

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pertumbuhan kota menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga berpengaruh besar terhadap jaringan drainase perkotaan. Perubahan tata guna lahan dan hujan dengan intensitas yang tinggi adalah sebagian dari masalah drainase. Genangan atau banjir merupakan salah satu dampak dari jaringan drainase yang tidak berfungsi dengan baik. Begitu halnya dengan jaringan drainase di Perumahan Nasional (Perumnas) Tampar-ampar. Untuk menanggulangi masalah ini dilakukan studi untuk mengetahui dan mengevaluasi saluran dan bangunan penunjang pada jaringan drainase di Perumnas Tampar-ampar, yaitu dengan mengetahui kondisi eksisting saluran drainase, sehingga dapat diketahui kapasitas saluran. Selanjutnya menghitung debit rencana dengan data-data yang dibutuhkan. Kemudian menganalisa kapasitas saluran agar mampu menampung debit rencana maksimum. Hasil analisis ini membuktikan bahwa genangan pada keadaan eksisting sesuai dengan hasil analisis. Untuk menanggulangi masalah tersebut, maka dilakukan normalisasi dan redimensi (*Syamsurrijal, 2011*).

Harmani Irawan (2013), melakukan penelitian dengan judul Evaluasi Jaringan Drainase dan Penerapan Pengelolaan Sampah Secara Terpadu di Kecamatan Selong Lombok Timur. Bertujuan untuk mengetahui kapasitas saluran, merekomendasi tindakan dan merencanakan perbaikan saluran drainase untuk menentukan solusi penanganan pengelolaan sampah yang tepat untuk mengatasi genangan dan banjir di Kecamatan Selong. Hasil dari penelitian disimpulkan bahwa pertumbuhan penduduk yang diiringi dengan meningkatnya volume produksi sampah terjadi di Kabupaten Lombok Timur. Untuk menanggulangi meluapnya air yang terjadi di saluran eksisting, dilakukan normalisasi atau pengerukan saluran di saluran yang mengalami sedimentasi, Apabila masih terjadi luapan setelah dilakukan normalisasi maka langkah yang

dilakukan adalah dengan cara meredimensi saluran tersebut. Untuk menaggulangi permasalahan sampah dan luapan saluran drainase di Kecamatan Selong perlu dilakukan peningkatan atau perbaikan pada wadah/kontainer dengan cara mengganti kontainer yang tidak dapat menampung volume sampah dengan kontainer yang kapasitasnya lebih besar, dan menambah unit kontainer pada daerah-daerah yang bermasalah dengan sampah. Dan yang paling penting adalah perlunya peningkatan kesadaran masyarakat akan kebersihan lingkungan dan tidak membuang sampah sembarangan.

Bambang (2002) melakukan penelitian dengan judul Perancangan Sistem Drainase Kota Surabaya . Tujuan penelitiannya adalah melakukn identifikasi basis data dan *software* yang digunakan untuk mengelola basis data tersebut. Hasil identifikasi basis data dan *software* pengelolaannya menunjukkan adanya dua jenis data yang telah dikembangkan di Kota Surabaya. Basis data yang pertama bersifat umum dan kurang lengkap serta dikelola dengan program *Autocad*. Sedangkan basis data yang kedua sudah memadai, bahkan struktur basis data dan tata letak data sudah baik yang dikelola dengan program *ArcView 3.1*. Hasil dari Penelitian tersebut menekankan pada penambahan dan pengurangan data serta melakukan perubahan pada struktur data menggunakan program *Visual Basic 6.0* dan *ArcView 3.2* dengan harapan aplikasi tersebut memungkinkan pengguna akhir yang kurang ahli dapat mengoperasikan dengan cepat dan mudah dalam menghasilkan informasi yang dapat digunakan oleh para pengambil kebijakan dalam perencanaan.

2.2. Landasan Teori

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen paling penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Berikut beberapa pengertian drainase :

1. Menurut Suripin, 2004. Drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang artinya mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air.

2. Menurut Karmawan dkk, 1997. Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebih dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.
3. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir.

Kegunaan yang bisa didapat dengan adanya sistem saluran drainase antara lain sebagai berikut :

1. Mengeringkan daerah becek dan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
2. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
3. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
4. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

Sebagai salah satu sistem dalam perencanaan perkotaan maka sistem drainase yang ada dikenal dengan istilah sistem drainase perkotaan. Drainase perkotaan yaitu ilmu drainase yang khusus mengkaji kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota tersebut. (Wesli, 2008).

Secara umum sistem drainase pembuangan air hujan mempunyai tujuan sebagai berikut:

- a. Mengalirkan air limpasan tanpa mengakibatkan erosi, endapan atau penyebaran polusi.
- b. Tidak terjadi genangan, banjir dan becek-becek terutama bagi daerah yang selalu mengalami banjir setiap musim hujan.
- c. Sebagai konservasi sumber daya air permukaan/tanah

Menurut Karmawan dkk ,(1997). membedakan jenis-jenis drainase berdasarkan beberapa hal sebagai berikut:

a. Menurut sejarah terbentuknya

1. Drainase alamiah (*natural drainage*) adalah drainase yang terbentuk secara alamiah dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang, seperti bangunan pelimpah, selokan pasangan batu atau beton, gorong-gorong dan lain-lain.
2. Drainase buatan (*artificial drainage*) adalah drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu atau beton, pipa, gorong-gorong dan lain-lain.

b. Menurut Fungsi

1. Fungsi tunggal adalah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, seperti air hujan saja atau air buangan lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.
2. Fungsi ganda adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun secara bergantian.

c. Menurut Konstruksi

1. Saluran terbuka adalah saluran yang cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase non hujan yang tidak membahayakan atau mengganggu lingkungan.
2. Saluran tertutup adalah saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan atau lingkungan) atau untuk saluran yang terletak ditengah kota.

d. Menurut Letak Bangunan

1. Drainase permukaan tanah (*surface drainage*) adalah saluran drainase yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.
2. Drainase bawah permukaan (*subsurface drainage*) adalah saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media

dibawah permukaan tanah, dikarenakan alasan-alasan tertentu, antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak boleh adanya saluran dipermukaan tanah, seperti taman, lapangan terbang dan lain-lain.

Menurut Kamarwan dkk (1997) pada sistem pembuangan air buangan yang diperhatikan ada dua macam air buangan, yaitu air hujan dan air kotor (bekas). Adapun sistem pembuangannya ada tiga macam yaitu:

a. Sistem terpisah (*separate system*)

Air kotor dan air hujan pada sistem terpisah dilayani oleh sistem saluran masing-masing secara terpisah. Sistem ini mempunyai keuntungan dan kerugian seperti diuraikan dibawah.

1. Keuntungan sistem terpisah

- a. Sistem saluran mempunyai dimensi kecil sehingga pembuatan dan pengoperasian mudah
- b. Penggunaan sistem terpisah mengurangi bahaya bagi kesehatan.
- c. Pada sistem ini saluran air buangan bisa direncanakan sendiri, baik pada musim hujan maupun musim kemarau
- d. Pada instalasi pengolahan air buangan tidak ada tambahan beban kapasitas, karena penambahan air hujan

2. Kerugian sistem terpisah

Harus membuat dua sistem saluran sehingga memerlukan tempat yang luas dan biaya yang banyak.

b. Sistem tercampur (*Combined system*)

Pada sistem ini air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran yang sama, saluran ini harus tertutup. Adapun keuntungan dan kerugian sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Keuntungan sistem tercampur

- a. Hanya memerlukan satu sistem penyaluran air sehingga dalam pemilihannya lebih ekonomis.
- b. Terjadi pengenceran air buangan oleh air hujan sehingga konsentrasi air buangan menurun

2. Kerugian sistem tercampur

Memerlukan areal yang luas untuk penempatan instalasi tambahan untuk penanggulangan disaat-saat tertentu.

c. Sistem kombinasi (*Pseudo separate system*)

Merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan, dimana pada musim hujan air buangan dan air hujan berfungsi sebagai pengencer dan penggelontoran. Kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan interceptor. Keuntungan dan kerugian sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Keuntungan sistem kombinasi
 - a. Sistem saluran memiliki dimensi yang kecil sehingga memudahkan dalam pembuatan dan pengoperasian.
 - b. Mengurangi bahaya bagi kesehatan masyarakat.
 - c. Terjadi pengenceran dan penggelontoran air buangan oleh air hujan sehingga konsentrasi air buangan menurun.

2. Kerugian sistem kombinasi

Harus dibuat tiga sistem saluran sehingga memerlukan tempat yang luas dan biaya yang besar.

Dalam perencanaan suatu sistem drainase yang diperlukan adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika.

2.2.1 Analisa Hidrologi

Dalam merencanakan bangunan air seperti drainase, analisis yang penting dan perlu ditinjau adalah analisis hidrologi. Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana yang mana debit banjir rencana akan berpengaruh besar terhadap besarnya debit maksimum yang biasa di tampung maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Pada perencanaan konstruksi, data curah hujan harian selama periode 10 tahun yang akan dijadikan dasar perhitungan dalam menentukan debit banjir rencana.

Data hujan yang dipakai diperoleh dari hasil pencatatan dari stasiun penangkapan hujan otomatis yang berada berdekatan dengan lokasi perencanaan. Data yang diperoleh tidak dapat langsung digunakan karena terdapat data yang

kosong atau hilang. Kekosongan data curah hujan tersebut disebabkan oleh beberapa hal antara lain pemindahan alat ukur, perubahan cara pengukuran dan sebagainya. Pengisian data yang hilang dapat dilakukan dengan cara yang disebut *Normal Ratio Method*. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \dots + \frac{N_x}{N_N} P_N \right] \quad (2.1)$$

Dengan :

- P_x : hujan pada stasiun x yang diperkirakan,
- N_x : hujan normal tahunan disasiun x,
- N_A, N_B, \dots, N_N : hujan normal tahunan distasiun A...n,
- P_A, P_B, \dots, P_N : hujan disasiun A...n diketahui,
- n : jumlah stasiun referensi.

2.2.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Data hujan yang diperoleh dan dikumpulkan dari instansi pengolahannya perlu mendapat perhatian. Beberapa kemungkinan kesalahan dapat terjadi sehingga data yang ada menjadi tidak konsisten.

Cara pengujian konsisten data hujan umumnya dilakukan dengan metode kurva masa ganda, dengan menggambarkan besaran hujan kumulatif rata-rata dari beberapa stasiun hujan sekitarnya. Ketidak panggahan data ditunjukkan oleh penyimpangan terhadap garis tren semula. Asumsi yang digunakan adalah beberapa stasiun acuan tersebut mempunyai data yang panggah. Hal ini masih sering menimbulkan keraguan karena masih terdapat kemungkinan tidak panggahnya stasiun referensi.

Untuk mengatasi hal tersebut digunakan cara lain yang menguji ketidak panggahan antara lain data dalam stasiun itu sendiri dengan mendeteksi penggeseran nilai rata-rata(mean), yaitu dengan metode RAPS (*Rest Adjusted Partial Sums*). Rumus umum :

$$Y_i = \frac{\sum \text{Data stasiun}}{n} \quad (2.2)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (2.3)$$

$$Sk^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) + Sk^* \text{ sebelumnya}, k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.4)$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad Dy = \sqrt{\sum Dy^2} \quad (2.5)$$

dengan:

- n : banyak tahun,
- Y_i : data curah hujan ke- i ,
- \bar{Y} : rata – rata curah hujan,
- Sk^*, Sk^{**}, Dy : nilai statistik.

Nilai Statistik (Q)

$$Q : \text{maks } | Sk^{**} | \quad (2.6)$$

$$0 < k < n$$

Nilai Statistik (R)

$$R : \text{maks } | Sk^{**} | - \text{min } | Sk^{**} | \quad (2.7)$$

$$0 < k < n \quad 0 < k < n$$

dengan:

Q dan R = nilai statistik.

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai Qy/\sqrt{n} dan Ry/\sqrt{n} , Hasil yang didapat dibandingkan nilai Qy/\sqrt{n} syarat dan Ry/\sqrt{n} syarat pada Tabel 2.1. jika lebih kecil maka data masih dalam batas konsisten.

Tabel 2.1 Persentase Nilai Qy/\sqrt{n} dan Ry/\sqrt{n}

Jumlah Data	Qy/\sqrt{n}			Ry/\sqrt{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

Sumber : Sri Harto, 1993

2.2.3 Hujan Rerata Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan daerah, dinyatakan dalam millimeter.

Curah hujan daerah dihitung dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Pada prinsipnya ada tiga cara yang digunakan untuk menghitung hujan rerata daerah yaitu:

a. Metode Rerata Aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan didalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Soemarto, 1999).

Cara rerata aljabar digunakan jika titik pengamatan banyak dan tersebar merata di seluruh daerah. Curah hujan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{N} \quad (2.8)$$

dengan:

\bar{P} : tinggi curah hujan rata-rata,

P_1, P_2, P_n : tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2,..n,

n : banyaknya pos penakar.

b. Cara Polygon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata (Mori, 1977). Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka koefisien Thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.9)$$

dengan:

\bar{P} : rata-rata curah hujan (mm),

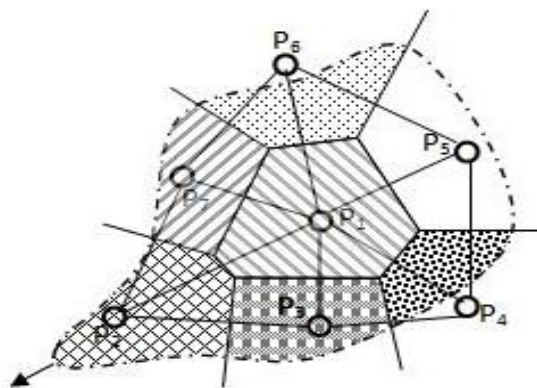
P_1, P_2, P_n : curah hujan di masing-masing stasiun dan n adalah jumlah stasiun hujan,

A_1, A_2, A_n : Luas Daerah yang mewakili masing-masing stasiun hujan.

Perhitungan hujan rata-rata metode Thiessen dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Dari stasiun-stasiun hujan yang terdekat dihubungkan sehingga terbentuk beberapa segitiga,
2. Dari tiap sisi segitiga ditarik garis sumbu,

3. Daerah pengaruh hujan masing-masing stasiun hujan dibatasi oleh sumbu segitiga yang membentuk segitiga banyak, ini yang disebut segi banyak Thiessen,
4. Tiap-tiap segi banyak Thiessen tersebut dihitung luasnya sehingga terdapat luas daerah tiap-tiap stasiun hujan,
5. Prosentase luas total didapat dari hasil pembagian luas daerah tiap-tiap hujan dengan luas daerah tiap-tiap stasiun hujan dengan luas seluruh daerah aliran,
6. Curah hujan tiap stasiun didapat dari hasil perkalian prosentase luas total dengan curah hujan.



Gambar 2.1 Polygon Thiessen

(sumber : Surupin 2003)

c. Cara Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai kedalaman hujan sama pada saat yang bersamaan. Pada dasarnya cara hitungan sama dengan cara polygon thiessen, kecuali dalam penetapan faktor koreksinya. Faktor koreksi dihitung sebagai luas relatif bagian DAS yang dibatasi oleh isohyet terhadap luas DAS, Perhitungan hujan rata-rata metode isohiet dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Lokasi stasiun hujan dan curah hujan pada peta daerah yang ditinjau,
2. Dari nilai curah hujan, stasiun curah hujan yang berdekatan dibuat interpolasi dengan penambahan nilai yang ditetapkan,
3. Dibuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang mempunyai curah hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis isohyet dan intervalnya,
4. Diukur luas daerah antara dua isohyet yang berurutan dan kemudian dikalikan dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet,
5. Jumlah dari perhitungan pada butir d untuk seluruh garis isohyet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan curah hujan rerata daerah tersebut.

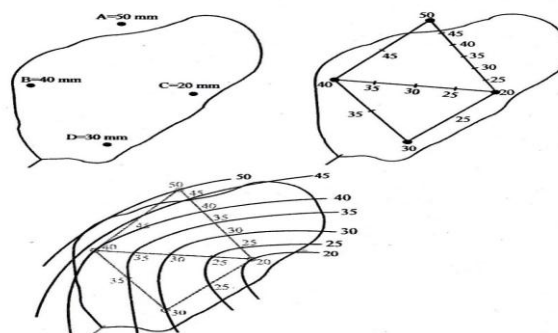
Perhitungan hujan rata-rata metode isohiet menurut Triatmodjo (2003:36) adalah sebagai berikut.

$$\bar{P} = \frac{\frac{P_0+P_1}{2}A_1 + \frac{P_1+P_2}{2}A_2 + \dots + \frac{P_{n-1}+P_n}{2}A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.10)$$

dengan:

P_n : tinggi curah hujan pada isohyet ke-n (mm)

A_n : Luas bagian antara garis isohyet.



Gambar 2.2 Cara Isohyet

2.2.4 Analisis Pemilihan Agihan

Dalam satatistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi, masing-masing distribusi memiliki sifat khas, sehingga setiap data harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Pemilihan agihan yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar oleh karna itu, pengambilan salah satu agihan secara sembarang untuk analisis tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan (Sri Harto, 1993).

Jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam hidrologi, yaitu agihan normal, agihan Log Normal, agihan Log normal Persen Tipe III, dan Gumbel. Parameter-parameter yang digunakan dalam pemilihan jenis distribusi :

- a. Nilai rerata

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.11)$$

- b. Standar deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

- c. Koefisien variasi

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}} \quad (2.13)$$

- d. Koefisien kepencengan

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.14)$$

- e. Koefisien kurtosis

$$Ck = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \quad (2.15)$$

dengan:

- S : simpangan baku dari sample,
- n : jumlah data,
- Cs : koefisien kepencengan,
- Cv : koefisien variasi,
- Ck : koefisien kurtosis,
- X_i : data curah hujan,
- \bar{X} : rerata curah hujan.

Syarat-syarat penentuan agihan, sebagai berikut (Sri Harto, 1993):

1. Agihan Normal, $Cs \approx 0$, $Ck = 3$,
2. Agihan Log Normal, $Cs \approx 3Cv$,
3. Agihan Gumbel, $Cs \approx 1,14$; $Ck = 5,4$,
4. Agihan Log Pearson Type III, tidak ada syarat (seluruh nilai diluar ketiga agihan lainnya).

2.2.5 Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan (*The Goodness of fit Tes*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi dan frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan dalam penelitian ini adalah :

a. Uji Chi-Kuadrat (Chi-Square)

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan uji chi-kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.16)$$

dengan :

X_h^2 : parameter Chi-Kuadrat terhitung,

G : jumlah sub-kelompok,

O_i : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-I,

E_i : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i.

Uji Smirnov Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric tes*) karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995). Parameter uji smirnov Kolmogorov dapat dihitung dengan rumus :

$$D = \text{maksimum } [P(xm) - P1(xm)] \quad (2.17)$$

dengan :

D : selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis,

$P(xm)$: peluang data teoritis,

$P1(xm)$: peluang data pengamatan.

Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov Kolmogorov test*) ditentukan harga D_0 (lihat pada tabel 2.2) apabila D lebih kecil dari pada D_0 maka distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan tersebut tidak dapat diterima.

Tabel 2.2 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	A(Derajat Kepercayaan)			
	0.02	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	.0.21	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n>50	$1.07\sqrt{n}$	$1.22\sqrt{n}$	$1,36\sqrt{n}$	$1.63\sqrt{n}$

Sumber: Soewarno,1995

2.2.6 Curah Hujan Rancangan

Besarnya curah hujan rancangan dapat dihitung dengan beberapa tipe sebaran atau distribusi sebagai berikut :

a. Distribusi Normal

Distribusi Normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss persamaan umum yang digunakan adalah :

$$X_t = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.18)$$

dengan:

X_t : Curah hujan rancangan,

\bar{X} : curah hujan rata-rata,

S : standar deviasi,

k : factor frekuensi.

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log-normal dalam bentuk sederhana adalah fungsi densitas dari sebuah peubah acak yang logaritmanya mengikuti hukum distribusi normal. Log-Normal merupakan hasil transpormasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X. persamaan garis lurus model matematika distribusi Log-Normal adalah :

$$\text{Log}X_t = \overline{\log X} + K \cdot S \quad (2.19)$$

dengan:

X_t : nilai logaritmik,

$\overline{\log X}$: nilai rata-rata X,

S : standar deviasi dari X,

k : factor frekuensi distribusi Log-Normal.

c. Distribusi Gumbel

Rumus Yang digunakan adalah :

$$Y_T = \ln \left[-\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \quad (2.20)$$

$$X_T = b + \frac{Y_T}{a} \quad (2.21)$$

$$a = \frac{S_n}{S} \quad (2.22)$$

$$b = \bar{X} - \frac{Y_n S}{S_n} \quad (2.23)$$

dengan :

Y_T : variasi untuk pengurangan untuk periode T,

X_T : curah hujan maksimum untuk periode T (mm),

T_r : kala ulang tahunan,

- \bar{X} : rata-rata curah hujan,
 S : standar deviasi,
 Sn : variasi pengurangan akibat standar deviasi dengan jumlah sampel n,
 Y_n : rata-rata variasi pengurangan dengan jumlah n sampel.

d. Distribusi Log Pearson Tipe III

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam menghitung curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } \bar{X}} + k \cdot s \quad (2.24)$$

$$\overline{\text{Log } \bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \quad (2.25)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\text{Log } \bar{X}})^2}{n-1}} \quad (2.25)$$

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } \bar{X}})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (2.26)$$

dengan :

$\text{Log } X$: Logaritma curah hujan rancangan yang dicari,

$\overline{\text{Log } \bar{X}}$: logaritma rerata dari curah hujan,

S : simpangan baku,

G : koefisien kekencangan,

k : konstan.

2.2.7 Kala Ulang Hujan

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Besarnya kala ulang perencanaan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.3 Besar Kala Ulang Hujan Perencanaan Sistem Drainase

Jenis Saluran	Tata Guna Tanah	Kala Ulang(tahun)
Permulaan	Pemukiman	2
	Komersial	5
	Industry	5
Utama	Saluran-saluran	25

Sumber : karmawan,S.,1997

Tabel 2.4 kriteria Kala Ulang Hujan Berdasarkan Kelas Jalan

Jenis	Kala Ulang (Tahun)
Jalan Tol	10
Jalan Arteri	5
Jalan Kolektor	2
Jalan Biasa	3

Sumber : Suripin, 2004

Tabel 2.5 Kriteria Kala Ulang Hujan Pada Sistem Drainase Berdasarkan Luas DTA dan Besar Kecil Kota

Tipe Kota	Luas DTA (Km^2)			
	10	10-100	100-500	>500
Metropolitan	1-2	2-5	5-10	10-25
Kota Besar	1-2	2-5	2-5	5-15
Kota Sedang	1-2	2-5	2-5	5-10
Kota Kecil	1-2	2-5	1-2	2-5
Kota Kecil Sekali	1	1	1	1

Sumber : Suripin, 2004

Tabel 2.6 Kriteria Kala Ulang Hujan Berdasarkan Tata Guna Lahan

Jenis	Kala Ulang (Tahun)
Perumahan	2-5
Pusat Perdagangan	2-10
Pusat Bisnis	2-10
Landasan Pacu/RunWay	50

Sumber : Suripin, 2004

2.2.8 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara air permukaan disuatu daerah akibat turun hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Koefisien pengaliran ini lebih kecil dari satu oleh karena adanya kehilangan-kehilangan yang disebabkan oleh beberapa hal misalnya oleh tumbuh-tumbuhan, terjadi infiltrasi, tertahan di permukaan tanah, evaporasi dan transpirasi. Untuk penampungan penggunaan lahan tanah atau sifat-sifat tanah yang beragam, pembobotan nilai C dapat dihitung dengan persamaan (Suripin, 2004) sebagai berikut :

$$C = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + \dots + A_n \cdot C_n}{\sum A} \quad (2.27)$$

dengan :

- C : koefisien pengaliran pada daerah beragam,
- A_1, A_2, A_n : Luasan penggunaan lahan pada daerah yang ditinjau,
- $\sum A$: luasan total dari penggunaan lahan tersebut,
- C_1, C_2, C_n : koefisien pengaliran pada masing-masing lahan.

Tabel 2.7 Tabel Koefisien Pengaliran (C)

No	Jenis Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (c)
1	Perumahan	0,60
2	Perdagangan	0,75
3	Jalan aspal dan beton	0,85
4	Lahan terbuka	0,17
5	Sawah	0,25
6	Vegetasi	0,1

Sumber: Suripin, 2004

2.2.9 Waktu konsentrasi

Perhitungan waktu konsentrasi untuk drainase perkotaan didasarkan atas waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari bagian terjauh melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (t_o) dan waktu mengalir didalam saluran ke tempat saluran yang diukur (t_d). Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t_c = t_o + t_d \quad (2.28)$$

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \quad \text{menit} \quad (2.29)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \quad \text{menit} \quad (2.30)$$

dengan :

- t_c : waktu konsentrasi,
- t_o : waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari bagian terjauh melalui permukaan tanah ke saluran terdekat,
- t_d : waktu mengalir didalam saluran ke tempat yang diukur,
- L_s : panjang lintasan aliran di dalam saluran (m),
- L : panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m),

- S : kemiringan lahan ,
- V : kecepatan aliran saluran (m/dtk),
- n : koefisien manning.

2.2.10 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan yaitu tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu.

Untuk menghitung intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian disampaikan oleh mononobe. Adapun rumusnya sebagai berikut :

Rumus mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.31)$$

dengan :

- I : intensitas hujan (mm/jam)
- R_{24} : lamanya curah hujan dalam 24 jam,
- t : lamanya hujan (jam).

2.2.11. Debit Air Hujan

Dalam menentukan besarnya debit pengaliran ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.32)$$

$$Q = 0,002778 * I * \sum_{i=1}^n C_i * A_i \quad (2.33)$$

dengan :

- Q : debit yang mengalir (m^3/dt),
- C_i : koefisien pengaliran,
- A_i : luas daerah pengaliran (ha),
- I : intensitas hujan (mm/jam).

2.2.12 Debit Banjir Saluran

Debit banjir saluran adalah total dari air kotor dan debit air hujan dalam satu saluran. Dengan persamaan debit banjir saluran sebagai berikut :

$$Q_{al} = Q_{ak} + Q \quad (2.34)$$

dengan :

Q_{sal} : debit banjir saluran (m^3/dt),

Q_{ak} : debit limbah rumah tangga (m^3/dt),

Q : Debit air hujan (m^3/dt).

2.2.13 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah total debit banjir saluran dari tiap-tiap saluran, dimana dalam satu saluran menerima debit banjir saluran dari saluran sebelumnya. Dengan persamaan debit banjir rancangan sebagai berikut :

$$Q_{tot} = Q_{sal1} + Q_{sal2} + \dots + Q_{saln} \quad (2.35)$$

dengan :

Q_{tot} : debit banjir rencana (m^3/dt),

Q_{saln} : debit banjir saluran ke-n (m^3/dt).

2.2.15 Debit Limbah Rumah Tangga

Debit limbah rumah tangga adalah debit yang berasal dari air buangan hasil aktifitas penduduk yang berasal dari lingkungan rumah tangga, bangunan umum atau instalasi, bangunan komersial dan sebagainya. (Herawati, 1994)

Untuk memperkirakan jumlah air kotor yang akan dialirkan ke saluran drainase terlebih dahulu harus diketahui jumlah kebutuhan air rata-rata penduduk.

Standart kebutuhan air untuk penduduk (domestik) berdasarkan wilayah, dibagi menjadi 4 wilayah yaitu kota propinsi, kota kabupaten, kota kecamatan dan pedesaan dengan nilai standar seperti pada Tabel 2.8. di bawah ini.

Tabel 2.8 Standar Kebutuhan Air Domestik

No	Wilayah	Standart / S (pd)	Satuan
	Kota Provinsi	120	(liter/org/hari)
2	Kota Kabupaten	100	(liter/org/hari)
3	Kota Kecamatan	80	(liter/org/hari)
4	Pedesaan	60	(liter/org/hari)

Sumber : Anonim,1982

Dari tabel diatas didapat kebutuhan air bersih rerata untuk penduduk wilayah kota propinsi adalah sebesar 120 liter/hari/orang. Dari jumlah kebutuhan air tiap hari ini dianggap besarnya air yang terpakai adalah 80% dari kebutuhan air bersih. Sehingga besarnya air buangan adalah:

$$120 \times 80\% = 95 \text{ liter/hari/orang}$$

$$= 1,11 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik/orang}$$

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

- a. Jika diketahui jumlah penduduk pada suatu pemukiman (blok) :

$$Q_{al} = P_n \times 1,09 \cdot 10^{-6} \quad (2-38)$$

- b. Jika tidak diketahui jumlah penduduk pada suatu pemukiman (blok) :

$$Q_{al} = \frac{P_n \times 1,09 \cdot 10^{-6}}{A_k} \times A_p \quad (2-39)$$

dengan :

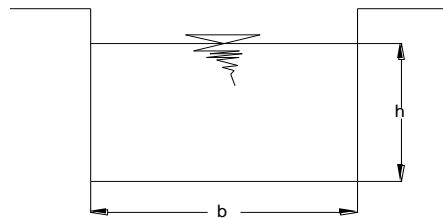
- Qal : Debit limbah rumah tangga (m³/dt)
Pn : Jumlah penduduk pada tahun ke-n
Ap : Luas pemukiman (blok) (km²)
Ak : Total luas daerah kajian (km²)

2.3 Analisis Hidrolika

2.3.1 Dimensi Saluran Drainase

Pada system jaringan drainase perumnas terdapat 2 (dua) bentuk penampang saluran yang dipakai, yaitu : bentuk segi empat dan trapesium.

- a. Penampang saluran segi empat



Gambar 2.3 Penampang Saluran Segiempat

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas saluran segiempat adalah :

$$A = b \times h \quad (2.40)$$

$$P = b + 2h \quad (2.41)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.42)$$

dengan :

b : lebar saluran (m),

h : dalam saluran tergenang air (m),

A : luas (m²),

P : keliling basah (m),

R : jari-jari hidraulis (m).

Kapasitas saluran dihitung dengan menggunakan persamaan manning, yaitu:

$$A = \frac{Q}{V} \quad (2.46)$$

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * I^{1/2} \quad (2.47)$$

dengan :

- Q : Debit Pengaliran (m^3/dt),
 V : kecepatan alirandalam salran (m/dt),
 A : luas (m^2),
 P : keliling basah (m),
 R : jari-jari hidraulis (m),
 n : Koefisien manning,
 I : kemiringan dasar saluran.

Tabel 2.9 Harga-harga Koefisien Manning

No	Permukaan	Harga n yang disarankan		
		Minimu m	Norm al	Maksimu m
1	Baja dengan permukaan gelombang	0.021	0.025	0.030
2	Kayu diserut tak diawetkan	0.010	0.012	0.014
3	Plester semen	0.011	0.013	0.015
4	Beton	0.011	0.013	0.015
5	Batu potong diatur	0.013	0.015	0.017
6	Batu bara	0.011	0.013	0.015
7	Pasangan batu	0.017	0.025	0.030
8	Aspal halus	0.013	0.013	

Sumber :Anggrahini, 1997

2.3.2 Kemiringan Saluran

Kemiringan dasar saluran dapat dihitung dengan persamaan :

$$I = \frac{\Delta H}{L} \quad (2.48)$$

dengan :

- I : kemiringan dasar saluran,
- ΔH : elevasi awal-elevasi akhir (m)
- L : jarak elevasi awal ke akhir

2.3.3 Tinggi jagaan pada saluran

Puncak dari tanggul saluran harus dijaga agar lebih tinggi dari muka air pada saat debit maksimum, hal ini dilakukan untuk menghitung gelombang dan naik turunnya permukaan air. Tinggi jagaan tergantung dari dimensi saluran, kecepatan saluran maupun debit air yang akan mengalir saluran tersebut.

Table 2.10 tinggi jagaan minimum saluran pembuang

Debit (m^3/dt)	Tinggi jagaan (m)
<0.5	0.20
0.5 - 1.5	0.20
1.5 - 5.0	0.25
5 – 10	0.30
10 – 15	0.40
>15	0.50

Sumber : Anggrahini, 1997