

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

##### 2.1.1 Definisi dan Prinsip Dasar Drainase Perkotaan

Drainase merupakan prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan penerima air dan atau ke bangunan resapan buatan (Setiawan, 2012:6). Secara umum, drainase bertujuan untuk menghindari terjadinya banjir pada suatu daerah. Banjir dapat terjadi di daerah perkotaan, lahan pertanian, jalan raya, lapangan terbang, dan di mana saja. Maka dari itu, drainase dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis sesuai dengan lokasi pembangunannya yang salah satunya yaitu drainase perkotaan (Suhardjono, 2013:38).

Drainase perkotaan adalah sistem drainase yang berada dalam wilayah administrasi kota/kabupaten yang berfungsi untuk mengendalikan atau mengeringkan kelebihan air permukaan di daerah pemukiman yang berasal dari hujan lokal, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia (Suhardjono, 2013:40). Pada dasarnya prinsip drainase perkotaan adalah menampung, meresapkan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh dengan cara pembuatan tampungan, fasilitas resapan, dan saluran drainase.

##### 2.1.2 Fungsi Drainase Perkotaan

Dalam Lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 12 (2014:3), fungsi drainase perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Drainase Perkotaan Secara Umum
  - a. Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan air sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.
  - b. Mengalirkan air permukaan ke badan air penerima terdekat secepatnya.
  - c. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
  - d. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah (konservasi air).
  - e. Melindungi prasarana dan sarana perkotaan yang sudah terbangun.
2. Fungsi Drainase Perkotaan Berdasarkan Fungsi Layanan
  - a. Sistem drainase lokal  
Saluran awal yang melayani suatu kawasan kota tertentu seperti kompleks, areal pasar,

perkantoran, areal industri dan komersial. Pengelolaan sistem drainase lokal menjadi tanggung jawab masyarakat, pengembang/pengelola kawasan atau instansi lainnya.

b. Sistem drainase utama

Jaringan saluran drainase primer, sekunder, tersier beserta bangunan pelengkap yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat. Pengelolaan sistem drainase utama merupakan tanggung jawab pemerintah kabupaten/kota.

c. Pengendalian banjir (*Flood Control*)

Pengendalian banjir adalah usaha untuk mengendalikan air sungai yang melintasi wilayah kota, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan kehidupan manusia. Pengelolaan/pengendalian banjir merupakan tugas dan tanggung jawab dinas pengairan (Sumber Daya Air).

3. Fungsi Drainase Perkotaan Berdasarkan Fisiknya

- a. Saluran primer adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran sekunder dan menyalurkannya ke badan air penerima.
- b. Saluran sekunder adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran tersier dan menyalurkannya ke saluran primer.
- c. Saluran tersier adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran penangkap menyalurkannya ke saluran sekunder.

### 2.1.3 Permasalahan Umum Drainase Perkotaan

Ada sisi lain dari keberadaan saluran drainase selain manfaat yang dibawanya yaitu memnimbulkan genangan air dan bau yang kuraang sedap. Hal ini adalah permasalahan umum yang biasanya terjadi dan salah satu penyebabnya adalah sistem saluran yang kurang sempurna, proses sedimentasi dan penyumbatan saluran akibat sampah. Saluran pembuangan limbah domestik yang secara tidak langsung telah menimbulkan proses sedimentasi yang dapat berakibat terhadap terjadinya luapan air dan dapat menimbulkan genangan (Bappeda Kota Malang, 2013:4). Penyebab genangan secara umum dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Penyebab Genangan yang Terjadi di Kota Malang

No.	Penyebab Genangan
1.	Kapasitas Saluran yang Kurang
2.	Terjadinya Sedimentasi
3.	Terjadinya Penumpukan Sampah
4.	Kombinasi: Kapasitas Kurang, Proses Sedimentasi, dan Proses Penumpukan Sampah
5.	Kondisi Dimensi Inlet Saluran yang Kurang Memadai
6.	Jumlah Inlet Drainase yang Terbatas
7.	Tidak Tersedianya Inlet Menuju Saluran Drainase
8.	Daerah Teretak Pada Daerah Cekungan
9.	Kemiringan Salura Drainase Tidak Sesuai

Sumber: Bappeda Kota Malang

## 2.2 Landasan Hukum Sistem Drainase Perkotaan

### 2.2.1 Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1974 Tentang Pengairan

Sumber daya air merupakan karunia Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan manfaat untuk mewujudkan kesejahteraan bagi seluruh rakyat Indonesia dalam segala bidang. Sejalan dengan Pasal 33 ayat (3) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, undang-undang ini menyatakan bahwa sumber daya air dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat secara adil. Atas penguasaan sumber daya air oleh negara dimaksud, negara menjamin hak setiap orang untuk mendapatkan air bagi pemenuhan kebutuhan pokok sehari-hari dan melakukan pengaturan hak atas air.

Pengairan merupakan bidang pembinaan atas air dan sumber-sumber air, termasuk kekayaan alam bukan hewani yang terkandung didalamnya, baik yang alamiah maupun yang telah diusahakan oleh manusia. Pengairan yang dimaksud didalam Undang-undang ini bukanlah hanya sekedar suatu usaha untuk menyediakan air guna keperluan pertanian saja (irigasi), namun lebih luas dari pada itu ialah pemanfaatan serta pengaturan air dan sumber-sumber air termasuk pengendalian daya rusak air yang dapat berupa banjir ataupun genangan air yang merugikan.

Pengendalian banjir/genangan air diutamakan pada upaya pencegahan melalui perencanaan pengendalian banjir/genangan air yang disusun secara terpadu dan menyeluruh dalam pola pengelolaan sumber daya air. Pencegahan dilakukan baik melalui

kegiatan fisik dan/atau nonfisik maupun melalui penyeimbangan hulu dan hilir wilayah sungai.

Pencegahan melalui kegiatan fisik adalah pembangunan sarana dan prasarana serta upaya lainnya dalam rangka pencegahan kerusakan/bencana yang diakibatkan oleh daya rusak air, sedangkan kegiatan nonfisik adalah kegiatan penyusunan dan/atau penerapan piranti lunak yang meliputi antara lain: pengaturan, pembinaan, pengawasan dan pengendalian. Pencegahan dengan penyeimbangan hulu dan hilir wilayah sungai adalah penyelarasan antara upaya kegiatan konservasi di bagian hulu dengan pendayagunaan di daerah hilir.

Perencanaan pengendalian banjir/genangan air disusun untuk menghasilkan rencana yang berfungsi sebagai pedoman dan arahan dalam pelaksanaan. Perencanaan pengendalian banjir/genangan air disusun sesuai dengan prosedur dan persyaratan melalui tahapan yang ditetapkan dalam standar perencanaan yang berlaku secara nasional yang mencakup inventarisasi sumber daya air, penyusunan, dan penetapan rencana pengendalian.

### **2.2.2 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan**

Peraturan menteri ini dibuat sebagai landasan hukum dalam mengalirkan kelebihan air yang berasal dari air hujan agar tidak terjadi genangan pada suatu kawasan tertentu serta dijelaskan pula perlunya dibuat suatu sistem pengeringan dan pengaliran air yang baik. Kelebihan air yang dimaksud dikhususkan pada wilayah perkotaan, maka dari itu kawasan ini perlu mendapatkan penanganan dan pengelolaan yang terencana dan terpadu melalui penyelenggaraan sistem drainase perkotaan. Ruang lingkup dari peraturan menteri ini meliputi penyelenggaraan, pembiayaan, peran masyarakat, pembinaan dan pengawasan, serta pengaturan di daerah.

Secara khusus, maksud dan tujuan dibuatnya peraturan menteri ini disebutkan pada pasal 2 yang berbunyi:

1. Peraturan Menteri ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pemerintah, Pemerintah Provinsi, Pemerintah Kabupaten/Kota, badan usaha dan masyarakat dalam Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
2. Peraturan Menteri ini bertujuan untuk:
  - a. Mewujudkan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan yang memenuhi persyaratan tertib administrasi, ketentuan teknis, ramah lingkungan dan memenuhi keandalan pelayanan.

- b. Menciptakan lingkungan permukiman yang sehat dan bebas genangan.
- c. Meningkatkan konservasi, pendayagunaan dan pengendalian air.

## **2.3 Evaluasi Kapasitas Tampung Saluran Drainase Eksisting**

### **2.3.1 Analisa Hidrologi**

Analisa hidrologi yaitu penjelasan tentang pengolahan data-data hidrologi yang tersedia sehingga didapat debit perencanaan yang diperlukan. Menurut Soewarno (1995:23), data yang telah diterima di pusat pengolahan data kemudian diurutkan menurut fungsi waktu sehingga merupakan data deret berkala. Data deret berkala tersebut kemudian dilakukan pengetesan/pengujian tentang konsistensi (*consistency*) dan kesamaan jenis (*homogeneity*).

### **2.3.2 Data Hujan**

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 satu atau lebih stasiun 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 minimal selama sepuluh tahun.

Data hujan umumnya berupa data sekunder, yang didapat dari berbagai instansi. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karangploso dan Dinas Pengairan Kabupaten Malang merupakan contoh 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.

### 2.3.3 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).

#### 1. Analisis Kurva Masa Ganda

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

- Inspeksi ke lapangan.
- Perbandingan hidrograf.
- 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.

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 determinasi, jika koefisien determinasi nilainya mendekati 100% atau tingkat signifikansi 5% maka dianggap baik dan konsisten. Pada studi ini tidak dapat menggunakan analisis kurva masa ganda karena hanya menggunakan satu stasiun hujan.

#### 2. Rescaled Adjusted Partial Sums

Cara lain yang dapat digunakan dalam menguji konsistensi data hujan adalah *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan terhadap nilai reratanya. Rumus penggunaan RAPS adalah sebagai berikut (Sri Harto, 1993:59):

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

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

$$\text{Nilai statistik } Q \rightarrow Q = \max_{0 \leq k \leq n} |S_k^{**}| \quad (2-3)$$

Nilai statistik R (*Range*)

$$R = \max_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} \quad (2-4)$$

Dengan :

S\*<sub>o</sub> = simpangan awal

S\*k = simpangan mutlak

S\*\*k = nilai konsistensi data

n = jumlah data

D<sub>y</sub> = simpangan rata-rata

Q = nilai statistik Q untuk 0 ≤ k ≤ n

R = nilai statistik (*range*)

Nilai statistik Q dan R diberikan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Nilai Q / √n dan R / √n

n	Q / √n			R / √n		
	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: Sri Harto, 1993:60

### 2.3.4 Uji Homogenitas Data Curah Hujan

Data hidrologi disebut tak sama jenis (*non-homogeneous*) apabila dalam setiap sub kelompok populasi ditandai dengan perbedaan nilai rata-rata (*mean*) dan perbedaan varian (*variance*) terhadap sub kelompok yang lain dalam populasi tersebut (Soewarno, 1995:25). Data deret berkala yang digunakan harus melalui pengujian sebelum digunakan untuk



analisis lanjutan. Pengujian yang dimaksud meliputi tahap uji ketiadaan *trend*, stasioner, dan persistensi.

### 1. Uji Ketiadaan *Trend*

Deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecendrungan menuju ke satu arah, arah naik atau turun disebut dengan pola atau *trend*. Pada umumnya meliputi gerakan yang lamanya lebih dari 10 tahun. Deret berkala yang datanya kurang dari 10 tahun kadang-kadang sulit untuk menentukan gerakan dari suatu *trend*. Hasilnya dapat meragukan, karena gerakan yang diperoleh hanya mungkin menunjukkan suatu sikli (*cyclical time series*) dari suatu *trend*. Sikli merupakan gerakan tidak teratur dari suatu *trend*. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya *trend* maka datanya tidak disarankan untuk digunakan untuk beberapa analisis hidrologi, misalnya analisis peluang dan simulasi (Soewarno, 1995:85). Beberapa metode statistik yang dapat digunakan untuk menguji ketiadaan trend dalam deret berkala diantaranya korelasi peringkat metode Spearman, Mann dan Whitney, serta tanda dari Cox dan Stuart.

Trend dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variat dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketiadaan trend dari suatu deret berkala. Salah satu cara adalah dengan menggunakan koefisien korelasi peringkat metode Spearman yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \quad (2-5)$$

$$t = KP \left[ \frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-6)$$

Dengan :

KP = koefisien korelasi peringkat dari Spearman

n = jumlah data

dt = Rt-Tt

Tt = peringkat dari waktu

Rt = peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala

t = nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5%)

Uji T digunakan untuk menentukan apakah variabel waktu dan variabel hidrologi itu saling tergantung (dependent) atau tidak tergantung (independent). Dalam hal ini yang diuji adalah  $T_t$  dan  $R_t$ .

## 2. Uji Stasioner

Data yang telah dilakukan pengujian ketiadaan trend dan apabila deret berkala tersebut tidak menunjukkan adanya trend, sebelum data deret berkala tersebut digunakan untuk analisis lanjutan harus dilakukan uji stasioner. Uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari suatu deret berkala. Pengujian ini untuk mengetahui homogen atau tidaknya nilai varian dan atau rata-ratanya (Soewarno, 1995:95).

Pengujian nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan Uji F menggunakan persamaan:

$$F = \frac{N_1 \cdot S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2 (N_1 - 1)} \quad (2-7)$$

dimana:

F = nilai hitung Uji F

$N_1$  = jumlah data kelompok 1

$N_2$  = jumlah data kelompok 2

$S_1$  = standar deviasi data kelompok 1

$S_2$  = standar deviasi data kelompok 2

Data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok atau lebih, setiap dua kelompok diuji menggunakan Uji F. Apabila hasil pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai varian tidak stabil atau tidak homogen, sehingga deret berkala tersebut dapat dinyatakan tidak stasioner dan tidak perlu melakukan pengujian lanjutan.

Apabila hipotesis nol untuk nilai varian tersebut menunjukkan stasioner, maka pengujian selanjutnya adalah menguji kestabilan nilai rata-ratanya dengan menggunakan Uji T menggunakan persamaan:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (2-8)$$

$$\sigma = \left( \frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-9)$$

dimana:

- $t$  = nilai hitung Uji T  
 $N_1$  = jumlah data kelompok 1  
 $N_2$  = jumlah data kelompok 2  
 $\bar{X}_1$  = nilai rata-rata data kelompok 1  
 $\bar{X}_2$  = nilai rata-rata data kelompok 2  
 $S_1$  = standar deviasi data kelompok 1  
 $S_2$  = standar deviasi data kelompok 2

Seperti dalam pengujian kestabilan nilai varian, maka dalam pengujian nilai rata-rata, data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok atau lebih. Setiap pasangan 2 kelompok diuji. Apabila dalam pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai rata-rata setiap dua kelompok tidak homogen dan deret berkala tersebut tidak stasioner pada derajat kepercayaan tertentu.

### 3. Uji Persistensi

Persistensi (*persistence*) adalah ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Salah satu metode untuk menentukan koefisien korelasi serial adalah dengan metode Spearman (Soewarno, 1995:99).

Koefisien korelasi serial metode Spearman dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (d_i)^2}{m^3 - m} \quad (2-10)$$

$$t = KS \left[ \frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-11)$$

dimana:

- $KS$  = koefisien korelasi serial  
 $m$  =  $N-1$   
 $N$  = jumlah data  
 $d_i$  = perbedaan nilai antara peringkat data ke  $X_i$  dan ke  $X_{i+1}$   
 $t$  = nilai hitung Uji T

#### 2.3.5 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).

### 1. Cara Rata-Rata Hitung (*Arithmetic Mean*)

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata-rata hitung (*arithmetic mean*) dari penakaran pada penakar hujan dalam areal tersebut.

Jadi (Soemarto, 1999)

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{1}^n \frac{d_1}{n} \quad (2-12)$$

Dimana

$d$  = tinggi curah hujan rata-rata daerah

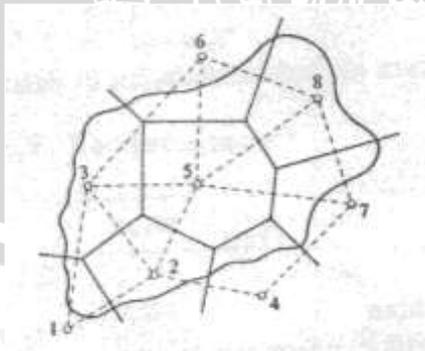
$d_1, d_2, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2, .....,n

$n$  = banyaknya pos penakar

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

### 2. Cara Poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan 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 2.1 Cara Poligon Thiessen

Sumber: Soemarto, 1987:32

$$\bar{x} = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + A_3 \cdot d_3 + \dots + A_n \cdot d_n}{A} \quad (2-13)$$

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

$\frac{A_1}{A} = p_i$  yang merupakan prosentasi luas maka

$$d = \sum_{i=1}^n p_i \cdot d_i$$

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

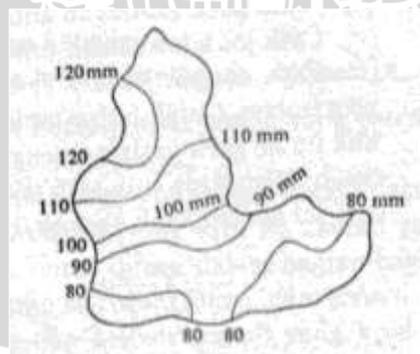
$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,.....,n

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

Hasil perhitungan dengan rumus polygon thiessen lebih teliti di bandingkan dengan cara yang dihitung dengan rata-rata hitung berdasarkan rumus *arithmetic mean* (Soemarto, 1987:33).

### 3. Cara Isohyet

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



Gambar 2.2 Cara Garis Isohiet

Sumber: Soemarto, 1987:34

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

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

$$d = \frac{\sum_1^n \frac{d_i \cdot 1 + d_i}{2} A_i}{\sum_i A_i} = \frac{\sum_1^n \frac{d_i \cdot 1 + d_i}{2} A_i}{A} \quad (2-14)$$

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 untuk mendapatkan hujan areal rata-rata, tetapi membutuhkan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat 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).

### 2.3.6 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.

Distribusi Tipe I Gumbel atau disebut juga dengan distribusi ekstrem tipe I umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir (Soewarno, 1995:123). Persamaan metode Gumbel adalah:

$$X_T = \bar{X} + S.K \quad (2-15)$$

dengan:

$X_T$  = variate yang diekstrapolasikan yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode

ulang tertentu

$\bar{X}$  = harga rerata curah hujan

$S$  = standar deviasi (simpangan baku) sampel

$K$  = faktor probabilitas

Faktor probabilitas  $K$  untuk harga-harga ekstrem Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan (Suripin, 2004:51):

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2-16)$$

dengan:

$Y_n$  = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data  $n$

$S_n$  = *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/data  $n$

$Y_{Tr}$  = *reduced variate*

Apabila persamaan (2-15) disubstitusikan ke dalam persamaan (2-16), maka akan didapatkan persamaan (Suripin, 2004:53):

$$X_{Tr} = b + \frac{1}{a} Y_{Tr} \quad (2-17)$$

dimana  $a = \frac{S_n}{S}$  dan  $b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n}$

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, 2013:104).

Dimana (Soewarno, 1995:142):

$$P(X) = \frac{1}{(a) \Gamma(b)} \left[ \frac{X - C}{a} \right]^{b-1} e^{-\left[ \frac{X-C}{a} \right]} \quad (2-18)$$

dengan:

$P(X)$  = peluang dari variat  $X$

$X$  = nilai dari variat  $X$

$a, b, c$  = parameter

$\Gamma$  = fungsi gamma

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

$$Y = \bar{Y} + K \cdot S \quad (2-19)$$

dengan:

$Y$  = nilai logarimik 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

Type III adalah sebagian berikut (Soewarno,1995:142):

Hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma.

Menghitung harga logaritma rata-rata dengan rumus:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \quad (2-20)$$

Menghitung harga simpangan baku dengan rumus :

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (2-21)$$

Menghitung harga koefisien asimetri dengan rumus :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S_i)^3} \quad (2-22)$$

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 :

$$\log x_t = \overline{\log x} + (G \times S_i) \quad (2-23)$$

dengan:

$x_t$  = curah hujan rancangan (mm)

$K$  = 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.

### 2.3.7 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*.

#### 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-parametic*, 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 dengan tingkat keyakinan ( $\alpha$ ) 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

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-24)$$

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:

$$\Delta_{\text{maks}} = |S_n(x) - P_x(x)| \quad (2-25)$$

dengan:

$\Delta_{\text{maks}}$  = selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis

$S_n(x)$  = peluang empiris

$P_x(x)$  = peluang teoritis

$\Delta_{cr}$  = simpangan kritis (dari tabel)

Kemudian dibandingkan antara  $\Delta_{maks}$  dan  $\Delta_{cr}$ , distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$  dan terjadi sebaliknya jika  $\Delta_{maks} > \Delta_{cr}$  (Limantara, 2009:73).

## 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 :

$$K = 1 + 3.22 \log n \quad (2-26)$$

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 :

$$X^2 = \sum_{j=1}^n \frac{O_j - E_j}{E_j} \quad (2-27)$$

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  
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.

### 2.3.8 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 300 ha. (Goldman et.al., 1986 dalam Suripin, 2004:79). 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 drainasi perkotaan, umumnya dihitung dengan rumus rasional. Dalam perkembangannya, rumus rasional dimodifikasi oleh beberapa peneliti, antara lain Melchior, Der Wedulen, dan Hasper (Suhardjono, 2013:107).

### 2.3.9 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, 2013:109).

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2-28)$$

dengan:

Q = debit limpasan ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan selama waktu tiba banjir ( $\text{mm}/\text{jam}$ )

A = luas daerah pengaliran ( $\text{km}^2$ )

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  $\text{km}^2$ , maka besarnya debit banjir adalah 0,278  $\text{m}^3/\text{dtk}$  dimana debit banjir tersebut akan melimpas merata selama 1 jam.

- Koefisien Tampungan ( $C_s$ )

Persyaratan penggunaan metode rasional adalah apabila luas DAS antara 40-80 ha. Luasan tersebut sesuai karena metode rasional memang sejak semula dikembangkan untuk menghitung debit banjir maksimum di daerah perkotaan, dengan luasan terbatas. Meskipun demikian, para peneliti menyatakan bahwa penggunaan rumus rasional cukup akurat, asalkan dipakai pada luasan yang kurang dari 500 ha (Suhardjono, 2013:111).

Apabila luas daerah pengaliran lebih dari itu, misalkan antara 0,5-50  $\text{km}^2$ , maka rumus tersebut memerlukan koreksi. Koreksi diperlukan akibat adanya dampak penampungan, yaitu akibat adanya berbagai hambatan dalam pengaliran air limpasan, maka besar debit puncak banjir dapat berkurang. Hambatan tersebut berkaitan dengan penyebaran hujan yang tidak merata, serta luasnya kawasan, ukuran dan bentuk saluran, bentuk DAS, kemiringan DAS dan lain-lain.

Untuk keperluan praktis, besar koefisien retensi ( $C_s$ ) pada daerah perkotaan ditetapkan sebesar 0,80 (Suhardjono, 2013:111).

Rumus modifikasi metode rasional:

$$Q = 0,278 \cdot C_s \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2-29)$$

dengan:

$Q$  = debit limpasan ( $m^3/dtk$ )

$C_s$  = koefisien penampungan

$$C_s = \frac{2t_c}{2t_c + t_d} \quad (2-30)$$

$t_c$  = waktu konsentrasi (menit)

$t_d$  = lama pengaliran dalam saluran (menit)

- 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 (Suhardjono, 2013:114). Besarnya koefisien pengaliran berdasarkan tata guna lahan dan jenis permukaan tanah dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Besaran Koefisien Limpasan (C)

No	Tipe Daerah Tangkapan	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Bisnis	
	Kawasan kota	0,70 – 0,95
	Kawasan pinggiran	0,50 – 0,70
2.	Kawasan Pemukiman	
	Kawasan keluarga-tunggal	0,30 - 0,50
	Multisatuan, terpisah	0,40 - 0,60
	Multi satuan, berdempetan (rapat)	0,60 - 0,75
3.	Kawasan Pemukiman Pinggiran Kota	0,25 - 0,40
4.	Kawasan Tempat Tinggal Berupa Rumah Susun ( <i>Apartment</i> )	0,50 - 0,70
5.	Perindustrian: Kawasan yang Ringan - Berat	0,50 - 0,90
6.	Taman-taman dan Kuburan	0,10 - 0,25
7.	Lapangan Bermain	0,20 - 0,35
8.	Kawasan Halaman Rel Kereta Api	0,20 – 0,40
9.	Kawasan Yang Belum Dimanfaatkan	0,10 – 0,30
10.	Jalan-jalan	
	Beraspal	0,70 – 0,95
	Beton	0,80 – 0,95
	Batu bata / <i>Con block</i>	0,70 – 0,85
11.	Jalan raya dan trotoar	0,75 – 0,85
12.	Atap	0,75 – 0,95
13.	Halaman Rumput, tanah berpasir	
	Tanah berpasir, datar (2%)	0,05 – 0,10
	Tanah berpasir, rata-rata (2 - 7%)	0,10 – 0,15
	Tanah berpasir, curam (7%)	0,15 – 0,20
14.	Halaman Rumput, tanah padat	
	Tanah padat, datar (2%)	0,13 – 0,17
	Tanah padat, rata-rata (2 - 7%)	0,18 – 0,22
	Tanah padat, curam (7%)	0,25 – 0,35

Sumber: Panduan dan Petunjuk Praktis Pengelolaan Drainase Perkotaan, 2003:5

- **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). Mengukur luas daerah pengaliran dengan menggunakan peta, biasa didapat dalam bentuk *hardcopy* ataupun *softcopy* dalam bentuk aplikasi AutoCad dengan skala 1 : 25.000. Menghitung luas area memakai aplikasi AutoCad dengan cara mengetik area lalu kursor dihubungkan ke dalam gambar peta daerah yang mau diukur luasnya. Dalam hal ini lembaga di Indonesia yang mengurus masalah pemetaan dan yang melakukan penggambaran peta tersebut adalah BIG (Badan Informasi Geospasial).

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.

- **Intensitas Hujan**

Besarnya curah hujan adalah volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik persatuan luas atau secara lebih umum dinyatakan dalam tinggi air yaitu milimeter (mm). Intensitas curah hujan (I) menyatakan besarnya curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam.

Salah satu metode dalam menghitung intensitas hujan adalah dengan menggunakan metode Mononobe. Dengan metode Mononobe ini kita dapat mengestimasi hujan setiap jamnya dari hujan satuan yang ada. Mononobe merumuskan formulasi sebagai berikut:

$$R_T = \frac{R_{24}}{t} \left( \frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2-31)$$

Dengan:

$R_T$	= Intensitas hujan rata-rata dalam T jam	(mm/jam)
$R_{24}$	= Curah hujan efektif dalam satu hari	(mm)
$t$	= Waktu mulai hujan	(jam)
$T$	= Waktu konsentrasi hujan	(jam)

### 2.3.10 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 Kota Malang adalah 150 liter/orang/hari (mengacu pada Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU tahun 1996 dimana Kota Malang tergolong kota besar yang jumlah penduduknya berkisar antara 500.000 – 1.000.000 jiwa). Sedangkan debit air kotor yang harus dibuang di dalam saluran adalah 80% dari kebutuhan air bersih (Wanggay, 2013:26) sehingga besarnya air buangan adalah  $150 \times 80\% = 120$  liter/orang/hari = 0,0014 liter/dtk/orang Dengan demikian jumlah air kotor yang dibuang pada suatu daerah setiap  $\text{km}^2$  adalah:

$$Q_{ak} = \frac{P_n \times q}{A} \quad (2-32)$$

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

dengan:

$Q_{ak}$  = debit air kotor

$P_n$  = jumlah penduduk (jiwa)

$q$  = jumlah air buangan (ltr/dtk/orang)

$A$  = luas daerah ( $\text{km}^2$ )

## 2.4 Penilaian Kinerja Sistem Drainase

### 2.4.1 Definisi Kinerja

Penilaian kinerja pada suatu sistem infrastruktur merupakan kunci dalam menjawab berhasil atau tidaknya tujuan sistem itu ditetapkan (Ditjen Cipta Karya, 2013:813). Kinerja (prestasi kerja) adalah hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang dicapai perseorangan atau kelompok tertentu dalam melaksanakan tugasnya sesuai dengan tanggung jawab yang diberikan kepadanya. Penilaian kinerja harus mendapat perhatian serius agar pengelola sistem infrastruktur dapat mengetahui tingkat pencapaian hasil suatu instansi atau sistem dan dapat terhindar dari krisis yang serius.

### 2.4.2 Tujuan dan Manfaat Penilaian Kinerja

Menurut Ditjen Cipta Karya (2013:814) tujuan penilaian kinerja dikategorikan sebagai sesuatu yang bersifat evaluasi pengembangan yaitu:

1. Hasil penilaian digunakan sebagai dasar pemberian kompensasi.
2. Hasil penilaian digunakan sebagai sarana pengambil keputusan.

3. Hasil penilaian digunakan sebagai dasar mengevaluasi sistem pemilihan teknologi.

Hasil dari penilaian kinerja sangat bermanfaat bagi perencanaan kebijakan suatu institusi atau lembaga kedepannya dalam pengelolaan infrastuktur perkotaan. Secara rinci manfaat-manfaat tersebut adalah:

1. Perbaikan kinerja Sistem.
2. Kebutuhan latihan dan pengembangan bagi operator.
3. Pengambilan keputusan dalam hal operasi dan pemeliharaan sistem.
4. Membantu diagnosis terhadap kesalahan desain sistem.

#### 2.4.3 Indikator Kinerja

Indikator kinerja adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan tingkat pencapaian suatu kegiatan dan sasaran yang telah ditetapkan. Indikator kinerja memberikan penjelasan, baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif, mengenai apa yang diukur untuk menentukan apakah tujuan sudah tercapai (Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara Nomor 20, 2008:12). Indikator kuantitatif digunakan untuk mengukur sesuatu yang bersifat terukur dan obyektif. Indikator kuantitatif biasanya dinyatakan dalam bentuk nilai absolut, prosentase, atau rasio. Untuk mendapatkan data indikator kualitatif harus dilakukan interview terstruktur terhadap masyarakat atau pihak yang terkait.

Pada Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara Nomor 20 (2008:14) dijelaskan bahwa sebelum menetapkan seperangkat indikator kinerja, terlebih dahulu perlu diketahui syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu indikator kinerja. Syarat-syarat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Relevan, yaitu indikator kinerja harus berhubungan dengan apa yang diukur dan secara objektif dapat digunakan untuk pengambilan keputusan atau kesimpulan tentang pencapaian apa yang diukur.
2. Penting, yaitu menjadi prioritas dan harus berguna untuk menunjukkan keberhasilan, kemajuan, atau pencapaian (*accomplishment*).
3. Efektif dan layak, yaitu data atau informasi yang berkaitan dengan indikator kinerja yang bersangkutan dapat dikumpulkan, diolah, dan dianalisis dengan biaya yang layak.

Menurut Ditjen Cipta Karya (2013:817) dalam menyusun indikator yang baik dan memadai minimal memenuhi kriteria yang terdiri dari:

1. *Specific*, yaitu tujuan harus secara khusus menggambarkan hal-hal yang diinginkan.
2. *Measurable*, yaitu tujuan harus dapat dijabarkan dalam indikator yang terukur.

3. *Attainable*, yaitu tujuan harus dapat dicapai dengan kondisi sumberdaya & potensi yang ada.
4. *Relevant*, yaitu tujuan harus relevan dengan kebutuhan informasi dan pengelolaan yang ada.
5. *Timely*, yaitu tujuan harus tepat waktu dalam arti kondisi yang diperlukan dan kebutuhan yang berkembang

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan suatu proyek atau sistem dalam mencapai tujuannya dapat diketahui setelah proyek tersebut beroperasi secara penuh. Evaluasi kinerja suatu proyek atau sistem drainase dapat dinilai dari beberapa indikator yang mencakup hal-hal berikut (Ditjen Cipta Karya, 2013:823):

1. Non Fisik
  - a. Indikator Peraturan/Kelembagaan
    - Peraturan Perundangan/Peraturan Daerah (PERDA)
    - Organisasi pengelola
    - SDM yang mendukung organisasi/jabatan struktural
  - b. Indikator Manajemen
    - Dokumen Perencanaan Master plan / outline plan / SSK
    - Kesesuaian Pelaksanaan Pembangunan dengan Perencanaan
    - Mekanisme Pelaporan
    - Pengelolaan P/S sesuai dengan SOP
    - Pembiayaan APBD
    - Akses terhadap Jaringan Drainase
    - Pengurangan luasan genangan air
    - Pengurangan luas lahan basah
  - c. Indikator Upaya Pemda Mendorong PSM/Swasta
    - Program Pemda dalam mendorong PSM
    - Peran aktif masyarakat melaporkan adanya genangan
    - Tindak lanjut terhadap pengaduan masyarakat
    - Keterlibatan masyarakat dalam proses pengelolaan drainase Kawasan Kota
    - PSM / Swasta dalam memenuhi perencanaan drainase & NSPM
    - PSM & Swasta dalam Operasi & Pemeliharaan Sistem Drainase
2. Fisik
  - a. Indikator Data Fisik Prasarana

- Sistem Drainase
  - Bangunan Penunjang
  - Waduk / Kolam / Retensi atau Tandon
  - Rumah Pompa dan Kelengkapannya
  - Resapan ( sumur, saluran, bidang )
- b. Indikator Fungsi Prasarana Sistem Drainase
- Berfungsinya Saluran
  - Berfungsinya Bangunan Penunjang
  - Berfungsinya Waduk / Kolam Retensi / Tandon
  - Berfungsinya Rumah Pompa dan Kelengkapannya
  - Saluran drainase tidak menjadi tempat pembuangan sampah
  - Saluran drainase tidak menjadi tempat penyaluran air limbah yang tidak terolah
- c. Indikator Kondisi Operasi dan Pemeliharaan Prasarana
- Dilaksanakannya Operasi & Pemeliharaan Sistem Saluran
  - Dilaksanakannya Operasi & Pemeliharaan Bangunan Penunjang
  - Dilaksanakannya Operasi & Pemeliharaan Waduk/Kolam Retensi/Tandon, Rumah Pompa dan Kelengkapannya serta fasilitas resapan air (skala besar)

Penilaian kinerja sistem drainase dilakukan dengan memberi bobot dan penilaian terhadap masing-masing indikator atau sub indikator. Indikator non fisik diberi bobot 40%, sedangkan indikator fisik diberi bobot 60%. Nilai masing-masing indikator atau sub indikator berikisar antara 0-100. Setiap indikator mempunyai parameter yang berbeda-beda sesuai dengan klasifikasi indikatornya. Akan tetapi, secara umum penilaian kinerja terhadap masing-masing sub indikator adalah sebagai berikut (Ditjen Cipta Karya, 2013:837):

1. Kondisi Kurang, jika nilai kondisi  $\leq 60$ .
2. Kondisi Cukup, jika nilai kondisi 61-80.
3. Kondisi Baik, jika nilai kondisi 81-90.
4. Kondisi Baik Sekali, jika nilai kondisi 91-100.

## **2.5 Operasi dan Pemeliharaan Sistem Drainase Perkotaan**

### **2.5.1 Definisi Operasi dan Pemeliharaan**

Operasi adalah kegiatan untuk menjalankan fungsi sarana dan prasarana drainase perkotaan agar sesuai dengan maksud dan tujuannya. Pemeliharaan merupakan kegiatan

untuk menjaga kondisi prasarana dan sarana drainase yang ada. Kegiatan ini terdiri dari beberapa komponen dan dilakukan dengan durasi waktu baik rutin, berkala, maupun khusus tergantung dari komponen sarana dan prasarana yang ada. (Ditjen Cipta Karya, 2013:662).

### 2.5.2 Prasarana dan Sarana Sistem Drainase yang Memerlukan Operasi dan Pemeliharaan

Menurut Lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 (2014:8), prasarana dan sarana drainase perkotaan yang memerlukan O&P terdiri dari bangunan-bangunan pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Prasarana dan Sarana Drainase

No.	Bangunan Drainase
1.	Saluran Terbuka
2.	Saluran Terutup
3.	Gorong-gorong
4.	Siphon Drainase
5.	Bangunan Terjun
6.	Tanggul
7.	Bangunan Penangkap Air
8.	Pintu Air
9.	Kolam Retensi
10.	Kolam Tandon
11.	Kolam Detensi
12.	Pompa
13.	Rumah Pompa
14.	<i>Trash Rack</i>
15.	Sumur Resapan
16.	Kolam Resapan
17.	Jalan Inspeksi
18.	Daerah Sempadan
19.	Bak Pemeriksaan/ <i>Man Hole</i>
20.	Tali Air/ <i>Inlet Street</i>

Sumber: Lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/2014

## 2.6 Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan

### 2.6.1 Konsep Dasar

AKNOP (Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan) merupakan perencanaan pembiayaan pengelolaan drainase yang didasarkan atas kebutuhan aktual pembiayaan operasi dan pemeliharaan tiap bangunan untuk mempertahankan kondisi dan fungsi drainase tersebut.

Rencana kegiatan Operasi dan Pemeliharaan dalam AKNOP berbasis kinerja dan berbasis *outcome* dalam indikator kegiatan dan pelaksana kegiatan dinyatakan dalam suatu matriks pendanaan operasi dan pemeliharaan.

### 2.6.2 Matriks Pendanaan AKNOP

Matriks Pendanaan AKNOP merupakan suatu matriks pendanaan yang menggambarkan komponen pendanaan operasi dan pemeliharaan, indikator kegiatan, tolak ukur, kelembagaan dan cara pelaksanaan pekerjaan. AKNOP merupakan perencanaan pembiayaan pengelolaan operasi dan pemeliharaan guna mewujudkan pelayanan publik. Perencanaan pembiayaan pengelolaan operasi dan pemeliharaan selain merencanakan pembiayaan aktivitas kegiatan juga harus didukung oleh aktivitas kantor atau administrasi. Oleh karena itu, perencanaan pembiayaan pengelolaan operasi dan pemeliharaan terbagi menjadi aktivitas sebagai berikut:

1. Perencanaan AKNOP Operasi Sistem Drainase

Pengoperasian sistem drainase tidak hanya operasi fisik dan berbagai komponen, tetapi operasinya dalam kondisi darurat dan permintaan (*on call*), sehingga diperlukan *standard operational procedure* (SOP) yang handal. Komponen sistem drainase yang memerlukan SOP adalah (Ditjen Cipta Karya, 2013:644):

- a. Pintu Air
- b. Kolam Retensi
- c. Sistem Pompa
- d. *Trash Rack* (Manual dan Elektro Mekanik)

2. Perencanaan AKNOP Pemeliharaan Sistem Drainase

Pemeliharaan adalah usaha-usaha untuk menjaga agar prasarana drainase selalu dapat berfungsi dengan baik selama mungkin dalam jangka masa pelayanan yang direncanakan (Ditjen Cipta Karya, 2013:662). Komponen sistem drainase yang membutuhkan pemeliharaan adalah:

- a. Saluran Terbuka
- b. Saluran Tertutup
- c. Bangunan Terjun

- d. Bangunan Penangkap Pasir
- e. Kolam Retensi / Tandon
- f. Pompa dan Rumah Pompa
- g. Trash Rack
- h. Sumur Resapan
- i. Kolam Resapan
- j. Tanggul
- k. Pintu Air

Dalam Lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 (2014:31) ada beberapa jenis pemeliharaan antara lain:

- a. Pemeliharaan rutin

Pemeliharaan rutin adalah pemeliharaan yang dilakukan berulang-ulang pada waktu tertentu, misalnya setiap hari, minggu, bulan dan tahun. Masyarakat dapat dilibatkan dalam kegiatan tersebut.

- b. Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala adalah pekerjaan pemeliharaan yang selalu dilakukan menurut tenggang waktu tertentu, misalnya setiap hari, minggu, bulan dan tahun.

- c. Pemeliharaan Khusus

Pemeliharaan khusus adalah pemeliharaan yang dapat dilakukan apabila prasarana dan sarana mengalami kerusakan yang sifatnya mendadak.

- d. Rehabilitasi

Rehabilitasi adalah pemeliharaan khusus yang dapat dilakukan apabila prasarana dan sarana mengalami kerusakan yang sifatnya mendadak atau mengalami kerusakan yang menyebabkan bangunan tidak atau kurang berfungsi.

### **2.6.3 Prosedur dan Tahapan Penyusunan AKNOP**

Pada dasarnya AKNOP merupakan prakiraan kebutuhan biaya operasi dan pemeliharaan setiap tahun berdasarkan penelusuran. Di sisi lain, AKNOP harus terpisah dari kegiatan rehabilitasi (perbaikan berat), peningkatan dan perbaikan darurat tetap. Oleh karena itu, prosedur yang dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Inspeksi dan Penelusuran

Inspeksi dan penelusuran merupakan kegiatan mengidentifikasi kondisi dan keberfungsian sistem drainase.

## 2. Evaluasi Kinerja Sistem Drainase

Kinerja sistem drainase akan ditentukan oleh:

### a. Realisasi AKNOP

Realisasi AKNOP diimplementasikan dalam mewujudkan

- Rencana Operasi
- Rencana Pemeliharaan

### b. Evaluasi Capaian Kinerja Sistem Drainase

## 3. Perencanaan Program Operasi dan Pemeliharaan

Inspeksi dan penelusuran serta evaluasi kinerja sistem drainase merupakan masukan bagi perencanaan program operasi dan pemeliharaan. Perencanaan program operasi dan pemeliharaan menetapkan penyelesaian kerusakan dan ketidak berfungsi sistem drainase dalam empat rencana program, yaitu:

- a. Program Rutin
- b. Program Berkala
- c. Program Rehabilitasi
- d. Perbaikan Darurat Tetap

Rencana operasi dan pemeliharaan yang dilaksanakan harus mengacu pada Permen PU Nomor 12 Tahun 2004 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan.

## 4. Perhitungan AKNOP

Perhitungan AKNOP didasarkan atas kondisi serta keberfungsian sistem drainase hasil penelusuran juga rencana operasi dan pemeliharaan yang akan dilaksanakan. Hasil perhitungan AKNOP dipergunakan sebagai dasar usulan pembiayaan operasi dan pemeliharaan sistem drainase, sehingga perhitungan AKNOP harus dilaksanakan sebelum perencanaan anggaran. Rincian pembiayaan yang nantinya akan menjadi perencanaan anggaran harus dihitung sesuai dengan harga satuan dasar upah kerja, bahan, dan alat yang berlaku di daerah tersebut. Dalam studi ini digunakan kombinasi antara harga satuan dasar upah kerja, bahan, dan alat yang berlaku di Kota Malang pada tahun 2016 dengan harga satuan pekerjaan yang dikeluarkan oleh Ditjen Cipta Karya pada tahun 2013.

