

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Menentukan Jumlah Penduduk**

Mengacu pada peraturan yang ditetapkan Departemen PU Direktorat Jenderal Cipta Karya tentang Kriteria Perencanaan Air Bersih, jumlah orang yang ditentukan untuk merencanakan kebutuhan air bersih di perumahan baru adalah lima orang.

#### **2.2 Sistem Penyediaan Air bersih**

Sistem penyediaan air bersih merupakan sistem penyaluran air bersih menuju daerah yang dilayani dan terhubung langsung kepada konsumen. Dalam penyediaan air bersih meliputi sistem hidran kebakaran, sistem perpipaan serta pompa (bila dibutuhkan)

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah (PP) No.122 Tahun 2015, mengenai sistem pengembangan air minum (SPAM) diciptakan sebagai penjamin kepastian pada kualitas dan kuantitas air minum yang dihasilkan, serta menyediakan pasokan air bersih yang berkelanjutan. Sistem penyediaan air minum mencakup:

##### **1. Segmen Air Baku**

Merupakan sarana dan prasarana untuk pengadaan serta pengambilan air baku berupa bangunan penampung, bangunan pengambil atau penyadap, pengukuran, pemetaan, pemompaan, bangunan penyalur dan perlengkapan lainnya. Berdasar pada peraturan perundang-undangan air baku mempunyai standar yang telah dipastikan sebagai penyedia air bersih

##### **2. Segmen Produksi**

Unit ini merupakan instrumen yang difungsikan mengelolah air baku menjadi air layak minum melewati rangkaian prosedur fisika, kimiawi ataupun biologi. Segmen produksi terdiri dari bangunan pengolah, unit operasional, alat ukur, unit pantau dan bangunan penampungan air.

### 3. Segmen Distribusi

Berfungsi sebagai sarana mengalirkan air bersih ke segmen pelayanan dari bangunan penampung air. Jaringan penyaluran untuk penyediaan air bersih ke unit pelayanan, unit distribusi harus beroperasi dengan aman setiap hari

### 4. Segmen Pelayanan

Fasilitas penyedia hidran umum, hidran kebakaran serta sambungan rumah. Meteran air dipasangkan pada sambungan rumah dan hidran bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang telah digunakan selama pelayanan. Instansi yang berwenang harus memantau meteran secara berkala untuk memastikan keakuratannya.

Sistem penyediaan air minum bertanggung jawab sebagai penyedia air yang cukup dengan kebutuhan yang telah rencanakan. SPAM terdiri dari sistem penyediaan air dengan beberapa fasilitas, termasuk *storage*, transmisi menuju segmen pengolahan, unit pengolahan, serta distribusi. Kualitas dan kuantitas air yang ada harus memenuhi mutu dan persyaratan.

## 2.3 Sumber Air Baku

Air baku untuk keperluan rumah tangga, yang didefinisikan sebagai air bersih, berasal dari sumber-sumber seperti air hujan, air permukaan, serta cekungan air tanah yang melengkapi syarat kualitas air bersih sebagai air baku.

#### a. Air Tanah

Air tanah merupakan sumber vital yang berasal dari lapisan tanah maupun bebatuan di bawah permukaan bumi, terletak pada zona jenuh. Ini adalah salah satu sumber air utama pendukung kehidupan, yang terdiri dari berbagai jenis, yaitu:

##### a. Mata air

Mata air merupakan sumber air tanah yang keluar secara alami ke permukaan bumi, berasal dari akuifer di dalam tanah. Kualitas dan kapasitas mata air tidak terpengaruh terhadap musim

##### b. Air tanah bebas/dangkal

Terjadi akibat proses meresapnya air yang berada pada permukaan tanah. Pada aktivitas ini lumpur serta partikel lain yang tertahan menfiltrasi air tanah secara alami menjadikan air tersebut jernih

namun masih mengandung zat kimia yang berasal dari proses penyerapan, menghasilkan kualitas air yang cukup baik, tetapi dengan kuantitas yang bergantung pada musim.

c. Air sumur dalam

Pengambilan air sumur dalam ini lebih sulit dibandingkan air tanah bebas. Sehingga dibutuhkan alat pengebor dan memasukkan pipa ke suatu lapisan air (kedalaman antara 100-300 meter). Kemudian air akan menyembur keluar jika tekanan air dalam besar (sumur artesis) dan air tidak akan keluar sendirinya jika keadaan tekanan air di dalam tanah rendah, diperlukan pompa untuk membantu air dalam tanah keluar.

b. Air laut

Air laut memiliki senyawa garam NaCl sebesar 3% menyebabkan air ini memiliki sifat asin. Akibat kondisi tersebut, menjadikan air laut tidak layak dijadikan air konsumsi dimana tidak memenuhi syarat kelayakan air minum.

c. Atmosfer (Air Hujan)

Kualitas air hujan tergantung pada kontaminan pada air hujan itu sendiri, pada dasarnya kualitasnya sangat bersih, namun karena kontaminasi pencemaran udara menjadi tercemar. Sehingga terlebih dahulu penggunaan air hujan yang akan digunakan sebagai kebutuhan air sehari-hari ditampung terlebih dahulu dan penampungan air hujan dilaksanakan setelah hujan telah turun beberapa saat.

d. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya ketika proses pengaliran air terjadi kondisi pencemaran air disebabkan lumpur, dedaunan, batang kayu dan limbah kota.

## 2.4 Kebutuhan Air Bersih

Menurut dirjen cipta karya sumber air, gaya hidup, jumlah penduduk, kondisi social ekonomi dan data topografi digunakan untuk menentukan kebutuhan air suatu kawasan tersebut. Dua jenis layanan air yang paling umum adalah sambungan rumah dan keran. Sambungan rumah untuk perumahan biasanya dikelola oleh PDAM atau Unit WTP setempat yang menentukan

jumlah penggunaan sambungan rumah. Sambungan rumah tidak dapat digunakan untuk pelayanan di daerah yang padat dan berpenghasilan rendah. Karena itu, sambungan umum, yaitu keran yang bisa dimanfaatkan secara komunal dimana titik akses langsung untuk penggunaan sehari-hari. Dalam memanfaatkan keran umum, diperlukan tinjauan lapang terkait keadaan sosial.

Kehilangan air dapat terjadi pada daerah yang membutuhkan air bersih ada beberapa hal yang menyebabkan kehilangan air tersebut. Sehingga saat menentukan kebutuhan air bersih dilaksanakan pengurangan pada perhitungan perencanaan dari kehilangan air tersebut. Ada dua jenis kebutuhan air pada saat ini, yaitu:

#### 1. Kebutuhan Air Domestik

Dimaknai sebagai kebutuhan air untuk keperluan konsumsi rumah tangga seperti mandi, memasak, air untuk minum, membersihkan pakaian, toilet, maupun sebagainya. Tingginya kebutuhan ini diketahui dengan menghitung kebutuhan konsumsi air domestik, bagaimana laju pertumbuhannya didasarkan pada kecenderungan perilaku populasi serta sejarah kondisi populasi setempat. Pertumbuhan ini juga dipengaruhi oleh pengembangan tata ruang suatu wilayah.

Untuk menyokong sambungan air bersih baru ditentukan oleh dua parameter utama yaitu pertumbuhan penduduk untuk masa depan dan laju sambungan. Tingkat penyambungan saat ini bisa dijadikan sebagai dasar analisis dalam penentuan penyambungan di masa depan. Pada tabel kriteria perencanaan air bersih SNI tahun 1997 digunakan sebagai dasar dalam penghitungan jumlah air yang diperlukan setiap orang, yang nilainya diberikan berdasarkan kategori kotanya yang menentukan jumlah air yang diperlukan setiap hari.

**Tabel 2. 1** Kebutuhan Air Domestik

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		>1.000.000	500.000-1.000.000	100.000-500.000	20.000-100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) L/o/h	190	170	150	130	30
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-Oct
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	10
5	Factor Maximum Day	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
6	Factor Peak-Hour	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
7	Jumlah Jiwa per SR	5	5	6	6	10
8	Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa Tekan di Jaringan Distribusi (mKa)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (%) (Max Demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20:00	70:30:00	70-30
13	Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	90

Sumber: kriteria perencanaan air bersih ditjen cipta karya 1997

## 2. Kebutuhan Non Domestik

Air non-domestik merupakan kebutuhan air yang mencakup jenis dan Tingkat pelayanan komersil, industri, tempat ibadah, pariwisata, maupun institusi. Kebutuhan air komersil dapat mencapai 20% hingga 25% dari hasil produksi air secara keseluruhan, dan kebutuhan air ini cenderung meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perubahan dalam tata guna lahan. Kebutuhan non-domestik dibagi beberapa kategori, untuk Kota antara lain:

**Tabel 2. 2** Kebutuhan air non-domestik Kategori I, II, III dan IV

No	Sektor	Besaran	Satuan
1	Hotel	150	Liter/Bed/Hari
2	Kantor	10	Liter/Pegawai/Hari
3	Masjid	3.000	Liter/Hari
4	Kawasan Industri	0,2-0,8	Liter/Orang/Hari
5	Komplek Militer	60	Liter/Orang/Hari
6	Komplek Militer	60	Liter/Orang/Hari
7	Pasar	12.000	Liter/Hektar/Hari
8	Puskesmas	2.000	Liter/Hari
9	Rumah Makan	100	Liter/Tempat Duduk/Hari
10	Rumah Sakit	200	Liter/Bed/Hari
11	Sekolah	10	Liter/Murid/Hari

Sumber: kriteria perencanaan air bersih cipta karya 1997

**Tabel 2. 3** Kebutuhan air Kategori V

No	Sektor	Besaran	Satuan
1	Komersial/Industri	10	Liter/Karyawan/Hari
2	Hotel/Iosmen	90	Liter/Hari
3	Puskesmas	1.200	Liter/Hari
4	Rumah Sakit	200	Liter/Bed/Hari
5	Sekolah	5	Liter/Siswa/Hari

Sumber: kriteria perencanaan air bersih cipta karya 1997

### 3. Fluktuasi Penggunaan Air

konsumsi air pada suatu daerah akan berubah-ubah tidak selalu konsisten mengikuti adanya perubahan pada musim dan kegiatan masyarakat. Pada dasarnya, tiga kelompok terdiri dari kebutuhan air, ialah

#### a. Konsumsi harian rata-rata

Konsumsi air harian rata-rata suatu wilayah terdiri dari dua jenis kebutuhan yaitu kebutuhan air *domestic* dan *non-domestic* dengan kehilangan air yang diperhitungkan setiap hari.

#### b. Faktor harian maksimum

Berupa jumlah konsumsi air paling besar yang dibutuhkan selama satu tahun. Mengacu Kepdirjen Cipta Karya Kriteria Perencanaan Air bersih 1997 penentuan harga konsumsi harian maksimum diperoleh dari nilai kebutuhan harian rata-rata selama setahun dikalikan faktor pengali (1.15).

c. Faktor saat jam puncak

Berupa pemakaian air tertiggi satu hari pada daerah tertentu pada saat jam puncak. faktor pengali (1.5-2.00) digunakan untuk mencari angka kebutuhan air saat jam puncak, yang dikalikan terhadap nilai dari kebutuhan harian rata-rata (Dtjen PU Cipta Karya Kriteria Perencanaan Air bersih 1997).

## 2.5 Kehilangan Air

Perencanaan kehilangan air akan terjadi ketika suatu area atau perumahan merencanakan untuk suplai atau mendistribusikan air. Kebocoran pipa instalasi menyebabkan kehilangan air. Beberapa faktor dapat menyebabkan air bocor, seperti pipa yang sudah tua atau tidak dirawat dengan baik.

## 2.6 Sistem Hidrolika Pipa

Berikut langkah langkah pengaliran pendistribusian air bersih (Unit Air Bersih Baku dalam SPAM, Tri Joko, 2010).

### 1. Menggunakan gravitasi

Ketika sumber air (reservoar) berada pada ketinggian dimana lebih tinggi daripada wilayah penyaluran, mekanisme gravitasi dapat digunakan. Dengan cara ini, pipa dapat mengalir ke area yang dilayaninya dengan tekanan yang memadai.

### 2. Sistem pemompaan

Air yang berada di resevoar dialirkan langsung ke konsumen melalui proses pemompaan tanpa melewati proses penampungan air terlebih dahulu dianggap tidak efektif digunakan dikarenakan:

- a. Jika pompa tidak beroperasi maka distribusi air akan terhenti maupun tidak dialirkan ke konsumen
- b. Penggunaan pompa yang secara terus menerus disertai peningkatan beban di saat penggunaan air pada waktu jam puncak menyebabkan pengoperasian menjadi lebih mahal.

Untuk menekan biaya operasional pompa dibuatkan tangki untuk menampung air dari sumber atau reservoar yang bertujuan untuk:

- a. Menyelaraskan aliran dan konsumsi air disaat pemakaian tertinggi

- b. Bertujuan sebagai cadangan air yang bisa diandalkan ketika sumber penyedia air tidak dapat beroperasi dan saat keadaan darurat seperti pada saat memadamkan kebakaran petugas dapat menggunakan air tersebut
- c. Bertujuan meratakan tekanan air.

### 3. Sistem gabungan

Dalam distribusi air sistem yang biasa digunakan adalah sistem gabungan. Kelebihannya ialah air yang dipompa saat proses waktu pemakaian rendah bisa tertampung di dalam tangki. Sehingga pada saat penggunaan air yang tinggi air dalam tangki mampu memenuhi pendistribusian air.

#### 2.7 Sistem Jaringan Distribusi

Sarana pipa distribusi berfungsi sebagai pengalir air dari resevoir menuju ke sambungan rumah konsumen. Untuk menentukan skema atau tata letak perencanaan dibutuhkan data kondisi topografi suatu wilayah tersebut. Pola jaringan distribusi dibedakan seperti dibawah ini:

##### 1. Sistem cabang (Branch)

Bentuk cabang dengan *dead-end*, pada sistem cabang air bergerak dari satu arah saja dengan titik akhir pelayanan sesuai ujung akhir pip distribusi. Sistem cabang ini umumnya ditemukan dikawasan yang memiliki beberapa sifat seperti:

- a. Penyesuaian pertumbuhan daerah ke arah memanjang/menerus.
- b. Kondisi topografi lokasi dengan kemiringan permukaan yang menuju satu arah.
- c. Sarana jalan tidak saling terhubung.

Keuntungan:

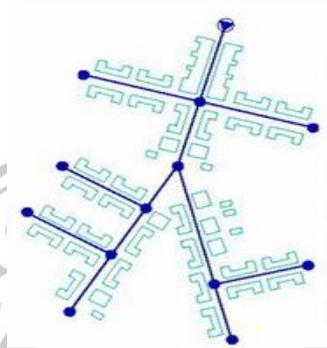
- a. Distribusi jaringan yang lebih searah, menjadikan pemasangan pada pipa lebih mudah dilakukan.
- b. Sistemnya lebih sederhana sehingga diameter pipa dapat lebih mudah ditentukan.

Kerugian:

- a. Terjadinya penumpukan oleh kotoran pada titik akhir sistem, perlu dilakukan pembersihan dengan berkala.

- b. Kerusakan akan menghambat pendistribusian.
- c. Sistem menjadi kurang seimbang akibat tekanan air kritis pada bagian pipa terjauh.
- d. Tidak mampu memenuhi sambungan baru dengan tekanan air yang sudah ada.

**Gambar 2.1** Sistem cabang (Branch)



## 2. Sistem Melingkar (*Looping*)

Pipa utama yang disediakan pada sistem ini mengelilingi daerah pelayanan yang pembagiannya diambil menjadi 2 yang masing-masing mencakupi batas wilayah pelayanan serta kedua ujung pipa tersambung pada akhir perlintasan pipa

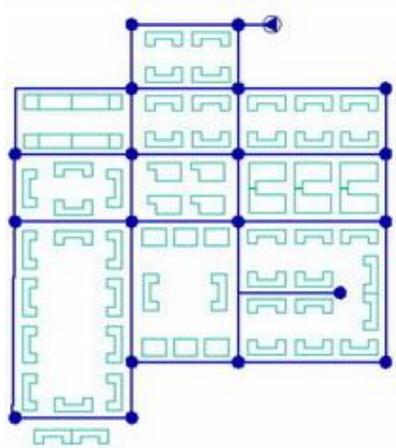
Keuntungan:

- a. Pada saat terjadi keadaan darurat, pembenahan dan kerusakan pipa pendistribusian tidak mengganggu pendistribusian rangkaian pipa lainnya
- b. Sistemnya tidak memiliki titik akhir, maka kotoran yang berada dalam sistem cenderung tidak akan terjadi penumpukan.

Kelemahan:

- a. Sistem jaringan pipa sangat kompleks.
- b. Membutuhkan pipa lebih banyak dari sistem terbuka.
- c. Biaya lebih besar akibat kebutuhan pipa lebih banyak.

**Gambar 2.2** Sistem Pipa Melingkar(Looping).



## 2.8 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran yang terlalu kecil mengakibatkan endapan pada pipa tidak terdorong keluar sehingga menyebabkan tersumbatnya suatu pipa. Jika kecepatan aliran air terlampaui tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada pipa sehingga diperlukan perencanaan kecepatan aliran melalui persamaan kontinuitas:

$$Q = A \times V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V \dots \dots \dots (2.6)$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Diketahui:

Q = debit aliran dalam pipa (m<sup>3</sup>/s)

V = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

D = diameter pipa (m)

### 2.8.1 Kehilangan Energi

Disetiap perencanaan pipa selalu adanya kehilangan energi (Hf) pada pipa diakibatkan dari dua faktor yaitu:

#### 1. *Major Head Losses*

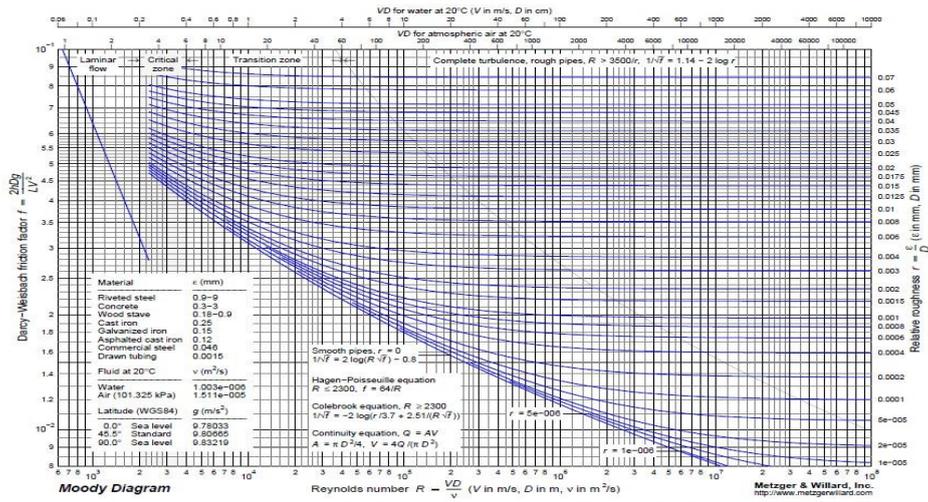
Kehilangan tekanan energy air pada pipa selama pengaliran berasal dari friksi (gesekan) air dengan dinding pipa. Ada dua cara menghitung kehilangan energy mayor, yaitu:

##### a. Persamaan Darcy Wesbach

$$hf = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.7)$$

dijelaskan:

- hf = kehilangan energi (m) F = koefisien gesekan
- V = Kecepatan pada aliran air (m/dtk) L = panjang pipa (m)
- g = gravitasi (9,81 m/det<sup>2</sup>) D = diameter pipa (m)



Gambar 2.3 Grafik Moody

b. Rumus Hazen Williams

Untuk mencari kehilangan energi, rumus pada persamaan ini cuman bisa dipakai untuk air karena pada nilai koefisien kehilangannya tidak berpengaruh oleh angka Reynold.

$$Q = 0.2785 \times C_{HW} \times D^{2.63} \times S^{0.54} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$hf = \frac{Q^{1.85}}{(0.2785 \times D^{2.63} \times C)^{1.855}} L \dots\dots\dots(2.9)$$

di mana :

- hf = kehilangan energi (m)
- Chw = koefisien kekasaran Hazen William
- S = slope atau kemiringan garis ( $i = hf/L$ )
- Q = debit pada aliran pipa (m<sup>3</sup>/dtk)
- D = diameter pipa (m)
- L = panjang pipa (m)

## 2. Kehilangan tinggi tekanan Minor (*Minor Losses*)

Adanya belokan dan sambungan pada pipa menimbulkan masalah kehilangan energi yang dapat menyebabkan turbulensi, penyempitan dan pembesaran secara tiba-tiba pada pipa. Perhitungan kehilangan tekanan minor dapat menggunakan rumus seperti dibawah:

$$h_1 = h_0 + h_b + h_c \dots\dots\dots(2.10)$$

dijelaskan:

$h_1$  = Kehilangan tekanan minor (m)

$h_0$  = Penurunan pada bagian penyempitan (m)

$h_b$  = Pengurangan karena sambungan (m)

$h_c$  = penurunan akibat pembesaran (m)

### 2.9 Reservoir

*Reservoir* / resevoir ialah bangunan yang direncanakan guna menampung air yang bertujuan untuk menyeimbangkan antara proses produksi dengan pendistribusian. Perencanaan bangunan *reservoir* bisa dilaksanakan diluar permukaan tanah ataupun di dalam permukaan tanah. Letak bangunan Resevoir ini biasa tidak berjauhan dengan jaringan distribusinya. Fungsi utama dari resvoar yaitu sebagai tempat penyimpanan air pada kebutuhan jam puncak di daerah tersebut yang kapasitasnya diambil sebanyak 20% dari kebutuhan air harian maksimum.

### 2.10 Jenis Pipa

Untuk merencanakan distribusi air pipa yang umum digunakan sangat beragam, pipa tersebut terbagi menurut materialnya seperti:

#### 1. Baja (*steel*)

Dalam jaringan distribusi kelebihan penggunaan pipa material baja yaitu:

- a. Saat melakukan pemasangan dan penyambungan lebih mudah
- b. Material pipa baja relatif lebih kuat
- c. mampu menahan tekanan tinggi mencapai 70 mka (meter kolom air) kelemahannya jika penggunaan distribusi air menggunakan baja, yaitu:
  - a. Tidak tahan korosi terhadap air dengan kadar asam dan basa tinggi
  - b. Pipa yang berat membuat biaya lebih mahal untuk pengangkutan

## 2. Besi Tuang (Cast-Iron)

Kelebihan pada perencanaan dengan pipa ini adalah:

- a. Pada penggunaan normal pipa jenis ini mempunyai umur yang panjang (bahkan mampu lebih dari 100 tahun)
- b. Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan
- c. Dilapisi senyawa bitumen sehingga terlindung dari korosi
- d. Harga pipa besi sangat ekonomis

Kekurangan penggunaan pipa jenis tersebut pada sistem distribusi air yaitu:

- a. penggunaan dengan jangka panjang terjadi perubahan bentuk dalam pipa berpengaruh pada kapasitas aliran
- b. pipa yang mudah pecah karena keras
- c. dibutuhkan tenaga ahli untuk proses pengangkutan dan penyambungan

## 3. *High-density polythene pipe* (HDPE)

Adalah pipa *polyethylene* dengan kepadatan tinggi mampu menahan tekanan tinggi juga *flexible* dan tahan terhadap cairan kimia. Dengan keuntungan memiliki sistem sambungan yang kuat dan tahan dari korosi mampu dimanfaatkan sebagai perencanaan sistem distribusi air dengan jalur yang panjang, dengan kelemahan tidak mampu menerima distribusi dengan transmisi skala besar karena hanya memiliki diameter 6 - 400 mm saja.

## 4. PVC pipe (*Unplasticised*)

Pipa jenis PVC (*Poly Vinyl Chloride*) mudah didapatkan memiliki berbagai ukuran, pada pendistribusian air bersih umumnya digunakan pipa jenis ini karena memiliki kekuatan lebih baik daripada jenis *polyethylene* dan dapat menahan tekanan cukup tinggi dan lebih tahan dari kerusakan korosi akibat bahan kimia seperti alkali, asam organik, dan garam. PVC pipe biasanya digunakan untuk drainase bawah tanah, penyediaan air dingin, penyediaan air minum, serta saluran pembuangan.

## 5. Besi Galvanis (*galvanized iron*)

Kelebihan menggunakan pipa galvanis pada distribusi air bersih yaitu:

- a. Fraksi antara air dengan dinding pipa lebih kecil
- b. Proses pemasangan pipa yang mudah dilakukan.
- c. Pipa jenis ini memiliki harga yang murah.

Kekurangan penggunaan pipa galvanis yaitu:

- a. Umur pipa yang pendek berkisar 8 sampai 9 tahun
- b. Korosi mudah terjadi terhadap air yang memiliki asam dan basa tinggi.

### 2.11 Deskripsi *Software WaterNet*

Untuk simulasi skema jaringan air dipilih menggunakan *Software WaterNet* dalam simulasi air maupun fluida pada jaringan pipa terbuka (*branch*), tertutup (*looping*), serta campuran dari sistem kedua jaringan tersebut dimana pada sistem pengaliran dapat berupa gravitasi, pompa, maupun gabungan antar kedua sistem. Menu yang diberikan pada *Software WaterNet* sangat interaktif sehingga dapat membantu penggunaannya untuk memudahkan pemahaman dalam proses pembelajaran serta mampu meminimalisir kesalahan proses saat mensimulasikan skema jaringan .

Tujuan Perangkat lunak *WaterNet* yaitu menstimulasikan perencanaan skema jaringan pipa secara tepat sesuai dengan perencanaan pada lokasi proyek. Secara garis besar dibawah ini disebutkan beberapa kemampuan *Software WaterNet*:

1. Pada awal tampilan *default* hadir untuk memudahkan proses memasukan data pada menu resevoar, nodal, tangki, pipa serta pompa. Pengguna dapat menentukan variasi kebutuhan air di setiap nodal sehingga proses simulasi rencana sistem distribusi jaringan ini tampak realistis. Pada tiap nodalnya dapat disesuaikan dengan rencana aktual untuk berbagai lokasi perencanaan keutuhan air, seperti, rumah sakit, industri, sekolah, hidran kebakaran, dan lokasi lain tiap jam.
2. Node yang telah dimasukan data dapat langsung mengetahui debit dan tekanan pada skema jaringan yang direncanakan.
3. Mampu menghitung kebutuhann konsumsi air (*demand*) dari sebuah titik nodal apabila energi pada titik nodal tersebut telah ditentukan
4. Menu *editing* berbentuk grafik interaktif memudahkan penggunaannya saat merancang skema jaringan distribusi. Menu ini mampu menggambar dan menentukan serta menghapus arah pipa dan sambungan antar pipa pada sistem jaringan, meletakkan posisi reservoir, pompa, dan tangki.

5. Memiliki menu yang diperlukan oleh jaringan pipa seperti TCV (throttling control valve), FCV (flow control valve), katup PRV (pressure reducing valve), serta PBV (pressure breaking valve).
6. kapasitas layanan tiap pipa terhadap keseluruhan dapat dilihat dengan menu *link importance* sehingga jumlah pipa pada jaringan distribusi bisa dlebihkan atau dikurangi.
7. Menyesuaikan letak node dan pipa sesuai dengan gambar peta yang dimasukan.
8. Panjang pipa skalatis dapat direncanakan lurus atau berbelok berdasarkan x, y, x.
9. Sistem kerja pompa dapat diatur sesuai dengan kebutuhan mengikuti debit tekanan dengan persamaan daya yang tetap, dapat diatur berdasarkan waktu yg ingin direncanakan ataupun berdasarkan volume air pada tangki.
10. Menu pustaka membntu pengguna dalam menentukan dan memperkirakan harga kekasaran pada jenis pipa dan kehilangan tekanan energi sekunder akibat sambungan, belokan, maupun sebagainya.
11. Mudah menganalisi hasil hitung karena secara keutuhan ditampilkan degan bentuk grafik maupun tabel dengan fasilitas lain. apabila hasil jaringan dirasa belum memuaskan jaringan dapat diedit kembali dengan mudahnya.
12. Kontur mampu disesuaikan dengan peta kontur topografi aktual sehingga elevasi nodal dapat direncanakan sesuai keinginan pengguna.
13. Terdapat lebih banyak fasilitas lainnya tentunya yang sangat membantu dalam proses merencanakan skema dan perhitungan tentang jaringan distribusi air dan fluida pada pipa.

## 2.12 Air Buangan

Berupa air bekas pemakaian dari industri, perumahan, sekolah maupun lainnya. Penentuan debit air kotor maupun buangan mengikuti konsumsi air tiap jiwa pada satu hari. Diasumsikan besaran air buangan diambil melalui konsumsi air selama satu hari sebesar 90%. Perhitungan debit air kotor maupun air buangan diurutkan seperti:

1. Memperkirakan konsumsi air bersih maximum.

2. Mendapatkan total air buangan maksimum dalam satu hari ( $q_m$ ) dari konsumsi air bersih maksimum per hari dikali dengan 90%

3. Mencari debit buangan maximum

$$(Q_{\text{peak}}) = p \times q_m \dots \dots \dots (2.11)$$

$$p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{q_m}}$$

4. Memperkirakan besarnya air buangan maupun air kotor maximum per satu hari ( $q_r$ ) menggunakan rumus  $(\frac{q_m}{24 \text{ jam}})$

5. Debit puncak air kotor adalah kepadatan penduduk x  $Q_{\text{peak}}$

### 2.13 Drainase

Drainase adalah serangkaian tindakan teknis sarana dan prasarana yang digunakan sebagai kontrol kelebihan air pada suatu kawasan sehingga tidak terjadi gangguan pada kawasan tersebut. Dimana kelebihan air itu bisa bersumber dari rembesan, air hujan, maupun air irigasi yang berlebih disuatu kawasan (Suripin, 2004).

1. Fungsi drainase

a. Mencegah banjir

Fungsi utama drainase adalah membawa air hujan yang berlebihan ke saluran akhir, misalnya danau, laut, maupun sungai. Sehingga tidak menimbulkan genangan

b. Mengontrol kualitas Air

Saluran drainase mempunyai fungsi sebagai pengurang pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari partikel debu dan sampah organik di mana debu dan sampah organik tersebut akan mengarah ke saluran drainase akibat hujan dan terjadi proses netralisasi aliran dari air hujan

c. Mengatur tinggi muka air tanah

Menentukan ketinggian air memiliki tujuan sangat baik di saluran drainase dengan mengatur ketinggian air tanah. Karena permukaan air tanah yang dangkal akan menghasilkan penyerapan air hujan yang lebih sedikit, yang dapat menyebabkan banjir, sementara tabel air tanah yang dalam akan mempersulit tanaman hijau untuk menyerap

air. Kondisi yang dihasilkan dari pemadatan atau penurunan permukaan tanah dapat menurunkan permukaan air tanah

d. Sebagai pencegahan erosi tanah

Drainase juga berfungsi sebagai penunjang pencegah erosi dan gangguan stabilitas lereng di kawasan perbukitan. Air hujan mengalir tanpa terkendali terjadi dari hujan yang berlebih mengakibatkan air mengalir cepat dimana berpotensi menjadi penyebab erosi maupun pengikisan bahkan dapat memicu tanah longsor pada permukaan.

e. Mengatur kecepatan dan arah aliran

Air limbah dapat diarahkan dan kecepatan air dapat dikendalikan melalui saluran drainase. Tujuan pengendalian aliran saluran drainase adalah untuk memindahkan air limbah menuju reservoir ujung. Sementara itu, menyesuaikan laju aliran untuk mengurangi pengendapan di saluran drainase yang dilewati air limbah.

f. Sebagai alternatif sumber daya air

Dengan beberapa syarat pemanfaatan, penggunaan ulang air dari saluran drainase dapat dilakukan.

## 2. Sistem drainase

Berupa rangkaian sarana yang bertujuan memaksimalkan suatu kawasan dari kelebihan air yang ditimbulkan dari hujan dengan mengendalikan air tersebut. Sistem drainase meliputi bangunan air penerima (*receiving waters*), saluran induk (*main drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran penerima (*interceptor drain*), serta saluran pengumpul (*collector drain*),

Berdasarkan sejarah terbentuknya jika ditinjau dari keadaannya, jaringan drainase terbagi menjadi dua jenis, ialah:

a. Drainase alamiah (*Natural drainage*)

saluran air yang terjadi secara alami akibat dari adanya gerusan air yang mengikuti kontur tanah dalam waktu bertahun-tahun yang menciptakan alur aliran seperti sungai dan menjadi sebuah jaringan saluran.

b. Drainase buatan (*Artificial drainage*)

Drainase buatan, atau artificial drainage, merupakan sistem yang diciptakan manusia untuk mampu mengalirkan air dari area yang tidak diinginkan ke tempat lain dengan tujuan tertentu.

Saluran drainase memiliki peran penting dalam pengelolaan air, dan berdasarkan fungsinya, dapat dibedakan menjadi beberapa jenis.

1. Saluran drainase *single purpose* yang dirancang sebagai pengalir satu tipe air buangan saja, berupa air hujan atau limbah domestik. saluran ini biasanya spesifik untuk aplikasi tertentu dan tidak digunakan untuk jenis air buangan lain.
2. Saluran drainase *multi purpose* mampu mengalirkan berbagai jenis air buangan, baik dengan cara bergantian maupun bersamaan, yang membuatnya lebih fleksibel dalam penggunaan di berbagai kondisi dan lokasi. Selain itu, saluran drainase juga dapat dikategorikan berdasarkan konstruksinya, yaitu menjadi drainase terbuka dan drainase tertutup.

Berdasarkan penempatannya dibagi menjadi 2 jenis:

- Drainase saluran terbuka.

Drainase terbuka cocok digunakan di wilayah dengan lahan luas dan memungkinkan air mengalir secara alami direncanakan hanya untuk mengalirkan serta menampung air hujan seperti kawasan pertanian dan kawasan penduduk berkepadatan rendah.

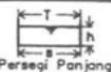
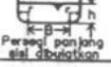
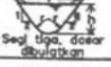
- Drainase saluran tertutup.

Saluran drainase tertutup lebih cocok untuk area yang memerlukan pengelolaan air yang lebih terkontrol biasanya untuk aliran air kotor dimana dapat menggagu kesehatan serta mencemari daerah lingkungan berkepadatan tinggi. Drainase beton dengan bak pengontrol untuk mengecek perubahan plat penutup dan penampang akibat sedimentasi dan sampah

Kedua tipe saluran mempunyai keunggulan dan kelemahan masing-masing, sesuai kebutuhan spesifik area yang akan dilayani. pada aliran saluran terbuka, aliran saluran umumnya memiliki permukaan yang bebas, disisi lain

pada drainase tertutup aliran dalam saluran air memenuhi penampang saluran sehingga tidak memiliki permukaan yang bebas (Dr. Ir. Suripin, 2004).

Gambar 2.4 Bentuk Penampang Drainase

Penampang	Luas A	Keliling basah O	Jari-jari hidrolis R	Lebar puncak T	Kedalaman hidrolis D	Faktor penampang Z
 Persegi Panjang	$Bh$	$B+2h$	$\frac{Bh}{B+2h}$	$B$	$h$	$Bh^{1.5}$
 Trapezium	$(B+zh)h$	$B+2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(B+zh)h}{B+2h\sqrt{1+z^2}}$	$B+2zh$	$\frac{(B+zh)h}{B+2h}$	$\frac{[(B+zh)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2zh}}$
 Segi tiga	$zh^2$	$2h\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zh}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zh$	$\frac{1}{2}h$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zh^{2.5}$
 Lingkaran	$\frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d_0^2$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4}(1 - \frac{\sin\theta}{\theta})d_0$	$\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d_0}{2\sqrt{h(d_0-h)}}$	$\frac{1}{6}(\frac{\theta - \sin\theta}{\sin \frac{1}{2}\theta})d_0$	$\frac{\sqrt{2}(\theta - \sin\theta)^{1.5}}{32(\sin \frac{1}{2}\theta)^{0.5}}d_0^{2.5}$
 Parabola	$\frac{1}{2}Th$	$T + \frac{8}{3}h^2$	$\frac{2T^2h}{3T^2+8h^2}$	$\frac{3}{2}\frac{A}{h}$	$\frac{2}{3}h$	$\frac{2}{9}\sqrt{6}Th^{1.5}$
 Persegi panjang mel. dibulatkan	$(\frac{T}{2}-2)^2+(B+2r)h$	$(w-2)r+B+2h$	$\frac{(\frac{T}{2}-2)^2+(B+2r)h}{(w-2)r+B+2h}$	$B+2r$	$\frac{(\frac{T}{2}-2)^2}{B+2r}+h$	$\frac{[(\frac{T}{2}-2)^2+(B+2r)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2r}}$
 Segi tiga, dasar dibulatkan	$\frac{T^2}{4} - \frac{r^2}{2}(1-x\cos^2\frac{1}{2})$	$\frac{1}{2}\sqrt{1+z^2} - \frac{2r}{2}(1-x\cos^2\frac{1}{2})$	$\frac{A}{O}$	$2[z(h-r)+r\sqrt{1+z^2}]$	$\frac{A}{T}$	$A\sqrt{\frac{A}{T}}$

Sumber: Chow (1992)

## 2.14 Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi adalah aspek penting pada pengelolaan sumber daya air dan perencanaan infrastruktur terkait air. Hidrologi salah satu ilmu bumi yang mempelajari tentang karakteristik kualitas serta kuantitas air bumi mencakup proses siklus, pergerakan, eksplorasi, penyebaran sirkulasi tamping, manajemen maupun pengembangan. Penerapan dari ilmu ini adalah perencanaan dan pengoperasian infastruktur air seperti, PLTA, pengendalian banjir, dan penyediaan air untuk berbagai kebutuhan. Kegiatan pemanfaatan ilmu Hidrologi, seperti:

1. Mengantisipasi besarnya banjir akibat hujan deras dengan merencanakan bangunan pengendali banjir seperti saluran drainase, tanggul, serta lainnya.
2. Memperhitungkan kebutuhan air yang dibutuhkan pada bidang pertanian dari suatu jenis tanaman, dengan ilmu ini bisa merancang bangunan air seperti apa yang dapat melayani kebutuhan air di daerah yang ingin dilayani.
3. Mampu memproyeksikan besaran permintaan air yang tersedia dari

sumber air supaya bisa dimanfaatkan kedalam berbagai macam kebutuhan seperti air baku.

**2.14.1 Parameter Statistik**

Analisis frekuensi bertujuan untuk mengetahui perkiraan besaran curah hujan maksimum yang kemungkinan akan terjadi dalam periode ulang tertentu. Dari data ini mampu diaplikasikan ke rumus perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode empiris. Distribusi yang umum dipakai ialah:

1. Distribusi gumbel
2. Distribusi normal
3. Distribusi log-normal
4. Distribusi log-person III

Masing persyaratan dari keempat distribusi diatas , yaitu:

Tabel 2. 4 Syarat Pemilihan Distribusi Frekuensi

NO	Distribusi	Persyaatan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$
		$C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s = 0$
		$C_k = 3$
3	Log normal	$C_s = 3Cv + Cv^3$
		$C_k = Cv^8 + 16Cv^2 + 3 + 6Cv^6 + 15Cv^4$
4	Log normal III	Selain dari nilai di atas

sumber: arbaningrum (2015)

Keterangan table 2.4

$$X_{rt} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{irt})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$C_s = n \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - K_{rt})^4}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$C_k = n \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - K_{rt})^4}{(n-1)(n-2)Sd^4} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

- $C_k$  = koefisien kepuncakan                       $Sd$  = Standar deviasi  
 $C_s$  = koefisien kepepcengan

**2.14.2 Metode Distribusi E.J. Gumbel**

Untuk metode distribusi EJ Gumbel memiliki persamaan analisis frekuensi curah hujan sebagai berikut:

$$X_T = X_{rt} + k S \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan:

$X_t$  = Nilai curah hujan kala ulang tahun yang diharapkan

$$X_{rt} = \text{Nilai rerata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$S_d = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.28)$$

$K$  = factor frekuensi dari periode kala ulang dan type frekuensi

Persamaan perhitungan faktor metode EJ Gumbel, sseperti berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dengan:  $Y_n$  = *reduced mean* reduksi varian dari banyaknya data (n)

$Y_{Tr}$  = variasi sebagai fungsi dari periode T

$S_n$  = Standar deviasi merupakan fungsi dari total banyak data (n)

Untuk mengetahui hubungan antara variasi dengan periode kala ulang bisa memperhatikan pada tabel-tabel dibawah ini

Tabel 2. 5 Reduced Mean ( $Y_n$ ) - Metode Gumbel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

Tabel 2. 6 Reduced Standar Deviasi (Sn) Metode Gumbel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

Tabel 2. 7 Reduced Variasi (YTR) Untuk Periode Ulang

Kala ulang (Tr) (Tahun)	Reduced Variasi (Ttr)	Periode Ulang (Tr) (Tahun)	Reduced Variate (Ttr)
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,251	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

### 2.14.3 Distribusi Normal

Untuk metode distribusi normal analisa frekuensi curah hujannya menggunakan persamaann berikut :

$$X_T = X_{rt} + k \cdot S \dots\dots\dots(2.16)$$

dijelaskan:

$X_t$  = curah hujan rencana kala ulang

K = variable reduksi Gauss (table 2.5)

$$X_{rt} = \text{nilai rata-rata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.18)$$

#### 2.14.4 Distribusi Log Normal

Analisis frekuensi curah hujan metode distribusi log normal, sebagaimana:

$$\text{Log} = \text{Log } X_{rt} + k \cdot S \text{Log} X \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

$$\text{Log } X_{rt} = \text{nilai rata-rata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$Sd = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.21)$$

K = Variable reduksi Gauss

#### 2.14.5 Distribusi Log-Person Tipe III

Untuk menggunakan analisis frekuensi curah hujan distribusi lognormal, mempunyai persamaan berikut:

$$\text{Log} = \text{Log} X_{rt} + k \cdot S \text{Log} X \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\text{Log } X_{rt} = \text{Nilai rata-rata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Sd = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$Cs = \text{Koefisien kemencengan} = \frac{n \sum(\text{loglog } K_{rt} - \text{loglog } k)^3}{(n-1)(n-2)S \text{log}^3} \dots\dots\dots(2.25)$$

**Tabel 2. 8** Harga K Metode Log Person Tipe III

Interval kejadian (Recurrence Interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Presentasi peluang terlampaui (percent change of being exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,197	-0,817	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, 2004)

### 2.14.6 Uji Kesesuaian Distribusi Data

Melakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi bertujuan sebagai perbandingan melihat kelayakan dan mengetahui maupun tidaknya model frekuensi yang dipilih. Pengujian kesesuaian distribusi dilaksanakan melalui dua uji, ialah uji Kolmogorov-Smirnov maupun uji Chi-Kuadrat. (Triatmodjo 2008),

Pada prosesnya sebelum distribusi dilakukan pengujian terlebih dahulu *plotting* data distribusi diatas kertas probabilitas sebagai pengamatan, dengan garis durasi yang cocok. Berikut ini adalah alur untuk *plotting*:

1. Menyusun data curah hujan rata-rata maksimum mulai besar ke kecil
2. Menghitung kemungkinan kejadian curah hujan menggunakan persamaan Weibull, berikut rumus persamaan:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.30)$$

P = Probabilitas kejadian (%)

m = No data mulai urutan terkecil menuju terbesar

n = Banyak nilai data

3. Dari hasil probabilitas kejadian serta data curah hujan di *Plotting* diatas kertas plot probabilitas yang sesuai dengan metode yang dipakai.

### 2.14.7 Uji Kesesuaian Distribusi Kolmogorov-Smirnov

Uji kesesuaian Kolmogorov-Smirnov ini mengacu pada hasil penggambaran *plotting* data dari kertas *plotting*. Pengujian distribusi ini disebut distribusi non parametrik. Pada pengamatan kertas probabilitas bisa dilihat posisi penyimpangan terbesar ( $\Delta_{maks}$ ) dengan peluang diperoleh nilai yang lebih kecil daripada nilai ( $\Delta_{kritik}$ ), dengan ini metode distribusi yang pakai boleh digunakan. Nilai ( $\Delta_{kritik}$ ) didapat pada Tabel 2.10:

**Tabel 2. 9** Nilai Kritis do Kolomogrov-Smirnov

N	A			
	0,2	0,1	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	0,3	0,34	0,4
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	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{n^{0.5}}$	$\frac{1,22}{n^{0.5}}$	$\frac{1,36}{n^{0.5}}$	$\frac{1,36}{n^{0.5}}$

(Sumber: Bambang T, 2008)

**2.14.8 Uji Chi Kuadrat**

Uji kesesuaian Chi-Kuadrat dengan  $X^2$  bisa dihitung menggunakan rumus dibawah ini. (Triadmodjo,2008):

$$\chi^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(of-ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots(2.31)$$

**diketahui:**  $\chi^2$  = Paramete Chi-kuadrat

N = banyaknya sub-kelompok

Ef = Nilai frekuensi yang diinginkan menurut permbagian kelas

Of = Nilai frekuensi pada kelas yang sama

Harga  $X^2$  tidak boleh lebih dari nilai  $X^2_{cr}$  (Chi Kuadrat kritik), derajat nyata umum dipakai dengan nilai 5%. Perhitungan derajat kebebasan menggunakan rumus:

$$DK = K - (\alpha + 1) \dots\dots\dots(2.32)$$

DK = Derajat kebebasan

K = jumlah Kelas

$\alpha$  = jumlah parameter uji ChiKuadrat = 2

Harga  $X^2_{cr}$  didapat dari table 2.10. ditentukan untuk frekuensi absolut tiap kelas diatas dari lima serta banyaknya kelas kurang dari lima.

**Tabel 2. 10** Nilai Kritis Distribusi

	$\alpha$	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
db	1	2,70554	3,84146	5,0239	6,63489	7,8794
	2	4,60518	5,99148	7,37778	9,21035	10,5965
	3	6,25139	7,81472	9,3484	11,3449	12,8381
	4	7,77943	9,48773	11,1433	13,2767	14,8602
	5	9,23635	11,0705	12,8325	15,0863	16,7497
	6	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	18,5475
	7	12,017	14,0671	16,0128	18,4753	20,2777
	8	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	21,9549
	9	14,6837	16,919	19,0228	21,6661	23,5893
	10	15,9872	18,307	20,4832	23,2093	25,1881
	11	17,275	19,6752	21,92	24,725	26,7569
	12	18,5493	21,0261	23,3367	26,217	28,2997
	13	19,8119	22,362	24,7356	27,6882	29,8193
	14	21,0641	23,6848	26,1189	29,1212	31,3194
	15	22,29872	26,2962	27,4884	30,578	32,8015
	16	23,5418	26,2962	28,8453	31,9999	34,2671
	17	24,769	27,5871	30,191	33,4087	35,7184
	18	25,9894	28,8693	31,5264	34,8052	37,1564
	19	27,2036	30,1435	32,8523	36,1908	38,5821
	20	28,412	31,4104	34,1696	37,5663	39,9969
	21	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	41,4009
	22	30,8133	33,9245	36,7807	40,2895	42,7957
	23	32,1962	35,1725	38,0756	41,6383	44,1814
	24	33,1962	36,415	39,3641	42,9798	45,5584
	25	34,3816	37,6525	40,6465	44,314	46,928
	26	35,5632	38,8851	41,9231	45,6416	48,2898
	27	36,7412	40,1133	43,1945	46,9628	49,645
	28	37,9159	41,3372	44,4608	48,2782	50,9936
	29	39,0875	42,557	45,7223	49,5878	52,3355
	30	40,256	43,773	46,9792	50,8922	53,6719

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008)

**2.14.9 Analisis Intensitas Curah Hujan**

Intensitas curah hujan merupakan tinggi maupun kedalaman air hujan

persatuan waktu (Suripin, 2004). karakteristik dari huja yakni makin pendek durasi hujan yang terjadi maka intensitasnya akan cenderung membesar kemudian semakin besar kala ulangnya akan tinggi pula intensitasnya.

Informasi hujan hanya bisa diperoleh melalui pos penakaran hujan yang ada pada stasiun hujan. Informasi untuk hujan jangka pendek, data curah hujan mampu diperoleh melalui beberapa persamaan rumus, misalnya Ishiguro, Sherman, dan Talbot.

Setelah didapat hasil hujan harian dari informasi data hujan selanjutnya intensitas hujannya dihitung dengan persamaan Mononobe. Persamaan rumus rasional untuk menghitung intensitas curah hujan (I) bisa dilihat seperti dibawah ini:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana:

$R_{24}$  = curah hujan terbesar harian (selama 24 jam)(mm)

I = intensitas curah hujan

Tc = lama waktu konsentrasi

**2.14.10 Waktu Konsentrasi (tc)**

Waktu yang dibuthkan air mampu mengalir dari titik terjauh dari lokasi aliran menuju titik kontrol pada bagian hilir disuatu aliranyang telah ditentukan (Suripin, 2004). Contoh persamaan yang dipilih untuk mengetahui waktu konsentrasi melalui persamaan rumus Kirpich (1940) seperti berikut:

$$Tc = \left(\frac{0.87xl^2}{1000xS}\right)^{0.385} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dimana:

S = kemiringan saluran

L = Panjang saluran

Wesli (2008) membagi perhitungan waktu konsentrasi menjadi dua tipe, yaitu waktu yang diperlukan air untuk berpindah dari titik masuk ke saluran

sampai titik keluaran ( $t_d$ ), dan kedua, waktu yang dibutuhkan air dapat mengalir di atas permukaan lahan hingga mencapai saluran terdekat ( $t_o$ ) sehingga:

$$t_c = t_d + t_o \dots \dots \dots (2.35)$$

sebagaimana:

Inlet Time ( $t_o$ )

$$(t_o) = \left[ \frac{2}{3} \cdot 3.28 \cdot L \cdot \frac{2}{\sqrt{s}} \right] \dots \dots \dots (2.36)$$

Conduit Time ( $t_d$ )

$$(t_d) = \frac{L_s}{60 \times V} \dots \dots \dots (2.37)$$

Dengan:

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$t_o$  = waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran terdekat (Inlet time), (minute)

$t_d$  = Conduit time, durasi untuk mengalir dalam saluran setempat yang direncanakan

S = Kemiringan saluran

L = Panjang lintasan aliran (m)

$L_s$  = Panjang lintasan saluran (m)

V = Aliran kecepatan pada saluran (m/detik)

n = kekasaran maniang

Nilai dari *conduit time* ( $t_d$ ) sesuai dengan kondisi saluran yang dilalui. Seperti pada saluran alami dimana sifat hidrolika tidak bisa diketahui dimana untuk mengetahui angka *conduit time* ( $t_d$ ) dapat dikira kira dengan aliranyang divariasikan mengikuti angka kekasaran permukaan dinding saluran melalui angka kekasaran Manning, Chenzy maupun sebagainya.

**Tabel 2. 11** Kemiringan Saluran Berdasarkan Kecepatan rerata saluran

Rata-rata Kemiringan Dasar Saluran (%)	Kecepatan Rerata (m/det)	Kemiringan Rata-rata Data Saluran (%)	Kecepatan Rata-rata (m/det)
< 1	0,40	4-6	1,20
1-2	0,60	6-10	1,50
2-4	0,90	10-15	2,40

Sumber: drainase perkotaan, wesli

Menghitung nilai ( $t_o$ ) ditentukan menggunakan grafik monogram kemudian menghitung nilai ( $t_d$ ) didapat dari metode *trial and error*. untuk mengontrol nilai ( $t_d$ ) hasil dari *trial and error* digunakan rumus seperti :

$$t_d = L / V \dots\dots\dots(2.38)$$

Dengan : L = Panjang saluran (m)

V = Kecepatan rata-rata pada saluran (m/detik)

#### 2.14.11 Koefisien Pengaliran

Dimana perbandingan antara besaran aliran air telah melewati suatu jenis permukaan saluran dan curah hujan. Koefisien aliran (C) ditentukan dengan kondisi permukaan di suatu daerah tersebut. Perhitungan koefisien ini menggunakan persamaan :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.41)$$

Dengan:

$C_i$  = koefisien pengaliran  $i = 1,2,3 \dots n$

$A_i$  = luasan area ke-1 ( $m^2$ ), dengan  $i = 1,2,3 \dots n$

Dapat diamati pada tabel 2.13 dibawah nilai koefisien limpasan yang dipakai berdasarkan jenis lahan atau karakteristik permukaan.

**Tabel 2. 12** Koefisien pengaliran

Karakteristik permukaan/Penutup Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
komersil <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perkotaan</li> <li>• Pinggiran</li> </ul>	0,70 – 0,95 0,50 – 0,75
komersil <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rumah huni</li> <li>• Perumahan tidak rapat</li> <li>• perumahan komunal</li> <li>• Permukiman</li> </ul>	0,30 - 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40
Perkerasan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspal dan Beton</li> <li>• Batu bata, paving</li> </ul>	0,70 – 0,95 0,50 – 0,75
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
pertamanan, perkuburan	0,10 – 0,25
Atap	0,75 – 0,95

(Sumber: Suripin, 2004)

#### 2.14.12 Analisa Debit Banjir Rancangan

Menurut Dr. Ir. Supirin (2004) pada debit banjir rancangan pada saat hujan maksimum dianggap debit maximum. Besarnya debit rancangan bisa dihitung dengan persamaan rumus rasional berikut:

$$Q = 0.278 C I A \text{ (apabila menggunakan rumus matrik).....(2.39)}$$

$$Q = C I A \text{.....(2.40)}$$

Di mana:

Q = Debit rencana kala ulang T tahun ( $m^3/dtk$ )

0,278 = Konstanta dipakai saat satuan luas daerah  $km^2$

C = Koefisien Pengaliran

I = intensitas curah ( $mm /jam$ )

A = luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

## 2.15 Analisa Hidraulika

Analisis hidraulika memiliki tujuan agar mampu merancang gambar, bentuk saluran drainase, dimensi, sistem jaringan drainase dan mengetahui karakteristik muka air pada saluran yang telah memiliki saluran buangan ataupun yang belum memiliki. Mengetahui debit rancangan pada suatu wilayah bertujuan membendung kelebihan air yang disebabkan debit banjir pada kala ulang rencana sebagai pengendalian banjir. Untuk membantu proses analisa agar mendapatkan desain yang tepat diperlukan metode data yang sesuai.

### 2.15.1 Tipe Aliran

Pada aliran saluran drainase adalah jenis aliran terbuka, diketahui permukaan air berada pada tekanan atmosfer. Berdasarkan variasi kedalaman aliran yang terjadi seiring waktu dan ruang dalam saluran terbuka, aliran ini dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe:

1. Aliran seragam, merupakan kondisi aliran di saluran memiliki kedalaman yang sama pada tiap penampang
2. Aliran berubah, merupakan kondisi aliran di saluran terbuka dengan kedalaman aliran yang tidak sama.

Tipe dari aliran dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut durasi waktu yang diperlukan.:

1. Aliran permanen adalah kondisi aliran dalam saluran di mana variabel-variabel air, seperti kedalaman, kecepatan, dan debit aliran, tetap konstan atau tidak mengalami perubahan sepanjang waktu.
2. Aliran tidak permanen, adalah aliran di suatu saluran yang memiliki variabel-variabel airnya yang tidak konstan.

Dalam kasus perencanaan ini aliran pada drainase dianggap aliran seragam. Pada beberapa permasalahan aliran seragam, berdasar pada pertimbangan teknis, sehingga debit diasumsikan konstan di sepanjang saluran yang lurus yang berarti aliran tersebut bersifat menerus, kemudian dihitung menggunakan rumus kontinuitas, berikut persamaanya:

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots (2.42)$$

dengan:

A = luas penampang drainase

V = kecepatan aliran

### 2.15.2 Kecepatan Aliran

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam kecepatan aliran guna menghindari terjadinya penurunan kapasitas saluran akibat erosi dan endapan atau sedimentasi, yakni kecepatan minimum kurang dari dan tidak melampaui kecepatan maksimum yang ditentukan berdasarkan bahan dan tipe material yang pakai pada perencanaan. Ada 3 rumus dalam menentukan kecepatan aliran, yakni rumus dari Chezy, Strickler, Manning Tabel 2.14 dapat diketahui besar kecepatan maksimal yang diperbolehkan pada tiap tiap bahan saluran.

**Tabel 2. 13 Kecepatan Ijin Aliran**

Jenis bahan	Kecepatan ijin aliran (m/dtk)	Jenis bahan	Kecepatan ijin aliran air (m/dtk)
Pasir halus	0,45	Kerikil kasar	1,2
Lempung kepasiran	0,5	Batuan besar	1,5
Lanau alluvial	0,6	Pasangan batu	1,5
Kerikil halus	0,75	Beton	1,5
Lempung kokoh	0,75	Beon bertulang	1,5
Lempung padat	1,1		

(sumber: Hasmar, 2002)

### 2.15.3 Tinggi Jagaan Drainase

Mengacu dari KP-03 saluran air pembuangan primer yang berfungsi mengalirkan air hujan dari wilayah bukansawah dibutuhkan tinggi jagaan ditentukan sebesar 10 cm sampai 40 cm untuk perlindungan terhadap banjir.

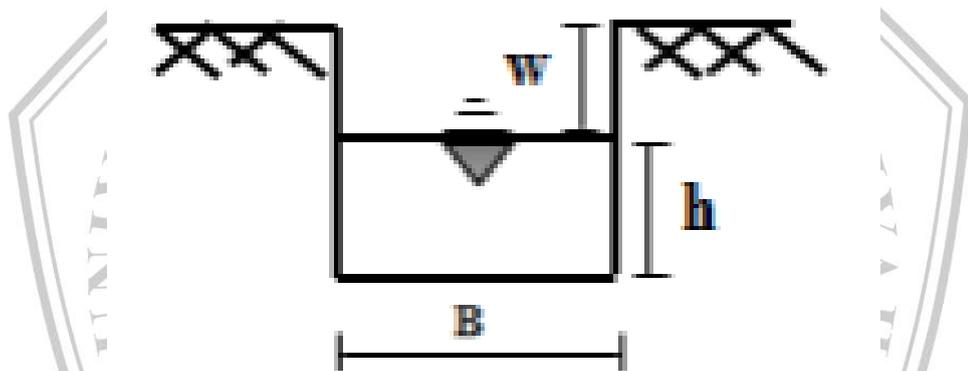
### 2.15.4 Kemiringan Saluran

Kemiringan talut di sudut dasar saluran pembuangan seharusnya sesuai dengan permukaan tanah sekitarnya menerupai dengan ketentuan yang berlaku untuk saluran irigasi. Apabila aliran terjadi rembesan yang besar yang dapat menyebabkan pada sekitar masuk kedalam saluran maka idealnya kemiringan sudut diencanakan lebih landai.

### 2.15.5 Dimensi Saluran

Saluran drainase memiliki beragam jenis dimensi saluran berupa lingkaran, setengah lingkaran, segi empat, trapesium, maupun sebagainya. Dalam perencanaan drainase, dimensi yang paling ekonomis digunakan. Ekonomis di sini berarti saluran mampu mengalirkan debit air maksimum dengan luas penampang basah yang efisien. Beberapa aspek penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan saluran drainase adalah efisiensi hidrolis saluran, kemudahan dalam pembuatan saluran, serta faktor biaya.

### 2.15.6 Tipe Saluran Segi Empat



**Gambar 2.5** Saluran tipe persegi empat

Pada studi ini direncanakan bentuk saluran drainase yang ingin dirancang adalah persegi empat dimana perhitungan saluran drainase penampang segi empat dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$A = b \times h \dots\dots\dots(2.43)$$

$$P = b \times 2 h \dots\dots\dots(2.44)$$

Menentukan kapasitas aliran pada saluran dihitung dengan metode Maning:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.45)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$R = A / P \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana:  $A$  = luas penampang basah ( $m^2$ )

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$P$  = keliling basah (m)

$V$  = kecepatan aliran pada saluran (m/detik)

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

$n$  = koefisien Manning (tabel 2.14)

**Tabel 2. 8** Koefisien Kekasaran Manning ( $n$ ) pada perumahan

Jenis bahan dan Tipe saluran	Nilai $n$		
	Minimum	Normal	Maksimum
Gorong-gorong beton lurus bebas dari sedimentasi	0,01	0,011	0,013
Gorong-gorong beton dengan lengkung serta sedikit sedimentasi	0,011	0,013	0,014
Beton poles	0,11	0,12	0,14
Sal. pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017

(Sumber: Suripin, 2004)