

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Drainase mempunyai arti membuang atau mengalirkan kelebihan air pada suatu wilayah atau daerah. Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu (Hasmar, 2002:1). Sementara itu, menurut Suhardjono (2013:30) drainase adalah tindakan untuk mengurangi air yang berlebih. Baik air permukaan, maupun air bawah permukaan. Air yang berlebih yang umumnya berupa genangan dan disebut banjir.

Jenis drainase menurut Suhardjono (2013:32) dibedakan menjadi dua, ditinjau dari fungsinya dan sejarah terbentuknya.

1. Ditinjau dari Fungsinya

a. Drainase atas Permukaan (*Surface Drainage*)

Drainase yang dipergunakan sebagai pembuang limpasan air yang berada di permukaan tanah. Umumnya berupa saluran terbuka yang berada di permukaan tanah.

b. Drainase Bawah Permukaan (*Sub Surface Drainage*)

Drainase yang berfungsi untuk mengatur ketinggian muka air tanah. Umumnya berupa saluran tertutup dan berada di bawah permukaan tanah.

2. Ditinjau dari sejarah terbentuknya

a. Drainase Alam

Drainase alam yaitu saluran-saluran drainase yang terbentuk secara alami, oleh gerusan air yang kemudian membentuk jalan air permanen, seperti sungai, lembah, dan saluran. Jaringan drainase primer umumnya menggunakan saluran-saluran drainase alam ini.

b. Drainase Buatan

Drainase buatan yaitu sistem saluran dan bangunan yang dibuat oleh manusia. Konstruksinya dapat berupa drainase permukaan, maupun drainase bawah permukaan, terbuat dari pasangan batu kali, beton atau bahan bangunan yang lain. Jaringan drainase sekunder maupun tersier biasanya menggunakan saluran drainase buatan ini.

Sementara itu, menurut Hasmar (2002:3), jenis drainase dibagi menjadi 4. Pembagian jenis drainase adalah sebagai berikut:

1. Menurut Sejarah Terbentuknya
 - a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)
Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia.
 - b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)
Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam lapisan tanah dan dimensi saluran.
2. Menurut Letak Saluran
 - a. Drainase Muka Tanah (*Surface Drainage*)
 - b. Drainase Bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*)
3. Menurut Fungsi Drainase
 - a. *Single Purpose*
Saluran berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.
 - b. *Multi Purpose*
Saluran berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.
4. Menurut Konstruksi
 - a. Saluran Terbuka
Saluran untuk air hujan yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan.
 - b. Saluran Tertutup
Saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Juga untuk saluran dalam kota.

2.2 Analisa Hidrologi

Perencanaan saluran drainase, baik drainase perkotaan maupun drainase pertanian membutuhkan analisa hidrologi, karena dalam perencanaan saluran drainase, salah satu komponen utama yang harus diperhitungkan adalah jumlah air yang masuk ke saluran drainase, seperti air hujan dan limbah rumah tangga/industri. Data-data tersebut dapat diperoleh dengan analisa hidrologi, sehingga analisa hidrologi menjadi bagian penting dalam perencanaan saluran drainase perkotaan.

Analisa ini diperlukan untuk menentukan jumlah air yang akan menambah besarnya debit buangan disamping jumlah air hujan di lokasi yang harus dibuang.

Analisa-analisa itu meliputi (Suhardjono, 1984:6):

1. Air Masuk (*inflow*)

Adalah air dari luar yang masuk atau melewati daerah proyek.

- Terdiri dari:
- Jumlah hujan di daerah hulu
 - Air buangan dari rumah-rumah penduduk
 - Sumber-sumber air

2. Air Buangan

Air buangan berasal dari laboratorium-laboratorium, WC dan lainnya.

3. Air Sedimen

Jumlah sedimen yang tersangkut dalam aliran perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi fungsi saluran. Besar kecilnya sedimen tergantung pada:

- Besar dan deras limpasan permukaan
- Bentuk dan kemiringan permukaan tanah
- Jenis tanah
- Tanaman di permukaan tanah
- Bangunan-bangunan yang ada

2.2.1 Analisa Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan periode ulang tertentu. Periode waktu yang diperlukan dalam mencari curah hujan rancangan disesuaikan dengan keperluan perencanaan, yaitu perhitungan debit rencana yang diperlukan. Terdapat beberapa metode pendekatan yang bisa dilakukan untuk mendapatkan nilai dari curah hujan rancangan antara lain:

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

Metode-metode tersebut memiliki persyaratan tersendiri yang harus dipenuhi dalam penggunaannya. Pada studi ini, metode yang digunakan adalah metode *Log Pearson III* karena metode ini dapat digunakan untuk semua sebaran data serta sesuai untuk berbagai macam koefisien kepeccengan (*skewness*) dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*). Menurut Harto (1999:20), data hujan maupun data debit untuk 30 DAS di Pulau Jawa menunjukkan bahwa analisis frekuensi hujan yang dilakukan banyak mengikuti distribusi Log Pearson Type III. Parameter statistik yang diperlukan ada 3, yaitu:

1. Harga rata-rata (*mean*)

2. Simpangan Baku (*standard deviation*)
3. Koefisien Kepencengan (*skewness*)

Tahapan untuk menentukan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut:

1. Mengubah curah hujan harian maksimum ke dalam bentuk logaritma
2. Menghitung nilai logaritma rata-rata:

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log .x_i}{n} \dots\dots\dots (2-1)$$

3. Menghitung standart deviasinya (simpangan baku):

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2-2)$$

4. Menghitung koefisien kepencengan:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)S_i^3} \dots\dots\dots (2-3)$$

5. Hitung logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu:

$$\text{Log } X_t = \overline{\log x} + G \cdot S_i \dots\dots\dots (2-4)$$

6. Menghitung antilog dari X_t

dengan:

x_i = data hujan (mm)

\bar{x} = rerata data hujan (mm)

n = jumlah data

X_t = curah hujan rancangan (mm)

$\overline{\log x}$ = rerata logaritma curah hujan tahunan maksimum

G = konstanta

S_i = simpangan baku

2.2.2 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk mengetahui kesesuaian data yang tersedia dengan distribusi yang dipakai. Ada 2 macam uji yang akan dipakai yaitu uji Smirnov Kolmogorov dan Chi Square.

2.2.2.1 Uji Smirnov Kolmogorov (Uji Horizontal)

Uji Smirnov-Kolmogorov adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal, yaitu untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan *non-parametric*, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam D. Harga D terbesar (D maksimum atau D maks) dibandingkan dengan D kritis (dari tabel Smirnov-Kolmogorov) dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika $D_{maks} < D_{kritis}$ (Montarcih, 2009:68).

Sebelum dilakukan uji kesesuaian, terlebih dahulu dilakukan *plotting* data dengan tahapan sebagai berikut:

1. Data hujan harian maksimum tahunan disusun dari besar ke kecil.
2. Hitung probabilitas dengan rumus Weibull

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2-5)$$

dengan:

P = probabilitas (%)

m = nomer urut data

n = jumlah data

3. *Plotting* data debit (X) terhadap probabilitas P.
4. Tarik garis durasi dengan mengambil 2 titik pada Metode Gumbel (garis teoritis berupa garis lurus) dan 3 titik pada Metode *Log Pearson III* (garis teoritis berupa garis lengkung kecuali untuk $C_s = 0$, garis teoritis berupa garis lurus).

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\Delta_{maks} = [P_e - P_t] \quad \dots\dots\dots (2-6)$$

dengan:

Δ_{maks} = selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis

P_e = peluang empiris (%)

P_t = peluang teoritis (%)

Δ_{cr} = simpangan kritis (dari tabel)

Kemudian dibandingkan antara Δ_{maks} dan Δ_{cr} , distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ dan terjadi sebaliknya jika $\Delta_{maks} > \Delta_{cr}$ (Montarcih, 2009:69).

2.2.2.2 Uji Chi-Square (Uji Vertikal)

Uji Chi-Square digunakan untuk menghitung besarnya simpangan vertikal antara data perhitungan dan data teoritis. Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan empiris pada sumbu vertikal yang merupakan data curah hujan rancangan. Uji Chi-Square dikatakan berhasil jika X^2 hitung $<$ X^2 kritis.

Tahapan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah kelas dengan rumus:

$$K = 1 + 3.22 \log n \dots\dots\dots (2-7)$$

dengan:

K = jumlah kelas

n = banyaknya data

2. Membuat kelompok-kelompok kelas sesuai dengan jumlah kelas

3. Menghitung frekuensi pengamatan $O_j = n /$ jumlah kelas

4. Mencari besarnya curah hujan yang masuk dalam batas kelas (E_j)

5. Menghitung X^2 dengan rumus:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{O_j - E_j}{E_j} \dots\dots\dots (2-8)$$

6. Mencari derajat kebebasan ($dk = k - (P+1)$ dimana $P=2$, lalu mencari nilai X^2 kritis dengan nilai derajat kebebasan melalui tabel Smirnov Kolmogorov

7. Membandingkan X^2 hitung dengan X^2 kritis, apabila X^2 hitung $<$ X^2 kritis maka analisa distribusi curah hujan pengamatan sesuai dengan model teoritis.

2.3 Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah jumlah debit air hujan dan debit air kotor. Debit banjir rancangan ini nantinya akan digunakan dalam penentuan kapasitas saluran drainase.

Bentuk perumusan dari debit banjir rancangan tersebut sebagai berikut:

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ak} \dots\dots\dots (2-9)$$

dengan:

Q_r = debit banjir rancangan (m^3/dtk)

Q_{ah} = debit air hujan (m^3/dtk)

Q_{ak} = debit air kotor (m^3/dtk)

2.3.1 Debit Air Hujan

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung debit air hujan pada saluran-saluran drainase adalah metode rasional. Rumus ini banyak digunakan untuk sungai-sungai

biasa dengan daerah pengaliran yang kecil dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang sempit. Bentuk umum persamaan ini adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278.C. I.A \dots\dots\dots (2-10)$$

dengan:

- Q = debit limpasan (m^3/dtk)
 C = koefisien pengaliran
 I = intensitas hujan selama waktu tiba banjir (mm/jam)
 A = luas daerah (km^2)
 0,278 = faktor konversi

Adapun pengertian dari rumus ini adalah jika terjadi curah hujan selama 1 jam dengan intensitas 1 mm/jam dalam daerah seluas 1 km^2 , maka besarnya debit banjir adalah 0,278 m^3/dtk yang debit banjir tersebut akan melimpas merata selama 1 jam.

Apabila luas daerah pengaliran antara 0,80 – 50 km^2 , maka metode rasional tersebut harus dimodifikasi dengan memperhitungkan efek penampungan saluran.

Rumus modifikasi metode rasional:

$$Q = 0,278.C_s.C. I. A \dots\dots\dots (2-11)$$

dengan:

- Q = debit limpasan (m^3/dtk)
 C_s = koefisien penampungan
 $C_s = \frac{2t_c}{2t_c + t_d}$
 t_c = waktu konsentrasi (menit)
 t_d = lama pengaliran dalam saluran (menit)

2.3.1.1 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir disuatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan pengaruh pemanfaatan lahan dan aliran sungai. Koefisien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh faktor-faktor penting (Subarkah, 1980:51):

- Keadaan hujan
- Luas dan bentuk daerah pengaliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Kebasahan tanah

- Suhu, udara, angin dan evaporasi yang berhubungan dengan itu
- Letak daerah aliran terhadap arah angin
- Daya tampung palung sungai dan daerah sekitarnya

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa jenis tata guna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dan setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya.

Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 2013:80):

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2-12)$$

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dengan:

C_m = koefisien pengaliran rata-rata

C_1, C_2, \dots, C_n = koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan

A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan

Besarnya koefisien pengaliran berdasarkan tata guna lahan dan jenis permukaan tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Hubungan Kondisi Permukaan dengan Koefisien Pengaliran

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
3.	Bahu jalan :	
	- tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	- tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	- batuan massif keras	0,70 - 0,85
	- batuan massif lunak	0,60 - 0,75
4.	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
5.	Daerah pinggiran kota	0,60 - 0,70
6.	Daerah industry	0,60 - 0,90
7.	Pemukiman padat	0,40 - 0,60
8.	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
9.	Taman dan kebun	0,20 - 0,40
10.	Persawahan	0,45 - 0,60

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
11.	Perbukitan	0,70 - 0, 80
12.	Pegunungan	0,75 - 0, 90

Sumber : Anonim (SNI Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, 1994:19)

2.3.1.2 Intensitas Hujan Rancangan

Intensitas hujan rancangan adalah tinggi hujan yang jatuh pada suatu kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi, dan dihitung sesuai periode ulang banjir. Untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi digunakan rumus Mononobe (Subarkah, 1980:20):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2-13)$$

dengan:

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

2.3.1.3 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari suatu titik yang paling jauh ke suatu titik tertentu yang ditinjau pada suatu daerah pengaliran. Untuk menghitung waktu konsentrasi dipakai persamaan Kirpich (Subarkah, 1980:50)

$$t_c = \frac{0,0195}{60} \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77} \dots\dots\dots(2-14)$$

dengan:

L = panjang saluran (m)

S = kemiringan daerah pengaliran

2.3.1.4 Luas Daerah Pengaliran

Daerah pengaliran (*catchment area*) adalah daerah tempat curah hujan mengalir menuju saluran. Ditentukan berdasarkan prakiraan dengan pedoman garis kontur yaitu garis-garis yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama. Luas daerah pengaliran diperkirakan dengan pengukuran daerah itu pada peta topografi (Sosrodarsono, 2003:169). Daerah tangkapan hujan pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu sehingga menimbulkan debit yang harus ditampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke saluran induk.

2.3.2 Perhitungan Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah debit yang berasal dari buangan rumah tangga, bangunan gedung, instansi dan sebagainya. Besarnya dipengaruhi oleh banyaknya jumlah penduduk

dan kebutuhan air rata-rata penduduk. Adapun besarnya kebutuhan air penduduk rata-rata adalah 150 liter/orang/hari. Sedangkan debit air kotor yang harus dibuang di dalam saluran adalah 70% dari kebutuhan air bersih sehingga besarnya air buangan adalah (Suhardjono, 2013:110):

$$150 \times 70\% = 105 \text{ liter/orang/hari} = 0,00121 \text{ liter/dtk/orang}$$

Dengan demikian jumlah air kotor yang dibuang pada suatu daerah setiap km² adalah:

$$Q_{ak} = \frac{P_n \cdot q}{A} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$Q_{ak} = \frac{P_n \cdot 0,00121}{A}$$

dengan:

- Q_{ak} = debit air kotor
- P_n = jumlah penduduk (jiwa)
- q = jumlah air buangan (ltr/dtk/orang)
- A = luas daerah (km²)

2.3.3 Perhitungan Pertumbuhan Penduduk

Jumlah penduduk saat perencanaan dimulai dan pada tahun yang akan datang harus diperhitungkan untuk menghitung kebutuhan air tiap penduduk. Sehingga dapat diketahui jumlah air kotor (buangan) rumah tangga.

Proyeksi jumlah penduduk pada tahun-tahun yang akan datang dapat digunakan cara perhitungan laju pertumbuhan geometri (*geometric rate of growth*) dan pertumbuhan eksponensial (*eksponential rate of growth*) atau cara arimatika (*arithmetic rate of growth*).

a. Pertumbuhan geometrik (*geometric rate of growth*)

Pertumbuhan penduduk diasumsikan mengikuti deret geometris dan rasio pertumbuhan adalah sama untuk setiap tahun. Rumus dari pertumbuhan geometris adalah:

$$P_n = P_o(1+r)^n \dots\dots\dots (2-16)$$

dengan:

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa/tahun)
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa/tahun)
- r = angka pertumbuhan penduduk (%)
- n = interval waktu (tahun)

b. Pertumbuhan penduduk eksponensial (*eksponential rate of growth*)

Pertumbuhan penduduk ini mengasumsikan bahwa pertumbuhan penduduk secara terus-menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan. Pengukuran penduduk



dengan cara ini tepat karena dalam kenyataannya pertumbuhan penduduk juga berlangsung terus menerus. Ramalan pertambahan penduduk adalah:

$$P_n = P_o \cdot e^{rn} \dots\dots\dots(2-17)$$

dengan:

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa/tahun)
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa/tahun)
- e = bilangan logaritma
- n = interval waktu (tahun)

c. Pertumbuhan penduduk cara aritmatika (*arithmetic rate of growth*)

Pada proyeksi pertumbuhan penduduk ini angka pertumbuhan rata-rata berkisar pada prosentase r (angka pertambahan penduduk) yang konstan setiap tahun Rumus pertumbuhan penduduk cara ini yaitu:

$$P_n = P_o(1+rn) \dots\dots\dots(2-18)$$

dengan:

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa/tahun)
- P_o = jumlah penduduk pada awal tahun (jiwa/tahun)
- r = angka pertumbuhan penduduk (%)
- n = interval waktu (tahun)

2.4 Analisa Hidraulika

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran pada saluran terbuka (*open channel flow*) maupun pada saluran tertutup (*pipe channel flow*). Pada saluran tertutup dapat dengan saluran penuh dengan air (bertekanan) dan saluran tidak penuh air (tidak bertekanan) (Hasmar, 2012:17-18).

2.4.1 Aliran Air Pada Saluran Terbuka

1. Aliran tunak (*Steady Flow*)

Aliran tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk waktu tertentu.

Aliran tunak di klasifikasi menjadi :

- a. Aliran seragam, tinggi muka air sama pada setiap penampang.
- b. Aliran berubah, kedalaman air berubah di sepanjang saluran.

2. Aliran Tidak tunak (*Unsteady Flow*)

Aliran ini mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu.

Contoh : banjir.

2.4.2 Aliran Air Pada Saluran Pipa (Saluran Tertutup)

Aliran air dalam pipa dapat merupakan aliran yang bertekanan, air penuh mengisi pipa, dapat pula aliran yang tidak bertekanan, air tidak mengisi penuh pipa. Seperti halnya

gorong-gorong dapat direncanakan muka air memenuhi sisi atas saluran, merupakan saluran yang bertekanan tidak terdapat muka air bebas, pipa penuh terisi air. Tekanan air dalam pipa ditentukan oleh muka air di kedua ujung pipa. Dapat pula muka air tidak sampai sisi atas saluran yang merupakan saluran tidak bertekanan.

Untuk pipa drain pada saluran drainase bawah muka tanah, ketinggian rencana muka air pada pipa drain rencana lebih kecil dari diameter pipa drain, di atas muka air rencana terdapat lubang-lubang dengan diameter sekitar 0,50 sampai 100 cm, untuk masuknya atau mengalirnya air yang berada di dalam tanah ke dalam pipa drain.

2.4.3 Sifat-Sifat Aliran

Pada saluran terbuka, aliran yang terjadi pada saluran adalah:

1. Aliran Laminar

Gaya kekentalan (*viscosity*) relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia, sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus. Aliran ini ditandai dengan tidak terjadinya olakan pada muka air (Hasmar, 2012:18).

2. Aliran Turbulen

Gaya kekentalan (*viscosity*) relatif lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap. Aliran ini ditandai dengan terjadinya olakan pada muka air (Hasmar, 2012:18).

3. Aliran Subkritis

Aliran subkritis adalah aliran yang kecepatan alirannya lebih kecil daripada kecepatan kritis (Suripin, 2003:123).

4. Aliran Kritis

Aliran dikatakan kritis apabila kecepatan aliran sama dengan kecepatan gelombang gravitasi dengan amplitude kecil. Gelombang gravitasi dapat dibangkitkan dengan merubah kedalaman (Suripin, 2003:123).

5. Aliran Superkritis

Sedangkan, aliran superkritis adalah aliran yang kecepatannya alirannya lebih besar daripada kecepatan kritis (Suripin, 2003:123).

2.4.4 Macam - Macam Bentuk Penampang

Saluran drainase jalan menggunakan penampang hidrolis terbaik, yakni dengan luas minimum yang mampu membawa debit maksimum. Secara umum, debit yang mampu dibawa oleh saluran drainase dapat didekati dengan menggunakan persamaan Manning sebagai berikut:

$$Q_{sal} = V_{sal} \cdot A_{sal}$$

$$V_{sal} = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_{sal}^{0.5} \dots\dots\dots (2-19)$$

dengan:

Q_{sal} = debit pada saluran (m³/dt)

V_{sal} = kecepatan aliran di saluran (m/dt)

A_{sal} = luas penampang basah (m²)

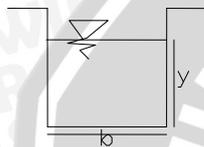
n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis (m)

S_{sal} = kemiringan dasar saluran

Unsur geometris penampang saluran:

a. Persegi



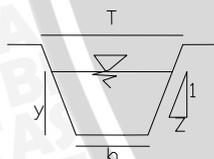
$$\text{Luas (A)} = b \cdot y \dots\dots\dots (2-20)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + 2y \dots\dots\dots (2-21)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = \frac{by}{b + 2y} \dots\dots\dots (2-22)$$

$$\text{Kedalaman hidrolis} = y \dots\dots\dots (2-23)$$

b. Trapesium



$$\text{Luas (A)} = (b + zy) y \dots\dots\dots (2-24)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + 2y\sqrt{1+z^2} \dots\dots\dots (2-25)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1+z^2}} \dots\dots\dots (2-26)$$

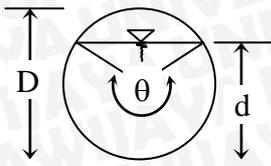
$$\text{Kedalaman hidrolis} = \frac{(b + zy)y}{b + 2zy} \dots\dots\dots (2-27)$$

$$\text{Lebar puncak (T)} = b + 2zy \dots\dots\dots (2-28)$$

$$\text{Faktor penampang (z)} = \frac{((b + zy)y)^{0.5}}{\sqrt{b + 2zy}} \dots\dots\dots (2-29)$$



c. Lingkaran



$$\Theta = 4,5 \text{ radial} \dots\dots\dots (2-30)$$

$$\text{Kedalaman hidrolis (d)} = 0,80 D \dots\dots\dots (2-31)$$

$$\text{Luas penampang basah (A)} = 1/8 (\theta^2 - \sin \theta) D^2 \dots\dots\dots (2-32)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 3,14 \cdot D(1-\theta/180^0) \dots\dots\dots (2-33)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = A/P \dots\dots\dots (2-34)$$

2.4.5 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai permukaan air pada kondisi perencanaan. Tinggi jagaan untuk saluran berbentuk trapesium dan segi empat dapat dihitung dengan rumus :

$$W = \sqrt{0,3 \times h} \dots\dots\dots (2-35)$$

dengan:

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi air (m)

2.4.6 Analisa Kapasitas Tampungan

Dari hasil analisa debit banjir, diperoleh debit maksimum dan waktu konsentrasi dari saluran yang ditinjau, kemudian dilanjutkan dengan analisa polder dan keperluan pompa hingga ke pembuatan grafik hubungan antara storage dan kapasitas pompa.

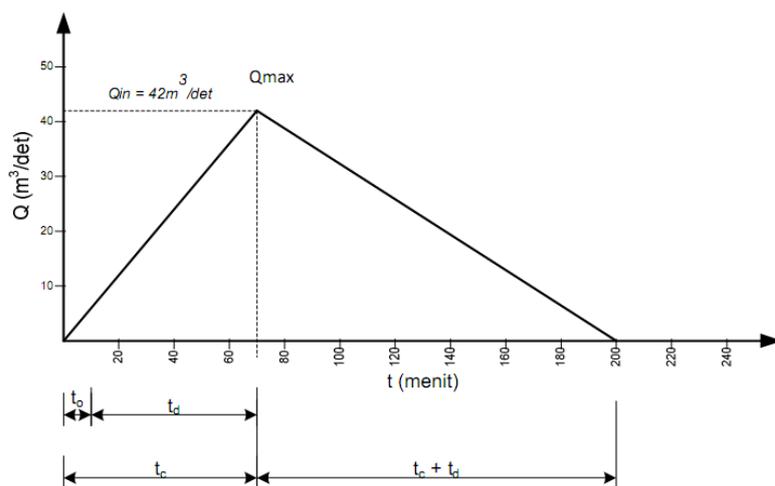
Dengan metode hidrograf satuan berdasar data Q_{max} , T_c dan T_d dan ditabulasikan kemudian digambarkan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Contoh Tabel Sebaran Debit Jam-Jaman

No.	Waktu (menit)	Q (m ³ /det)	volume kum (m ³)
1	0		
...			
	T_c		
...			
n	T_d		

Sumber : Anonim





Gambar 2.1. Hidrograf Aliran Masuk (Anonim, -:9)

2.5 Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan merupakan kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi menaikkan air tanah ke permukaan. Dengan demikian, konstruksi dan kedalamannya berbeda.

2.5.1 Kegunaan Sumur Resapan

Penerapan sumur resapan ini dalam kehidupan sehari-hari penting artinya. Beberapa fungsi sumur resapan bagi kehidupan manusia adalah sebagai pengendali banjir, melindungi dan memperbaiki konservasi air tanah, serta menekan lahu erosi.

Sumur resapan dapat dikatakan sebagai suatu rekayasa teknik konservasi air, berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur galian dengan kedalaman tertentu. Fungsi utama dari sumur resapan adalah sebagai tempat menampung air hujan dan meresapkannya ke dalam tanah. Sementara itu, manfaat yang dapat diperoleh dari pembuatan sumur resapan diantaranya adalah :

1. Mengurangi aliran permukaan dan mencegah terjadinya genangan air sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya banjir dan erosi,
2. Mempertahankan tinggi muka air tanah dan menambah persediaan air tanah.
3. Mengurangi atau menahan terjadinya kenaikan air laut bagi daerah yang berdekatan dengan wilayah pantai,
4. Mencegah penurunan atau amblesan lahan sebagai akibat pengambilan air tanah yang berlebihan, dan
5. Mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah.

Penurunan muka air tanah yang banyak terjadi akhir-akhir ini dapat teratasi dengan bantuan sumur resapan. Tanda-tanda penurunan muka air tanah terlihat pada keringnya sumur dan mata air pada musim kemarau serta timbulnya banjir pada musim penghujan. Perubahan lingkungan hidup sebagai akibat dari proses pembangunan, berupa pembangunan pemukiman dan industri, serta pembukaan lahanlah yang diduga menyebabkan terjadinya hal tersebut.

Salah satu strategi pengendalian banjir, baik mengatasi banjir atau kekeringan adalah melalui sumur resapan. Sumur resapan ini merupakan upaya memperbesar resapan air hujan kedalam tanah dan memperkecil aliran permukaan sebagai penyebab banjir.

Upaya ini akan berfungsi bila semua warga sadar dan mau menerapkannya. Peran sumur resapan akan tidak berarti bila hanya beberapa penduduk saja yang menerapkannya. Dapat dibayangkan bila setiap penduduk suatu kawasan yang memiliki sejuta bangunan menerapkan sumur resapan. Dengan demikian sejuta kubik air akan masuk kedalam tanah. Kawasan tersebut dapat terhindar dari bahaya banjir dan mampu mengurangi masalah kekeringan pada musim kemarau. (Kusnaedi, 2000).

1. Pengendali Banjir

Salah satu fungsi sumur resapan adalah sebagai upaya menekan banjir. Seperti dijelaskan terdahulu bahwa sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga terhindar dari penggenangan aliran permukaan secara berlebihan yang menyebabkan banjir.

Banyaknya aliran permukaan yang dapat dikurangi melalui sumur resapan tergantung pada volume dan jumlah sumur resapan. Misalnya sebuah kawasan yang jumlah rumahnya 350 buah, kalau masing-masing membuat sumur resapan dengan volume 2 kubik berarti dapat mengurangi aliran permukaan sebesar 700 kubik air.

2. Konservasi Air Tanah

Fungsi lain dari sumur resapan ini adalah memperbaiki konservasi air tanah atau mendangkalkan permukaan air sumur. Disini diharapkan air hujan lebih banyak yang diresapkan kedalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah. Air yang tersimpan dalam tanah tersebut dapat dimanfaatkan melalui sumur-sumur atau mata air.

Peresapan air melalui sumur resapan kedalam tanah sangat penting mengingat adanya perubahan tata guna tanah dipermukaan bumi sebagai konsekuensi dari perkembangan penduduk dan perekonomian masyarakat. Dengan adanya perubahan tata guna tanah tersebut akan menurunkan kemampuan tanah untuk meresapkan air. Hal ini mengingat

semakin banyaknya tanah yang beralih fungsi dari lahan terbuka menjadi lahan tertutup berupa tembok, beton, aspal dan bangunan lainnya yang tidak dapat meresapkan air. Penurunan daya serap tanah terhadap air juga terjadi karena hilangnya vegetasi penutup permukaan tanah. Penutupan permukaan tanah oleh pemukiman dan fasilitas umum besar dampaknya terhadap kondisi air tanah.

3. Menekan Laju Erosi

Dengan adanya penurunan aliran permukaan maka laju erosi pun akan menurun. Bila aliran permukaan menurun, tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut pun akan berkurang. Dampaknya, aliran permukaan air hujan kecil dan erosi pun akan kecil. Dengan demikian adanya sumur resapan yang mampu menekan besarnya aliran permukaan berarti dapat menekan laju erosi.

2.5.2 Prinsip Kerja Sumur Resapan

Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur agar air dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah.

Tujuan utama dari sumur resapan adalah memperbesar masuknya air ke dalam akuifer tanah sebagai air resapan (infiltrasi). Dengan demikian, air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah dan sedikit yang mengalir sebagai aliran permukaan.

Semakin banyak air yang meresap ke dalam tanah, berarti akan banyak tersimpan air tanah di bawah permukaan bumi. Air tersebut dapat dimanfaatkan kembali melalui sumur-sumur atau mata air yang dapat dieksplorasi setiap saat.

Jumlah aliran permukaan akan menurun karena adanya sumur resapan. Pengaruh positifnya, banjir dapat dihindari karena terkumpulnya air permukaan yang berlebihan di suatu tempat dapat dihindarkan. Menurunnya, aliran permukaan ini juga akan menurunkan tingkat erosi tanah.

2.5.3 Standarisasi Umur Resapan

Pemerintah pada dasarnya telah mewajibkan pembuatan sumur resapan. Akan tetapi, banyak dari masyarakat yang belum mengetahui standar sumur resapan air yang baik dan benar. Berdasarkan SNI No. 03-2453-2002, dapat diketahui bahwa persyaratan umum yang harus dipenuhi sebuah sumur resapan adalah sebagai berikut :

1. Sumur resapan harus berada pada lahan yang datar, tidak pada tanah berlereng, curam atau labil.
2. Sumur resapan harus dijauhkan dari tempat penimbunan sampah, jauh dari *septic tank* (minimal 5 m diukur dari tepi), dan berjarak 1 m dari pondasi bangunan.

3. Penggalian sumur resapan bisa sampai tanah berpasir atau maksimal 2 m di bawah permukaan tanah. Kedalaman muka air tanah minimum 1,5 m pada musim hujan.
4. Struktur tanah harus mempunyai permeabilitas tanah lebih besar atau sama dengan 2,0 cm/jam (artinya, genangan air setinggi 2 cm akan terserap habis dalam 1 jam), dengan tiga klasifikasi, yaitu :
 - Permeabilitas sedang, yaitu 2,0-3,6 cm/jam.
 - Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus), yaitu 3,6-36 cm/jam.
 - Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar), yaitu lebih besar dari 36 cm/jam.

Untuk bentuk dan ukuran konstruksi sumur resapan yang ideal, dapat mengacu pada SNI No. 03-2459-1991, yaitu berbentuk segi empat atau silinder dengan ukuran minimal diameter 0,8 m dan maksimum 1,4 m serta kedalamannya disesuaikan dengan tipe konstruksi sumur resapan. Sementara itu, pemilihan bahan bangunan yang dipakai tergantung dari fungsinya, seperti plat beton bertulang tebal 10 cm dengan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil untuk penutup sumur dan dinding bata merah dengan campuran spesi 1 semen : 5 pasir tidak diplester, tebal $\frac{1}{2}$ bata.

2.5.4 Jenis-jenis Sumur Resapan

Jenis bangunan sumur resapan cenderung bervariasi. Bentuk dan jenis bangunan sumur resapan dapat berupa segi empat atau silinder dengan kedalaman tertentu dan dasar sumur terletak di atas permukaan air tanah. Berikut ini merupakan berbagai jenis konstruksi sumur resapan yang sering dipakai.

1. Sumur tanpa pasangan di dinding sumur, dasar sumur tidak diisi apapun.
2. Sumur tanpa pasangan di dinding sumur, dasar sumur diisi dengan batu batu belah dan ijuk.
3. Sumur dengan susunan batu bata, batu kali atau batako di dinding sumur. Dasar sumur diisi dengan batu belah dan ijuk atau kosong.
4. Sumur dengan menggunakan besi beton di dinding sumur.
5. Sumur menggunakan blawong (batu cadas yang dibentuk khusus untuk dinding sumur).

Berbagai konstruksi tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Pemilihan dapat disesuaikan dengan kondisi batuan/tanah di daerah studi yang ditinjau, keberadaan atau kesetersediaan bahan baku. Selain itu, disesuaikan juga dengan kebutuhan dan anggaran biaya.

2.5.5 Penerapan Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan salah satu dari sekian banyak cara atau teknik imbuhan buatan dengan cara meresapkan air ke dalam akuifer di bawahnya, disamping teknik imbuhan buatan dengan cara gravitasi melalui sumur resapan dangkal, parit resapan, kolam resapan dan lainnya.

Penerapan sumur resapan pada kawasan permukiman akan memberikan keuntungan ganda selain dapat dapat memperkecil dimensi jaringan drainasi juga dapat menambah jumlah air tanah dan memperkecil limpasan permukaan. Penempatan sumur resapan pada daerah permukiman dapat dilakukan secara individu maupun kolektif tergantung segi teknis dan ekonomis.

2.6 Perencanaan Teknis Sumur Resapan

Sumur resapan yang dibuat harus memenuhi teknis yang baik agar kinerjanya dapat maksimal. Model dan ukuran sumur resapan yang digunakan harus memperhatikan faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Konstruksi harus terbuat dari bahan yang kuat, tersedia di lokasi dan mudah didapat. Keefektifan sumur resapan sangat tergantung dari volume dan jumlah sumur resapan.

2.6.1 Faktor-faktor yang Perlu Dipertimbangkan

Dalam perencanaan pembuatan sumur resapan, perlu diperhitungkan faktor iklim, kondisi air tanah, kondisi tanah, tata guna lahan, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat.

1. Faktor Iklim : Iklim merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan sumur resapan. Faktor yang perlu mendapat perhatian adalah besarnya curah hujan. Semakin besar curah hujan disuatu wilayah berarti semakin besar sumur resapan yang dibutuhkan.
2. Kondisi air tanah : Pada kondisi tata permukaan air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran karena tanah benar-benar memerlukan suplai air melalui sumur resapan. Sebaliknya pada lahan yang muka airnya dangkal, sumur resapan ini kurang efektif dan tidak akan berfungsi dengan baik. Terlebih pada daerah rawa dan pasang surut, resapan kurang efektif.
3. Kondisi tanah : Keadaan tanah sangat berpengaruh pada besar kecilnya daya resap tanah terhadap air hujan. Dengan demikian konstruksi dari sumur resapan harus mempertimbangkan sifat fisik tanah. Sifat fisik tanah yang langsung berpengaruh terhadap besarnya infiltrasi (resapan air) adalah tekstur dan pori-pori tanah.

Tanah berpasir dan porus lebih mampu merembeskan air hujan dengan cepat. Akibatnya, waktu yang diperlukan air hujan untuk tinggal dalam sumur resapan relatif singkat dibandingkan dengan tanah yang kandungan liatnya tinggi dan lekat. Sedangkan tanah lempung membutuhkan waktu yang lebih lama untuk merembeskan air hujan ke dalam sumur resapan.

4. Tata guna lahan : Tata guna tanah akan berpengaruh terhadap presentase air yang meresap ke dalam tanah dengan aliran permukaan. Pada tanah yang banyak tertutup bangunan, air hujan yang mengalir dipermukaan tanah akan lebih besar dibandingkan dengan air yang meresap ke dalam tanah. Dengan demikian, dilahan yang penduduknya padat, sumur resapan harus dibuat lebih banyak dan lebih besar volumenya.
5. Kondisi sosial ekonomi masyarakat : Perencanaan sumur resapan harus diperhatikan kondisi sosial ekonomi masyarakat, misalnya pada kondisi perekonomian yang baik biaya untuk sumur resapan dapat dibebankan kepada masyarakat dan konstruksinya dapat dibuat dari bahan yang benar-benar kuat. Sebaliknya pada kondisi sosial ekonomi masyarakat rendah, sumur resapan harus terbuat dari bahan-bahan yang murah dan mudah didapat serta konstruksinya sederhana. Pendanaan sumur resapan pada daerah minim sebaliknya berupa proyek bantuan dari pemerintah melalui proyek APBD dan APBN.
6. Ketersediaan bahan : Perencanaan sumur resapan konstruksinya harus mempertimbangkan ketersediaan bahan –bahan yang ada di lokasi. Misalnya untuk daerah perkotaan, sumur resapan dapat terbuat dari beton, tangki *fiberglass*, atau cetakan beton. Untuk daerah pedesaan sumur resapan yang cocok dikembangkan dari bambu atau kayu yang tahan lapuk atau bahan lain yang murah dan mudah didapat di lokasi.

2.6.2 Kriteria Perencanaan Sumur Resapan

Kriteria perancangan adalah suatu kriteria yang dipakai perancang sebagai pedoman untuk merancang. Perancang diharapkan mampu menggunakan kriteria secara tepat dengan membandingkan kondisi aktual dengan parameter yang digunakan. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mengalirkan genangan air pada saat musim hujan dan kelebihan air buangan pada saluran drainase.

Kelebihan air atau genangan air sesaat terjadi karena keseimbangan air pada daerah yang bersangkutan kondisinya buruk yang ditunjukkan dengan adanya besarnya air yang

melimpas dipermukaan tanah tidak sebanding dengan jumlah air yang meresap kedalam tanah. (Suripin, 2003)

Faktor-faktor yang diperlukan dalam perancangan sumur resapan adalah sebagai berikut :

a. Aspek hidrologi

Dalam aspek ini digunakan guna penentuan debit rencana agar dihitung melalui lengkung kekerapan durasi deras hujan, dari perhitungan debit rencana akibat hujan ini akan dapat digunakan mengevaluasi kapasitas saluran drainase existing, sehingga dapat diperkirakan besarnya debit genangan akibat limpasan air hujan yang tidak tertampung oleh saluran drainase existing.

b. Koefisien limpasan (*run off*)

Ketepatan dalam menetapkan besarnya debit air yang harus dialirkan masuk kedalam sumur resapan sangatlah penting dalam menentukan dimensi sumur resapan.

c. Kecepatan aliran minimum

Kecepatan aliran minimum yang diijinkan sangatlah perlu diperhatikan agar tidak terjadi pengendapan apabila air mengandung lumpur dialirkan ke sumur resapan.

d. Aspek struktur

Dalam perancangan dimensi sumur resapan jenis dan mutu bahan bangunan agar dipilih sesuai dengan persyaratan desain, tersedia cukup banyak dan mudah diperoleh. Akan tetapi dalam pendesainan juga perlu mempertimbangkan kekuatan dan kestabilan bangunan agar diperhitungkan sesuai dengan umur layanan yang ditentukan.

2.6.3 Dimensi Sumur Resapan

Beberapa metode untuk mendimensi sumur resapan antara lain (Suripin, 2003):

- Menghitung kedalaman sumur resapan

1. Sunjoto (1998)

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah dan dapat dituliskan sebagai berikut

$$H = \frac{Q}{F.K} \left(1 - e^{-\left[\frac{F.K.T}{\pi.R^2} \right]} \right) \quad (2-29)$$

Dimana :

H = tinggi muka air dalam sumur (m)

F = faktor geometrik (m)

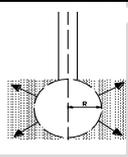
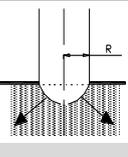
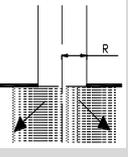
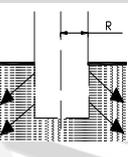
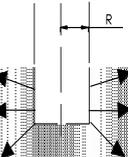
Q = debit air masuk (m³/detik)

T = waktu pengaliran (detik)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/detik)

R = jari-jari sumur (m)

Tabel 2.3. Nilai Faktor Geometrik (F)

Kasus	Kondisi	F	Referensi
1		$4\pi R$	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin dkk (1965)
2		$2\pi R$	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin dkk (1965)
3		$4R$	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin dkk (1965)
4		$\frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right)}$	Dacler (1936)
5		$\frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{L}{2R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{2R}\right)^2}\right)}$	Dacler (1936)

Sumber : Suripin, 2003:300

Keadaan efektif sumur resapan dihitung dari tinggi muka air tanah apabila dasar sumur berada di bawah muka air tanah tersebut, dan diukur dari dasar sumur bila muka air berada di bawah dasar sumur. Sebaliknya dasar sumur berada pada lapisan tanah dengan permeabilitas tinggi.

2. Metode PU

Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Departemen Pekerjaan Umum (1990) telah menyusun standar tata cara perencanaan teknik sumur resapan air hujan yang ditulis dalam SK SNI T-06-1990 F. Tidak jauh berbeda dengan apa yang dikemukakan oleh Sunjoto, metode PU menyatakan bahwa dimensi atau jumlah sumur resapan yang diperlukan pada suatu lahan, ditentukan oleh curah hujan maksimum. Permeabilitas tanah dan luas bidang tanah, yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H = \frac{D.I.A_{\text{tadah}} - D.K.A_{\text{sumur}}}{A_{\text{sumur}} + D.K.L} \quad (2-30)$$

Dimana :

I = intensitas hujan (m/jam)

A_{tadah} = luas tadah hujan (m^2) berupa atap atau permukaan tanah

K = permeabilitas tanah (m/jam)

L = keliling penampang sumur (m)

A_{sumur} = luas penampang sumur (m^2)

D = durasi hujan (jam)

H = kedalaman sumur (m)

- Menghitung kapasitas sumur resapan

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot H \quad (2-31)$$

Dimana :

V = kapasitas volume sumur (m^3)

D = diameter sumur resapan (m)

H = kedalaman sumur resapan (m)

- Menghitung debit resapan

$$Q_o = F \cdot K \cdot H \quad (2-32)$$

Dimana :

Q_o = debit resap ($m^3/detik$)

F = faktor geometrik

K = koefisien permeabilitas (m/dt)

H = kedalaman sumur (m)

- Menghitung debit sumur

$$Q = \frac{F \cdot K \cdot H}{1 - e^{-\left(\frac{F \cdot K \cdot T}{\pi \cdot R^2}\right)}} \quad (2-33)$$

Dimana :

Q = debit sumur ($m^3/detik$)

F = faktor geometrik

K = koefisien permeabilitas (m/dt)

H = kedalaman sumur (m)

T = durasi hujan (detik)

R = jari-jari sumur resapan (m)

- Menghitung waktu pengisian sumur

$$t_{sumur} = \frac{V_{sumur}}{Q_{sumur}} \quad (2-34)$$

Dimana :

t_{sumur} = waktu pengisian sumur (detik)

V = volume sumur resapan (m^3)

Q = debit sumur ($m^3/detik$)

- Menghitung waktu resap

$$t_{resap} = \frac{V_{sumur}}{Q_o} \quad (2-35)$$

Dimana :

t_{resap} = waktu resap (detik)

V = volume sumur (m^3)

Q_o = debit resap ($m^3/detik$)

- Menghitung jumlah sumur yang dibutuhkan

$$n = \frac{Q_{melimpas}}{Q_{sumur}} \quad (2-36)$$

Keterangan:

$$Q_{melimpas} = (Q_{air\ hujan} + Q_{air\ kotor}) - Q_{eksisting} \quad (m^3/detik) \quad (2-37)$$

- Menghitung volume reduksi genangan akibat limpasan

$$V_{reduksi} = V_{melimpas} \cdot V_{sumur} \quad (m^3) \quad (2-38)$$

$$V_{melimpas} = Q_{melimpas} \cdot T \quad (m^3) \quad (2-39)$$

$$Q_{melimpas} = (Q_{air\ hujan} + Q_{air\ kotor}) - Q_{eksisting} \quad (m^3/detik)$$

