

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bab ini berisi tentang pedoman yang akan digunakan dalam bab selanjutnya dengan tujuan agar perhitungan yang dilakukan dapat menghasilkan keluaran (*output*) seperti yang diharapkan. Penjelasan tentang hal tersebut dijelaskan secara garis besar seperti di bawah ini.

1. Analisa hidrologi, dalam sub bab ini membahas tentang pedoman atau tinjauan pustaka yang digunakan untuk menganalisa data hidrologi. Tujuan dari analisa ini untuk memperoleh besarnya curah hujan rancangan, dan curah hujan efektif. Adapun yang termasuk dalam analisa hidrologi antara lain sebagai berikut :
 - 1.1. Data hujan, untuk mencari curah hujan maksimum harian.
 - 1.2. Uji konsistensi data.
 - 1.3. Curah hujan rerata daerah. Metode yang digunakan adalah *Aritmatic Mean*.
 - 1.4. Perhitungan curah hujan rancangan. Metode yang digunakan adalah *Log Pearson Tipe III*.
 - 1.5. Uji kesesuaian distribusi, uji ini dilakukan untuk mengetahui kebenaran dari suatu distribusi. Dalam hal ini uji kesesuaian distribusi yang digunakan adalah uji Smirnov Kolmogorov dan uji Chi Square.
2. Debit banjir rancangan, analisa ini membahas tentang pedoman yang digunakan untuk menganalisa debit limpasan yang terdapat di daerah penelitian. Tujuan dari analisa ini untuk memperoleh besarnya nilai debit limpasan. Adapun yang termasuk dalam analisa debit banjir rancangan antara lain sebagai berikut :
 - 2.1. Debit air hujan, dengan menggunakan metode rasional.
$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$
 - 2.2. Koefisien pengaliran, nilai koefisien lahan berdasarkan faktor topografi, tanah, dan vegetasi.
 - 2.3. Intensitas hujan, dengan menggunakan rumus Mononobe.
 - 2.4. Luas daerah pengaliran, luas tangkapan hujan di daerah penelitian.

2.5. Debit air kotor, air buangan penduduk (liter/orang/hari).

2.6. Jumlah penduduk, jumlah kebutuhan air guna diketahui besar debit buangan.

3. Tanah

3.1. Jenis-jenis tanah

Berdasarkan pada faktor pembentuk dan sifat tanah, beberapa ahli mengklasifikasikan tanah dengan klasifikasi yang berbeda.

3.2. Permeabilitas tanah

Membahas tentang pedoman menghitung nilai tanah yang dapat menunjukkan kemampuan tanah meloloskan air.

4. Sumur resapan, dalam sub bab ini membahas tentang garis besar pengenalan sumur resapan itu sendiri. Adapun yang termasuk dalam pengenalan sumur resapan antara lain sebagai berikut :

4.1 Pengertian sumur resapan.

4.2 Kegunaan sumur resapan, beberapa fungsi atau kegunaan sumur resapan bagi kehidupan manusia antara lain adalah sebagai pengendali banjir, melindungi dan memperbaiki konservasi air tanah, serta menekan laju erosi.

4.3 Prinsip kerja sumur resapan, prinsip kerjanya 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.

4.4 Standarisasi sumur resapan, persyaratan umum yang harus dipenuhi berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-2453-2002 tentang persyaratan teknis sumur resapan.

4.5 Jenis-jenis sumur resapan, berbagai bentuk dan jenis bangunan sumur resapan.

5. Perencanaan sumur resapan, sub bab ini membahas tentang model dan ukuran sumur resapan harus memperhatikan berbagai faktor yang mempengaruhinya. Adapun yang termasuk dalam perencanaan sumur resapan antara lain sebagai berikut :

5.1. Persyaratan teknik sumur resapan, kriteria persyaratan perancangan yang dipakai sebagai pedoman untuk merancang sumur resapan.

5.2. Kapasitas sumur resapan, menggunakan Rumus Sunjoto.

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

- 5.3. Penempatan sumur resapan, pedoman penempatan lokasi sumur resapan yang harus memperhatikan keadaan lingkungan setempat. Dengan demikian sumur resapan akan berfungsi dengan baik tanpa menimbulkan dampak baru bagi kepentingan lainnya.

2.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yaitu penjelasan tentang pengolahan data-data hidrologi yang tersedia sehingga didapat debit perencanaan yang diperlukan.

Data hidrologi sangat penting dalam merencanakan bangunan air. Data hidrologi salah satunya adalah data curah hujan untuk menganalisis jumlah debit yang ada. Data curah hujan diambil dari dua stasiun hujan berbeda. Data kemudian diurutkan menurut fungsi waktu sehingga merupakan data deret berkala. Data deret berkala tersebut kemudian dilakukan pengetesan/pengujian.

2.2.1 Data Hujan

Data pada analisis hidrologi adalah data hujan yang jatuh pada kawasan yang ditinjau. Data tersebut berupa data hujan harian maksimum, yang terjadi dalam masa satu tahun. Untuk menetapkan hujan harian maksimum pada kala ulang tertentu, diperlukan data hujan yang paling tidak berasal dari hasil pengukuran selama sepuluh tahun.

Data hujan umumnya berupa data sekunder, yang didapat dari berbagai instansi. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan instansi yang paling berkompeten dalam menyediakan data meteorologi, termasuk data hujan. Pada daerah-daerah tertentu bahkan tersedia data hujan dalam kurva (lengkung) intensitas hujan. Memakai lengkung intensitas, dengan mudah dapat diketahui besarnya intensitas hujan untuk kala ulang tertentu, pada durasi waktu tertentu, dari suatu daerah tertentu.

Untuk membuat lengkung intensitas hujan, diperlukan data intensitas hujan maksimum dalam durasi 5, 10, 15 sampai dengan 720 menit. Data hujan semacam itu, hanya tersedia dalam stasiun penakar hujan yang mempunyai penakar hujan secara otomatis.

Data hujan lain yang umum diperoleh adalah data hujan harian maksimum dalam beberapa tahun. Data tersebut dapat pula dipakai untuk menghitung besaran intensitas hujan.

Apapun macam dan sumber datanya, data hujan akan digunakan dalam analisis, harus benar. Karenanya, perlu dilakukan pengujian data. Pengujian data dilakukan untuk menguji kebenaran dan apakah data tersebut dapat menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan yang sebenarnya di lapangan (Suhardjono, 2013:67).

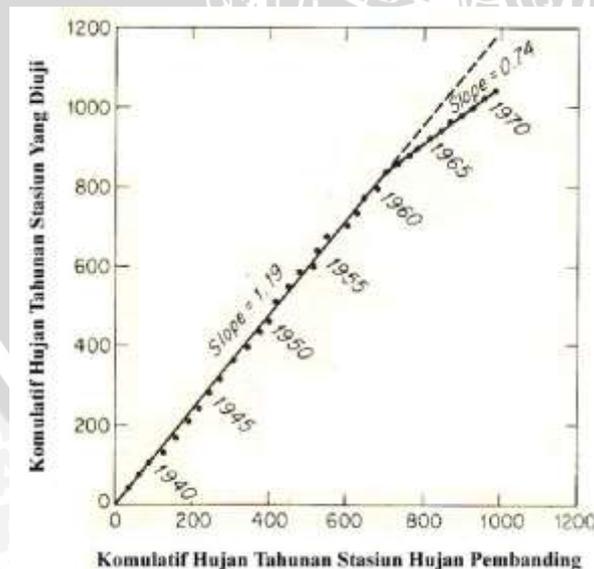
2.2.2 Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul-betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Dengan kata lain data hidrologi disebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya (Soewarno, 1995:23).

Pengecekan kualitas data merupakan keharusan sebelum data hidrologi diproses. Pengecekan dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan (Soewarno, 1995:24):

1. inspeksi ke lapangan,
2. perbandingan hidrograf,
3. analisis kurva masa ganda.

Umumnya dilakukan dengan analisis kurva masa ganda, dengan menggambarkan besaran hujan kumulatif stasiun yang diuji dengan besaran hujan kumulatif rata-rata hujan dari beberapa stasiun referensi disekitarnya. Kurva masa ganda adalah salah satu metode grafis untuk mengidentifikasi atau untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi (Soewarno, 1995:28). Ketidaktetapan data ditunjukkan dengan penyimpangan garisnya dari garis lurus. Hal ini masih sering menimbulkan keraguan.



Gambar 2.1 Kurva masa ganda

Sumber: www.Insinyurpengairan.wordpress.com

Analisa kurva masa ganda digunakan untuk menguji hasil-hasil pengukuran data suatu stasiun penakar hujan tersebut yaitu dengan membandingkan nilai akumulasi hujan tahunan atau musim hujan dengan nilai akumulasi hujan rata-rata pada waktu yang bersamaan untuk suatu kumpulan stasiun yang berada di daerah sekitar dengan tolak ukur koefisien derteminasi, jika koefisien derteminasi nilainya mendekati 100% atau tingkat signifikanasi 5% maka dianggap baik dan konsisten.

Apabila terjadi penyimpangan ABC' maka dapat dikoreksi menjadi garis ABC dengan rumus sebagai berikut :

$$H_z = \frac{tg \alpha}{tg \alpha_0} x H_0 \quad (2-1)$$

Dalam hal ini :

H_z = data hujan terkoreksi (mm)

H_0 = data hujan pada stasiun pengamatan (mm)

$Tg \alpha$ = kemiringan garis sebelum penyimpangan

$Tg \alpha_0$ = kemiringan garis setelah penyimpangan

Alat penguji lain adalah menguji ketidaktetapan data suatu stasiun dengan data dari stasiun itu sendiri, dengan mendeteksi pergeseran nilai rata-rata (*mean*). Cara yang dapat digunakan adalah dengan RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums)

$$S_k^{**} = S_k^* / D_y, \text{ dengan } k=0,1,\dots,n \quad (2-2)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 / n \quad (2-3)$$

$$\text{Nilai statistic } Q \rightarrow Q = \max_{0 \leq k \leq n} |S_k^{**}| \quad (2-4)$$

Nilai statistik R (Range)

$$R = \max_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} \quad (2-5)$$

Dengan :

S^*_0 = simpangan awal

S^*_k = simpangan mutlak

S^{**}_k = nilai konsistensi data

n = jumlah data

D_y = simpangan rata-rata

Q = nilai statistik Q untuk $0 \leq k \leq n$

R = nilai statistik (range)

Nilai statistik Q dan R diberikan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

n	Q/(n ^{0.5})			R/(n ^{0.5})		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

Sumber: Analisa Hidrologi, Sri Harto Br, 1993:60

Pada studi ini, uji konsistensi data menggunakan metode kurva massa ganda dan metode RAPS.

2.2.3 Curah Hujan Daerah

Dengan melakukan penakaran ataupun pencatatan seperti yang telah diuraikan, hanya didapat curah hujan dari suatu titik tertentu (*point rainfall*). Bila dalam suatu areal terdapat alat penakar atau pencatat curah hujan, maka untuk mendapatkan data curah hujan areal adalah dengan mengambil harga rata-ratanya.

Ada tiga macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata diatas areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakaran atau pencatat (Soemarto, 1987:31).

2.2.3.1 Cara Rata-Rata Hitung (*Aritmatic Mean*)

Tinggi rata-rata curah hujan didapat dengan mengambil harga rata-rata hitung (*arithmatic mean*) dari penakaran pada penakar hujan dalam areal tersebut. Jadi (Soemarto, 1987:31)

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad (2-6)$$

Dimana

d = tinggi curah hujan rata-rata daerah

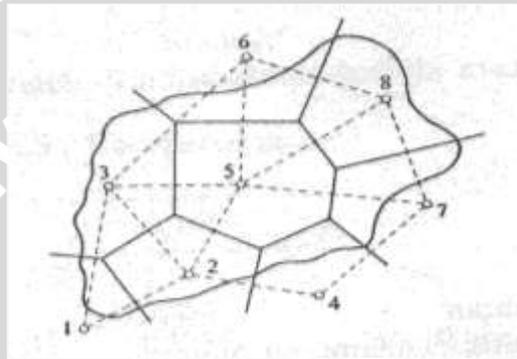
d₁, d₂, d₃ d_n = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3.....n

n = banyaknya pos penakar

Cara ini dapat memberikan hasil yang dapat dipercaya asalkan pos-pos penakarnya terbagi merata di area tersebut dan hasil penakar masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata seluruh pos penakar (Soemarto, 1987:32).

2.2.3.2 Cara Polygon Thiessen

Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambar garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar (Soemarto, 1987:32).



Gambar 2.2 Cara Polygon Thiessen

Sumber: Soemarto, 1987:32

$$\bar{x} = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + A_3 \cdot d_3 + \dots + A_n \cdot d_n}{A} \quad (2-7)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot d_i}{A}$$

$$\frac{A_i}{A} = p_i \quad \text{yang merupakan prosentasi luas maka}$$

$$d = \sum_{i=1}^n p_i \cdot d_i \quad (2-8)$$

Dimana

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

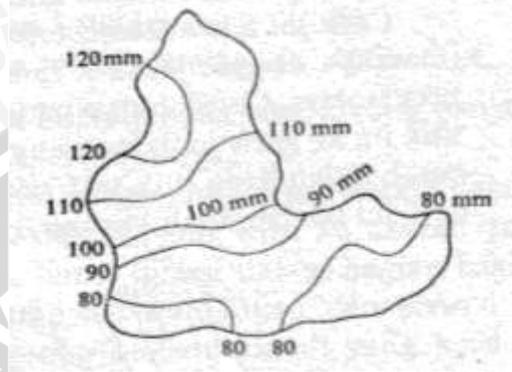
$d_1, d_2, d_3 \dots d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3.....,n

$A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3.....,n

$$\sum_{i=1}^n p_i = \text{jumlah prosentase luas} = 100\%$$

2.2.3.3 Cara Isohyet

Dalam hal ini kita harus menggambar dulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (isohyet), seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2.3 Cara Isohyet

Sumber: Sosrodarsono, 2003:29

Kemudian luas diantara isohyet yang berdekatan diukur, dan harga rata-rata dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari nilai kontur, seperti berikut ini (Soemarto, 1987:34).

$$d = \frac{\frac{d_o + d_1}{2} A_1 + \frac{d_o + d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_n \cdot 1 + d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i \cdot 1 + d_i}{2} A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i \cdot 1 + d_i}{2} A_i}{A} \quad (2-9)$$

A = luas area

d = tinggi curah hujan rerata daerah

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan 1,2,3,.....,n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas bagian area yang dibatasi oleh garis isohyet yang bersangkutan

Ini adalah cara yang paling teliti, tetapi membutuhkan jaringan pos penakar yang relatif lebih guna memungkinkan untuk membuat garis isohyet.

Pada waktu menggambar garis-garis isohyet sebaiknya juga meninjau pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (Soemarto, 1987:35).

2.2.4 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu pada periode ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan suatu dimensi bangunan air. Perhitungan curah hujan rancangan didasarkan pada analisis frekuensi, dengan sasaran utama untuk menentukan kala ulang peristiwa hidrologi yang berharga tertentu, yang mencakup juga peristiwa yang diharapkan menyamai atau lebih besar dari reratanya.

Untuk perencanaan drainase pada kawasan pertamanan, pendidikan dan pemukiman, dapat menggunakan kala ulang 5 tahun. Sedangkan pada kawasan khusus, dimana resiko kerugian amat besar, misalnya pada kawasan bandara, instalasi energi dan lain-lain, kala ulang yang dipakai tentunya lebih besar, antara 10-20 tahun.

Dalam praktek, distribusi *Log Pearson tipe III*, banyak digunakan, terutama dalam analisis untuk menghitung besaran banjir maksimum. Bentuk distribusi *Log Pearson tipe III* merupakan hasil transformasi dari distribusi *Pearson tipe III* dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik (Suhardjono, 2013:70).

Dalam studi ini, perhitungan curah hujan rancangan maksimum dipilih metode *Log Pearson Tipe III* dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data. Keunggulan distribusi ini adalah digunakannya tiga variabel dalam analisisnya, yakni rerata, kepengengan dan standar deviasi.

Dimana (Soewarno, 1995:142)

$$P(X) = \frac{1}{(a) \Gamma(b)} \left[\frac{X-C}{a} \right]^{b-1} e^{-\left[\frac{X-C}{a} \right]} \quad (2-10)$$

dengan:

$P(X)$ = peluang dari variat X

X = nilai dari variat X

a, b, c = parameter

Γ = fungsi gamma

Bentuk komulatif dari distribusi *Log Pearson tipe III* dengan nilai variasinya X apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus. Persamaan garis lurusnya adalah:

$$Y = \bar{Y} - K \cdot S \quad (2-11)$$

dengan:

Y = nilai logaritmik dari X

\bar{Y} = nilai rata-rata dari Y

S = standart deviasi dari Y

K = karakteristik dari distribusi *Log Pearson tipe III*

Tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan Metode *Log Pearson Tipe III* adalah sebagian berikut (Soewarno,1995:142):

Hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma.

Menghitung harga logaritma rata-rata dengan rumus:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \quad (2-12)$$

Menghitung harga simpangan baku dengan rumus :

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (2-13)$$

Menghitung harga koefisien asimetri dengan rumus :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S_i)^3} \quad (2-14)$$

dengan:

n = jumlah data

$\overline{\log x}$ = rata-rata hujan maksimum harian tahunan

X_i = data hujan (mm)

Menghitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulang tertentu dengan rumus :

$$\log x_t = \overline{\log x} + (G \times S_i) \quad (2-15)$$

dengan:

x_t = curah hujan rancangan (mm)

G = koefisien frekuensi

S_i = standar deviasi

Menghitung X_T untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu atau dengan membaca grafik pengeplotan X_T dengan peluang pada kertas logaritma.

2.2.5 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*.

2.2.5.1 Uji Smirnov Kolmogorov (Uji Horizontal)

Uji *Smirnov-Kolmogorov* adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data kearah 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. D terbesar (D maksimum atau D maks) dibandingkan dengan D kritis (dari tabel *Smirnov-Kolmogorov*) dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika $D \text{ maks} < D \text{ kritis}$ (Limantara, 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

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-16)$$

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:

$$\Delta_{\text{maks}} = [P_e - P_t] \quad (2-17)$$

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 $\Delta_{maks} > \Delta_{cr}$ (Limantara, 2009:69).

2.2.5.2 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 :

$$K = 1 + 3.22 \log n \quad (2-18)$$

Dimana :

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 :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{O_j - E_j}{E_j} \quad (2-19)$$

6. Mencari derajat kebebasan (dk) = $k - (m+1)$ dimana $m=2$, 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

Salah satu metode yang umum digunakan untuk memperkirakan debit banjir atau debit rencana yaitu metode rasional. Metode ini digunakan untuk daerah yang luas pengalirannya kurang dari 3 km^2 . Metode rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi.

Debit banjir rancangan untuk drainase perkotaan, umumnya dihitung dengan rumus rasional. Dalam perkembangannya, rumus rasional dimodifikasi oleh beberapa peneliti, antara lain oleh Melchior, Der Wedulen, dan Hasper (Suhardjono, 2013:73).

Adapun, debit banjir rancangan atau debit yang harus dibuang, menggunakan rumus:

$$Q_{\text{genangan}} = Q_{\text{air hujan}} + Q_{\text{air kotor}}$$

$$Q_{\text{hujan}} = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q_{\text{air kotor}} = P_n \cdot q/A$$

2.3.1 Debit Air Hujan

Metode perhitungan debit memakai cara rasional berfungsi untuk menghitung debit banjir rancangan drainase, yang berupa debit puncak banjir, jadi termasuk banjir rancangan non hidrograf.

Debit puncak banjir dipengaruhi oleh besarnya intensitas curah hujan, besaran koefisien pengaliran yang merupakan fungsi dari topografi, tata guna lahan dan tanah, dan luas lahan yang akan didrainase. Rumus umum metode rasional adalah (Suhardjono, 2013:74).

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2-20)$$

dengan:

Q = debit limpasan (m^3/dtk)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan selama waktu tiba banjir (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

0,00278 = 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 dimana debit banjir tersebut akan melimpas merata selama 1 jam.

2.3.1.1 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di permukaan akibat hujan (limpasan) dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh :

a. Kemiringan daerah aliran

Semakin besar kemiringan tanah, semakin cepat aliran limpasan, berarti semakin sedikit air yang meresap atau terinfiltrasi.

b. Jenis tanah

Kemampuan infiltrasi dan perkolasi tanah, berbedanya jenis tanah menjadikan daya resap tanah yang berbeda.

c. Kebasahan tanah

Pada permulaan musim hujan, angka pengaliran lebih kecil (artinya lebih banyak air hujan tertahan di kawasan) daripada di akhir musim hujan, karena pada saat itu tanah menjadi jenuh air.

d. Tata guna tanah

Berbedanya macam pemakaian lahan membawa perbedaan kemampuan lahan dalam menahan air, misalnya kawasan perumahan lebih banyak melimpaskan air.

Besarnya koefisien pengaliran selalu kurang dari satu. Hal ini karena air hujan tidak semuanya melimpas, selalu ada yang tertahan dalam kawasan, masuk ke dalam tanah, menguap dan lain-lain. Besarnya koefisien limpasan (C) untuk rancangan drainase perkotaan adalah sebagai berikut (Suhardjono, 2013:78).

Tabel 2.2 Besaran Koefisien Limpasan (C)

Tata guna lahan		Koefisien pengaliran (C)
Perumahan tidak begitu rapat, 20 rumah/Ha		0,25 - 0,40
Perumahan kerapatan sedang, 20-60 rumah/Ha		0,40 - 0,70
Perumahan rapat 60-160 rumah/Ha		0,70 - 0,80
Taman dan daerah rekreasi		0,20 - 0,30
Daerah industri		0,80 - 0,90
Daerah perniagaan		0,90 - 0,95
Rerumputan	Tanah pasir, datar 2 %	0,05 - 0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2 - 7 %	0,10 - 0,15
	Tanah pasir, curam 7 %	0,15 - 0,20
	Tanah gemuk, datar 2 %	0,13 - 0,17
	Tanah gemuk, rata-rata 2 - 7 %	0,18 - 0,22
	Tanah gemuk, curam 7 %	0,25 - 0,35
Perdagangan pertokoan	Daerah kota lama	0,75 - 0,95
	Daerah pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	Rumah besar dengan taman	0,30 - 0,50
	Kompleks perumahan	0,40 - 0,60
	Kompleks rumah padat	0,60 - 0,75
	Rumah dengan taman, kebun	0,25 - 0,40
	Kompleks apartemen	0,50 - 0,70
Industri	Kompleks industri ringan	0,50 - 0,80
	Kompleks industri berat	0,60 - 0,90

Sumber: Suhardjono, 2013:79

2.3.1.2 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan (mm/jam) tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu durasi waktu, di saat air hujan terkonsentrasi. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi terjadinya. Salah satu rumus umum untuk menghitung intensitas hujan adalah rumus *Mononobe*. Rumus inilah yang sering dipakai dalam perhitungan intensitas hujan di kawasan perkotaan (Suhardjono, 2013:82), sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \quad (2-21)$$

dengan :

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

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

T_c = waktu konsentrasi, didapat dari curah hujan harian per jam, untuk mencari curah hujan dominan (Jam)

2.3.1.3 Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu tiba banjir atau waktu konsentrasi (t_c) adalah waktu yang diperlukan oleh hujan yang jatuh di titik terjauh DPSAL, untuk mencapai *outlet*. Untuk menghitung waktu konsentrasi dipakai persamaan Kirpich (Limantara, 2009:139)

$$t_c = 0,0195x \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0,77} \quad (2-21)$$

Dengan :

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang saluran (m)

S = kemiringan daerah pengaliran

2.3.1.4 Luas Daerah Pengaliran (A)

Daerah pengaliran (*catchment area*) adalah daerah tempat curah hujan mengalir menuju saluran. Ditentukan berdasarkan perkiraan 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). Dalam hal ini lembaga di Indonesia yang mengurus masalah pemetaan dan yang melakukan penggambaran peta tersebut adalah BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survei Dan Pemetaan Nasional).

Daerah tangkapan hujan pada perencanaan sumur resapan adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu sehingga menimbulkan debit limpasan permukaan yang sudah tidak bisa ditampung oleh saluran drainase yang nantinya sisa air akan ditampung oleh sumur resapan.

2.3.2 Debit Air Kotor

Debit air kotor berasal dari air buangan hasil aktivitas penduduk yang berasal dari lingkungan rumah tangga atau bangunan-bangunan atau tang lainnya.

Untuk memperkirakan jumlah air harus diketahui kebutuhan air rata-rata dan jumlah penduduk kota. Dalam tugas ini debit air kotor berasal dari perhitungan air kotor per penduduk dan air kotor sisa industri.

Menurut DPU Dirjen Cipta Karya (1994), kebutuhan air bersih per penduduk adalah:

Tabel 2.3 Kebutuhan Air Bersih Per Penduduk

Kota	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air
	(jiwa)	(liter/detik/jiwa)
Kota Metropolitan	> 1000000	190
Kota Besar	500000 - 1000000	170
Kota Besar	100000 - 500000	150
Kota Kecil	20000 - 100000	130
IKK	3000 - 20000	100
Pedesaan	< 3000	60

Sumber: Suhardjono, 2013:108

Perhitungan air buangan tiap penduduk didapat dari:

$$Q_{ak} = \frac{Pn \cdot q}{A} \quad (2-22)$$

Dimana :

Q_{ak} = debit air kotor (l/dt/km²)

Pn = jumlah penduduk

A = luas daerah (km²)

q = jumlah air buangan (liter/orang/hari)

Besarnya jumlah air buangan (q) adalah sekitar 50% - 85% dari jumlah kebutuhan air tiap penduduk.

Prosentase jumlah air buangan tersebut sangat bervariasi tergantung dari tingkat sosial ekonomi, usia, serta macam dan jenis penggunaan kawasan perkotaan.

Kebutuhan air bersih ditentukan oleh jumlah penduduk yang telah ada, dengan mengantisipasi perkembangannya di masa yang akan datang. Sementara itu, beberapa perencanaan menggunakan patokan sebagai berikut:

- Diperkirakan besarnya air buangan dari rumah tangga sebesar 80% dari kebutuhan rata-rata air bersih.
- Sedangkan untuk fasilitas sosial, perdagangan dan industri diperkirakan 70% - 90% dari kebutuhan rata-rata air bersih.

2.3.3 Pertumbuhan Penduduk

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

Untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada tahun-tahun yang akan datang digunakan cara perhitungan laju pertumbuhan geometri (*Geometric Rate of Growth*), pertumbuhan eksponensial (*Exponential Rate of Growth*), dan pertumbuhan aritmatika (*Aritmatic Rate Of Growth*)

2.3.3.1 Pertumbuhan Geometri

Cara ini mengasumsikan besarnya laju pertumbuhan yang menggunakan dasar bunga berbunga (bunga majemuk) dimana angka pertumbuhannya adalah sama untuk setiap tahun. Ramalan laju pertumbuhan Geometris adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad (2-23)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = jumlah penduduk pada awal tahun

r = angka pertumbuhan penduduk

n = interval waktu (tahun)

2.3.3.2 Pertumbuhan Eksponensial

Pertumbuhan ini mengasumsikan pertumbuhan penduduk secara terus-menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan. Pengukuran penduduk ini lebih tepat, karena dalam kenyataannya pertumbuhan jumlah penduduk juga berlangsung terus-menerus. Ramalan pertambahan penduduknya adalah :

$$P_n = P_o \cdot e^{rn} \quad (2-24)$$

Dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n
 P_o = jumlah penduduk pada awal tahun
 m = interval waktu
 e = bilangan logaritma

2.3.3.3 Pertumbuhan Aritmatika

Pada proyeksi pertumbuhan penduduk ini angka pertumbuhan rata-rata berkisar pada prosentase r (angka pertumbuhan penduduk) yang konstan setiap tahun. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o(1+rn) \quad (2-24)$$

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

Hasil dari analisa perkembangan penduduk ini nantinya akan digunakan untuk memperkirakan jumlah buangan air kotor yang berasal dari rumah-rumah penduduk.

2.3.3.4 Pemilihan Metode Proyeksi Penduduk

Kriteria pemilihan dari kedua metode diatas berdasarkan uji korelasi sederhana pada nilai koefisien korelasi terbesar, maksudnya nilai koefisien korelasi (r) paling besar nantinya dipilih. Nilai koefisien korelasi dapat dihitung berdasarkan atas persamaan berikut :

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left(n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \left(n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right)}}$$

Dengan :

- r = koefisien korelasi
 X = tahun proyeksi
 Y = jumlah penduduk hasil proyeksi

2.3.4 Saluran Pembuang

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:

$$Q_{\text{sal}} = V_{\text{sal}} \cdot A_{\text{sal}} \quad (2-25)$$

$$V_{\text{sal}} = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_{\text{sal}}^{0.5} \quad (2-26)$$

dengan:

Q_{sal} = debit pada saluran (m^3/dt)

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

A_{sal} = luas penampang basah (m^2)

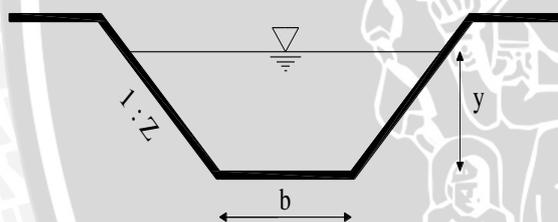
n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis (m)

S_{sal} = kemiringan dasar saluran

Unsur geometris penampang saluran:

a. Trapesium



$$\text{Luas (A)} = (b + zy) y \quad (2-27)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + 2y\sqrt{1+z^2} \quad (2-28)$$

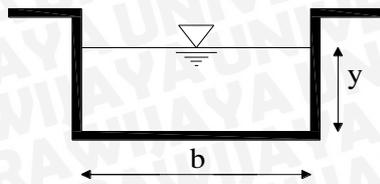
$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1+z^2}} \quad (2-29)$$

$$\text{Kedalaman hidrolis} = \frac{(b + zy)y}{b + 2zy} \quad (2-30)$$

$$\text{Lebar puncak (T)} = b + 2zy \quad (2-31)$$

$$\text{Faktor penampang (z)} = \frac{((b + zy)y)^{1.5}}{\sqrt{b + 2zy}} \quad (2-32)$$

b. Persegi



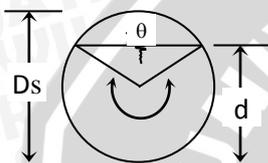
$$\text{Luas (A)} = b \cdot y \quad (2-33)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = b + 2y \quad (2-34)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = \frac{by}{b + 2y} \quad (2-35)$$

$$\text{Kedalaman hidrolis} = y \quad (2-36)$$

c. Lingkaran



$$\Theta = 4,5 \text{ radial} \quad (2-37)$$

$$\text{Kedalaman hidrolis (d)} = 0,80 D \quad (2-38)$$

$$\text{Luas penampang basah (A)} = 1/8 (\theta - \sin \theta) D^2 \quad (2-39)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 2r \quad (2-40)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = A/P \quad (2-41)$$

2.4 Tanah

Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dipakai untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung (*clay*), pasir samapi jenis-jenis lainnya. Apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau mudah tertekan, atau apabila tanah mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka harus dilakukan suatu usaha perbaikan tanah. Beberapa usaha perbaikan tanah antara lain:

1. Drainase vertikal

Tujuannya untuk menaikkan laju konsolidasi lempung jenuh dengan permeabilitas rendah.

2. Drainase vertikal

Grouting adalah proses penginjeksian bahan-bahan yang bersifat seperti cairan dan setelah waktu tertentu bereaksi ke bentuk solid.

2.4.1 Jenis-Jenis Tanah

Dari sudut pandang teknis, tanah dapat digolongkan seperti berikut ini:

1. Batu kerikil (*gravel*)
2. Pasir (*sand*)
3. Lanau (*silt*)
4. Lempung (*clay*)

Golongan batu kerikil dan pasir seringkali dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir kasar atau bahan-bahan tidak kohesif, sedangkan golongan lanau dan lempung dikenal sebagai kelas bahan-bahan berbutir halus atau bahan-bahan kohesif.

Batu Kerikil dan Pasir

Golongan ini terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butir-butir batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan-pecahan batu, tetapi kadang, mungkin pula terdiri dari satu macam zat mineral, misalnya kuartz. Butir-butir pasir hampir selalu terdiri dari satu macam zat mineral, terutama kuartz.

Butiran-butiran tersebut bisa terdapat dalam satu ukuran saja (*uniform grade*) atau mencakup seluruh daerah ukuran dari batu besar sampai ke ukuran pasir halus, dalam hal ini bahan tersebut dikatakan bergradasi baik.

Lempung

Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastis dan kohesif. Kohesif menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lain, sedangkan plastis adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retak-retak atau pecah-pecah.

Lanau

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada lempung dan memperlihatkan sifat dilatansi yang tidak terdapat pada lempung. Dilatansi menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu dirubah bentuknya.

2.4.2 Permeabilitas Tanah

Permeabilitas adalah kemampuan tanah meloloskan air. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian. Pada ilmu tanah, permeabilitas didefinisikan secara kualitatif sebagai pengurangan gas-gas, cairan-cairan atau penetrasi akar tanaman atau lewat. Selain itu permeabilitas juga merupakan

pengukuran hantaran hidraulik tanah timbul adanya pori kapiler yang saling bersambungan dengan satu dengan yang lain. Secara kuantitatif hantaran hidraulik jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh. Angka koefisien permeabilitas tanah akan mempengaruhi kecepatan peresapan. Tanah yang mempunyai angka koefisien permeabilitas tinggi akan mempunyai kapasitas peresapan yang besar, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengosongkan sumur resapan menjadi pendek. Nilai koefisien permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.4 Koefisien Permeabilitas Tanah

Jenis Tanah	K (cm/detik)
Lempung	3×10^{-6}
Lanau	$4,5 \times 10^{-4}$
Pasir sangat halus	$3,5 \times 10^{-3}$
Pasir halus	$1,5 \times 10^{-2}$
Pasir sedang	$8,5 \times 10^{-2}$
Pasir kasar	$3,5 \times 10^{-1}$
Kerikil kecil	3

Sumber : Sosrodarsono, 1993:45

Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti, suatu lapisan tanah berbutir kasar yang mengandung butiran halus, memiliki harga K yang lebih rendah dan pada tanah ini, koefisien permeabilitas, merupakan fungsi angka pori. Kalau tanahnya berlapis-lapis, permeabilitas untuk aliran sejajar, lebih besar dari pada permeabilitas untuk aliran tegak lurus. Lapisan permeabilitas lempung yang bercelah lebih besar dari pada lempung yang tidak bercelah (*unfissured*).

Hukum Darcy menjelaskan tentang kemampuan air mengalir pada rongga-rongga (pori) dalam tanah dan sifat-sifat yang mempengaruhinya. Ada 2 asumsi utama yang digunakan dalam penetapan Hukum Darcy ini. Asumsi pertama menyatakan bahwa aliran fluida atau cairan dalam tanah bersifat laminar. Sedangkan asumsi kedua menyatakan bahwa tanah berada dalam keadaan jenuh.

2.5 Sumur Resapan

Perubahan iklim yang terjadi akhir-akhir ini merupakan salah satu dampak dari pemanasan global. Perubahan iklim yang ekstrim sering kali mengakibatkan terjadinya

banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau. Hal tersebut diperparah dengan semakin rendahnya kemampuan tanah dalam meresapkan air sebagai akibat dari berkurangnya daerah resapan air di permukaan tanah.

Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan membuat sumur resapan air, khususnya di kawasan pemukiman, baik di perkotaan maupun pedesaan. Selain dapat menekan terjadinya banjir, sumur resapan dapat berfungsi menyediakan cadangan air tanah pada musim kemarau (Kusnaedi, 2000:5)

2.5.1 Pengertian 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 (Kusnaedi, 2000:6).

2.5.2 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 laju 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 lahan 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, 2000:10).

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 m^3 berarti dapat mengurangi aliran permukaan sebesar 7000 m^3 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 ke dalam 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 di permukaan 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.

2.5.3 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 (Kusnaedi, 2000:12).

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.

2.5.4 Standarisasi Sumur 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 (Kusnaedi, 2000:15).

2.5.5 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. Selain itu, disesuaikan juga dengan kebutuhan dan anggaran biaya.

2.5.6 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 (Kusnaedi, 2000:19)

2.6.1 Kriteria Perencanaan Sumur Resapan

Kriteria perencanaan adalah suatu kriteria yang dipakai perencana sebagai pedoman untuk merancang. Perencana diharapkan mampu menggunakan kriteria secara tepat dengan membandingkan kondisi aktual dengan parameter yang digunakan. Tujuan dari perencanaan 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 di permukaan tanah tidak sebanding dengan jumlah air yang meresap kedalam tanah. (Suripin, 2004:230)

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

a. Aspek hidrologi

Dalam aspek ini digunakan 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 eksisting,

sehingga dapat diperkirakan besarnya debit genangan akibat limpasan air hujan yang tidak tertampung oleh saluran drainase eksisting.

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 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.

2.6.2 Dimensi Sumur Resapan

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

1. Sunjoto (1998)
2. 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.

$$H = \frac{Q}{F.K} \left(1 - e^{\left[\frac{-F.K.T}{\pi.R^2} \right]} \right) \quad (2-42)$$

Dimana :

H = tinggi muka air dalam sumur (m)

F = faktor geometrik (m)

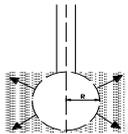
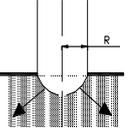
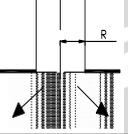
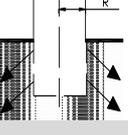
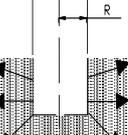
Q = debit air masuk atau Q_{total} ($m^3/detik$)

T = waktu hujan dominan (detik)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/detik)

R = jari-jari sumur (m)

Tabel 2.5 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 : PU, Spesifikasi Sumur Resapan, 1991, Balitbang

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.

3. 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 :

$$H = \frac{D.I.A_{\text{tadah}} - D.K.A_{\text{sumur}}}{A_{\text{sumur}} + D.K.L} \quad (2-43)$$

Dimana :

I = intensitas hujan (m/jam)

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

K = permeabilitas tanah (m/detik)

L = keliling penampang sumur (m)

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

D = durasi hujan (jam)

H = kedalaman sumur (m)

- **Menghitung kapasitas sumur resapan**

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot H \quad (2-44)$$

Dimana :

V = kapasitas volume sumur (m^3)

D = diameter sumur resapan (m)

H = kedalaman sumur resapan (m)

- **Menghitung debit resap**

$$Q_o = F \cdot K \cdot H \quad (2-45)$$

Dimana :

Q_o = debit resap (m^3/detik)

F = faktor geometri

K = koefisien permeabilitas (cm/detik)

H = kedalaman sumur resapan

- **Menghitung debit sumur**

$$Q = \frac{F \cdot K \cdot H}{1 - e^{-\left(\frac{F \cdot K \cdot T}{\pi \cdot R^2}\right)}} \quad (2-46)$$

Dimana :

H = kedalaman sumur (m)

F = faktor geometrik (m)

Q = debit sumur (m^3/detik)

T = waktu hujan dominan (detik)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/detik)

R = jari-jari sumur (m)

- **Menghitung waktu pengisian sumur/waktu resap**

$$t_{\text{sumur}} = \frac{V_{\text{sumur}}}{Q_{\text{sumur}}} \quad (2-47)$$

$$t_{\text{resap}} = \frac{V_{\text{sumur}}}{Q_{\text{resap}}} \quad (2-48)$$

Dimana :

t = waktu resap/waktu pengisian sumur (detik)

V = kapasitas volume sumur resapan (m^3)

Q = debit tertampung (m^3/detik)

- **Menghitung jumlah sumur yang dibutuhkan**

$$n = \frac{Q_{\text{total}}}{Q_{\text{sumur}}} \quad (2-49)$$

- **Menghitung volume reduksi genangan akibat limpasan**

Sebelum adanya sumur resapan:

$$V = Q_{\text{total}} \cdot 3600 \quad (2-50)$$

$$H = \frac{V}{A} \quad (2-51)$$

Dengan,

V = volume limpasan (m^3)

$$Q_{\text{total}} = (1,1 \cdot (Q_{\text{air hujan}} + Q_{\text{air kotor}})) - Q_{\text{eksisting}} \quad (\text{m}^3/\text{detik})$$

t = waktu (detik)

A = luas lahan yang didrainase (m^2)

H = tinggi genangan (m)

Setelah adanya sumur resapan:

$$Q_{\text{limpasan}} = Q_{\text{total}} - (Q_{\text{sumur}} \times \text{jumlah sumur})$$

$$V = Q_{\text{limpasan}} \cdot 3600 \quad (2-52)$$

$$H = \frac{V}{A} \quad (2-53)$$

$$\text{Volume}_{\text{reduksi}} = \text{Volume}_{\text{sebelum adanya sumur}} - \text{Volume}_{\text{setelah adanya sumur}}$$

