

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perhitungan Jumlah Penduduk

Sebuah daerah akan membutuhkan banyak air bersih karena pertumbuhan penduduknya dan kegiatan tahunan. Sesuai dengan pedoman yang ditetapkan ketentuan untuk perencanaan distribusi air bersih sudah ditentukan oleh departemen pekerjaan umum yang di terbitkan oleh Direktorat Jendral cipta Karya untuk rumah hunian baru harus memiliki air bersih yang cukup untuk 5 orang per unit rumah.

2.2 Penyediaan Air bersih

Menurut PP No. 122 Tahun 2015 tentang sistem penyelenggaraan air minum, sistim penyediaan air bersih adalah sistem yang mendistribusikan air bersih ke wilayah yang dilayani dan langsung terhubung dengan konsumen. Sistem ini mencakup sistem hydrant kebakaran, sistem perpipaan, dan pompa (jika diperlukan). Tujuan dari sistem ini adalah untuk memastikan keamanan air minum yang dihasilkan, serta untuk fasilitas ketersediaan air untuk keberlanjutan:

1. Segmen Air

Infrastruktur dan fasilitas untuk memperoleh dan mengekstraksi air baku meliputi bangunan penyimpanan, struktur pengambilan atau pengeboran, pengukuran, pemetaan, pemompaan, bangunan distribusi, dan peralatan tambahan. Sumber standar air bersih didefinisikan oleh peraturan sebagai air baku.

2. Segmen Produksi

adalah sebuah alat yang mengubah air mentah menjadi air minum melalui sejumlah prosedur fisik, kimia, atau biologis.

3. Segmen Distribusi

Untuk menyediakan air bersih ke segmen layanan gedung penyimpanan air, jaringan distribusi perlu beroperasi dengan lancar.

4. Segmen Pelayanan

Sambungan rumah, hidran pemadam kebakaran, dan hidran umum. Untuk melacak seberapa banyak air yang digunakan selama layanan, meteran air dipasang pada hidran dan sambungan rumah tersebut. Untuk memastikan meteran ini akurat, badan yang berwenang harus memeriksanya secara berkala..

2.3 Sumber Air Bersih

Sumber air bersih di gedung dapat diperoleh dari beberapa sumber, termasuk:

1. Sumber air PDAM

Untuk memenuhi persyaratan air bersih, air yang diperoleh dari PDAM telah melalui pengujian klinis. Selain itu, sumber air PDAM bersifat kontinu, menyediakan air bersih sepanjang waktu. Air ini dapat dipompa ke tangki atap setelah disimpan langsung di tangki air tanah.

2. Sumber air (Sumur Bor)

Mengambil air dari sumur yang dalam ini lebih sulit dibandingkan dengan air tanah yang dangkal. Oleh karena itu, dibutuhkan alat pengeboran untuk memasukkan pipa ke dalam lapisan air (pada kedalaman 100-300 meter).

2.4 Kebutuhan Air

Ketersediaan air di suatu lokasi yang dapat memenuhi kebutuhan penggunanya disebut sebagai permintaan air. Ciri-ciri wilayah layanan memengaruhi seberapa banyak air bersih yang dibutuhkan di sana. Pertumbuhan jumlah penduduk serta kondisi sosial dan ekonomi masyarakat adalah faktor yang memengaruhi penggunaan air. Ada beberapa kegunaan dalam menghitung permintaan air:

1. Kebutuhan Domestik

Air bersih diperlukan untuk tugas rumah tangga sehari-hari seperti minum, memasak, kebersihan pribadi, menyiram tanaman, dan mengalirkan air limbah (Kalensun et al., 2016). Permintaan air domestik ditentukan oleh ukuran populasi dan rata-rata penggunaan air per orang. Saat menentukan kebutuhan air rumah tangga, tren populasi harus diperhatikan. Pertumbuhan populasi di masa depan merupakan salah satu variabel paling penting dalam memperkirakan permintaan air. Menurut SNI 1997, kebutuhan air harian setiap orang harus disesuaikan dengan parameter umum yang tercantum di dalamnya. Kriteria berikut untuk perencanaan air tercantum dalam Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Non Domestik

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		>1.000.000	500.000	100.000	20.000	<20.000
		METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HR	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan (%)	*) 90	90	90	90	**) 70

Sumber : (Jendral Cipta Karya, 1997)

2. Kebutuhan Air Non Domestik

Besaran jumlah kebutuhan air non domestik ditentukan oleh jumlah non domestik yang meliputi intuisi, industri dan sarana umum lainnya seperti rumah sakit, sekolah, sarana ibadah, taman, dan sebagai kebutuhan lainnya. Kebutuhan air non domestik cenderung bertambah seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perubahan penggunaan lahan. Kebutuhan non domestik diasumsikan sebagaimana dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jumlah Kebutuhan Air Non Domestik

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/hari
4	Masjid	3000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
7	Hotel	150	Liter/bed/hari
8	Rumah makan	100	Liter/tempat duduk/hari
9	Kompleks militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
11	Kawasan pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

Sumber : (Jendral Cipta Karya, 1997)

3. Fluktuasi Penggunaan Air

Perubahan jumlah air yang bervariasi di suatu wilayah tertentu yang difungsikan tidak selalu sesuai dengan musim dan aktifitas sosial masyarakat

2.5 Kehilangan Air

Perencanaan untuk pasokan atau distribusi air dikenal sebagai perencanaan kehilangan air. Kebocoran pada instalasi pipa menyebabkan kehilangan air. Kebocoran air dapat disebabkan oleh berbagai hal, termasuk pipa yang usang atau di kontrol secara

baik.

2.6 Sistem Hidrolik Pipa

Air bersih bisa disalurkan melalui beberapa metode, tergantung pada bentuk tanah yang menghubungkan sumber air dengan pengguna. Berikut adalah beberapa cara penyediaan air bersih:

1. Secara gravitasi

Mekanisme Sistem ini diterapkan ketika reservoir berada di ketinggian yang memadai sehingga tidak memerlukan pompa, sebab air bisa mengalir secara alami karena adanya gravitasi.

2. Secara Pompa

Dianggap tidak efisien untuk menggunakan air pada reservoir yang dipompa langsung ke konsumen tanpa terlebih dahulu melewati penyimpanan air karena:

- a. Jika pompa tidak aktif distribusi air tidak berjalan dan tersalurkan pada konsumen.
- b. Ketergantungan penggunaan pompa disertai beban penggunaan meningkat pada jam puncak dapat menjadi lebih mahal untuk pengoperasian secara terus menerus.

Oleh karena itu untuk menekan biaya pengoperasian pompa di bangun tanki untuk menyimpan air dari sumber atau reservoir supaya:

- a. Mempertahankan aliran dan konsumsi air yang seimbang selama periode penggunaan tinggi.
- b. Bertindak sebagai cadangan air yang dapat digunakan dalam situasi darurat seperti kebakaran atau ketika sumber air tidak berfungsi.
- c. Berfungsi sebagai penyeimbang tekanan air. Sistem gabungan

Sistem kombinasi sering digunakan dalam penyediaan air. Keuntungannya adalah

kemampuannya untuk menyimpan air dalam tangki ketika dipompa pada saat permintaan rendah. Akibatnya, air dalam tangki dapat memenuhi kebutuhan distribusi selama periode permintaan air yang tinggi.

2.7 Jaringan Distribusi Air Bersih

(Fauziah et al., 2021) Air diangkut dari waduk ke sambungan rumah konsumen melalui pipa distribusi. Data tentang kondisi topografi wilayah diperlukan untuk menentukan skema atau tata letak perencanaan. Kategori berikut berlaku untuk pola jaringan distribusi:

1. Sistem cabang (Branch)

Bentuk cabang buntu dalam sistem ini, cabang air mengalir dalam satu arah, dengan titik akhir berfungsi sesuai dengan ujung pipa distribusi. Sistem cabang ini biasanya ditemukan di daerah dengan ciri-ciri tertentu seperti:

- a. Pertumbuhan daerah berkelanjutan lebih fleksibel.
- b. topografi lokasi, yang memiliki kemiringan permukaan satu arah.
- c. Tidak terhubung ke sarana transportasi.

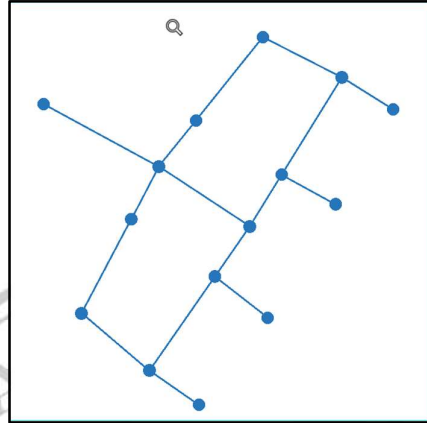
Keuntungan:

- a. Pemasangan pada pipa akan sederhana dengan distribusi jaringan yang lebih linear.
- b. Menentukan diameter pipa menjadi lebih mudah dengan sistem ini.

Kerugian:

- a. Penumpukan sedimen titik akhir pipa, harus sering dilakukan pemeliharaan berkala.
- b. Rusaknya sistem brach dapat menghambat distribusi.
- c. Sistem akan tidak seimbang karena sedikit tekanan pada pipa terjauh.

- d. Tidak dapat mengalirkan pada sambungan baru dengan tekanan air yang ada sebelumnya.



Gambar 2.1 Sistem cabang (Branch)

2. Sistem melingkar (Looping)

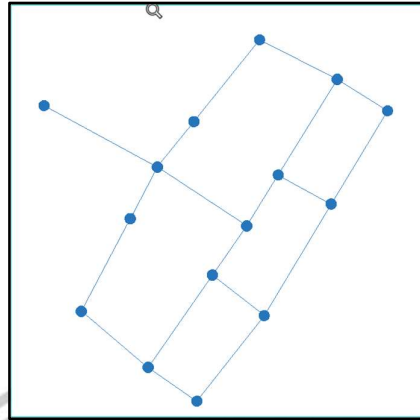
Area layanan dikelilingi oleh pipa utama sistem, yang dibagi menjadi dua bagian yang masing-masing mencakup batas area layanan. Ujung pipa terhubung di akhir jalur pipa.:

Kelebihan:

- a. Distribusi jaringan pipa lainnya tidak terpengaruh oleh pemeliharaan atau kerusakan pada pipa distribusi dalam kasus darurat.
- b. Karena tidak ada titik akhir dalam sistem, kotoran cenderung tidak menumpuk.

kekurangan:

- a. Jaringan pipanya lebih rumit.
- b. Dibutuhkan lebih banyak pipa dibandingkan dengan sistem terbuka.
- c. Harga meningkat karena dibutuhkan banyak pipa.



Gambar 2.2 Sistem Pipa melingkar(Looping).

2.8 Kecepatan Aliran

Jika laju aliran rendah, endapan lumpur tidak dapat mengalir melalui pipa, yang dapat menyebabkan penumpukan dan penyumbatan. disisi lain, laju aliran yang terlalu tinggi dapat merusak pipa. Inilah mengapa persamaan kontinuitas harus digunakan untuk perencanaan laju aliran:

$$Q = A \times V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V \dots\dots\dots(2.1)$$

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

Dik:

Q = debit aliran dalam pipa (m³/s)

V = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

D = diameter pipa (m)

2.8.1 Kehilangan Energi

Kehilangan energi (H_f) di pipa selalu ada dalam perencanaan pipa dan disebabkan oleh dua faktor:

1. Mayor Head Losses

Gesekan air terhadap dinding pipa menyebabkan tekanan energi air di dalam pipa menurun saat mengalir. Kehilangan energi utama dapat dihitung dengan dua cara berbeda, yaitu:

a. Persamaan Darcy Wesbach

$$hf = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.2)$$

keterangan :

hf = kehilangan energi (m)

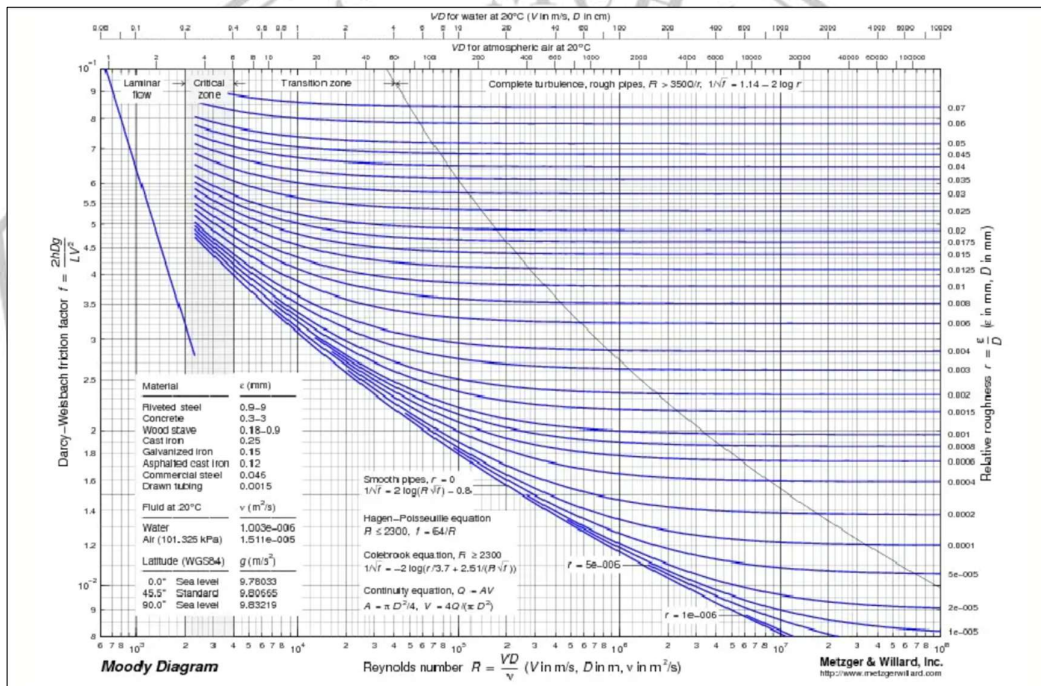
L = panjang pipa (m)

F = koefisien gesekan

g = gravitasi (9,81 m/det²)

V = Kecepatan pada aliran air (m/dtk)

D = diameter pipa (m)



Gambar 2.3 Grafik Moody

b. Persamaan Hazen Williams

Karena bilangan Reynolds tidak berpengaruh pada nilai koefisien kehilangan, rumus dalam persamaan ini hanya dapat digunakan untuk menghitung kehilangan energi pada air.

$$Q = 0.2785 \times CHW \times D^{2.63} \times S^{0.54} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$hf = \frac{Q^{1.85}}{((0.2785 \times D^{2.63} \times C)^{1.855})} L \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan :

h_f = kehilangan energi (m)

C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen William

S = slope atau kemiringan garis ($I = h_f/L$)

Q = debit pada aliran pipa ($m^3 / dtik$)

D = diameter pipa (m)

L = panjang pipa (m)

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

Masalah kehilangan energi yang disebabkan oleh tikungan dan persimpangan pada pipa dapat menghasilkan turbulensi, penyusutan mendadak, dan perluasan mendadak. Rumus seperti berikut dapat digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan kecil:

$$h_l = h_0 + h_b + h_c = \dots\dots\dots(2.5)$$

keterangan :

h_l = Kehilangan tekanan minor (m)

h_0 = Penurunan di bagian penyempitan (m)

h_b = Pengurangan akibat sambungan (m)

h_c = penurunan karena pembesaran (m)

2.9 Reservoir

Reservoir atau tandon air merupakan sebuah tempat yang di rancang untuk menampung air dengan tujuan menyimpan untuk menyeimbangkan antara proses produksi air yang bertujuan untuk memenuhi permintaan produksi air dan pendistribusiannya pembangunan reservoir dapat dilakukan di atas permukaan tanah. umumnya lokasi reservoir yang direncanakan tidak terlalu jauh dari sumber dari jaringan

distribusi air. fungsi utama dari merencanakan reservoir adalah sebagai cadangan air untuk memenuhi kebutuhan pada saat jam puncak dengan kapasitas 20 persen dari kebutuhan maksimum air harian di wilayah tersebut.

2.10 Jenis-Jenis Pipa

Pipa dalam jaringan air bersih memiliki peran penting dalam mengalirkan air bersih kepada pengguna. Jenis pipa distribusi haruslah yang efisien dan ekonomis yang mampu menjaga kualitas air bersih. Jenis pipa distribusi dapat ditentukan berdasarkan material pipa. Terdapat beberapa jenis pipa distribusi yang biasa dipakai, antara lain:

1. Pipa Cast Iron

Pipa CI terbuat dari logam besi yang dapat digunakan diberbagai suhu dan perubahan cuaca. Berdasarkan pada ukuran pipa, mampu menahan tekanan air sampai 240 m dan memiliki diameter 20 hingga 900 mm.

Keunggulan dari pipa Cast Iron adalah:

- Memiliki daya tahan yang lama (bisa mencapai 100 tahun) dengan harga yang terjangkau dan ekonomis.
- Kuat dan tahan terhadap kerusakan.
- Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan.

Kelemahan:

- Resiko korosi cukup tinggi apabila penempatan berada diluar ruangan karena akan terpapar sinar matahari secara langsung.
- Memiliki bobot yang berat apabila berdiameter besar, biasanya pada industri besar.

1. Pipa Asbes (*ACP*)

Kombinasi material yang menyusun pipa ini adalah silika, semen Portland, dan asbes. Pipa yang terbuat dari asbes memiliki daya tahan yang baik terhadap sulfat

serta senyawa kimia lainnya yang ditemukan dalam air tanah. Diameter dari pipa asbes berkisar anatar 100 mm – 500 mm, dengan Panjang standar pipa adalah 3,95 – 5 m.

Keunggulan :

- Ringan dan mudah dioperasikan.
- Dpat menahan asam dan basa.
- Dapat dipotong menjadi beberapa Panjang yang berbeda.

Kekurangan:

- Pipa harus diperlakukan dengan hati-hati karena mudah rapuh.
- Kecenderungan korosi pada lapisan luar.

3. Pipa PVC

Pipa PVC terbuat dari bahan Polyvinyl Chlorida. Pipa PVC dapat bertahan pada cairan asam organik, alkali, garam, dan korosi serta dapat menahan tekanan lebih tinggi. Pipa ini sering dipakai pada drainase bawah tanah, system pembuangan limbah, dan slauran air baik di dalam maupun diluar sistem distribusi.

Keuntungan pipa PVC:

- Permukaan bagian dalam yang halus
- Tidak terjadi adanya karat
- Ringan dan mudah dipindah

Kerugian pipa PVC:

- Tidak dapat menahan panas.
- Angka pemuaian sangat besar dan dapat menyusut jika mengalami perbedaan suhu yang sangat kontras.

- Mudah rusak apabila disambung dengan pipa besi.
- Lemah pada benda yang tajam.

4. Pipa Baja

Pipa baja dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan pipa yang bertekanan tinggi dan berdiameter besar. Pipa baja terbuat dari plat/lembaran baja yang disambung dengan pengelasan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pipa ini memiliki diameter sesuai standar. Lapisan pipa baja biasanya diberi pelindung berupa lapisan semen mortar.

Keuntungan pipa baja:

- Pipa baja memiliki kekuatan lebih
- Dibandingkan pipa CI, pipa ini lebih ringan
- Mudah dalam pemasangan dan penyambungan.

Kekurangan pipa baja:

- Cairan asam dan basa dapat merusak pipa ini dengan lebih cepat
- Jika tidak dilindungi dengan bahan khusus, umur pakai pipa besi antara 25 hingga 30 tahun.

5. Pipa Beton

Pada pipa ini, tidak perlu dikhawatirkan jika terjadi masalah kebocoran apabila digunakan tanpa tekanan, sehingga masalah kebocoran pada pipa ini tidak perlu dikhawatirkan. Pipa beton dapat memiliki diameter hingga 610 mm.

Keunggulan pipa beton:

- Dinding dalam pipa halus dan hanya ada sedikit kehilangan dari fraksi.
- Tidak rentan terhadap karat atau pembentukan lapisan didalamnya.

- Biaya perawatan yang terjangkau

Kelemahan pipa beton:

- Sulit dipindahkan karena pipa ini cukup berat
- Mudah patah Ketika proses pengangkatan
- Perbaikan pada pipa cukup sulit.

2.11 Pengenalan Program WaterNet

Untuk melakukan simulasi jaringan distribusi air digunakan perangkat lunak aplikasi WaterNet. aplikasi ini dirancang untuk mensimulasikan aliran air atau fluida dalam berbagai konfigurasi jaringan pipa, baik sistem cabang (terbuka), tertutup (looping), maupun kombinasi dari keduanya.

Sistem aliran ini dapat berupa aliran grafitasi, menggunakan pompa atau gabungan dari keduanya. perangkat lunak software waternet bersifat interaktif sehingga sangat membantu pengguna dalam memahami proses pembelajaran dan mengurangi resiko kesalahan dalam simulasi skema jaringan pipa.

Tujuan dari penggunaan WaterNet adalah untuk mensimulasikan perencanaan skema jaringan pipa dengan akurat sesuai rencana. Beberapa kemampuan umum dari perangkat lunak WaterNet tercantum di bawah ini.:

1. Di awal Sekilas, tampilan default tampaknya memudahkan pengisian data untuk menu reservoir, titik nodal, tangki, pipa, dan pompa. Agar simulasi jaringan sistem distribusi yang dimaksud terlihat realistis, pengguna dapat memastikan perubahan permintaan air di setiap node. Untuk berbagai macam tempat perencanaan pasokan air, termasuk rumah sakit, bisnis, sekolah, hidran kebakaran, dan lokasi lainnya setiap jam, setiap node dapat dimodifikasi sesuai dengan rencana sebenarnya.
2. Laju aliran dan tekanan dari skema jaringan yang diusulkan dapat langsung

ditentukan oleh node di mana data telah dimasukkan.

3. Jika energi di lokasi nodal telah diidentifikasi, sistem ini mampu menghitung kebutuhan air dari titik tersebut.
4. Pengguna dapat dengan mudah membangun skema jaringan distribusi dengan bantuan menu pengeditan visual interaktif. Selain menempatkan reservoir, pompa, dan tangki, menu ini juga dapat menggambar, mengidentifikasi, dan menghapus arah pipa serta sambungan pipa dalam sistem jaringan.
5. Mengandung katup pengontrol aliran (FCV), katup pengurang tekanan (PRV), katup pengontrol throttling (TCV), dan katup pemutus tekanan (PBV) yang diperlukan untuk jaringan perpipaan.
6. Menu pentingnya tautan memungkinkan jumlah pipa dalam jaringan distribusi diubah dengan melihat kapasitas layanan masing-masing pipa terkait dengan total.
7. Memodifikasi nodal dan pipa yang sesuai peta gambar.
8. Tergantung pada x , y , dan z , panjang pipa dapat dirancang lurus atau melengkung.
9. Dengan menggunakan persamaan daya konstan untuk mengikuti aliran tekanan, sistem operasi pompa dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan. Volume air di tangki atau waktu yang dijadwalkan dapat digunakan untuk mengaturnya.
10. Menu pustaka membantu pengguna menghitung dan menganalisa nilai kekasaran untuk berbagai jenis pipa serta kerugian energi sekunder yang disebabkan oleh tikungan, persimpangan, dan fitur lainnya.

11. Karena hasil perhitungan disajikan secara menyeluruh dalam bentuk grafik atau tabel dengan fitur tambahan, mudah untuk mempelajarinya. Jaringan dapat dengan mudah dimodifikasi lagi jika hasilnya dianggap tidak memadai.
12. Elevasi nodal dapat dirancang sesuai dengan preferensi pengguna dengan menyesuaikan kontur pada peta kontur topografi yang sebenarnya.
13. Rencana dan perhitungan untuk jaringan distribusi air dan cairan dalam pipa jelas sangat dibantu oleh berbagai fasilitas tambahan.

2.12 Drainase

Studi yang mengkaji upaya untuk mengarahkan kelebihan air pada suatu kondisi penggunaan tertentu umumnya disebut sebagai drainase. Definisi ahli tentang drainase mencakup hal-hal berikut:

(Dr. Ir. Suripin, 2004) "Drainase adalah pembuangan massa air secara alami atau buatan dari permukaan atau di bawah permukaan suatu tempat." Drainase umumnya dipahami sebagai kumpulan struktur air yang berfungsi untuk meminimalkan dan/atau menghilangkan kelebihan air dari suatu wilayah atau lahan, sehingga properti tersebut dapat digunakan seefisien mungkin.

Definisi lain dari drainase adalah upaya untuk mengatur salinitas dan kualitas air tanah. Dari sudut pandang yang berbeda, drainase adalah bagian dari infrastruktur publik perkotaan yang bertujuan menciptakan kehidupan kota yang bersih, sehat, aman, dan nyaman. Berikut adalah beberapa tujuan dari drainase:

1. Menguras genangan air untuk mencegah penumpukan air tanah.
2. Menurunkan kadar air tanah ke tingkat optimal.

3. Mengelola bangunan yang ada, kerusakan jalan, dan erosi tanah.
4. Membatasi curah hujan yang berlebihan untuk menghindari banjir katastrofik.

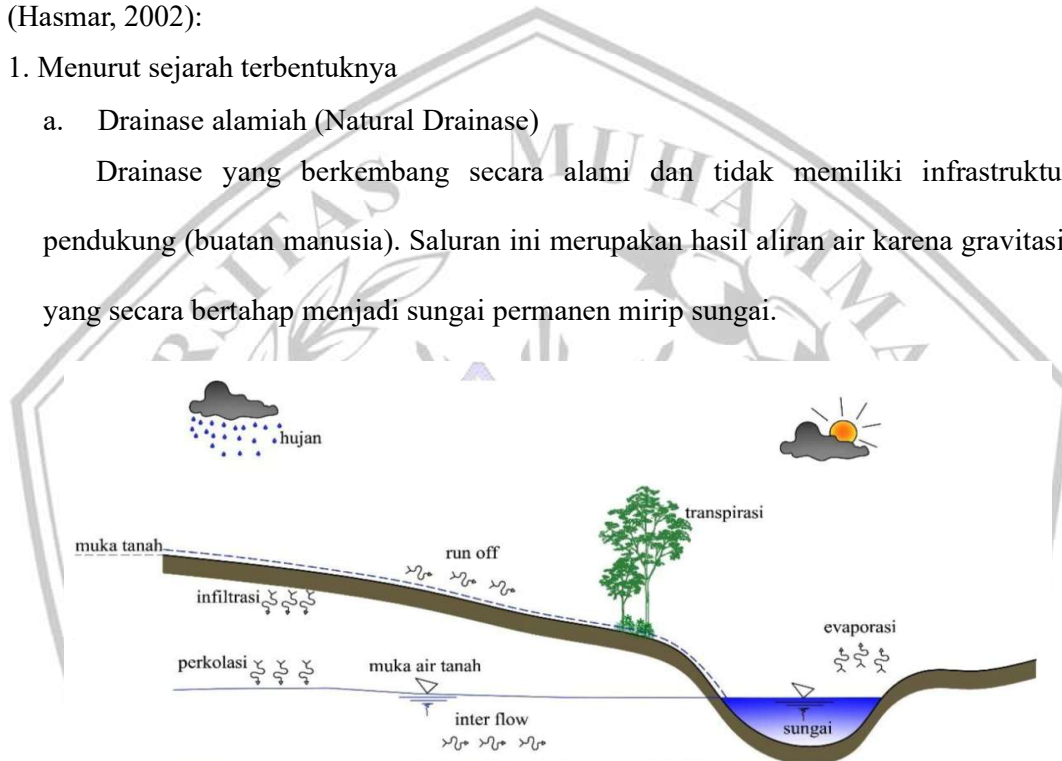
2.12.2 Jenis Drainase

Sistem drainase terbagi menjadi beberapa kategori melihat cara terbentuknya (Hasmar, 2002):

1. Menurut sejarah terbentuknya

a. Drainase alamiah (Natural Drainase)

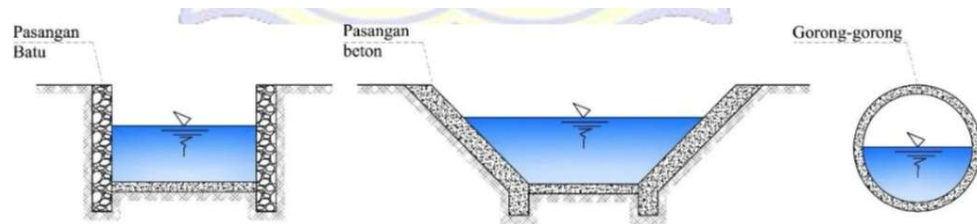
Drainase yang berkembang secara alami dan tidak memiliki infrastruktur pendukung (buatan manusia). Saluran ini merupakan hasil aliran air karena gravitasi, yang secara bertahap menjadi sungai permanen mirip sungai.



Gambar 2.4 Drainase Alamiah Pada Selules Air

b. Drainase buatan

Drainase yang berkembang secara alami dan tidak memiliki infrastruktur pendukung (buatan manusia). Saluran ini merupakan hasil aliran air karena gravitasi, yang secara bertahap menjadi sungai permanen mirip sungai.



Gambar 2.5 Drainase Buatan

2. Menurut letak bangunan

a. Drainase di permukaan.

Sebuah parit drainase di atas tanah yang mengarah dari limpasan permukaan.

b. Drainase di bawah permukaan.

Drainase di alirkan melewati bagian bawah tanah, (pipa) untuk berbagai alasan termasuk pertimbangan estetika atau fungsi permukaan yang melarang saluran di permukaan tanah, seperti lapangan sepak bola, bandar udara, taman, dan sebagainya.

3. Menurut kegunaan

a. Single fourse

Itu adalah saluran yang di fungsikan untuk mengalirkan satu jenis air limbah, misalnya air hujan, sementara jenis air limbah lainnya seperti limbah domestik, limbah industri, dan lain-lain berbeda.

b. Multi-purpose

Ini adalah saluran yang berfungsi untuk mengalirkan berbagai jenis air limbah, baik campuran maupun secara bergantian.

4. Menurut konstruksi

a. Saluran terbuka

Jenis saluran ini ditemukan di area yang cukup luas yang tidak membahayakan kesehatan orang atau lingkungan.

a. Saluran tertutup

Saluran itu biasanya digunakan untuk saluran di pusat kota atau untuk air kotor, yaitu air yang menimbulkan risiko kesehatan atau lingkungan. Perencanaan Saluran Drainase

2.12.3 Debit Hujan

Rumus rasional atau hidrograf satuan dapat digunakan untuk menghitung debit hujan pada saluran drainase di area metropolitan. Standar yang sudah ditetapkan, seperti periode ulang dan metode analisis yang digunakan, tinggi rancangan, konstruksi saluran, dan lainnya, dapat diterapkan saat merencanakan saluran drainase.

Tabel 2.3 Kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode perhitungan debit hujan
< 10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 – 20	Rasional
> 500	10 – 25	Hidrograf satuan

Sumber: (Dr. Ir. Suripin, 2004)

2.13 Periode Ulang dan Analisis Frekuensi

Periode kembalinya adalah periode perkiraan di mana curah hujan dengan jumlah tertentu akan sama dengan atau melebihi jumlah tersebut. Interval peristiwa atau waktu kembali yang digunakan menentukan berapa banyak air hujan yang mengalir ke infrastruktur drainase. Probabilitas kerusakan berkurang dengan memilih aliran dengan periode kembali yang panjang, yang menunjukkan aliran curah hujan yang deras; namun, biaya pembangunan untuk menampung aliran deras meningkat. Sebaliknya, aliran dengan periode kembali yang terlalu singkat dapat menghemat biaya pembangunan sekaligus meningkatkan risiko kerusakan akibat banjir..

Frekuensi curah hujan, di sisi lain, adalah probabilitas bahwa ambang curah hujan tertentu akan tercapai atau terlampaui. Ada 4 jenis distribusi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi dan berbagai bentuk distribusi frekuensi dalam statistik, termasuk:

Tabel 2.4 menampilkan nilai variabel reduksi Gaussian beserta nilai K_T .

Tabel 2.4 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

(Sumber: Bonnier, 1980 dalam Suripin, 2004)

a. Distribusi Normal

Distribusi Gaussian adalah nama lain dari distribusi normal. Persamaan distribusi

normal dapat diungkapkan dengan cara yang sederhana sebagai berikut:

Dengan:

$$X_T = X_{rt} + k \cdot S \dots\dots\dots(2.6)$$

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

X = nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang.

$$X_{rt} = \text{nilai rata-rata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \dots\dots\dots(2.7)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum \text{Log } X_i - \text{Log } X_{irt})^2}{n-1}} = \dots\dots\dots(2.8)$$

b. Distribusi Log Normal

X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi normal. Salah satu cara untuk menyatakan persamaan distribusi log normal adalah sebagai berikut:

$$\text{Log} = \text{Log } X_{rt} + k \cdot S \text{ Log } X = \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Log } X_{rt} = \text{nilai rata-rata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \dots\dots\dots(2.10)$$

$$S_d = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum \text{Log } X_i - \text{Log } X_{irt})^2}{n-1}} = \dots\dots\dots(2.11)$$

K = Variable reduksi Gauss

c. Distribusi Log-Person III

Persamaan distribusi Log-Person III hampir sama dengan persamaan distribusi Log

Normal, yaitu sama-sama mengkonversi ke dalam bentuk logaritma.

$$\text{Log} = \text{Log}X_{rt} + k \cdot S \text{Log}X = \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{Log } X_{rt} = \text{nilai rata-rata dari} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Sd = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum \text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2}{n-1}} = \dots\dots\dots(2.14)$$

$$C_s = \text{Koefisien kemencengan} = \frac{n \sum (\text{loglog } K_{rt} - \text{loglog } k)^3}{(n-1)(n-2)S \text{log}^3} = \dots\dots\dots(2.15)$$

Koefisien kelangsingan G menentukan besar nilai K_T . Nilai K_T untuk berbagai nilai kelangsingan G ditampilkan dalam Tabel 2.5. Distribusi kembali ke distribusi Log Normal jika nilai G adalah 0.

Tabel 2.5 Nilai K_T untuk Distribusi Log-Person III

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.977	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.328	3.828	5.110
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-0.164	0.758	1.400	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.180	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.318	1.880	2.261	2.615	2.949	3.677
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-0.170	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	0.170	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	3.950
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.678
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.134	2.209	2.220	2.540
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400

Sumber: (Kustamar, 2019)

d. Distribusi Gumbel

Persamaan distribusi Gumbel memiliki bentuk sebagai berikut:

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

Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung besarnya faktor frekuensi:

Dengan:

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

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

K = faktor frekuensi dari periode ulang dan jenis frekuensi Rumus perhitungan untuk faktor metode Gumbel, sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \dots \dots \dots (2.19)$$

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)

Tabel 2. 6 Hubungan Reduced Mean dengan Besarnya Sampel (Yn)

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 2.7 Hubungan Reduced Standard Deviation dengan Besarnya Sampel (S_n)

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 2.8 *Reduced variate* (Y_{Tr})

Periode Ulang	Reduced Variate	Periode Ulang	Reduced Variate
Tr (tahun)	Y_{Tr}	Tr (tahun)	Y_{Tr}
2	0,37	100	4,6
5	1,5	200	5,3
10	2,25	250	5,52
20	2,97	500	6,21
25	3,2	1000	6,91
50	3,9	5000	8,52
75	4,31	10000	9,21

Sumber: (Dr. Ir. Suripin, 2004)

Sebelum menggunakan salah satu distribusi yang disebutkan sebelumnya untuk menganalisis data curah hujan, distribusi yang tepat harus dipilih menggunakan parameter statistika. Di antara parameter-parameter tersebut adalah:

Tabel 2.9 Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis distribusi frekuensi	Syarat distribusi
Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s > 0$ dan $C_k > 3$
Distribusi Gumbel	$C_s = 1,139$ dan $C_k = 5,402$
Distribusi Log-Person III	C_s antara $0 - 0,9$

Sumber: (Dr. Ir. Suripin, 2004)

2.13.1 Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk mengevaluasi kelayakan dan memastikan apakah metode frekuensi yang dipilih sesuai, dilakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi. Uji Kolmogorov-Smirnov dan uji Chi-Square adalah dua uji yang digunakan untuk pengujian kesesuaian distribusi (Triatmodjo 200). Metode Chi-Square dan metode Kolmogorov-Smirnov adalah dua teknik yang digunakan untuk melakukan uji kesesuaian distribusi.

1. Uji Smirnov Kolmogrof

Untuk Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan dalam pengujian kesesuaian pada data curah hujan untuk menegaskan validitas sebuah hipotesis. Uji ini dapat sebagai acuan penentuan distribusi sesuai atau tidak, serta apakah hipotesis diterima atau harus ditolak. (Kustamar, 2019).

Langkah-langkah yang dilakukan dalam Uji Smirnov Kolmogrof adalah sebagai berikut:

- 1) Data curah hujan disusun menaik dari yang terendah ke yang tertinggi.
- 2) Hitung peluang dari hasil pemetaan data masing-masing.

- 3) Dari hasil perhitungan peluang tersebut dengan yang teoritis, ditentukan selisih terbesar.
- 4) Nilai D_0 ditentukan dari tabel nilai kritis (Smirnov Kolmogorof), hipotesis diterima jika nilai D lebih besar dari nilai D_0 , dan sebaliknya hipotesis ditolak jika nilai D lebih kecil dari nilai D_0 .

Tabel 2.10 Nilai kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat kepercayaan (α)			
	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	1,07	1,22	1,36	1,63
	$N_{0,5}$	$N_{0,5}$	$N_{0,5}$	$N_{0,5}$

Sumber: (Kustamar, 2019)

2. Uji Chi-Kuadrat

Tujuan dari uji Chi-Kuadrat adalah untuk memastikan apakah distribusi sampel yang telah dianalisis dapat digambarkan oleh jenis distribusi yang telah dipilih. Pada rumus berikut ini dapat digunakan untuk melakukan uji kesesuaian distribusi Chi-Kuadrat:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana:

Xh^2 = parameter Chi-Square

O_i = frekuensi yang diharapkan(jumlah pengamatan), berdasarkan kategori

pembagian.

E_i = frekuensi yang terlihat pada kategori serupa

Berikut tahapan yang dapat dilakukan dalam Uji Chi-Kuadrat:

- 1) Menyusun data dari yang terbesar ke terkecil atau sebaliknya
- 2) Membagi data ke beberapa subkelompok, yang masing-masing grup minimal 4 pengamatan
- 3) Data pengamatan dijumlahkan sebesar O_i pada tiap sub-grup
- 4) Jumlah dari persamaan distribusi ditentukan jumlahnya sebesar E_i

Kemudian dari perhitungan tersebut dapat diartikan:

- 1) Persamaan distribusi teoritis diterima dan sesuai apabila probabilitasnya lebih tinggi dari 5%.
- 2) Persamaan distribusi ditolak, apabila peluang lebih kecil dari 1%.
- 3) Diperlukan penambahan data, jika peluang berada diantara 1 sampai 5%, sehingga keputusan tidak dapat diambil.



Tabel 2.11 Nilai Distribusi Chi-Square Kritis

dk	0.995	0.975	0.950	0.900	0.500	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.001
1	0.000	0.000	0.005	0.016	0.455	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879	10.828
2	0.010	0.051	0.104	0.211	1.386	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597	13.816
3	0.072	0.216	0.339	0.584	2.366	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838	16.266
4	0.207	0.484	0.677	1.064	3.357	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860	18.467
5	0.412	0.831	1.091	1.610	4.351	9.236	11.070	12.832	15.086	16.750	20.515
6	0.676	1.237	1.559	2.204	5.348	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548	22.458
7	0.989	1.690	2.071	2.833	6.346	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278	24.322
8	1.344	2.180	2.617	3.490	7.344	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955	26.124
9	1.735	2.700	3.189	4.168	8.343	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589	27.877
10	2.156	3.247	3.786	4.865	9.342	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188	29.588
11	2.603	3.816	4.403	5.578	10.341	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757	31.264
12	3.074	4.404	5.037	6.304	11.340	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300	32.910
13	3.565	5.009	5.687	7.042	12.340	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819	34.528
14	4.075	5.629	6.349	7.790	13.339	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319	36.123
15	4.601	6.262	7.024	8.547	14.339	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801	37.697
16	5.142	6.908	7.709	9.312	15.338	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267	39.252
17	5.697	7.564	8.404	10.085	16.338	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718	40.790
18	6.265	8.231	9.109	10.865	17.338	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156	42.312
19	6.844	8.907	9.822	11.651	18.338	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582	43.820
20	7.434	9.591	10.542	12.443	19.337	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997	45.315
21	8.034	10.283	11.269	13.240	20.337	29.615	32.670	35.479	38.932	41.401	46.797
22	8.643	10.982	12.002	14.042	21.337	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796	48.268
23	9.260	11.688	12.741	14.848	22.337	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181	49.728
24	9.886	12.401	13.487	15.659	23.337	33.196	36.415	39.364	42.980	45.558	51.179
25	10.520	13.120	14.238	16.473	24.337	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928	52.620
26	11.160	13.844	14.993	17.292	25.336	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290	54.052
27	11.808	14.573	15.753	18.114	26.336	36.741	40.113	43.194	46.963	49.645	55.476
28	12.461	15.308	16.518	18.939	27.336	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993	56.892
29	13.121	16.047	17.287	19.768	28.336	39.088	42.557	45.722	49.588	52.336	58.301
30	13.787	16.791	18.060	20.599	29.336	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672	59.703
31	14.458	17.539	18.837	21.434	30.336	41.422	44.985	48.232	52.191	55.003	61.098
32	15.134	18.291	19.618	22.271	31.336	42.585	46.194	49.480	53.486	56.329	62.487
33	15.815	19.047	20.401	23.110	32.336	43.745	47.400	50.725	54.776	57.649	63.870
34	16.501	19.806	21.188	23.952	33.336	44.903	48.602	51.966	56.061	58.964	65.247
35	17.192	20.569	21.978	24.797	34.336	46.059	49.802	53.203	57.342	60.275	66.619
36	17.887	21.336	22.772	25.643	35.336	47.212	50.998	54.437	58.619	61.582	67.985
37	18.586	22.106	23.568	26.492	36.335	48.363	52.192	55.668	59.892	62.884	69.346
38	19.289	22.878	24.366	27.343	37.335	49.513	53.384	56.896	61.162	64.182	70.703
39	19.996	23.654	25.168	28.196	38.335	50.660	54.572	58.120	62.428	65.476	72.055
40	20.707	24.433	25.972	29.051	39.335	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766	73.402

Sumber: (Soewarno, 1995)

2.13.2 Intensitas Hujan

Kedalaman hujan per satuan waktu atau intensitas hujan keduanya tinggi. Salah satu ciri hujan yang sering terjadi adalah cenderung lebih intens semakin singkat durasinya dan semakin lama waktu untuk kembali. Mononobe mengembangkan formula berikut jika data curah hujan yang diketahui terbatas pada curah hujan harian.:

Dimana:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.21)$$

R24 = curah hujan terbesar harian (selama 24 jam)(mm)

I = intensitas curah hujan

Tc = lama waktu konsentrasi

2.13.3 Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu yang diperlukan bagi air untuk mengalir dari titik terjauh lokasi aliran ke titik kontrol hilir di sebuah sungai tertentu (Dr. Ir. Suripin, 2004):

$$T_c = \left(\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0.385} = \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana: **S** = kemiringan saluran

L = Panjang saluran

Waktu yang dibutuhkan air untuk bergerak dari titik masuk ke titik keluar (td) dan lama waktu yang perlukan air untuk bergerak melintasi permukaan tanah sampai mencapai saluran terdekat (to) adalah dua kategori yang dibagi Wesli (2008) dalam perhitungan waktu konsentrasi:

$$t_c = t_d + t_o = \dots\dots\dots(2.23)$$

sebagaimana:

Inlet Time (to)

$$(t_o) = \left(\frac{2}{3} \right) 3,28 \cdot L \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{s}} \right) = \dots\dots\dots(2.24)$$

Conduit Time (td) :

$$(td) = \frac{L_s}{60 \times V} = \dots\dots\dots(2.25)$$

keterangan:

tc = waktu konsentrasi (jam)

to = waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran

terdekat (Inlet time), (minute)

t_d = Conduit time, durasi untuk mengalir dalam saluran ketempat yang 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 maniiing.

Keadaan saluran yang dilalui oleh waktu konduksi (t_d) menentukan nilainya.

Dengan menyesuaikan aliran sesuai dengan kekasaran dinding saluran menggunakan koefisien kekasaran Manning, Chezy, atau lainnya, waktu konduksi (t_d) untuk saluran alami—di mana sifat hidrauliknya tidak dapat ditentukan secara tepat—dapat diperkirakan.

Tabel 2. 12 Kemiringan Saluran dari Kecepatan rerata saluran

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

Sumber: (Wesli, 2015)

Grafik monogram digunakan untuk menghitung nilai (t_o), dan pendekatan coba-coba digunakan untuk menghitung nilai (t_d). Rumus berikut digunakan untuk mengatur nilai (t_d) yang ditemukan melalui percobaan dan kesalahan:

$$t_d = L / V \dots\dots\dots (2.26)$$

Dengan :

L = Panjang saluran (m)

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

2.13.4 Koefisien Pengaliran

Rasio aliran permukaan puncak terhadap intensitas hujan dikenal sebagai koefisien aliran permukaan. Laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, vegetasi penutup tanah, dan intensitas hujan adalah elemen utama yang memengaruhi koefisien ini. Faktor ini juga bergantung pada air tanah, kerapatan tanah, porositas tanah, penyimpanan cekungan, serta karakteristik dan kondisi tanah. Tabel di bawah ini menampilkan nilai koefisien aliran permukaan:

Tabel 2.13 Koef. Aliran Untuk Metode Rasional

Diskripsi lahan / karakter	Koefisien aliran , C
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggirin	0,50 – 0,70
Perumahan	
Rumah tunggal	0,30 – 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
Perkampungan	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Ringan	0,50 – 0,80
Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar, 2%	0,05 – 0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10 – 0,15
Curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman, tanah berat	
Datar, 2%	0,13 – 0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
Curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10 – 0,40
Bergelombang, 5-10%	0,25 – 0,50
Berbukit, 10-30%	0,30 – 0,60

(Sumber: McGuen, 1989 dalam Suripin, 2004)

2.13.5 Analisa Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rencana dianggap sebagai debit maksimum saat hujan maksimum, menurut Dr. Ir. Supirin (2004). Rumus logis berikut dapat digunakan untuk menentukan besarnya debit rencana::

$$Q = 0.278 C.I. A \dots\dots\dots(2.27)$$

$$Q = C.I. A \dots\dots\dots(2.28)$$

Di mana:

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

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

C = Koefisien Pengairan

I = intensitas curah (mm /jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

2.14 Analisa Hidraulika

Tujuan dari analisis hidrolis adalah untuk memahami sifat permukaan air di saluran dengan atau tanpa aliran keluar, serta untuk mendesain gambar, bentuk saluran drainase, dimensi, dan sistem jaringan drainase. Tujuan memahami aliran desain suatu area adalah untuk mengelola kelebihan air akibat debit banjir selama periode kembalinya yang diantisipasi sebagai pengendalian banjir. Metode pengumpulan data yang tepat diperlukan untuk membantu proses analisis mencapai desain yang sesuai..

2.14.1 Tipe Aliran

Aliran ini dapat dibagi menjadi berbagai kategori sesuai dengan perubahan kedalaman aliran yang terjadi di saluran terbuka seiring waktu dan ruang:

1. Aliran seragam adalah kondisi aliran di suatu saluran di mana kedalamannya sama di setiap penampang.
2. Dalam saluran terbuka, aliran variabel terjadi ketika kedalaman aliran bervariasi. Bergantung pada lamanya waktu, jenis aliran dapat dibagi menjadi dua kategori.

Tergantung pada berapa lama waktu yang dibutuhkan, alur dapat dibagi menjadi dua kategori:

1. Aliran tetap adalah keadaan aliran di sebuah saluran ketika parameter air seperti kedalaman, kecepatan, dan debit tidak berubah seiring waktu.
2. Aliran di sebuah kanal dengan variabel air yang berfluktuasi dikenal sebagai aliran tidak tetap.

Aliran drainase dianggap sebagai aliran seragam dalam skenario perencanaan ini. Berdasarkan pertimbangan teknis, debit dianggap konstan sepanjang saluran lurus dalam beberapa masalah aliran seragam, yang menunjukkan bahwa aliran bersifat kontinu. Persamaan kontinuitas kemudian digunakan untuk menghitung debit:

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots (2.29)$$

dengan:

A = luas penampang drainase

V = kecepatan aliran

2.14.2 Kecepatan Aliran

Untuk mencegah erosi, deposisi, atau sedimentasi yang mengurangi kapasitas saluran, kecepatan aliran harus memenuhi sejumlah persyaratan. Secara khusus, kecepatan minimum tidak boleh kurang dari atau lebih dari kecepatan maksimum, yang ditentukan oleh bahan dan jenis bahan yang digunakan dalam perencanaan.

2.14.3 Tinggi Jagaan Saluran

Mengacu pada standar KP-03, untuk saluran primer yang menangani limpasan dari kawasan non-pertanian, tinggi jagaan yang dianjurkan adalah antara 10 hingga 40 cm, sebagai langkah pengamanan terhadap potensi banjir.

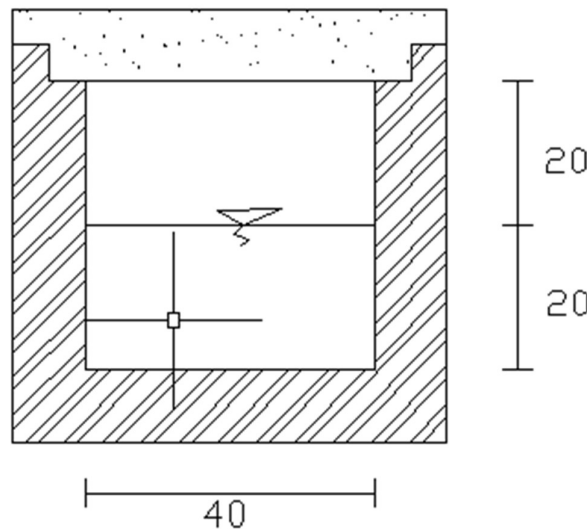
2.14.4 Kemiringan Saluran

Geografi wilayah tersebut harus dipertimbangkan saat menyesuaikan kemiringan dasar saluran. Untuk menghindari kerusakan, kemiringan harus dibuat lebih landai jika ada kemungkinan tinggi rembesan dari lingkungan sekitar ke dalam saluran. Kemiringan sebaiknya dibuat lebih landai jika terdapat rembesan yang cukup yang memungkinkan daerah sekitarnya masuk ke dalam saluran..

2.14.5 Dimensi Saluran

Saluran drainase dapat memiliki berbagai bentuk, seperti lingkaran, setengah lingkaran, segi empat, atau trapesium. Pemilihan bentuk tergantung pada efisiensi dan ekonomi. Dimensi yang optimal adalah yang mampu mengalirkan debit maksimum dengan penampang basah minimal, memperhitungkan efisiensi hidraulik, kemudahan konstruksi, dan biaya.

2.14.6 Tipe Saluran Segi Empat.



Gambar 2.6 Saluran tipe persegi empat.

Pada studi ini saluran direncanakan memiliki penampang persegi empat rumus yang di gunakan untuk menghitung luas dan keliling basah menggunakan persamaan dibawah ini:

$$A = b \times h \dots\dots\dots(2.30)$$

$$P = b \times 2 h \dots\dots\dots(2.31)$$

Menentukan kapasitas aliran pada saluran dihitung dengan metode Manning:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.32)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$R = A / P \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana: A = luas penampang basah (**m²**)

R = jari-jari hidrolik (m)

P = keliling basah (m)

V = kecepatan aliran pada saluran (m/detik)

Q = debit (**m³** /dtk)

n = koefisien manning (tabel 2.14)

Tabel 2.14 Nilai Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,01
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,03
Saluran dengan dasar batu dan tebing	0,04
Saluran pada galian batu padas	0,04

Sumber: (Triatmodjo Bambang, 2008)