

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

2.1.1 Pengertian

Kata kerja mengeringkan adalah sumber dari kata drainase. Nama lain dari drainase adalah sistem yang menghilangkan kelebihan air dari permukaan tanah.

Drainase menjawab lebih dari sekedar kebutuhan perkotaan; ini lebih dari sekedar membuang air berlebih. Daerah perkotaan yang meluap tentunya tidak nyaman dan menyebabkan masalah drainase yang jauh lebih rumit. Ada banyak faktor yang perlu dipertimbangkan ketika merencanakan drainase, namun yang paling penting adalah menentukan berapa banyak curah hujan dan air harus dikeringkan.

Semua lokasi yang memerlukan drainase air untuk mencegah masalah lebih lanjut memiliki drainase. Drainase sangat penting untuk menghilangkan genangan air dari permukaan, seperti halnya di lapangan sepak bola.

Jenis drainase menurut letak bangunan :

1. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)

Untuk mengalirkan air permukaan dan cairan lain dari suatu area, dipasang saluran drainase. Bisa dibayangkan saluran ini terbuka.

2. Drainase bawah permukaan (*subsurface drainage*)

Mengeringkan air permukaan dan mengarahkannya ke saluran lain dilakukan melalui drainase bawah permukaan. Pipa yang dikubur dan akhirnya dibuang sebagai limbah akhir digunakan dalam drainase bawah permukaan.

2.1.2 Sistem Drainase

Air awal yang masuk ke saluran-saluran yang dibangun yang bermuara ke sungai, danau, atau laut, serta saluran-saluran alami, merupakan jaringan drainase. Karena aliran air alami kota, jaringan melintasinya.

Air yang terkumpul di daerah yang akan dialirkan dibuang melalui drainase. Drainase permukaan dan drainase bawah permukaan adalah dua kategori drainase yang berhubungan dengan pembuangan air atau genangan air.

2.1.3 Aspek aliran Perencanaan Drainase

Perencanaan drainase harus mempertimbangkan banyak hal untuk mencegah erosi yang berlebihan:

- Apa yang membentuk badan saluran inilah yang pada akhirnya menentukan koefisien kekasaran.
- Salah satu cara untuk mencegah kotoran dan kotoran mengendap adalah dengan meningkatkan kecepatannya.
- Penampang hidrolis dan empiris yang efisien.

Faktor-faktor berikut dapat dimasukkan dalam perhitungan dimensi saluran:

- Efisien hidrolis
- Kemudahan
- Ekonomis

2.1.4 Beberapa yang diperhatikan dalam Perencanaan

1. Koefisien aliran (Run off)

Proses memprediksi secara tepat debit air yang akan melewati saluran digunakan untuk menentukan ukuran saluran. Dimensi saluran yang lebih besar dari yang diperlukan tidak akan aman bagi aliran air. Sebaliknya, ukuran saluran yang tidak memadai akan mengakibatkan debit yang tidak optimal dan penyaluran yang tidak tepat. Akibatnya, perhitungan yang tepat diperlukan untuk memastikan ukuran saluran.

Mayoritas perkiraan debit desain drainase dibuat dengan menggunakan teknik logis. Karena hanya sedikit air yang hilang seiring dengan waktu konsentrasi di lapangan sepak bola kecil yang sedikit, penerapan metode ini masuk akal.

Metode berikut dapat digunakan untuk menghitung drainase untuk wilayah kurang dari 50 km²:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots \dots \dots (2.1)$$

2. Bentuk bentuk saluran

Geometri saluran menjadi penting ketika kuantitas debit telah dihitung secara akurat. Pertimbangan ekonomi harus dipertimbangkan dalam proses perencanaan untuk memastikan sistem pengangkutan air efisien.

Bentuk saluran drainase terdiri dari :

1. Trapesium
2. Persegi Empat
3. Lingkaran
4. Tersusun

Fungsi-fungsi ini didasarkan pada bentuk penampangnya. Karena bentuknya berbeda-beda, fungsinya pun berbeda-beda:

a. Bentuk trapesium

Saluran ini sering didirikan sebagai saluran trapesium yang terbuat memanfaatkan pasangan bata beton untuk membangun saluran atau, lebih sering, dengan menumpuk batu. Air hujan, air limbah rumah tangga, dan irigasi merupakan kegunaan khas saluran ini.

b. Bentuk persegi empat

Manufaktur saluran ini membutuhkan lebih sedikit area, yang merupakan suatu keuntungan. Saluran-saluran ini perlu dipasang menggunakan pasangan bata beton. Saluran berbentuk persegi panjang mirip dengan saluran trapesium karena digunakan untuk irigasi, air limbah, dan curah hujan.

3. Macam macam material

Memiliki akses terhadap material yang efektif dalam penggunaannya menentukan penggunaan material dalam pembuatan drainase. Erodibilitas merupakan masalah utama ketika menggunakan tanah sebagai lapisan pondasi dan dinding drainase. Oleh karena itu, dapat dibangun dengan menggunakan berbagai bahan seperti kayu, baja plastik, beton, batu sungai, batu merah, dan pasangan bata besi.

4. Kemiringan Saluran

Ia menggunakan kemiringan dasar saluran sebagai kemiringannya. Dirangkai di sepanjang saluran dan medan, kemiringan dasar merupakan kemiringan memanjang yang dipengaruhi oleh kondisi tekanan yang diperlukan untuk memastikan bahwa air mengalir dengan cepat ke titik kontrol.

Tergantung pada material saluran yang dipilih, kemiringan maksimum yang diijinkan sebesar 0,005-0,008 mungkin ada di dasar saluran. Erosi tanah

mungkin disebabkan oleh eksploitasi lereng yang terlalu curam.

2.1.5 Sistem Drainase

Salah satu bagian dari sistem drainase adalah drainase yang membawa aliran awal curah hujan ke atas. Sistem bersama-sama, sistem drainase permukaan dan bawah permukaan menghilangkan genangan air wilayah perkotaan, yang kemudian dialirkan ke sungai atau badan air lainnya melalui sistem drainase perkotaan. Sanitasi, pengelolaan limbah, dan saluran pengendalian lumpur harus dipasang di sistem drainase.

2.1.6 Susunan dan fungsi saluran jaringan drainase

Saluran yang membantu drainase dan pengeringan wilayah merupakan bagian dari perencanaan sistem drainase. Jenis salurannya adalah:

a. Interceptor drain

Tujuan dari saluran interseptor adalah untuk menghentikan aliran dari satu wilayah agar tidak membanjiri wilayah lain. Saluran ini dibangun dan disusun dalam jajar genjang dengan garis kontur. Saluran konveyor dan pengumpul, serta drainase alami, merupakan tujuan umum pembuangan akhir saluran ini.

b. Collector drain

Dikumpulkan dari saluran-saluran kecil di sekitarnya, saluran ini membawa air ke saluran pembawa, yang selanjutnya melepaskannya ke saluran terakhir.

c. Conveyor drain

Air dibuang ke saluran ini sebagai upaya terakhir, pembuangan akhir air tanpa membahayakan wilayah yang dilaluinya.

2.1.7 Drainase Lapangan Sepak Bola

Jika terjadi hujan, sistem drainase lapangan sepak bola ini dimaksudkan untuk menjaga lapangan tetap kering dan menghindari penumpukan genangan air dalam jangka panjang. Genangan air yang menumpuk setelah permainan akan terganggu oleh hujan, yang akan merepotkan para pemain. Oleh karena itu, perlu diperhatikan waktu yang ideal untuk mengeringkan lahan.

Hal-hal berikut harus dipertimbangkan selama proses perencanaan:

- a. Memanfaatkan teknik bangunan yang dapat mempercepat pengeringan air di permukaan tanah tanpa mengganggu pertumbuhan rumput lapangan.

- b. Luas lapangan memungkinkan untuk perencanaan pembuangan air dan sistem drainase bawah permukaan.
- c. Infiltrasi sebesar mungkin
- d. Drainase permukaan yang dibangun di sekitar lapangan memudahkan pergerakan air dari tepi lapangan..

Rumus perkiraan berikut digunakan dalam perhitungan:

I = volume air tanah pada bagian yang diarsir

V = kecepatan infiltrasi

$$t = S/V \sin \alpha \text{ dan } \sin \alpha = H/S = H/(1/4 L^2 + H^2)^{0.5}$$

kemampuan sistem drainase untuk mendrain :

$$q = I/t$$

$$I = 1/m \times H \times P = 1/m \times (H/V) \times q$$

$1/m$ = faktor koreksi, karena air yang masuk hanya dari bagian yang di arsir dan besarnya $4/5$.

2.2 Hidrologi

2.2.1 Data Hujan

Pengukuran curah hujan dalam satu hari dilakukan melalui observasi dalam sehari. Rencana bangunan tertentu memerlukan data hujan mingguan dan per jam selain data hujan harian.

Pemilihan data akan dipengaruhi oleh data curah hujan ini. Disarankan untuk menggunakan peralatan pengukuran otomatis untuk mengurangi kemungkinan hasil yang tidak akurat.

1. Alat ukur

Untuk mengukur curah hujan, alat pengukurnya adalah:

a. Alat ukur hujan biasa (*manual raingauge*)

Biasanya digunakan untuk mengumpulkan air dari curah hujan satu hari, gelas ukur dan corong digabungkan untuk membuat alat pengukur hujan. Setiap saat, polisi akan mencatat data, dan alat ini akan memungkinkan mereka mengakses data tersebut.

b. Alat ukur hujan otomatis (*automatic raingauge*)

Alat ukur ini dirancang untuk melakukan pengukuran secara terus menerus pada kertas perekam yang ditempelkan padanya. Besaran intensitas

hujan akan ditentukan berdasarkan pemeriksaan data yang dikumpulkan dengan instrumen ini.

2.2.2 Pengolahan data hujan

Ketinggian curah hujan regional atau curah hujan lokal (*point rainfall*) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan hasil pengukuran curah hujan yang mungkin dilakukan pada lokasi tertentu.

Penentuan pengukuran dilakukan dengan menempatkan alat ukur dalam jumlah dan kepadatan tertentu di dalam suatu daerah aliran sungai (DAS Sungai). Peralatan dan teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data menentukan hasil curah hujan.

Dapat melakukan pengukuran menggunakan alat tersebut setiap hari, setiap minggu, atau setiap bulan. Alat ini otomatis, dan sebagian besar data diambil setiap hari.

Data hujan yang tercatat dapat berupa :

1. Data curah hujan pada interval waktu sebagai berikut: lima, sepuluh, tiga puluh, dan jam
2. Data curah hujan tersedia dalam rentang harian, bulanan, tahunan, atau 10 hingga 15 hari.

2.2.3 Kala Ulang Hujan

Apabila data hujan dengan (R) diperkirakan akan terjadi dalam waktu T tahun dan mencapai hasil spesifik sama (Rt), kurang dari (Rt), atau lebih dari (Rt), T tahun akan dipertimbangkan. sebagai waktu penebusan (Rt).

Contoh (R10) = 150 mm

Waktu kembali perencanaan drainase akan berubah berdasarkan tujuan penggunaan dan wilayah tangkapan air hujan yang akan diarahkan.

Periode pengembalian digunakan dalam perencanaan:

- Saluran kuarter : periode ulang 1 tahun
- Saluran tersier : periode ulang 2 tahun
- Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
- Saluran primer : periode ulang 10 tahun

2.2.4 Analisis intensitas hujan

Intensitas hujan didefinisikan sebagai rasio curah hujan dalam milimeter atau inci terhadap curah hujan dalam interval

waktu tertentu. Lamanya waktu hujan dan frekuensi turunnya menentukan intensitas curah hujan. Metode statistik dan empiris dapat digunakan untuk menggunakan data curah hujan untuk memastikan intensitas curah hujan.

Hanya dalam beberapa menit, intensitas curah hujan setiap jam dapat dihasilkan dari data curah hujan yang dikumpulkan oleh peralatan otomatis.

Lamanya suatu kejadian hujan, diukur dalam menit, jam, dan hari, disebut durasi hujan dan sebagian besar ditentukan dengan mengukur curah hujan menggunakan alat pengukur hujan otomatis. Saat merancang drainase, lamanya curah hujan dan waktu konsentrasi biasanya berkorelasi, khususnya pada drainase perkotaan yang memerlukan kapasitas yang signifikan untuk menahan banjir.

Dr Mononobe menyatakan bahwa rumus rasional dapat digunakan untuk menghitung intensitas hujan (I) :

$$I = \frac{R}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c}\right)^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

R = curah hujan (mm)

T_c = waktu konsentrasi (jam)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

2.2.5 Analisa Hujan rata-rata

Alat ukur yang tersebar pada suatu wilayah atau kawasan digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan di lokasi tersebut. Ada tiga teknik untuk menghitung curah hujan regional: metode Thiessen Polygon, pendekatan Isohyetal, dan metode Aljabar Rata-rata.

a. Metode Rata-rata Aljabar (Arithmetic Mean Method)

Mengambil rata-rata data curah hujan menghasilkan tinggi curah hujan rata-rata. Oleh karena itu, data yang dikumpulkan di lokasi tersebut menjadi dasar pengukuran:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

R = tinggi curah hujan rata-rata wilayah/daerah, mm

R₁, R₂, ..., R_n = tinggi curah hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n, mm

n = jumlah stasiun pengukur hujan

Data hujan yang berasal dari masing-masing stasiun hujan di suatu wilayah atau wilayah dapat Anda percayai karena tidak akan terjadi varians data yang terlalu besar. (Soewarno, 1995)

2.2.6 Waktu Konsentrasi

Jumlah Waktu konsentrasi sebelumnya mengacu pada jumlah waktu yang diperlukan untuk memindahkan air ke titik kendali yang ditentukan dari titik terjauh daerah aliran.

Waktu konsentrasi dapat dibagi dalam perhitungan menjadi:

- a. Inlet time (t_0), yaitu waktu yang dibutuhkan air hujan ataupun air pada permukaan untuk mengalir menuju saluran drainase
- b. Conduit time (T_d) adalah waktu yang dibutuhkan air yang mengalir disepanjang saluran menuju titik kontrol yang ditentukan

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$t_c = t_0 + t_d \dots \dots \dots (2.4)$$

)

Berdasarkan keadaan saluran, kita dapat menghitung lamanya waktu (t_d) yang diperlukan air untuk mengalir melalui saluran tersebut.

Variabel berikut dapat berdampak pada waktu konsentrasi dan dapat bervariasi secara substansial:

- a. Luas daerah pengaliran
- b. Panjang saluran drainase
- c. Kemiringan dasar saluran
- d. Debit dan kecepatan aliran

Karena hujan selama waktu konsentrasi menyebabkan banyak air melewati saluran drainase dan permukaan tanah, waktu konsentrasi dan durasi hujan sering dikaitkan dalam desain drainase.

2.2.7 Variabel dan Data Hidrologi

Untuk menghitung besarnya aliran banjir yang direncanakan, pertama-tama kita harus memperoleh curah hujan rencana melalui analisis curah hujan, yang juga berfungsi sebagai periode ulang. Bagian dari proses desain selama analisis hujan adalah:

- a. Tahap frekuensi

Analisis frekuensi merupakan langkah awal dalam menentukan debit banjir yang diharapkan. sehingga data yang diperlukan dapat digunakan untuk menentukan waktu reset yang tepat berdasarkan temuan yang diterima. Jumlah aliran hujan atau curah hujan yang dapat terjadi atau terlampaui selama periode waktu atau tahun tertentu, menurut definisi, adalah periode ulang. Ada kemungkinan terjadinya perhitungan periode ulang. Kemungkinan terjadinya suatu peristiwa dinyatakan dalam persentase, misalnya 1/100, atau 1%, dalam periode ulang 100 tahun. Untuk menghitung kemungkinan curah hujan atau debit pada tahun mendatang, analisis frekuensi ini sebagian besar bergantung pada sifat statistik dari data yang tersedia saat ini.

Tergantung pada jenis data dan cara pendistribusiannya, teknik penghitungan distribusi hujan desain dapat dimodifikasi agar sesuai dengan fitur data hujan yang tersedia.

b. Pemilihan Distribusi Frekuensi Hujan/ Debit

Berikut batasan tipikal untuk setiap metode penghitungan distribusi curah hujan:

- Distribusi Normal (nilai $C_s \approx 0$ dan $C_k = 3$)
- Distribusi Log normal (Nilai C_s3 , C_v dan C_s selalu positif)
- Distribusi Gumbel (Nilai $C_s1,1396$ dan $C_k = 5,4002$)
- Distribusi Log Pearson III, tidak ada sifat khas. Distribusi ini bisa digunakan jika hasil pengujian, ternyata harga C_s dan C_k dari data yang diuji tidak sesuai dengan sifat-sifat khas sebaran jenis distribusi lainnya .

Data tersebut hanya dapat diuji dengan hasil perhitungan variance (C_v), skewness (C_s), dan kurtosis (C_k), yang didasarkan pada batasan nilai yang telah disebutkan sebelumnya.

- *Standar Deviasi (S)*

$$\text{Standar Deviasi (Sn)} = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.5)$$

- *Koefisien keragaman sample (Cv)*

$$C_v = \frac{S}{R} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Koefisien kemiringan populasi (C_s)

$$C_s = \frac{N \sum (R_i - R)^3}{(n-1)(n-2)S^4} \dots\dots\dots(2.7)$$

- Koefisien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{N \sum (R_i - R)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

- R_i = data hujan, mm
- R = data hujan rata-rata, mm
- n = jumlah sampel

c. Distribusi Log Pearson Tipe III

Menghitung curah hujan dapat menggunakan tahapan sebagai berikut :

Rata rata hujan tahunan yang akan digunakan diubah kedalam bentuk logaritma ($\log R_i$)

- Dihitung harga logaritma rata-rata

$$\overline{\text{Log } R} = \frac{\sum_{i=1}^n \log R_i}{n}$$

- Diitung harga simpangan baku/ standar deviasi :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \log R_i - \text{Log } R^2}{n-1}}$$

- Dihitung koefisien kemencengan (C_s)

$$C_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \log R_i - \text{Log } R^3}{n-1(n-2).S^3}}$$

- Dihitung logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu :

$$\text{Log } R_T = \overline{\text{Log } R_i} + Sd . G$$

Dengan :

R_T = Curah hujan rancangan, mm

Sd = simpangan Baku

$\log Ri$ = rata-rata logaritma dari hujan maksimum (mm)

G = konstanta

Tabel 2.1 Distribusi Log Person Tipe III

Koefisien C_s	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

Sumber: (Ir CD. Soemarto, B.I.E. Dipl. H., 1986, Hidrologi Teknik)

2.2.8 Uji Kesesuaian Pemilihan Distribusi

Keakuratan data curah hujan yang digunakan perlu dipastikan guna menjamin keakuratan sebaran data. Ada dua cara untuk menghitung sebaran data. Dua teknik statistik, kesesuaian data dapat ditentukan dengan menggunakan uji chi-kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

Penting untuk menilai penerapan distribusi frekuensi menggunakan dua teknik statistik berikut untuk memastikan bahwa atau digunakan tepat dan sesuai dengan distribusi frekuensi teoritis yang dipilih.

2.2.8.1 Uji Chi-Kuadrat

Dapat menggunakan strategi ini untuk memastikan data akurat dalam hal distribusi frekuensi.

Tes tujuannya adalah untuk menentukan apakah distribusi sampelnya benar dijelaskan secara memadai dengan representasi persamaan distribusi yang dipilih. Temuan dari uji chi-square yang dilakukan dengan indikator X^2

Perhitungan persamaan X^2 sebagai berikut : (Soewarno, 1995).

$$x_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(oi - Ei)^2}{Ei} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

- x_h^2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung
- G = Jumlah sub-kelompok
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Uji Chi-Square dapat dilakukan sebagai berikut: Prosedur berikut digunakan untuk melakukan uji Chi-Square:

1. Mengurutkan data dari yang terkecil ke terbesar atau sebaliknya
2. Menghitung banyaknya kelas dengan $G = 1 + 3,222 \text{ Log}10$
3. Masing-masing kelas mempunyai minimal 3 data pengamatan
4. Menentukan derajat kebebasan dengan $dk = G - R - 1$ dengan nilai R untuk log pearson III adalah 2
5. Pengamatan data O_i dijumlahkan dari tiap-tiap sub grup
6. Pengamatan data persamaan distribusi E_i dijumlahkan
7. Perhitungan tiap tiap sub-grup dengan $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

Kesimpulannya adalah :

1. Persamaan distribusi teoritis akan diterima jika probabilitasnya lebih tinggi dari 5%.

2. Persamaan distribusi tidak mungkin digunakan jika probabilitas yang diperoleh kurang dari 1%.
3. Informasi lebih lanjut diperlukan karena ada kemungkinan pilihan tidak akan diambil antara 1% dan 5%.

Tabel 2.2 Nilai Kemiringan Interval Pada

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	36,172	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, *Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data jilid 1, Tahun 1995*).

2.2.8.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Salah satu uji non parametrik untuk distribusi frekuensi data adalah uji Smirnov-Kolmogorov yang disebut juga dengan uji goodness-of-fit. Berikut langkah-langkah melakukan tes Smirnov-Kolmogorov:

1. Tetapkan kemungkinan setiap kumpulan data dengan mengurutkannya dari yang terbesar hingga yang terkecil.

2. Hitung nilai teoritis menggunakan temuan data.
3. Akan diperoleh nilai untuk peluang yang memiliki kesenjangan tertinggi antara versi observasi dan teori, dengan menggunakan peluang yang telah dikumpulkan. Perbedaan terbesar antara peluang yang diamati dan peluang teoretis dapat digunakan untuk menghitung nilai berdasarkan peluang yang dicapai.

$$D = \text{maksimum}[P(X_m) - P'(X_m)] \dots\dots\dots (2. 10)$$

Dimana :

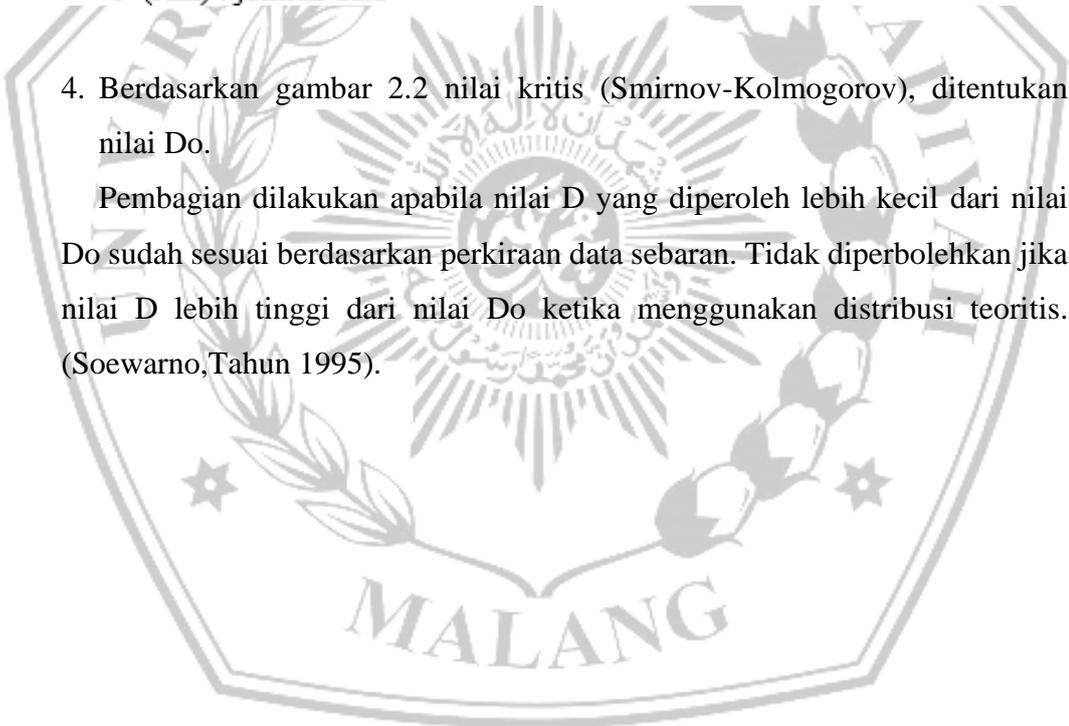
D : selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$P(X_m)$: nomor urut data

$P'(X_m)$: jumlah data

4. Berdasarkan gambar 2.2 nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov), ditentukan nilai D_0 .

Pembagian dilakukan apabila nilai D yang diperoleh lebih kecil dari nilai D_0 sudah sesuai berdasarkan perkiraan data sebaran. Tidak diperbolehkan jika nilai D lebih tinggi dari nilai D_0 ketika menggunakan distribusi teoritis. (Soewarno, Tahun 1995).



Tabel 2.3 Nilai Kritis D_0 Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	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	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Catatan = α derajat kepercayaan.

Sumber : (Soewarno, 1995).

2.2.9 Debit Banjir Rencana

Debit banjir antisipasi adalah debit yang mungkin mencapai ketinggian maksimum tertentu pada tahun tertentu. Banjir dengan periode ulang (T) tahun adalah nama lain dari aliran air keluar yang terkoordinasi. Data semacam ini dapat digunakan untuk mengamati debit banjir yang direncanakan dengan menggunakan prinsip hidrologi :

Berdasarkan kajian proyeksi debit banjir, debit banjir rencana diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu:

- a. Perkiraan aliran banjir dianalisis menggunakan data debit maksimum tahunan, dan hasilnya diukur serta dicatat pada titik sungai tertentu.
- b. Dengan menggunakan metode empiris, analisis debit banjir yang diantisipasi berdasarkan data hujan yang tersedia di Daerah Aliran Sungai (DAS) atau wilayah sekitarnya.

2.2.10 Perhitungan Debit Banjir Rencana Berdasarkan Data Debit

Dua bentuk penghitungan data yang berbeda digunakan dalam penghitungan debit banjir rencana: yang pertama menggunakan data debit, dan yang kedua menggunakan penghitungan debit banjir yang memanfaatkan data hujan. Ada beberapa cara untuk menghitung debit banjir yang diantisipasi dengan memanfaatkan debit:

- Metode Gumber
- Metode log pearson type III
- Metode Hazen

2.2.11 Perhitungan Debit Banjir Rencana Berdasarkan Data Hujan

2.2.11.1 Metode Rational

Dengan menggunakan pendekatan logis, rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung debit banjir rencana.:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.11)$$

Perhitungan intensitas hujan dapat ditinjau dengan menggunakan metode mononobe :

$$I = \left(\frac{R_t}{24}\right) \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.12)$$

Pada perhitungan waktu konsentrasi, dapat ditinjau dengan menggunakan rumus kirpich

$$T_c = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \dots\dots\dots(2.13)$$

Di mana :

- Q = Debit banjir puncak rencana (m³/dt)
- C = koefisien aliran (diperkirakan dengan tabel)
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas rencana pengaliran (km²) L = Panjang pengaliran (km)
- s = Kemiringan

2.2.11.2 Koefisien Pengaliran

Penggunaan mempertimbangkan luas areal yang akan digunakan, kemiringannya, serta jenis dan keadaan tanah dasar saluran merupakan variabel yang mempengaruhi nilai C (koefisien drainase).

Tabel 2.4 Koefisien Pengaliran (C)

Kondisi daerah	Koefesien pengaliran	Sifat permukaan tanah	Koefesien pengaliran
Perdagangan	0,70-0,95	Jalan	
Daerah kota	0,50-0,70	Aspalt	0,70-0,95
Daerah dekat kota		Beton	0,80-0,95
Pemukiman		Batu bata	0,70-0,85
Rumah tinggal	0,30-0,50	Batu kerikil	0,15-0,35
Terpencar	0,40-0,60	Jalan raya dan trotoar	0,70-0,85
Kompleks perumahan	0,25-0,40	Atap	0,75-0,95
Pemukiman (sub urban)	0,50-0,70	Lapangan rumput,tanah berpasir	
Apartemen		Kemiringan 2 persen	0,05-0,10
Industri	0,50-0,80	Rata-rata 1-7 persen	0,10-0,15
Industri ringan	0,60-0,90	Curam (7 persen)	0,15-0,20
Industri berat			
Taman,kuburan	0,10-0,25	Lapangan rumput,	0,13-0,17
Lapangan bermain	0,10-0,25	Tanah keras,	0,18-0,22
Daerah halaman KA	0,20-0,40	Kemiringan 2 peren	0,25-0,35
Daerah tidak terawat	0,10-0,30	Rata-rata 2- 7 persen	
		Curam (7 persen)	

Sumber :Peraturan menteri pekerjaan umum,2014

2.3 Analisa Tanah

Agar air dapat berpindah tanah terdiri dari pori-pori dan partikel padat terkait yang berpindah dari daerah dengan energi lebih banyak ke daerah dengan energi lebih rendah.

2.3.1 Struktur lapisan Tanah Lapangan Sepak Bola

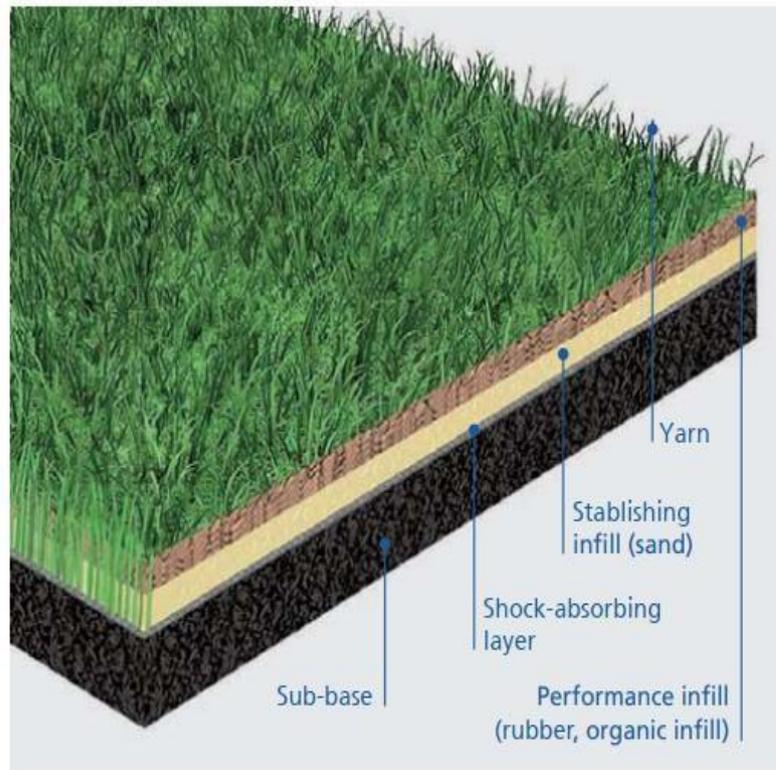
Lapisan tanah yang diperlukan untuk merencanakan lapisan tanah lapangan sepak bola dijelaskan oleh standar FIFA (*Asosiasi Sepak Bola Internasional*).

Lapangan sepak bola dipenuhi dengan berbagai agregat di seluruh dunia, bergantung pada sumber daya lokal. Lapisan pondasi, disebut juga underlay, berfungsi untuk membentuk permukaan yang kokoh dan berpori di mana rumput sepak akan diletakkan.

Rumput yang ditanam di atas tanah sebaiknya menggunakan tanah tersebut sebagai media tanam. Pasir harus ditambahkan ke tanah untuk meningkatkan sifat-sifatnya. Namun, lapisan tanah dan pasir berikutnya memberikan agregat drainase yang sangat baik.

Agregat dengan berbagai ukuran digunakan dalam lapisan agregat. Agregat dengan diameter lebih besar sebaiknya digunakan sebagai lapisan awal. Ukuran agregat yang lebih rendah digunakan pada lapisan kedua, yang melindungi pipa.

Dimana musim panas sangat terik dan musim dingin sangat dingin sejuk, lapisan tanah awal harus memiliki ketebalan minimal 150 mm, dan idealnya antara 150 dan 200 mm. Diperlukan lapisan kedua minimal 50 mm dan sebaiknya 100 mm. Rumput dan tanah yang memungkinkan air mengalir dengan mudah membentuk lapisan atas.



Gambar 2.1 Komposisi Sistem Rumput Sepak Bola Generasi Ketiga
 Sumber : (FIFA Quality Program For Football Truft,2015)

2.3.2 Koefisien Permeabilitas Tanah

Dengan menggunakan hukum Darcy, kecepatan aliran air pada tanah jenuh dapat ditentukan sebagai berikut:

$$v = k.i \dots\dots\dots (2.14)$$

Di mana :

- 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 hidrolik

Koefisien Permeabilitas :

$$Q = k. i. A \text{ atau } \frac{q}{i.A} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

- Q = debit (m³/det)

- K = koefisien permeabilitas
- i = miring hidrolis
- A = luas bidang pengairan

Kepadatan koefisien rembesan, atau koefisien permeabilitas, sama dengan kecepatan. Volume keseluruhan adalah cm³, dan koefisien permeabilitas dinyatakan dalam cm/detik. Viskositas, distribusi nomor pori-pori, jumlah, ukuran, dan kekasaran permukaan lapisan saturasi tanah merupakan unsur utama yang mempengaruhi koefisien permeabilitas.

Kepadatan koefisien rembesan, atau koefisien permeabilitas, sama dengan kecepatan. Volume keseluruhan adalah cm³, dan satuan internasional cm/detik digunakan untuk menyatakan koefisien permeabilitas. Viskositas (viskositas fluida), kejenuhan tanah, kekasaran permukaan lapisan, jumlah pori, sebaran ukuran pori, dan sebaran ukuran partikel merupakan parameter utama yang mempengaruhi koefisien permeabilitas.

Kepadatan pori atau permeabilitas berbagai jenis tanah menentukan nilai koefisien rembesan (k). Nilai koefisien rembesan ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 2.5 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

Sumber : mekanika tanah, (Braja M.Das,1988)

2.3.3 Rembesan Ekvivalen pada Tanah yang Berlapis-lapis

Berikut rumus menghitung nilai k arah aliran vertikal pada tanah berlapis dan lapisan tidak seragam : (Braja M Das, 1998: 92) :

$$k_{v(eq)} = \frac{H}{\left(\frac{h_1}{k_1}\right) + \left(\frac{h_2}{k_2}\right) + \left(\frac{h_3}{k_3}\right) + \dots + \left(\frac{h_n}{k_n}\right)} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan :

k = koefisien permeabilitas (cm/detik)

H = ketebalan lapisan tanah (mm)

Rembesan arah horizontal :

$$k_{H(eq)} = \frac{1}{H}(k_{h1} \cdot H_1 + k_{h2} \cdot H_2 + k_{h3} \cdot H_3 + \dots + k_n \cdot H_n) \dots\dots\dots(2.17)$$

Rembesan arah vertikal :

$$K_{v(eq)} \cdot \frac{h}{H} = K_{v1} \cdot i_1 = k_{v2} \cdot I_2 = k_{v3} \cdot I_3 = \dots = k_{vn} \cdot I_n \dots\dots\dots(2.18)$$

2.3.4 Porositas Tanah

Untuk suatu unsur tanah, korelasi volume rasio rongga, porositas, dan derajat kejenuhan sering digunakan. Perbandingan volume butiran padat dengan volume pori disebut bilangan rongga. Agar dapat diungkapkan: mekanika tanah,(Braja M.Das,1988)

Angka Pori

Hubungan antara volume butiran padat (tanah) dan volume pori disebut porositas.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan :

vv = volume pori

vs = volume butir

Porositas Tanah

Porositas didefinisikan dengan perbandingan antara volume pori dengan volume tanah

$$n = c/(1+c) \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan :

n = porositas tanah

e = angka pori

2.3.5 Perkolasi dan Infiltrasi

Proses merembesnya air melalui bagian atas tanah dan vertikal ke dalam tanah sampai lapisan tanah kedap air disebut infiltrasi.

Berdasarkan keadaan masing-masing jenis tanah, tabel berikut menunjukkan statistik infiltrasi.

Tabel 2.6 Laju Infiltrasi

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

Sumber: RSS 627.54 ELV P-1 2013(Sofia. F Dan Sofyan R,2006)

Air akan lebih banyak diserap oleh tanah yang memiliki banyak celah (100-200 mm), namun air akan lebih sulit menembus tanah yang pori-porinya tertutup dan tertutup.

2.4 Analisa Hidrolika

Saat merancang sistem drainase untuk lapangan sepak bola, infiltrasi adalah proses dimana curah hujan mengendap ke dalam tanah. Drainase lahan tanah mengandaikan tidak adanya limpasan permukaan. Sistem drainase bawah permukaan dan permukaan digunakan di lapangan sepak bola saat merencanakan sistem drainasenya (*sub surface drainage*).

2.4.1 Sistem Drainase Bawah Permukaan

2.4.1.1 Umum

Jika air hujan terkumpul di permukaan tanah, maka air tersebut dapat dialirkan menggunakan sistem drainase bawah permukaan. Setelah air menembus pori-pori tanah, air dialirkan ke pipa-pipa yang terletak di bawah tanah terletak di bagian atas pipa. Berbagai lapisan tanah yang membentuk lapangan sepak bola merupakan lapisan media tempat pori-pori tanah berada. Sungai, danau, atau lautan pada akhirnya akan menerima air yang melewati pipa-pipa dan masuk ke dalam sumur atau saluran resapan. Pipa beton atau paralon biasanya digunakan. Pipa geotekstil telah menggantikan sebagian besar pipa-pipa ini.

Lapangan sepak bola harus memiliki sistem drainase air untuk mencegah pemain terhalang oleh genangan air. Untuk memastikan waktu penetrasi air sesuai antisipasi, kehati-hatian harus diberikan saat menghitung drainase bawah tanah. Sistem drainase permukaan stadion digunakan untuk membuang air. (*subsurface drainage*). (*Peraturan menteri pekerjaan umum 2014*).

2.4.1.2 Faktor yang diperhitungkan

- Daya resap tanah
- $q_1 = n \cdot v \dots \dots \dots (2.21)$

Dimana :

n = porositas tanah

v = kecepatan resapan aliran (cm/etmal, m/etmal)

- Kapasitas Aliran

Kapasitas aliran (q_2) juga merupakan kapasitas drain pipa dalam parameter panjang.

$$\tan \alpha = H / 0,5 L \dots \dots \dots (2.22)$$

Dihasilkan sudut α

$$T_d = H / v \sin \alpha \dots \dots \dots (2.23)$$

$$\text{Sehingga} \quad T_d = \frac{H}{v \sin^2 \alpha} \dots \dots \dots (2.24)$$

Volume air tanah dengan tinggi H panjang L (jarak pipa drain) dan untuk sepanjang satu meter

$$I = 0,80 F n H \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana :

I = volume air

$F = L \cdot 1$

n = Porositas

H = kedalaman pipa

$$q_2 = I / T_d \dots \dots \dots (2.26)$$

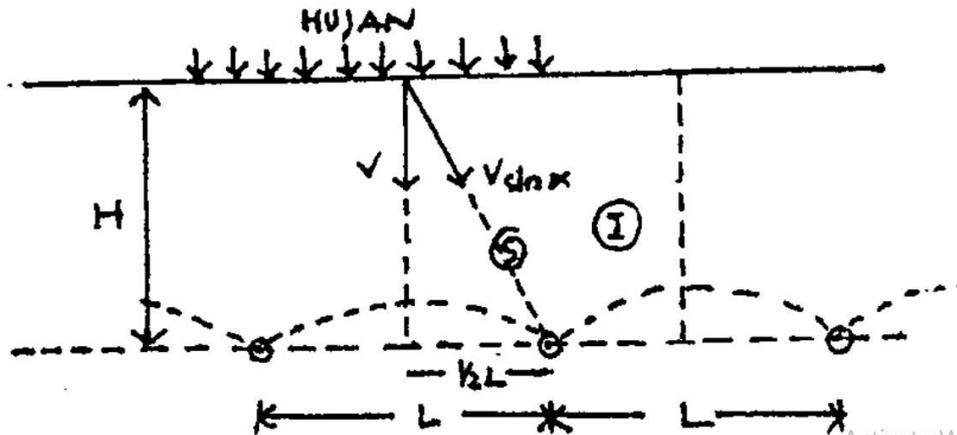
untuk setiap satuan luas $1m^2$ dimana $L = 1$ meter ($F= 1.1 m^2$), volume air tanah (I_1) adalah :

$$I_1 = 0,80 n H \dots \dots \dots (2.27)$$

Untuk luas $F1m^2$, kapasitas drain (q_{21}) adalah :

$$q_{21} = \frac{I_1}{T_d} = \left(0,80 n H \right) \left(\frac{H}{v \sin^2 \alpha} \right) \dots \dots \dots (2.28)$$

Ukurannya bertambah sebanding dengan besarnya α , q_2 . Nilai α bertambah, penggalian tanah bertambah, jumlah pipa tetap, dan H tetap konstan seiring dengan memendeknya L.

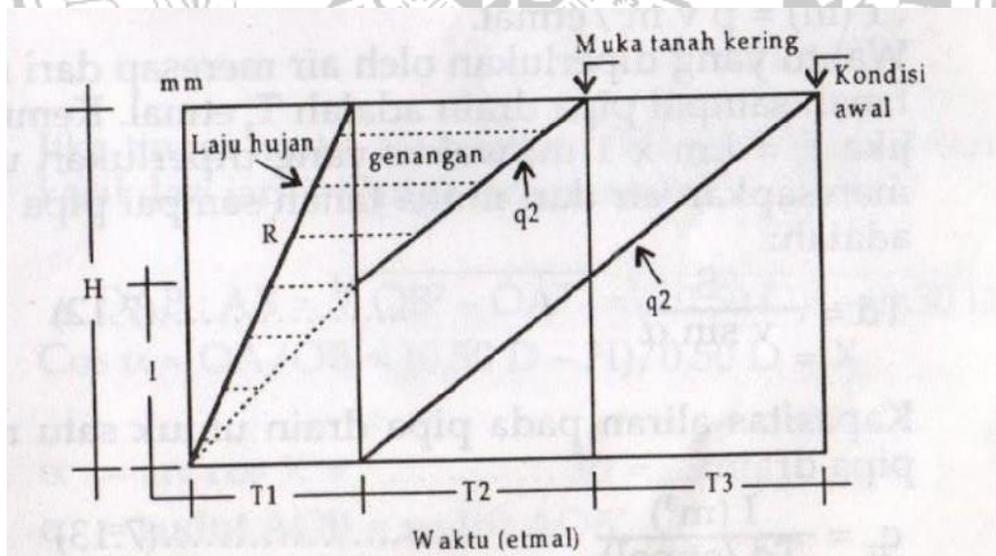


Gambar 2.2 Gambar Faktor peresapan air

Sumber : Drainase Perkotaan (ISBN : 979-8382-49-8)

2.4.1.3 Lengkung somasi

This is accomplished by placing a time (etmal) line on the abscissa and an ordinal line (H, mm) that indicates water height or volume (litres, m³, or mm³), kurva somasi mewakili aliran air dalam tanah.



Gambar 2.3 Grafik lengkung somasi

Sumber : drainase perkotaan (Ir.H.A.Halim Hasmar,MT, 2002)

Garis lengkung somasi dengan asumsi :

- Tidak ada / lengkung run off
- Tanah mula-mula dalam keadaan kering

$$T_1 = H/v \dots\dots\dots(2.31)$$

$$T_2 = \frac{(h-0,80 n.H)}{q_2} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$T_3 = \frac{(0,80 n.H)}{q_2} \dots\dots\dots(2.33)$$

T1 (etmal) adalah waktu yang diperlukan air untuk merembes dari dalam tanah sampai ke pipa pembuangan pada kedalaman Hh meter dari permukaan tanah, jika diketahui F = 1m x 1m.

T2 adalah lamanya waktu yang berlalu setelah curah hujan dari pipa pembuangan mencapai ketinggian yang sejajar dengan tanah. T3 adalah waktu yang dibutuhkan tanah untuk kembali ke keadaan semula ketika permukaan air mencapai atau melebihi permukaan tanah.

$$\text{Waktu genangan : } T_{\text{genangan}} = T_1 + T_2 \dots\dots\dots(2.34)$$

a. Penentuan debit maksimum

Analisis untuk F = 1m x 1m, kedalaman pipa drain H meter :

Q1 dapat ditulis sebagai p v m/etmal atau p v (m/etmal). 1 milimeter. 1) = p.v.m³ / etmal. Air merembes dari permukaan tanah ke pipa pembuangan dalam waktu T1 etmal. Jadi, jika F = Lm x 1m, lama waktu yang diperlukan air untuk berpindah dari permukaan tanah ke pipa pembuangan adalah:

$$T_d = \frac{s}{v \sin \alpha} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$q_2 = \frac{l (m^3)}{T_d (etmal)} \dots\dots\dots(2.36)$$

kapasitas drain untuk sepanjang pipa drain (q3)

$$q_3 = q_2 \cdot \text{panjang pipa drain (m}^3 \text{ etmal} = 1 (24 \times 60 \times 60) \text{ m}^3/\text{detik)}$$

Pertimbangkan poin-poin penting berikut untuk mempelajari grafik kurva panggilan pengadilan ini:

- a. Tentukan jumlah kelembaban di udara dan waktu yang diperlukan untuk menguap.
- b. Cari tahu apakah tanah mampu mengalirkan air hujan dengan cukup atau apakah sistem drainase bawah tanah diperlukan.
- c. Jika permukaan air tanah cukup tinggi, turunkan saja.

2.4.1.4 Diameter Pipa

menerapkan aturan kontinuitas pada perhitungan diameter pipa. Hasil kali debit ditentukan oleh luas penampang saluran dan kecepatan aliran. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

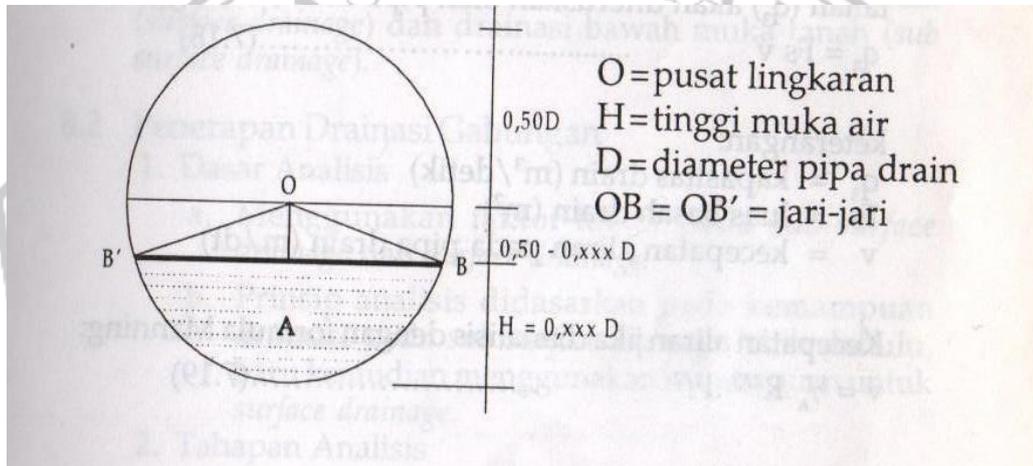
$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.37)$$

Dengan :

Q = debit yang melalui pipa (m³/ detik)

V = Kecepatan aliran di dalam pipa (m/detik) A = luas penampang pipa (m²)

Untuk pipa 1/3 terisi :



Gambar 2.4 Penampang 1/2 Terisi

Sumber : drainase perkotaan (Ir.H.A.Halim Hasmar,MT, 2002)

$$\cos \alpha = \frac{BB'}{BC} = \frac{\frac{1}{6}D}{\frac{1}{2}D} = \frac{1}{3} = 70,5388^\circ \dots\dots\dots (2.38)$$

$$B'C = BB' \rightarrow \text{tg } \alpha = \frac{1}{3} D \times \text{tg } 70,5288 = 0,4714 D \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\text{Luas basah (A)} = \frac{2\alpha}{360^\circ} = \frac{1}{4} \pi D^2 - 0,4714 D \cdot \frac{1}{6} D \dots\dots\dots(2.40)$$

$$= 0,30774 \times D^2 - 0,07857 D^2 \dots\dots\dots(2.41)$$

$$= 0,22917 D^2 \dots\dots\dots(2.42)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = \frac{2\alpha}{360^\circ} \pi \cdot D = 1,23096D \dots\dots\dots(2.43)$$

$$\text{Radius hidrolis (R)} = \frac{a}{p} = \frac{0,22917D^2}{1,23096D} = 0,18617D \dots\dots\dots(2.44)$$

Aliran pipa dirumuskan :

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots(2.45)$$

Drainase perkotaan (Ir.H.A.Halim Hasmar, MT, 2002).

2.4.1.5 Jarak pipa drain

Kita mempunyai jarak pipa (dalam meter), debit air (dalam satuan b), dan tinggi permukaan air maksimum (dalam satuan meter) di atas lapisan kedap air. Menurut hukum Darcy:

$$Q_y = k \cdot y \cdot (dy/dx) \dots\dots\dots(2.46)$$

$$L^2 = \frac{8k_2 \cdot d \cdot h}{q} + \frac{4k_1 \cdot h^2}{q} \dots\dots\dots(2.47)$$

Di mana :

L = jarak antar drain (m)

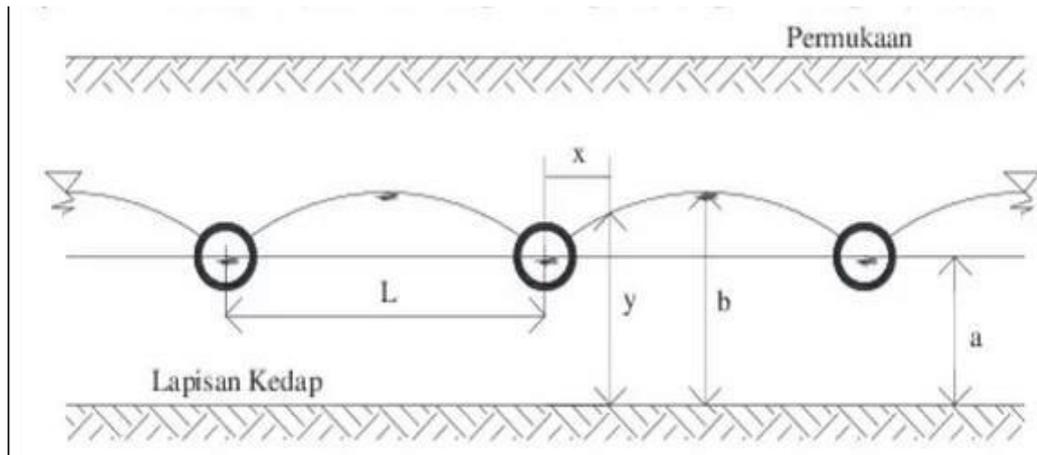
Qy= debit air yang akan melewati penampang y, dalam unit panjang

K1= koefisien hidrolis untuk lapisan di atas saluran (m/dt)

d = ketebalan rata-rata tanah (m)

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

q = debit drainase dalam per satuan luas penampang atau lahan (m/dt)



Gambar 4.5 Gambar Penentuan Jarak Pipa Drain

2.4.1.6 Kapasitas drainase bawah tanah

Sebelum pipa pembuangan berfungsi, waktu yang dibutuhkan air untuk meresap ke dalam tanah dan mencapai saluran pembuangan adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{H}{v} \quad (2.48)$$

Volume pengisian dari system drain dianggap penuh 80% selama T dirumuskan:

$$V_o = 0,80 \cdot F \cdot h \cdot n \quad (2.49)$$

Jarak resapan air dari permukaan sampai pada drain secara diagonal :

$$S = \frac{H}{\sin \alpha} \quad (2.50)$$

Sudut resapan air ke drain :

$$\tan \alpha = \frac{H}{0,5 L} \quad (2.51)$$

Waktu pengosongan drain dengan pendekatan :

$$T_d = \frac{s}{v \cdot \sin 2\alpha} \quad (2.52)$$

Kapasitas pipa drain :

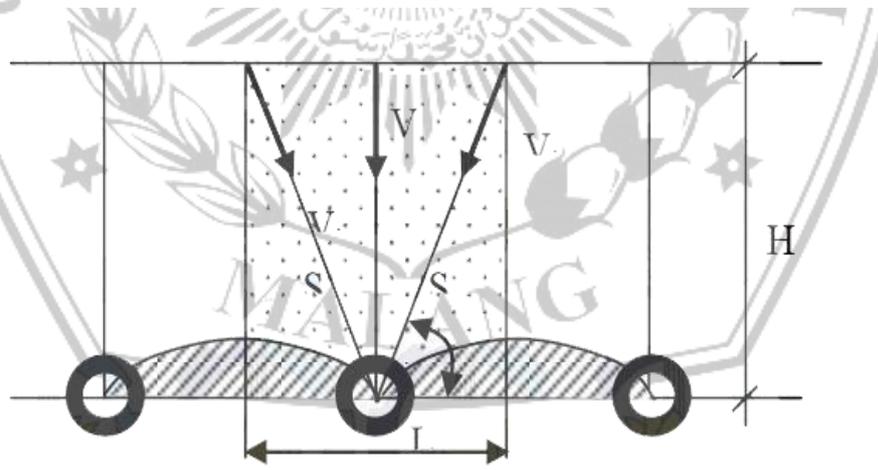
$$Q = \frac{I}{t_d} \quad (2.53)$$

Curah hujan di lapangan tidak menyebabkan limpasan jika kapasitas sistem saluran lebih besar dari volume curah hujan. Jadi, rumus periode ketinggian air sama dengan permukaan tanah (t_2):

$$t_2 = \frac{(h-0,8 p.H)}{q^2} \dots\dots\dots(2.54)$$

Dimana :

- H = kedalaman drain (m)
- v = kecepatan resapan (m.dt)
- Vo = Volume selama T hari (m3)
- r = jarak antara drain (m)
- n = porositas tanah (%)
- S = jarak resapan secara diagonal (m)
- Td = conduit time, waktu yang diperlukan air untuk mengalir disepanjang saluran hingga sampai pada titik kontrol
- t2 = waktu dimana air rata-rata dengan tanah (dt)
- Sin α = sudut resapan
- Q = kapasitas pipa (m3/dt)
- F = L.1 (M2)
- h = tinggi lapisan tanah yang akan dikeringkan (mm)



Gambar 4.6 Gambar Definisi Penentuan Kapasitas Pipa

2.4.1.7 Koefisien Manning

Berdasarkan jenis bahan dasar saluran tersebut dibangun, hitunglah harga koefisien Manning (n). Saluran drainase bawah permukaan dirancang menggunakan pipa PVC, dengan biaya antara 0,011 dan 0,012, dan dipandu oleh

pedoman perencanaan teknis ekstensif dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat untuk sistem pengolahan air limbah rumah tangga terpusat. Pipa PVC yang akan digunakan memiliki lubang-lubang kecil di bagian atas dan alur berbentuk gelombang pada pipa.

Lapangan sepak bola menggunakan geopipe, yaitu pipa beralur berbentuk gelombang dengan lubang kecil, untuk saluran drainase bawah tanah. Geopipe adalah jenis HDPE (*perforated corrugated pipe*) yang memiliki lubang di sepanjang sisinya untuk drainase bawah tanah dan cekungan gelombang pada cekungan gelombang.

Geopipe dapat berupa dinding tunggal, dengan bagian luar dan dalam yang bergelombang, atau dinding ganda, dengan lapisan tambahan di bagian dalam yang dapat menahan tekanan lebih besar jika diperlukan.

Tabel 2.7 Kekasaran Manning Pipa

No	Jenis Saluran	Koefisien Kekasaran Manning (n)
1	Pipa Besi Tanpa Lapisan	0,012 – 0,015
	Dengan Lapisan Semen	0,012 – 0,013
	Pipa Berlapis Gelas	0,011 – 0,017
2	Pipa Asbestos Semen	0,010 – 0,015
3	Saluran Pasangan Batu Bata	0,012 – 0,017
4	Pipa Beton	0,012 – 0,016
5	Pipa Baja Spiral dan Pipa Kelingan	0,013 – 0,017
6	Pipa Plastik Halus (PVC)	0,002 – 0,012
7	Pipa Tanah Liat (Vitrified Clay)	0,011 – 0,015

Sumber : pedoman perencanaan teknik terinci sistem pengolahan air limbah domestik terpusat (Kementerian Pekerjaan Umum Dan perumahan Rakyat , 2018)

Koefisien Manning dihitung dalam keadaan berikut:

1. Karena seluruh air permukaan diperkirakan akan meresap ke dalam bumi, maka diperkirakan tidak ada air yang mengalir ke arah samping.
2. Kemudian dapat menentukan kapan bumi akan kembali kering.
3. Dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan tanah untuk kembali ke kondisi kering semula.

2.4.2 Drainase Permukaan

2.4.2.1 Umum

Air hujan dan limpasan lainnya dari permukaan dapat dikumpulkan dan dialirkan melalui drainase permukaan yang terdiri dari saluran terbuka. Menghitung kapasitas saluran memungkinkan seseorang untuk menentukan apakah debit yang harus ditampung atau disebarkan mungkin lebih rendah dari penampang melintang yang diharapkan.

Rumus Manning digunakan untuk menghitung kapasitas saluran:

$$Q = A \cdot V = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.55)$$

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.56)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.57)$$

Di mana:

- 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 Penampang

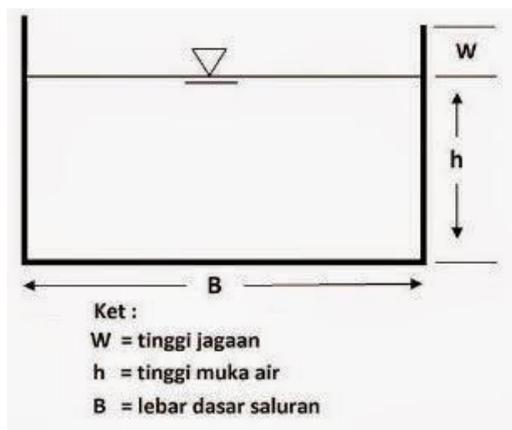
Penampang saluran drainase permukaan yang sering disebut saluran terbuka berbentuk persegi, segitiga, dan trapesium. Berikut rumus mencari luas penampang beberapa bentuk tersebut.

Saluran segi empat :

$$A = (b + h) \dots\dots\dots (2.58)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots (2.59)$$

$$R = A / P \dots\dots\dots (2.60)$$



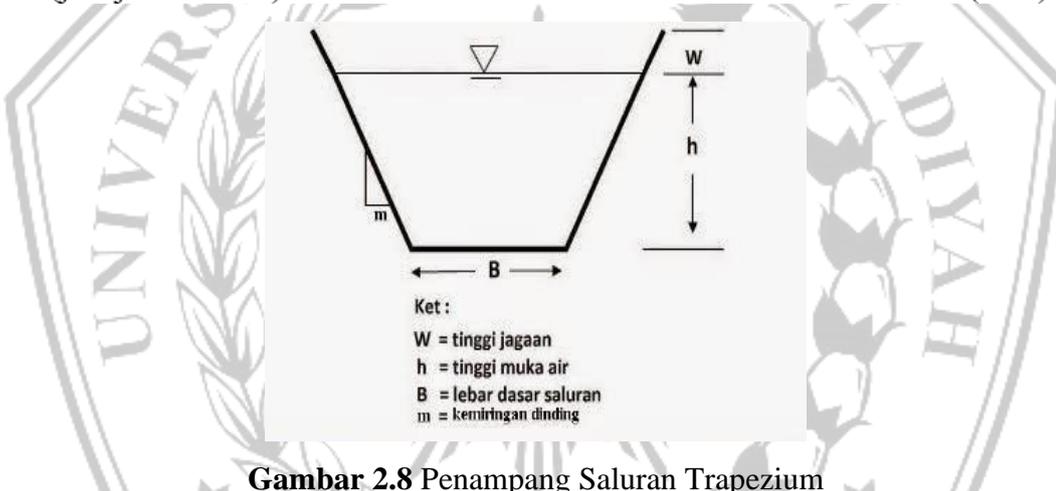
Gambar 2.7 Penampang Saluran Segi Empat

Saluran trapesium:

$$A \text{ (jari-jari luas saluran) } = (b + mh) h \dots\dots\dots (2.60)$$

$$P \text{ (keliling basah) } = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$R \text{ (jari-jari hidrolis) } = A/P \dots\dots\dots (2.62)$$



Gambar 2.8 Penampang Saluran Trapezium

Saluran setengah lingkaran

$$\text{Luas saluran (A) } = 0,5 \pi r^2 \dots\dots\dots 2.63)$$

$$\text{Keliling saluran(P) } = \pi.r \dots\dots\dots (2.64)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R) } = 0,5.r \dots\dots\dots (2.65)$$

Berdasarkan zat yang menyusun saluran tersebut, koefisien Manning (n) dihitung. Setiap bahan dan jenis saluran yang akan digunakan mempunyai koefisien signifikansi yang berbeda-beda. Tabel koefisien Manning berbasis material saluran ditunjukkan di bawah ini:

Tabel 2.8 Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	Maks.
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing	0,040
rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber: Sumber :Peraturan menteri pekerjaan umum nomor 12/prt/n. 2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan,2014

2.4.2.3 Kecepatan Minimum yang Diijinkan

Hanya dapat mencapai kecepatan aliran maksimum tertentu. Kecepatan harus tetap berada dalam kisaran yang telah ditentukan. Tujuannya untuk mencegah erosi air pada saluran dan penumpukan serta sedimentasi dengan menjaga kecepatan yang ditentukan. Kecepatan antara 0,6 dan 0,9 m/s adalah kecepatan minimum yang diperbolehkan. (suhardjono,1984).

2.4.2.4 Debit Rencana

Ukuran rembesan dan prediksi debit curah hujan maksimum digunakan untuk menentukan saluran drainase lapangan. Kapasitas saluran direncanakan dengan menggunakan jumlah air maksimum yang ditentukan dengan perhitungan disebut debit desain. Jika luas wilayah pengelolaan kurang dari 50 km², pembuangan yang dimaksudkan dapat menggunakan teknik yang wajar.

Perhitungan berikut digunakan untuk menentukan QR:

$$Q_R = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots (2. 64)$$

Di mana :

- QR = debit yang mengalir ke dalam saluran (m³/detik)
- C = koefisien pengaliran
- I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (km²).

2.4.2.5 Kemiringan Dasar Saluran

Kemiringan dinding saluran yang dimaksud disini adalah kemiringan dasar saluran. Tidak ada endapan air, kotoran, atau lumpur di dasar saluran karena kemiringan dasar saluran sangat curam sehingga otomatis bersih sendiri. Penentuan kemiringan dasar saluran dapat dilakukan dengan menggunakan topografi terencana atau topografi lapangan. Tergantung pada materialnya, kemiringan dasar saluran yang umum digunakan berkisar antara 0,004-0,008. Di sini kita mempunyai lapangan sepak bola dengan kanal yang ada dengan kemiringan dasar 0,005.

2.4.2.6 Tinggi Jagaan

Pada saluran terbuka, ketinggian kehati-hatian adalah ketinggian yang dihitung jika terjadi debit yang tidak terduga atau sangat tinggi. Perhitungan ketinggian pelindung yang benar diperlukan untuk menghindari luapan air akibat osilasi gelombang. Ven TE, 1997). langkah-langkah keselamatan yang direncanakan dengan tidak lebih dari 5% –30% lebih besar daripada di dalam air.

Unsur Geometris	Rumus	
	Segiempat	Trapezium
Luas penampang (A) (m ²)	B.h	(B + m.h)h
Keliling basah (P) (m)	B + 2h	B + 2h√1 + m
Jari jari Hidraulik (R) (m)	B.h / b.h	(B+ m.h)h/B + 2h√1 + m
Kedalaman hidraulik (d) (m)	h	(B + m.h)h/ B + 2mh
Lebar puncak (B) (m)	B	B + 2mh
Kedalaman rata rata (Δy) (m)	A/B	A/B

Sumber: Chow 1992

Gambar 2.9 Unsur Geometris Penampang Saluran Persegi Dan Trapezium

Debit (m ³ /jam)	Tinggi Jagaan (m)
< 0.5	0.2
0.5 - 1.5	0.2
1.5 - 5.0	0.25
5.0 - 10.0	0.3
10.0 - 15.0	0.4
> 15.0	0.5

Sumber: Dep PU 1986

Gambar 2.10 Tinggi jagaan minimum untuk saluran pasangan