

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

Untuk menanggulangi kelebihan air atau untuk membuang air yang tidak digunakan, maka perlu direncanakan sebuah bangunan yang disebut dengan drainase.

2.1.1 Pengertian Drainase

Menurut John W. Selleck, drainase adalah proses pengeluaran air dari suatu area, baik itu melalui metode alami maupun buatan manusia. Dia juga menjelaskan bahwa sistem drainase yang baik harus mampu mengelola air dengan cepat dan efisien agar tidak menimbulkan genangan air yang berpotensi merusak dan mengganggu lingkungan. Sedangkan Richard H. French, mengemukakan bahwa drainase merupakan sistem pengelolaan air yang terdiri dari jaringan saluran-saluran yang dirancang untuk mengalirkan air ke tempat yang seharusnya. Menurutnya, drainase juga harus mampu mengendalikan air tanah agar tidak merusak struktur bangunan dan lahan pertanian.

Di Indonesia pengertian mengenai drainase diatur dalam SK menteri PU No. 233 tahun 1987, didalam SK tersebut dijelaskan bahwa drainase perkotaan adalah jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dan daerah urban dari genangan air, baik dari hujan lokal maupun luapan sungai melintas di dalam kota.

Sistem drainase untuk lapangan sepak bola bertujuan untuk mengeringkan lapangan sepak bola agar tidak terjadi genangan pada permukaan lapangan apabila terjadi hujan pada saat pertandingan berlangsung. Hal ini disebabkan karena bila terjadi genangan air maka akan mengganggu dan membahayakan pemain sepak bola di lapangan. Oleh karena itu sistem drainase lapangan sepakbola diusahakan dapat meresapkan air kedalam tanah secepat cepatnya sebelum menimbulkan genangan. Selain itu drainase lapangan sepak bola juga tidak boleh mengganggu kesuburan rumput yang ada dipermukaan lapangan dan lapangan harus nyaman digunakan ketika tidak terjadi hujan ataupun ketika turun hujan.

2.1.2 Aspek Perencanaan

Perencanaan drainase harus mempertimbangkan beberapa faktor agar drainase tersebut dapat bekerja secara optimum, berikut adalah beberapa aspek perencanaan drainase:

- Penentuan debit rencana drainase berdasarkan curah hujan maksimum dengan kala ulang tertentu yang terjadi pada wilayah tersebut dan memperhitungkan debit limbah domestik yang mungkin dibuang ke saluran tersebut.
- Pendimensian penampang drainase harus memperhatikan luasan dan tata guna wilayah yang dilayani agar dimensi drainase menjadi efisien. Selain itu pada tahap pelaksanaannya juga harus menggunakan metode yang mudah dilaksanakan.
- Kemiringan dasar saluran drainase juga perlu diperhatikan agar drainase terhindar dari penumpukan sedimen yang mungkin terjadi, penumpukan sedimen dapat ditanggulangi antara lain dengan mempercepat aliran atau merencanakan bangunan pelengkap yang berfungsi sebagai tempat pengendapan sedimen.
- Kecepatan aliran drainase bergantung pada bahan penyusun drainase tersebut, semakin kuat material penyusunnya, maka semakin besar kecepatan yang diizinkan.
- Kontrol dari perencanaan drainase adalah debit yang dapat dilayani oleh drainase tersebut, harus lebih besar dari debit yang membebani saluran dengan kala ulang tertentu.
- Mayoritas perencanaan drainase disertai dengan perencanaan bangunan pelengkap, seperti bak kontrol, pintu air, perencanaan pompa, bangunan terjunan dan lain sebagainya.

2.1.3 Sistem Drainase

Sistem drainase membahas alur aliran air hulu hingga menuju hilir (pembuangan) yang dapat dialirkan menuju muara sungai, waduk, maupun laut. Secara umum drainase difungsikan sebagai alat membuang kelebihan air yang terjadi pada suatu wilayah. Ada beberapa jenis drainase yang ditinjau dari beberapa aspek seperti bahan penyusun, letak saluran, fungsi dan wilayah.

➤ Jenis drainase berdasarkan pembuatannya

- Drainase buatan

Drainase yang dirancang dan dibangun untuk tujuan tertentu. Biasanya disesuaikan dengan pengelolaan air. Perlu pembangunan dan biaya khusus karena membutuhkan bahan-bahan, seperti beton, pipa, atau batu. Contoh drainase buatan adalah selokan, gorong-gorong, kanal, talang.

- Drainase alami

Sesuai dengan sebutannya, drainase alami terbentuk oleh alam tanpa campur tangan manusia, bahkan umumnya tanpa penunjang apapun. Drainase ini terbentuk karena adanya gerusan air yang bergerak karena gravitasi, yang lambat laun dan dalam waktu yang lama membentuk jalan air yang permanen, seperti sungai.

➤ Jenis drainase berdasarkan letak saluran

- Drainase permukaan tanah

Drainase ini dapat dilihat secara langsung karena ada di permukaan tanah. Drainase permukaan tanah biasanya digunakan untuk mencegah terjadinya genangan air pada area perumahan. Air hujan yang turun langsung disalurkan oleh drainase ini ke pembuangan air, sehingga tidak ada air tergenang.

- Drainase bawah tanah

Drainase ini dibangun di dalam tanah. Biasanya membutuhkan pipa-pipa sebagai media untuk menyalurkan air. Drainase bawah tanah umumnya dibuat agar tidak mengganggu estetika kawasan atau kota tersebut. Lokasinya yang tersembunyi membuat drainase ini tidak mengganggu aktivitas di permukaan tanah.

➤ Jenis drainase berdasarkan fungsi

- Drainase satu fungsi (*single purpose*)

Saluran dari drainase ini hanya berfungsi untuk mengalirkan satu jenis air pada saluran pembuangan, misalnya air hujan, air dari limbah rumah tangga, atau limbah industri.

- Drainase multi-fungsi (*multi purpose*)

Saluran dari drainase ini mampu mengalirkan bermacam air buangan, baik secara bergiliran atau sekaligus, misalnya drainase yang digunakan untuk membuang limbah rumah tangga sekaligus air hujan.

➤ Jenis drainase berdasarkan wilayah atau tataguna lahan yang dilayani

- Drainase jalan raya.

Saluran drainase di jalan raya umumnya ditutup dan dijadikan trotoar atau bahu jalan, agar tidak mengganggu aktivitas pengguna jalan. Fungsi drainase ini adalah untuk mengalirkan air agar tidak menggenang dan merusak konstruksi jalan atau menyebabkan erosi pada badan jalan.

- Drainase bandara

Karena area bandara luas, mendatar, dan beraspal, air tidak mudah mengalir. Padahal genangan air pada bandara sangat berbahaya bagi pesawat. Oleh karena itu perlu sistem drainase yang baik untuk bandara.

- Drainase lapangan olahraga

Sama seperti drainase pada jalan raya, drainase di lapangan olahraga memiliki fungsi untuk meresapkan dan mengalirkan air agar tidak terjadi genangan yang dapat mengganggu kenyamanan pengguna dan merusak infrastruktur.

2.2 Analisa Hidrologi

Dalam perencanaan drainase bawah permukaan memerlukan analisa hidrologi untuk merencanakan debit hujan rancangan yang akan dilayani oleh saluran sehingga dimensi saluran menjadi efisien. Kala ulang hujan yang biasa digunakan adalah kala ulang 10 tahun.

2.2.1 Data Hujan

Pengukuran hujan selama satu hari dilakukan dengan pengamatan dalam 24 jam. Pada perencanaan bangunan tertentu data hujan yang diperlukan bukan hanya data hujan harian, melainkan data hujan mingguan dan jam-jaman. Pada data hujan ini akan menghasilkan konsekuensi dalam pemilihan data. Untuk mengurangi resiko data yang salah sehingga disarankan menggunakan alat pengukuran otomatis. Setiap pos hujan atau stasiun hujan biasanya menggunakan salah satu dari dua alat ukur, yakni:

➤ Alat ukur hujan biasa (*manual raingauge*)

Alat ukur hujan biasa berupa tabung yang menampung air hujan selama 24 jam, kemudian setiap harinya air yang tertampung dalam tabung tersebut dituangkan ke dalam gelas ukur dan dilakukan pembacaan besaran tinggi hujan harian dalam satuan millimeter. Selanjutnya data tersebut dicatat oleh petugas dan dijadikan sebagai acuan data perencanaan.

➤ Alat ukur hujan otomatis (*automatic raingauge*)

Pengukuran pada alat ini secara menerus pada kertas pencatat yang dipasang pada alat ukur, berdasarkan data pencatatan dengan alat ini akan dilakukan analisis untuk memperoleh besaran intensitas hujan yang terjadi dalam 24 jam dengan satuan millimeter. Pengukuran dengan menggunakan *automatic raingauge* lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan *manual raingauge* dikarenakan dapat meminimalisir *human error*.

2.2.2 Analisis Frekuensi

Tujuan dilakukannya analisa frekuensi adalah berkaitan dengan besarnya kejadian ekstrim seperti hujan lebat dan banjir yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh bergantung pada kualitas dan panjang data. Semakin pendek data yang tersedia, maka akan semakin besar kemungkinan penyimpangan yang terjadi. Dalam ilmu statistik terdapat beberapa jenis distribusi frekuensi, akan tetapi dalam ilmu hidrologi ada empat jenis distribusi yang sering diterapkan, antara lain:

- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Log Pearson III
- Distribusi Gumbel

Dalam tugas akhir ini menggunakan Distribusi Log Pearson III karena nilai koefisien skewness (C_s) lebih fleksibel sebagai syarat perhitungan selanjutnya.

Untuk menguji data diperlukan hasil dari perhitungan standar deviasi (S), koefisien varian (C_v), koefisien skewness (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k) yang dijelaskan pada uraian dibawah ini:

- Standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi-x)^2}{(n-1)}}$$

- Koefisien keragaman sample (Cv)

$$Cv = \frac{S}{R}$$

- Koefisien kemiringan populasi (Cs)

$$Cs = \frac{N\sum(Ri-R)^3}{(n-1)(n-2)S^4}$$

- Koefisien kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{N\sum(Ri-R)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

Keterangan:

R = data hujan rata rata (mm)

Ri = data hujan (mm)

n = jumlah sample

Distribusi Log Person tipe III

Berikut adalah perhitungan hujan rencana menggunakan metode Log Person III :

- Data hujan rata rata tahunan yang akan digunakan terlebih dahulu diubah kedalam bentuk logaritma ($\log Ri$).
- Selanjutnya dihitung nilai logaritma rata-rata

$$\text{LogR} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Ri}{n}$$

- Langkah selanjutnya adalah dihitung harga simpangan baku/ standar deviasi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Ri - \text{LogR})^2}{n-1}}$$

- Selanjutnya adalah mencari nilai dari koefisien kemencengan (Cs):

$$Cs = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Ri - \text{LogR})^3}{(n-1)(n-2)S^3}}$$

- Dihitung logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu:

$$\text{LogRT} = \text{LogR}_I + Sd \cdot G$$

Keterangan:

RT = Curah hujan rancangan (mm)

Sd = simpangan Baku

Log Ri = rata-rata logaritma dari hujan maksimum (mm)

G = konstanta

Tabel 2. 1 Distribusi Log Pearson Tipe III untuk kemencengan Ck

Koefisien C _k	Waktu balik dalam tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.017	0.836	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Dikutip dari DR. M.M.A. SHANIN/Statistical Analysis in Hydrology

2.2.3 Uji Kecocokan Data

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan, maka data yang menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter diantaranya adalah pengujian Chi-Kuadrat (*Chi-Square*) dan Smirnov-Kolmogorov

2.2.3.1 Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang (metode yang digunakan untuk mencari hujan rencana) dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 . (Soewarno, 1995) perhitungan Chi-Kuadrat dengan parameter Xh^2 dapat dihitung menggunakan rumus :

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Keterangan :

X^2 = Parameter Chi Kuadrat terhitung

Σ = jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Parameter X^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai X^2 sama atau lebih besar dari pada nilai Chi-Kuadrat yang sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada Gambar 2.2. di bawah.

Prosedur Uji Chi-Kuarat adalah:

- Mengurutkan data hujan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
- Kelompokkan data hujan tersebut menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data hujan.
- Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup.
- Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- Tiap-tiap sub grup dihitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- Jumlah seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi- Kuadrat hitung.
- Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R=2$, untuk distribusi normal dan binomial, nilai $R=1$, untuk distribusi poisson).
- Interpretasi hasilnya adalah:
 - Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
 - Apabila peluang lebih kecil dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
 - Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambah data.

Tabel 2. 2 Nilai Kritis Distribusi Chi-Kuadrat

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Bonnier, 1980

Sumber: (Soewarno,1995)

2.2.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non-parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995). Berikut adalah tahapan analisisnya :

- Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari setiap data tersebut:

$$X_1 \quad P(X_1)$$

$$X_2 \quad P(X_2)$$

$$X_m \quad P(X_m)$$

$$X_n \quad P(X_n)$$

- Tentukan nilai setiap peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya):

$$X_1 \quad P'(X_1)$$

$$X_2 \quad P'(X_2)$$

$$X_m \quad P'(X_m)$$

$$X_n \quad P'(X_n)$$

- Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
- Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga D_0 yang tersaji pada (Tabel 2.3).

Interpretasi hasilnya adalah:

- Apabila $D < D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.
- Apabila $D > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2. 3 Nilai Kritis D_0 Untuk Uji Smirnov-Kolomogrov

No.	N	α			
		0,20	0,10	0,05	0,01
1	5	0,45	0,51	0,56	0,67
2	10	0,32	0,37	0,41	0,49
3	15	0,27	0,30	0,34	0,40
4	20	0,23	0,26	0,29	0,36
5	25	0,21	0,24	0,27	0,32
6	30	0,19	0,22	0,24	0,29
7	35	0,18	0,20	0,23	0,27
8	40	0,17	0,19	0,21	0,25
9	45	0,16	0,18	0,20	0,24
10	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: Soewarno, 1995

Sumber: (Soewarno,1995)

2.2.4 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang kemungkinan akan terjadi dengan periode ulang yang direncanakan. Besarnya debit banjir yang mungkin terjadi pada periode tertentu dapat direncanakan dengan menghitung tinggi hujan rencana dengan periode ulang tertentu. Dapat disimpulkan bahwa dua hal tersebut memiliki keterkaitan, yakni data curah hujan harian maksimum adalah data yang digunakan untuk menganalisa debit banjir rencana.

2.2.4.1 Intensitas Hujan

Ada beberapa metode untuk menganalisa intensitas hujan harian, pada tugas akhir ini metode yang digunakan yakni metode Mononobe, data yang dibutuhkan adalah data hujan harian. Satuan waktu (t) dalam jam dan mm/jam

untuk intensitas (I) hujan. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda, karena disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya.

Waktu (t) yaitu lamanya hujan yang terjadi, diambil sama dengan waktu konsentrasi (tc) dari daerah aliran (*the watershed time of concentration*), dengan pengertian pada saat itu seluruh daerah aliran memberikan kontribusi aliran pada titik tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa curah hujan rencana merupakan besaran hujan yang mempunyai durasi sama dengan waktu konsentrasi. Berikut adalah rumus Mononobe:

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

Keterangan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

2.2.4.2 Analisa Debit Saluran

Dengan berhipotesis bahwa air hujan yang jatuh dengan jumlah per satuan waktu yang tetap pada suatu permukaan kedap air, maka laju limpasan dari permukaan tanah akan sama dengan laju curah hujan. Untuk menghitung debit banjir di kawasan stadion dengan luas kurang dari 0,8 km² maka dipakai Metode Rasional, yaitu:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Keterangan :

Q = debit banjir (m³/detik)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan untuk periode ulang tertentu (mm/jam)

A = area yang akan dianalisa (km²)

2.3 Analisa Tanah

Tanah adalah gabungan dari partikel-partikel padat yang berpori dengan saling berhubungan sehingga air dapat mengalir melalui sela-sela partikel dengan energi lebih tinggi menuju energi yang lebih rendah.

2.3.1 Struktur Lapisan Tanah Lapangan Sepak Bola

Dalam peraturan Internasional yang dibuat oleh FIFA (*Federation International Football Association*) dicantumkan standar mengenai lapisan tanah yang digunakan dalam perencanaan lapangan sepak bola. Secara global ada berbagai macam konfigurasi lapisan yang digunakan pada lapangan sepakbola, hal tersebut bergantung pada kondisi dan metrial penyusun lapisan yang tersedia di daerah tersebut. Tujuan dari direncankannya lapisan tanah lapangan sepak bola atau lapisan dasar adalah untuk menciptakan sebuah tempat yang stabil dan permeable dimana rumput lapangan sepak bola bisa tumbuh subur namun dapat meminimalisir terjadinya genangan.

Lapisan tanah yang berada pada lapisan paling atas seharusnya menjadi media tanam yang baik untuk rumput yang ditanam di atasnya. Biasanya tanah tersebut perlu ditambahkan dengan pupuk kandang, agar rumput yang tumbuh diatasnya menjadi lebih subur. Selanjutnya lapisan dibawahnya adalah lapisan pasir, agar air yang diresapkan oleh tanah dapat diteruskan dengan lebih cepat oleh pasir. Sedangkan lapisan dibawah tanah dan pasir adalah agregat kasar yang memiliki ukuran sesuai dengan perencanaannya. Pada lapisan agregat, agregat yang digunakan bergradasi seragam namun di kelompokkan. Untuk lapisan pertama agregat yang digunakan berdiameter lebih besar daripada agregat dibawahnya. Lapisan kedua agregat kasar dan sebagai lapisan pelindung pipa menggunakan agregat yang lebih kecil ukurannya. Tebal lapisan tanah yang direncanakan setebal minimal 150 mm dengan rekomendasi tebal 150-200 mm. Lapisan kedua direkomendasikan setebal minimal 50-100 mm.

2.3.2 Analisa Lapisan Tanah Lapangan Sepak Bola

Perencanaan drainase bawah permukaan harus merencanakan struktur lapisan tanah yang mudah di tembus oleh air sehingga meminimalisir genangan yang disebabkan oleh air hujan yang jatuh di atas lapangan.

2.3.2.1 Rembesan Ekvivalen

Pada tanah yang berlapis dan dengan lapisan yang tidak seragam, maka nilai rembesannya dihitung secara ekuivalen sesuai dengan tebal dan material

penyusun dari lapisan tersebut. perhitungan nilai k arah aliran vertikal dapat di hitung dengan metode berikut : (Braja M Das, 1998: 92)

$$K_{V(\text{equivalen})} = \frac{H}{\left(\frac{h_1}{k_1}\right) + \left(\frac{h_2}{k_2}\right) + \left(\frac{h_3}{k_3}\right) + \dots + \left(\frac{h_n}{k_n}\right)}$$

Keterangan :

K = koefisien permeabilitas (cm/detik)

H = ketebalan lapisan tanah (mm)

Rembesan arah horizontal :

$$k_{H(\text{eq})} = \frac{1}{H}(k_{h1} \cdot H_1 + k_{h2} \cdot H_2 + k_{h3} \cdot H_3 + \dots + k_n \cdot H_n)$$

Rembesan arah vertikal :

$$K_{v(\text{eq})} \cdot \frac{h}{H} = K_{v1} \cdot i_1 = k_{v2} \cdot I_2 = k_{v3} \cdot I_3 = \dots = k_{vn} \cdot I_n$$

2.3.2.2 Porositas Tanah

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas, dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. Maka dapat dirumuskan : mekanika tanah, (Braja M.Das,1988)

➤ Angka Pori

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dengan volume butiran padat (tanah).

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Keterangan :

V_v = volume pori

V_s = volume butir

➤ Porositas Tanah

Porositas didefinisikan dengan perbandingan antara volume pori dengan volume tanah

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

Keterangan :

n = porositas tanah

e = angka pori

2.3.2.3 Permeabilitas Tanah

Dalam menghitung kecepatan aliran air yang mengalir dalam tanah yang jenuh digunakan hukum Darcy, sebagai berikut :

$$v = k \cdot i$$

Keterangan :

V = kecepatan aliran, yaitu banyaknya air yang mengalir melalui suatu satuan luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran air dalam satuan waktu

k = koefisien rembesan

I = gradien hidrolis

koefisien permeabilitas :

$$Q = k \cdot i \cdot A \text{ atau } \frac{Q}{i \cdot A}$$

Keterangan :

Q = debit (m³/det)

K = koefisien permeabilitas

I = miring hidrolis

A = luas bidang pengairan

Koefisien rembesan (*coefficient of permeability*) memiliki kepadatan yang sama dengan kecepatan. Koefisien permeabilitas yang dinyatakan dalam satuan cm/detik dan total volume adalah cm³. Koefisien permeabilitas bergantung pada beberapa faktor, antara lain :

- Kekentalan
- Sebaran angka pori
- Ukuran partikel
- Angka pori
- Kekasaran permukaan lapisan
- Kejenuhan tanah

Harga untuk koefisien rembesan (k) untuk pada jenis -jenis tanah berbeda, sesuai dengan kerapatan angka pori atau permeabilitasnya. Berikut harga koefisien rembesan yang disajikan pada Tabel 2.1 dibawah ini

Tabel 2. 4 Perkiraan Harga k

Jenis Tanah	k	
	(cm/detik)	(ft/menit)
Kerikil bersih	1,0 - 100	2,0 - 200
Pasir kasar	1,0 - 0,01	2,0 - 0,02
pasir halus	0,01 - 0,001	0,02 - 0,002
lanau	0,001 - 0,00001	0,002 - 0,00002
lempung	kurang dari 0,000001	kurang dari 0,000002

2.3.2.4 Infiltrasi

Infiltrasi adalah aliran air yang mengalir secara vertikal kedalam tanah melalui permukaan tanah ke dalam tanah hingga lapisan tanah kedap air (meresap). Berikut adalah tabel yang memberikan angka infiltrasi untuk jenis-jenis tanah sesuai dengan kondisinya yang disajikan pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2. 5 Laju Infiltrasi

Jenis Tanah	Total infiltrasi setelah 3 jam (mm)	Laju infiltrasi setelah jam (mm/jam)
<i>Coarse textured soil</i>	150 - 300	50 - 100
<i>Medium textured soil</i>	30 - 100	10 - 50
<i>Fine textured soil</i>	30 - 70	1 - 10

2.4 Analisa Hidrolika

Perencanaan drainase lapangan sepakbola menggunakan sistem infiltrasi atau meresapkan air hujan kedalam lapisan tanah. Drainase lapangan sepak bola, diasumsikan tidak terjadi *run off* pada permukaan tanah agar air hujan yang turun pada permukaan tidak mengganggu pemain sepak bola. Drainase lapangan sepak bola direncanakan menggunakan kombinasi antara drainase bawah permukaan dan drainase permukaan. Drainase bawah permukaan berfungsi untuk meresapkan air yang turun diatas lapangan dan drainase permukaan berfungsi sebagai saluran pengumpul dari air yang telah diresapkan oleh drainase bawah permukaan.

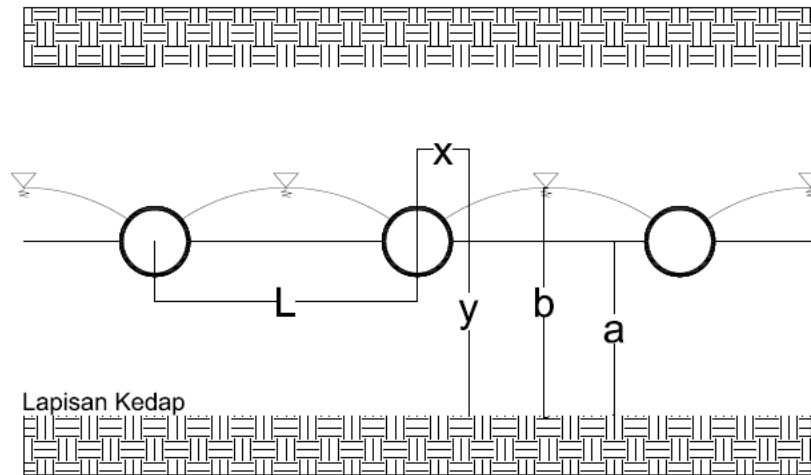
2.4.1 Drainase Bawah Permukaan

Sistem kerja dari drainase bawah permukaan ini adalah dengan cara meresapkan air kedalam tanah melalui pori-pori tanah melalui lapisan tanah yang beragam bahan penyusunnya. Dapat digambarkan air yang turun pada lapangan sepak bola, akan meresap melalui pori-pori tanah yang selanjutnya air tersebut akan mengalir menuju pipa yang ditanam dibawah permukaan lapangan sepak bola. Air yang mengalir didalam pipa tersebut akan mengalir menuju saluran pengumpul yang berada di sisi luar *running track* selanjutnya air tersebut akan di alirkan menuju kolam penampungan yang berada di luar stadion, selanjutnya air tersebut dapat digunakan kembali atau dibuang menuju sungai yang selanjutnya bermuara ke laut. Pipa yang ditanam pada bawah lapangan sepak bola biasanya berbahan plastik HDPE karena memiliki sifat yang lentur.

Pada lapangan sepak bola harus dilengkapi dengan sistem pembuangan air yang memiliki kinerja cukup baik agar air hujan yang jatuh diatas lapangan sepak bola tidak tergenang di permukaan lapangan dan tidak mengganggu permainan sepak bola. Pada perencanaan drainase bawah permukaan harus memperhatikan agar waktu air meresap dapat sesuai dengan waktu yang direncanakan. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 2014).

2.4.1.1 Perhitungan Jarak Antar Pipa *subsurface drainage*

Penentuan jarak antar pipa bawah permukaan bertujuan agar kinerja dari drainase bawah permukaan menjadi optimum, yakni agar kebutuhan pipa berbanding lurus dengan besarnya air hujan yang turun di atas lapangan sepak bola. Perhitungan jarak antar pipa ini merupakan langkah pendekatan agar pipa yang dibutuhkan tidak terlalu banyak dan dapat meresapkan air secepatnya. Berikut adalah analisa jarak antar pipa menggunakan metode Darcy dan metode Hooghoudt. Sedikit berbeda dengan menggunakan metode Darcy, untuk menentukan jarak antar pipa dengan menggunakan metode Hooghoudt ada beberapa parameter yang harus diketahui antara lain koefisien permeabilitas tanah, jarak antar muka air tertinggi dengan muka air pada saluran dan asumsi diameter pipa yang digunakan.



Gambar 2. 1 Penentuan Jarak Antar Pipa

➤ Metode Darcy

Untuk analisa menggunakan metode Darcy ada beberapa parameter yang dibutuhkan, antara lain jarak dari lapisan kedap terhadap permukaan tanah, rencana kedalaman pipa dari permukaan tanah, koefisien permeabilitas tanah, laju infiltrasi tanah dan asumsi selisih muka air tanah maksimum.

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

Keterangan :

L = Jarak antar pipa (mm)

k = koefisien permeabilitas tanah (mm/jam)

v = laju infiltrasi tanah (mm/jam)

b = jarak lapisan kedap terhadap muka air maksimum (mm)

a = jarak lapisan kedap terhadap pipa drain (mm)

➤ Metode Hooghoudt

Untuk menentukan jarak antar pipa dengan menggunakan metode Hooghoudt ada beberapa parameter yang harus diketahui antara lain koefisien permeabilitas tanah, jarak antar muka air tertinggi dengan muka air pada saluran dan asumsi diameter pipa yang digunakan.

$$L^2 = \frac{8 \cdot K \cdot d \cdot h}{q}$$

Keterangan :

L = jarak pipa drain (m)

k = koefisien permeabilitas tanah (mm/jam)

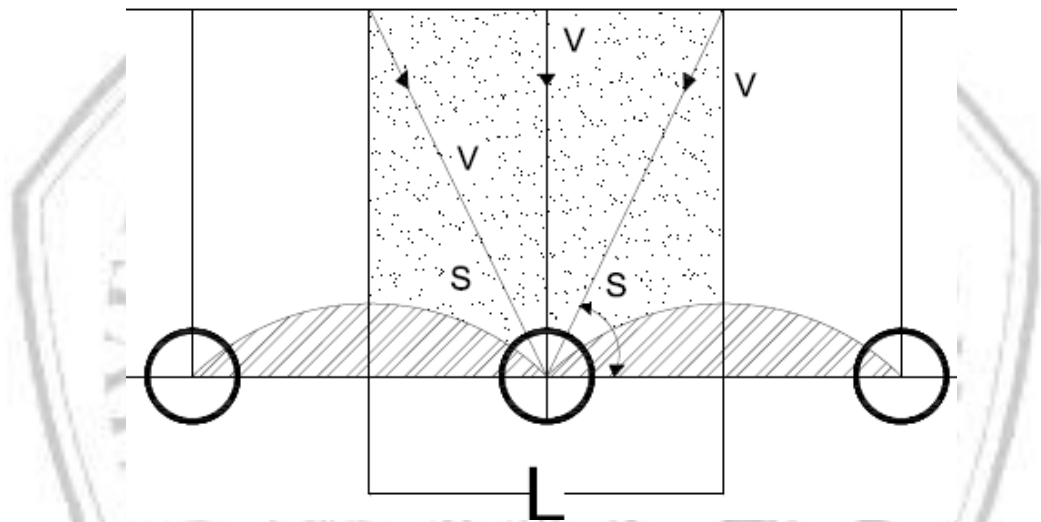
d = diameter pipa yang di asumsikan (m)

h = jarak antar muka air tertinggi dengan muka air pada saluran (m)

q = debit per satuan luas area (mm/jam)

2.4.1.2 Kapasitas Sistem Drainase

Peninjauan kapasitas pipa drain dilakukan dengan meninjau 1 meter panjang pipa drain. Ada beberapa parameter yang perlu diketahui, antara lain kedalaman pipa, jarak antar pipa, panjang pipa, laju infiltrasi tanah dan porositas tanah.



Gambar 2. 2 Definisi Penentuan Kapasitas Pipa

Selain itu juga dibutuhkan beberapa parameter seperti:

$$q_2 = 0,8 \cdot n \cdot V_1 \cdot \sin^2 \alpha$$

Keterangan:

q_2 = kapasitas pipa (mm/jam)

n = porositas tanah

V_1 = kecepatan resapan (mm/jam)

$\sin^2 \alpha$ = sudut pipa terhadap arah aliran

Perhitungan di atas terdapat beberapa variable yang harus dianalisa terlebih dahulu, seperti:

- Daya resap tanah

$$q_1 = n \cdot V_1$$

Keterangan:

q_1 = laju infiltrasi tanah (mm/jam)

n = porositas tanah

V_1 = kecepatan aliran searah S (mm/jam)

- Kecepatan aliran

$$V_1 = \frac{q_1}{n}$$

Keterangan:

V_1 = kecepatan aliran searah S (mm/jam)

q_1 = laju infiltrasi tanah (mm/jam)

n = porositas tanah

- Persamaan sudut pada pipa

$$\tan \alpha = \frac{H}{0,5 L}$$

$$S = \frac{H}{\sin \alpha}$$

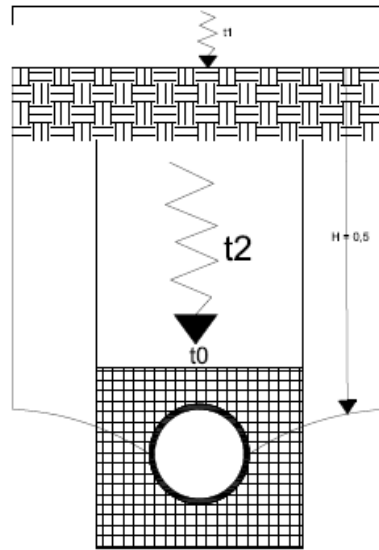
$$t = \frac{H}{V \sin \alpha}$$

$$\text{Sehingga } t = \frac{H}{V \sin^2 \alpha}$$

Mengacu pada SNI 03-3646 tahun 1994 tentang bangunan stadion, bahwa lapangan sepak bola harus dapat meresapkan dan mengeringkan air hujan sebesar $10,8 \text{ mm/m}^2$ dalam waktu 90 menit. agar lebih mudah dipahami maka hasil dari perbandingan kapasitas pipa dengan curah hujan rencana yang turun di atas lapangan sepak bola dapat disajikan dalam bentuk grafik.

2.4.1.3 Lama Pengeringan Permukaan Lapangan Sepak Bola

Perencanaan drainase lapangan sepak bola diasumsikan tidak ada air hujan yang mengalir diatas lapangan atau dengan kata lain seluruh air hujan meresap kedalam tanah, maka dari itu perlu direncanakan seberapa lama tanah tersebut dapat mengering seperti kondisi semula.



Gambar 2. 3 Penampang Melintang Pipa

Berikut adalah rumus yang diperlukan:

- Waktu pengeringan

$$t_1 = \frac{H}{V_1}$$

Keterangan:

t_1 = waktu pengeringan (menit)

H = jarak pipa terhadap permukaan (mm)

V_1 = kecepatan resapan (mm/menit)

- Waktu yang dibutuhkan untuk air hingga sampai ke dalam pipa

$$t_2 = \frac{h - \frac{4}{5} \cdot n \cdot H}{q_2}$$

Keterangan:

t_2 = waktu yang ditempuh air hingga sampai ke pipa (menit)

h = tinggi genangan (mm)

n = porositas tanah

H = jarak pipa terhadap permukaan (mm)

q_2 = kapasitas pipa (mm/menit)

- Waktu yang dibutuhkan agar tanah menjadi kering seperti semula

$$t_3 = \frac{\frac{4}{5} \cdot n \cdot H}{q_2}$$

Keterangan:

t_3 = waktu yang dibutuhkan tanah mejadi kondisi awal (menit)

n = porositas tanah

H = jarak pipa terhadap permukaan (mm)

q_2 = kapasitas pipa (mm/menit)

➤ Waktu tanah dalam keadaan basah atau tergenang

$$t_0 = t_1 + t_2$$

Keterangan:

t_0 = waktu tanah dalam kondisi basah (menit)

t_1 = waktu pengeringan (menit)

t_2 = waktu yang ditempuh air hingga sampai ke pipa (menit)

➤ Volume tanah terisi air

$$V_0 = \frac{4}{5} \cdot n \cdot H$$

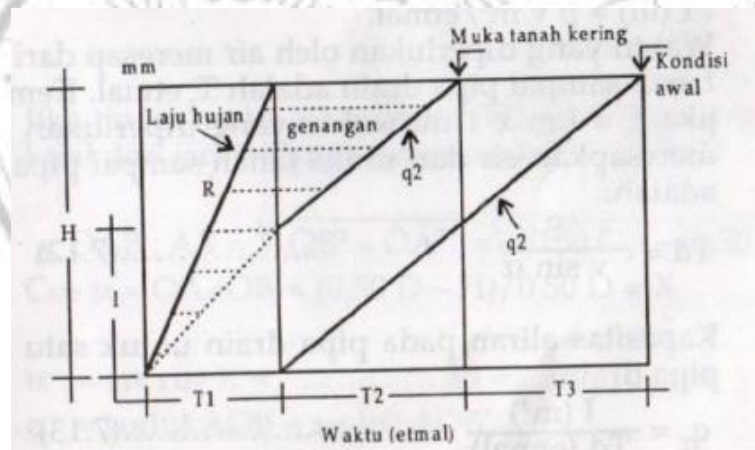
Keterangan:

V_0 = volume tanah terisi air (mm)

n = porositas tanah

H = jarak pipa terhadap permukaan (mm)

Setelah dilakukan analisa dengan beberapa metode diatas, selanjutnya hasil perhitungan tersebut di jabarkan dalam grafik lengkung somasi dibawah ini :



Gambar 2. 4 Lengkung Somasi

Lengkung somasi adalah gerakan air dalam tanah dengan garis pada absis merupakan waktu (etmal) dan ordinal merupakan tinggi air (mm) atau volume air (liter m^3 atau mm^3).pada grafik lengkung somasi ini diasumsikan:

➤ Tidak ada *run off*.

- Tanah mula-mula dalam keadaan kering.
- Penentuan debit maksimum.

Grafik lengkung somasi ini penting untuk hal-hal sebagai berikut:

- Menghitung genangan air di atas muka tanah, berapa lama dapat dikeringkan.
- Menyelidiki apakah tanah dapat mendrain air hujan dengan baik atau perlu sistem drainase bawah tanah.
- Menurunkan muka air tanah bila air tanah cukup tinggi.

2.4.1.4 Analisa Perpipaan

Perhitungan diameter pipa menggunakan hukum kontinuitas. Debit adalah perkalian antara kecepatan aliran dengan luas saluran. Berikut adalah rumus yang digunakan:

$$Q = A \cdot V$$

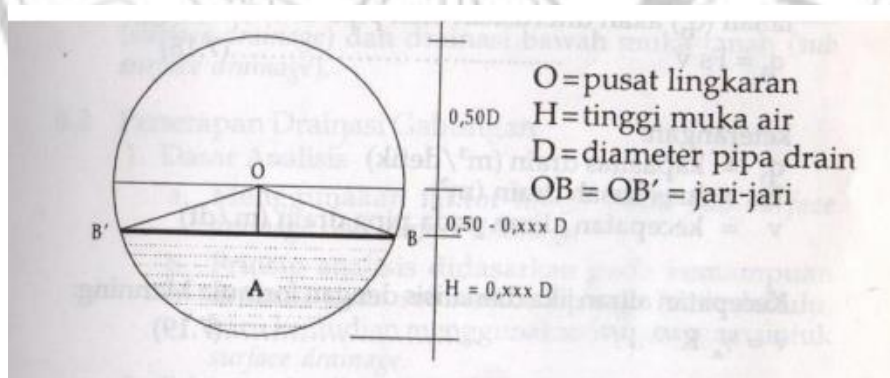
Keterangan:

Q = debit yang melalui pipa (m³/detik)

V = Kecepatan aliran di dalam pipa (m/detik)

A = luas penampang pipa (m²)

Rumus di atas adalah rumus untuk penampang yang diasumsikan terisi penuh, namun pada perencanaan drainase bawah permukaan ini, penampang yang digunakan diasumsikan $\frac{1}{3}$ terisi, maka digunakan rumus:



Gambar 2. 5 Penampang Lingkaran 1/3 terisi

Keterangan:

$$\cos \alpha = \frac{BB'}{BC} = \frac{\frac{1}{4}D}{\frac{1}{2}D} = \frac{1}{2} \rightarrow \arccos \frac{1}{2} = 60^\circ$$

$$B'C = BB' \rightarrow \tan \alpha = \frac{1}{2} D \tan 60^\circ = 0,433 D$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Basah (A)} &= \left(\frac{2a}{360^\circ}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot D^2 - 0,433 D \cdot \frac{1}{4} D \\ &= \left(\frac{141,06}{360^\circ}\right) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 - 0,433 D \cdot \frac{1}{4} D \\ &= 0,307 D^2 \end{aligned}$$

$$\text{Keliling Basah (P)} = \frac{2a}{360^\circ} \cdot \pi \cdot D^2 = 1,046 D$$

$$\text{Radius Hidrolik (R)} = \frac{A}{P} = \frac{0,307 D^2}{1,046 D} = 0,2935 D$$

Aliran pipa dirumuskan:

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Keterangan:

- A = Luas basah penampang (mm)
- P = Keliling basah (mm)
- R = Radius hidrolik (mm)
- S = Kemiringan dasar saluran

2.4.2 Drainase Permukaan

Drainase adalah salah satu fasilitas yang dibuat sebagai sarana untuk menanggulangi ataupun membuang kelebihan air dalam perencanaan infrastruktur. Menurut Suripin, drainase dapat diartikan menguras, mengalirkan, mengalihkan dan membuang kelebihan air agar air yang tidak diperlukan dapat dialirkan menuju tempat pembuangan dan tidak mengganggu kehidupan sehari-hari. Secara umum drainase dapat diartikan sebagai suatu bangunan air yang berfungsi untuk membuang kelebihan air dari suatu wilayah sehingga wilayah tersebut dapat berfungsi secara optimal. Drainase permukaan adalah saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

2.4.2.1 Debit Rencana

Debit rencana digunakan untuk mengetahui apakah debit yang akan diakomodasi oleh penampang dapat lebih kecil dari penampang yang sudah direncanakan sehingga air tidak meluap melebihi kapasitas saluran. Dengan perhitungan kapasitas saluran dilakukan dengan berdasarkan rumus manning :

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Keterangan:

Q = Debit saluran (m³/detik)

n = koefisien kekasaran manning

R = jari-jari hidrolis saluran (m)

S = kemiringan saluran

A = luas penampang saluran (m²)

2.4.2.2 Analisa Penampang

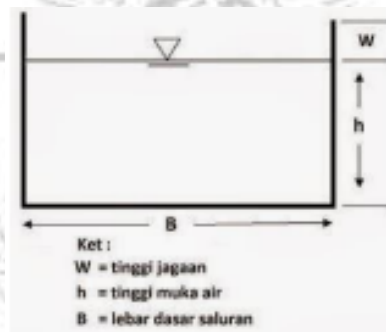
Penampang pada saluran drainase permukaan pada umumnya memiliki bentuk persegi, segitiga, dan trapesium. Berbeda penampang tentu juga memiliki beda rumus untuk menghitung luasannya, berikut adalah rumus untuk mendapatkan luas penampangnya.

➤ Penampang segiempat

Luas penampang = $b \cdot h$

Keliling basah = $B + 2h$

Jari jari hidrolis = $\frac{A}{P}$



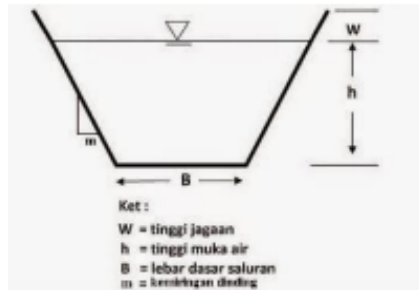
Gambar 2. 6 Penampang segiempat

➤ Penampang Trapesium

Jari jari luas saluran = $(b + mh) h$

Keliling basah = $b + 2h\sqrt{m^2 + 1}$

Jari jari hidrolis = $\frac{A}{P}$



Gambar 2. 7 Penampang Trapesium

2.4.2.3 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuang air dari titik terjauh di daerah aliran menuju titik kontrol yang telah ditentukan. Pada analisisnya, waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi 2, yakni:

- *Inlet time* (t_0), yaitu waktu yang diperlukan air hujan atau air pada permukaan untuk mengalir menuju saluran drainase.
- *Conduit time* (t_d) adalah waktu yang diperlukan air yang mengalir disepanjang saluran menuju titik kontrol yang telah ditentukan.

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$t_c = t_0 + t_d$$

Keterangan:

t_c = waktu konsentrasi (menit)

t_0 = *Inlet time* (menit)

t_d = *Conduit time* (menit)

Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir di dalam saluran (t_d) dapat diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan salurannya. Waktu konsentrasi memiliki nilai yang sangat bervariasi karena dipengaruhi dengan faktor-faktor antara lain adalah luas daerah pengaliran, panjang saluran drainase, kemiringan dasar saluran dan kecepatan aliran.

2.4.2.4 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran pada saluran terbuka ini berpengaruh terhadap kinerja saluran tersebut. Sesuai dengan prinsip drainase bahwa drainase harus dapat membuang kelebihan air atau air yang sudah tidak digunakan lagi dengan secepat-cepatnya, maka dari itu kecepatan aliran pada saluran terbuka direncanakan secepat mungkin agar air dapat segera keluar dari dalam stadion. Kecepatan aliran

ini dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kemiringan dasar saluran, luas penampang dan kekasaran permukaan saluran. Aliran air yang memiliki kecepatan yang besar akan mengurangi endapan pada saluran namun jika terlalu cepat maka permukaan saluran akan cepat aus karena terkikis oleh air, maka dari itu ada parameter mengenai bahan pembuat saluran dengan kecepatan yang diizinkan, berikut adalah tabel tentang kecepatan izin saluran berdasarkan material penyusunnya (suhardjono,1984).

Tabel 2. 6 Kecepatan Aliran Izin

Material Selokan Samping	Kecepatan Aliran Air Yang Diizinkan (m/detik)	Kemiringan Selokan Samping (%)
Pasir Halus	0,45	0 - 5
Lempung Kepasiran	0,50	0 - 5
Lanau Aluvial	0,60	0 - 5
Kerikil Halus	0,75	0 - 5
Lempung Kokoh	1,10	5 - 10
Lempung Padat	1,20	5 - 10
Kerikil Kasar	1,50	5 - 10
Batu-batu Besar	1,50	5 - 10
Pasangan Batu	1,50	10
Beton	1,50	10
Beton Bertulang	1,50	10

2.4.2.4 Kemiringan Dasar Saluran

Kemiringan dasar saluran adalah hasil dari perbandingan beda tinggi antar hulu dan hilir saluran dibagi dengan panjang saluran. Kemiringan dasar saluran memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kecepatan aliran. Kemiringan dasar saluran direncanakan agar kecepatan aliran menjadi optimum, agar saluran membersihkan diri dan tidak terjadi endapan tanah ataupun lumpur pada dasar saluran. Kemiringan dasar saluran bisa didapat berdasarkan topografi lapangan atau direncanakan. Kemiringan dasar saluran bergantung pada bahan yang digunakan. Pada lapangan sepak bola kemiringan dasar saluran direncanakan 0,005.

2.4.2.5 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan pada saluran terbuka adalah tinggi yang disiapkan untuk mengantisipasi jika suatu saat terjadi debit yang melampaui debit rencana. Tinggi jagaan harus diperhitungkan dengan akurat agar tidak terjadi luapan air akibat gelombang fluktuasi yang terjadi. (Ven T., 1997). Tinggi Jagaan biasanya direncanakan 5%-30% dari ketinggian saluran rencana.

2.5 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap sistem drainase merupakan bangunan penunjang yang memiliki fungsi untuk menjamin agar saluran drainase dapat berfungsi dengan optimal sesuai dengan perencanaan. Keberadaan bangunan pelengkap ini bergantung pada kebutuhan sistem drainase yang telah ada. Secara umum keberadaan bangunan pelengkap dipengaruhi oleh fungsi saluran, kondisi lingkungan, dan tuntutan akan kesempurnaan jaringan. Bangunan pelengkap setidaknya dibagi menjadi sebelas jenis, antara lain:

- bangunan perlintasan meliputi gorong-gorong, siphon, jembatan air atau talang (*aqueduct*).
- bangunan pemecah energi meliputi bangunan terjun dan kolam olak.
- pintu air.
- stasiun pompa.
- bak control atau *manholes* dan *street inlet*.
- Sumur resapan yaitu bangunan yang berupa sumuran yang berfungsi meresapkan air hujan ke dalam tanah yang berasal dari atap bangunan.
- kolam retensi, yaitu kolam yang berfungsi menampung serta meresapkan air hujan ke dalam tanah.
- kolam detensi yaitu kolam yang berfungsi memotong puncak banjir dengan cara menampung sementara air hujan hingga waktu tertentu dan mengalirkan kembali jika muka air sungai telah menurun.
- kolam tandon
- instalasi pengolah limbah, dan lain-lain.