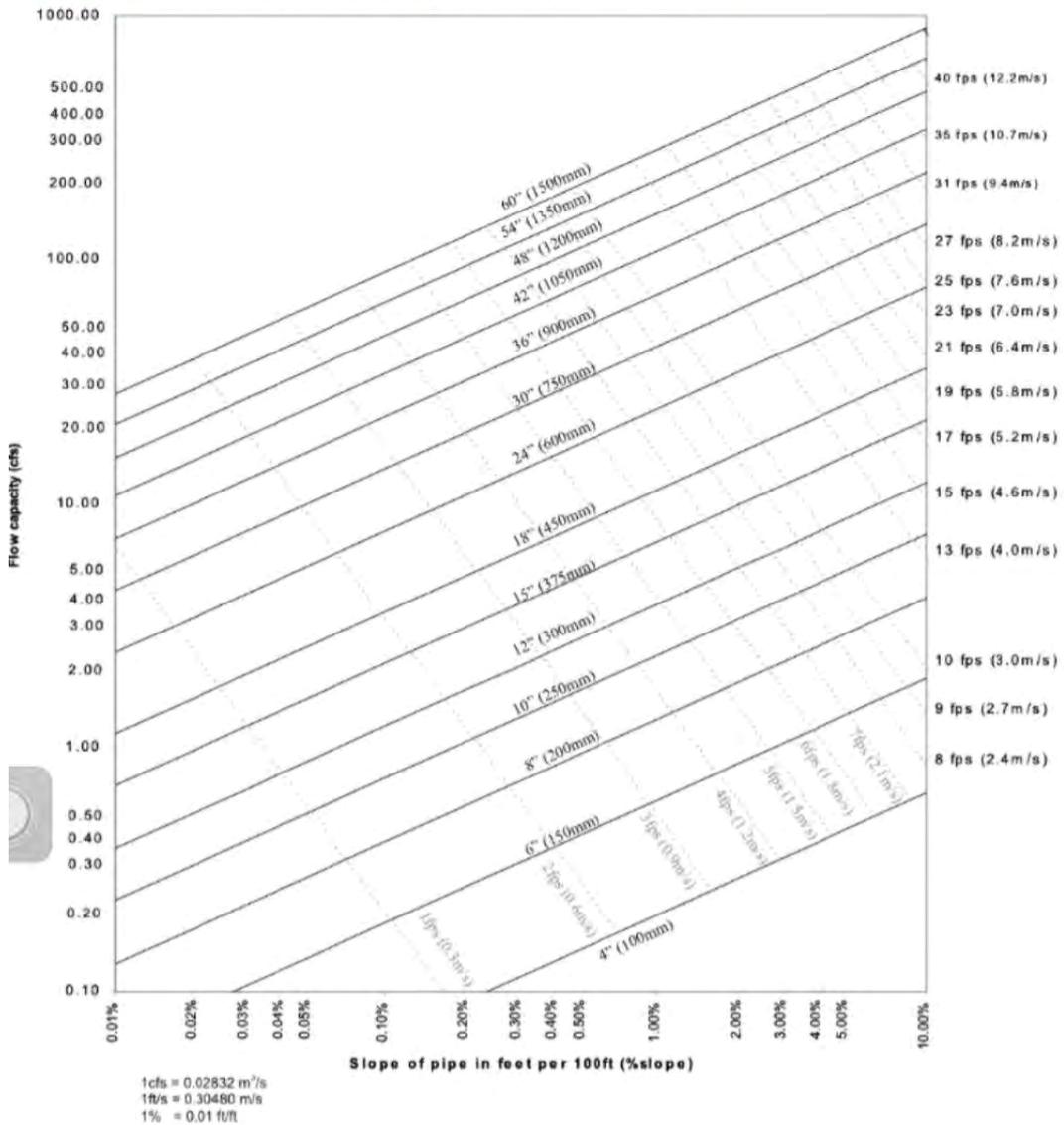
i = kemiringan saluran

D = diameter pipa

2.8.2 Kecepatan dan Debit Pipa

Untuk menghitung kecepatan dan debit pipa drain, menggunakan grafik “*Discharge Rates for ADS Single Wall Heavy Duty and Highway Pipe*” seperti pada gambar di bawah ini :

Figure 3-1
Discharge Rates for ADS Corrugated Pipe with Smooth Interior Liner¹



1. Applicable products: N-12[®], MEGA GREEN[®], N-12 STIB, N-12 WTIB, N-12 HP, SaniTite[®], SaniTite HP, N-12 Low Head

Note: Based on a design Manning's "n" of 0.012.
 Solid lines indicate pipe diameters. Dashed lines indicate approximate flow velocity.
 Redeveloped from FHWA HDS 3 – Design Charts for Open-Channel Flow²

Gambar 2.3 Grafik “Discharge Rates for ADS Single Wall Heavy Duty and Highway Pipe”

2.8.3 Jarak Pipa Drain

Untuk menghitung jarak pipa drain, digunakan rumus dupuit dengan rumus sebagai berikut :

$$L = \sqrt{\frac{k}{v}} (b^2 - a^2)$$

Dimana :

L = jarak pipa drain (m)

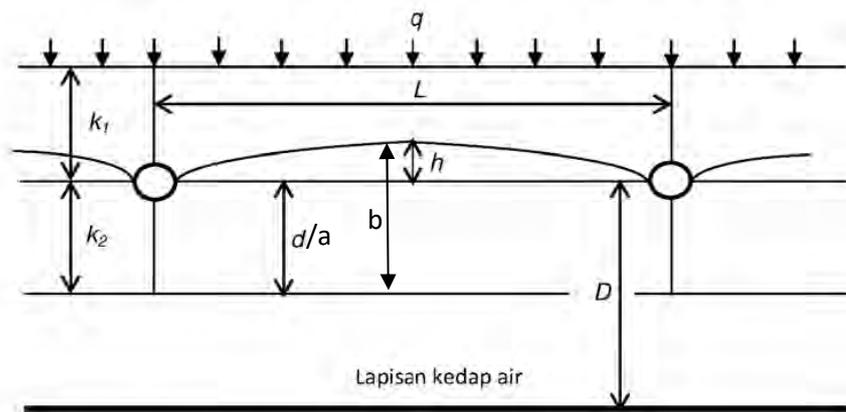
k = koefisien permeabilitas (mm/hari)

v = laju infiltrasi (mm/hari)

b = ketinggian maksimum (d+h) *water table* diatas *impervious layer* (m)

a = ketinggian air dalam pipa ke lapisan kedap (m)

Saluran drainase bawah tanah, cara perletakannya seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Perletakan saluran drainase bawah tanah

2.9 Lapangan Sepak Bola Standar FIFA

Mengenai dimensi lapangan sepak bola, FIFA *Football Stadium* (2007 : 60) merekomendasikan bahwa :

For all matches at the top professional level and where major international and domestic games are played, the playing field should have dimensions of 105 m x 68 m. These dimensions are obligatory for the FIFA World Cup™ and the final competitions in the confederations championships.

Berdasarkan rekomendasi FIFA tersebut maka dimensi lapangan sepak bola Standar Internasional dimana pun menjalani pertandingan internasional maupun domestik mempunyai ukuran lapangan dengan panjang 105 meter dan lebar 68 meter.

2.9.1 Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola

Menurut syarat dan rekomendasi teknik dari FIFA *Football Stadiums* (2007 : 71) menjelaskan bahwa dalam perencanaan stadion sepak bola, “*Local conditions are of decisive importance to the calculation of the drainage system. The dimensions of the drainage system can vary, depending on the amount of rainfall and climatic conditions*”.

Pada prinsipnya, sistem drainase untuk lapangan olah raga bertujuan untuk mengeringkan lapangan olah raga agar tidak terjadi genangan air apabila terjadi hujan. Karena genangan air akan menghambat laju bola sehingga mengganggu jalannya pertandingan dan juga bisa membahayakan pemakai lapangan.

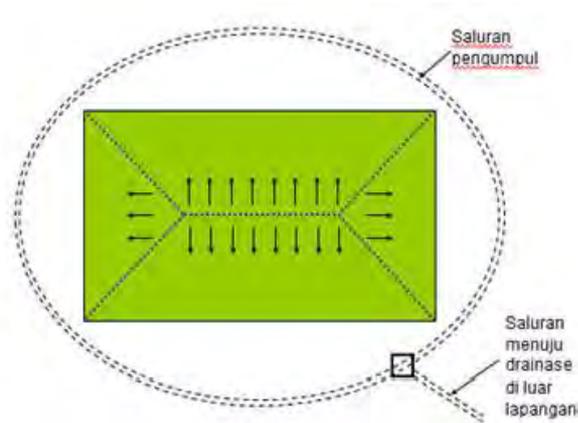
Drainase lapangan olah raga direncanakan berdasarkan infiltrasi atau resapan air hujan pada lapisan tanah, tidak *run off* pada muka tanah. Drainase lapangan olah raga dianalisis berdasarkan drainase bawah permukaan (*subsurface drainage*). Menurut Wahyu Widiyanto (Hardjoso Prodjopangarso, 1987), pada umumnya kriteria perencanaan untuk sistem drainase pada lapangan yaitu sebagai berikut :

- Kontruksi sistem drainase diusahakan agar dapat mengeringkan dengan cepat, tetapi tidak mengganggu pertumbuhan rumput
- Kemiringan lapangan $\leq 7\%$ atau 0,007
- Limpasan permukaan sekecil mungkin, erosi tidak diperbolehkan
- Infiltrasi sebesar mungkin, infiltrasi pada tanah yang dijumpai di alam berkisar pada kecepatan (V) 430 s/d 860 mm/hari
- Koefisien rembesan ideal untuk lapangan sepak bola = 0,03 mm/detik
- *Piping* dicegah dengan jalan memberi filter pada sambungan pipa
- Pembebanan air dari luar dihilangkan dengan membuat saluran di sekeliling lapangan, jadi batas antara keliling lapangan sepak bola dengan lapangan jalur atletik harus ada *collector drain*

- Persentase pori (P) berkisar 10 s.d 50%
- Daya resap (q) = p. V = 43 s.d 430 mm/hari

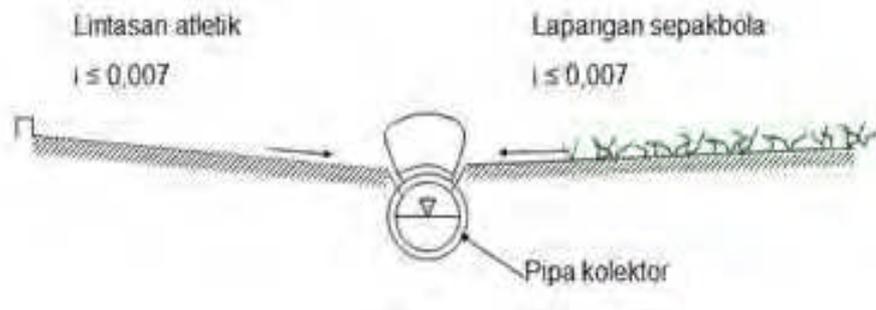
2.9.2 Bagian-bagian Sistem Drainase Lapangan Sepak Bola

Berikut ini merupakan sketsa saluran dan arah aliran air yang umum digunakan pada lapangan sepak bola :



Gambar 2.5 Sketsa saluran dan arah aliran air

Sumber : Wahyu Widiyanto, UNSOED)



Gambar 2.6 Potongan melintang saluran dan arah aliran air

Sumber : Wahyu Widiyanto, UNSOED)

Bagian-bagian dari sistem drainase suatu lapangan menurut Hardjoso Prodjopangarso (1987) yaitu sebagai berikut :

1. Lapisan atas

Lapisan atas dari lapangan adalah rumput dan dibawahnya terdapat lapisan penutup yang terdiri dari pasir urug dan pupuk kandang dengan perbandingan 4 : 1. Tebal lapisan tersebut adalah 15 cm

2. Pasir Urug

Lapisan pasir urug ini terletak di bawah lapisan atas yang komposisinya terdiri dari 75% pasir (*sand*), 15% lumpur (*silt*), 10% lempung (*clay*) setebal 10 cm

3. Pasir Murni

Lapisan pasir murni terletak di bawah lapisan pasir urug. Tidak mengandung lempung. Tebal lapisan ini adalah 15 cm

4. Batu Koral

Lapisan ini terdiri dari dua jenis batu koral dengan diameter yang berbeda. Bagian atas terdiri dari batu koral dengan diameter 3 – 10 mm dan tebal lapisan 5 cm. Sedangkan bagian bawah tersusun oleh batu koral dengan diameter 10 – 20 mm dan tebalnya 15 cm

5. Lapisan Geotekstil

Sebagai lapisan untuk mencegah terjadinya erosi akibat air hujan pada lapisan di atasnya seperti pasir, tanah, dan kerikil. Namun tetap memungkinkan air hujan menyerap dengan cepat, maka digunakan *geotextile* jenis *non woven*

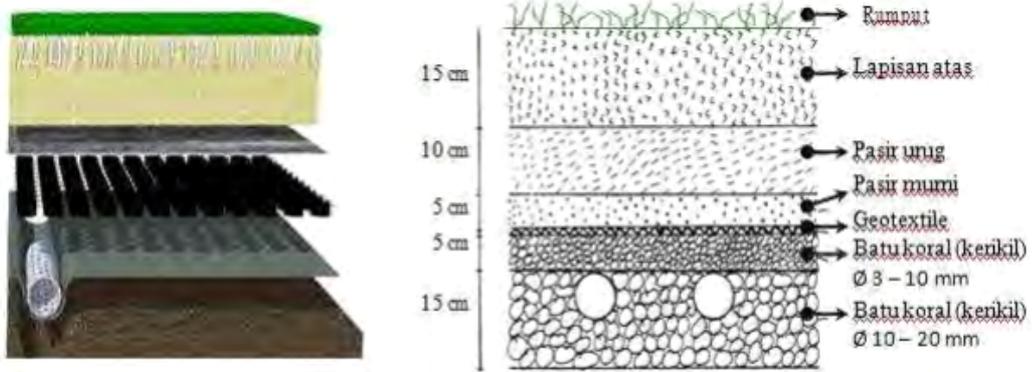
6. Saluran *subsurface* (pipa)

Saluran di bawah tanah lapangan sepak bola yang berfungsi untuk membuang air dan meresap untuk selanjutnya disalurkan ke saluran pembuang yang terletak di pinggir lapangan

7. Tanah Asli

Tanah asli adalah tanah yang berada pada lapisan paling bawah dari sistem drainase

Secara skematis, bagian-bagian dari struktur sistem drainase suatu lapangan di perlihatkan dalam gambar berikut :



Gambar 2.7 Potongan melintang drainase lapangan sepak bola
 Sumber : Prodjopangarso, 1987