

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perhitungan Jumlah Penduduk

Perekembangan penduduk disuatu wilayah dalam kedepannya menjadi salah satu elemen penting karena keterkaitannya dengan kebutuhan air bersih pada waktu kedepannya. Dengan semakin tingginya jumlah penduduk dan aktivitas yang dilakukan setiap tahun, air bersih yang dibutuhkan di suatu wilayah juga akan tinggi. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya, untuk perencanaan kebutuhan air bersih dihitung 5 orang per rumah pada perumahan baru.

2.2 Prinsip Dasar Distribusi Air Bersih

Air merupakan sumber kebutuhan makhluk hidup yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Air merupakan salah satu sarana utama dalam meningkatkan kesehatan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 air harus memenuhi standar kualitas tertentu untuk menjaga kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan. Mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air merupakan fungsi terpenting dari sistem penyediaan air bersih. System tersebut dibuat dimaksudkan agar air bersih dapat disuplai kepada konsumen dengan jumlah yang cukup.

Sistem distribusi air bersih bertujuan untuk mendistribusikan air bersih dari suatu sumber ke titik outlet (keluaran) yang dibuat baik didalam maupun diluar bangunan. Sistem ini penting dilakukan guna memenuhi kebutuhan akan air yang aman dikonsumsi. Dalam penyediaan air bersih terdapat beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan seperti kualitas air yang akan disalurkan, jenis system yang digunakan, pencegahan pencemaran air, laju kecepatan aliran dan tekanan air. Sistem jaringan pipa merupakan komponen utama dari sistem ini. Namun kemungkinan jaringan pipa dapat mengalami masalah seperti kebocoran, terjadinya kerusakan pipa atau komponen lainnya, besar hilangnya energi dan penurunan tingkat pelayanan penyediaan air bersih untuk konsumen.

2.2.1 Sumber Air Bersih

Sumber air dapat diartikan sebagai tempat atau wadah air yang terbentuk alami maupun buatan yang berada di atas permukaan atau dibawah tanah. Berdasarkan siklus daur hidrologi, pada masing-masing jenis sumber air terdapat karakteristik spesifik. Air bersih pada bangunan bisa didapatkan dari berbagai lokasi, yaitu:

1. Sumber Air PDAM

Air bersih PDAM telah melalui proses klinis yang memenuhi standar kebutuhan air bersih. Selama 1 hari penuh, sumber air ini bersifat konstan yang mampu memasok kebutuhan air bersih. Air tersebut bisa disimpan dalam bak penampung air bersih yang dikenal sebagai *Clear Water Tank* atau *Ground Water Tank*.

2. Sumber Air Sumur (Deep Well)

Sumber air yang diambil dari dalam tanah akan ditempatkan kedalam tangki air baku (*raw water tank*) yang kemudian diolah dan di instalasi (*water treatment plant*) dan selanjutnya akan dialirkan ke dalam bak penampung air atau tangki air bawah, dengan menggunakan pompa transfer air akan dialirkan ke tangka air atap.

2.2.2 Jenis Sumber Air

Berbagai jenis sumber air yang dapat digunakan sebagai sumber air berasal dari siklus daur hidrologi. Sumber mata air dapat dibagi menjadi beberapa kelompok seperti berikut:

1. Air Laut

Air laut mengandung garam yang memberikan rasa asin. Kadar garam NaCl yang terkandung sekitar 3%. Jika dijadikan sebagai air bersih, dalam kondisi tersebut air laut tidak memenuhi syarat.

2. Air Atmosfir (Air Hujan)

Air hujan bersifat bersih dan murni pada awalnya, namun karena adanya pencemaran udara dari aktivitas industri dan factor lainnya menyebabkan hujan tersebut ikut tercemar. Apabila akan menjadikan air hujan sebagai air bersih sebaiknya tidak dilakukan saat awal hujan turun karena pada saat itu masih terdapat polutan.

3. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir dipermukaan tanah. Air yang mengalir di permukaan tanah ini terdiri dari :

1) Air Sungai

Air sungai sebagai air bersih yang akan dikonsumsi harus melalui pemeriksaan terlebih dahulu, karena semakin banyaknya limbah yang tercemar pada aliran sungai pada saat ini.

2) Air Rawa/Danau

Rawa atau danau memiliki jumlah volume air yang besar yang berbentuk cekungan di atas tanah baik secara alami maupun buatan.

4. Air Tanah

Air dari dalam tanah merupakan air yang memiliki rongga-rongga dalam lapisan geologi. Terdapat dua jenis air yaitu air tanah dalam dan air tanah dangkal dengan karakteristik sebagai berikut:

1) Air Tanah yang Dangkal

Air yang terbentuk karena diserap dari permukaan tanah. Memiliki kedalaman air tanah dangkal sekitar ± 15 m. Meskipun kualitas air tanah cukup baik sebagai sumber air bersih, akan tetapi dari kapasitasnya bergantung pada musim-musim tertentu

2) Air Tanah yang Dalam

Pengambilan air pada tanah dalam berbeda dengan air pada tanah dangkal. Untuk keperluan ini diperlukan alat bor dan pipa yang dimasukkan kedalam tanah sepanjang 100 – 300 meter dibawah permukaan tanah. Apabila tekanan air sangat tinggi maka akan terjadi semburan dari dalam tanah (artesis).

3) Sumber Mata Air

Mata air merupakan air yang muncul tanpa tergantung waktu tertentu dan secara alami muncul ke permukaan.

2.2.3 Standar Kualitas Air

Air minum yang berkualitas baik harus memiliki kondisi yang jernih, tidak berwarna, tanpa rasa, dan bebas dari bau. Air bersih juga tidak seharusnya mengandung zat kimia yang dapat berpengaruh pada tubuh. Untuk mengatasi hal

tersebut maka dibuat standar kualitas air yang merupakan suatu petunjuk tentang konsentrasi air agar tujuan pengolahan air bersih dapat tercapai. Standar kualitas air berbeda di setiap daerah yang sesuai dengan keadaan sosial dan kemajuan teknologi. Berikut ini merupakan parameter-parameter yang berlaku:

1. Parameter Fisik

Faktor fisik yang perlu dipahami agar dapat dipakai sebagai air bersih untuk pengolahan selanjutnya yang meliputi bau, rasa, suhu, tingkat kekeruhan, serta jumlah zat yang terlarut.

2. Parameter Kimia

Parameter kimia juga harus diperhatikan dalam standar kualitas air. Pada pengolahan selanjutnya, sifat kimia dalam air yang dijadikan sebagai sumber air bersih perlu di analisa baik organik maupun anorganik.

1) Kimia Organik

Zat kimia organik yang perlu diteliti mencakup senyawa organik, deterjen, Chloroform (CHCl_3), dan juga parameter mikrobiologi.

2) Kimia Anorganik

Aspek kimia anorganik meliputi Air Raksa (Hg), Aluminium (Al), Arsen (As), Barium (Ba), Besi (Fe), Fluorida (F), Cadmium (Cd), Khlorida (Cl), Mangan (Mn), dan pH (tingkat keasaman).

2.3 Siklus Hidrologi

Air secara alami bergerak dari area yang tinggi menuju area yang lebih rendah. Aliran air bergerak di permukaan tanah dan juga didalam lapisan tanah. Siklus hidrologi merupakan proses dimana air terus berputar antara atmosfer dan bumi, kemudian kembali ke atmosfer melalui transpirasi, penguapan, kondensai, dan presipitasi (Salsabila & Nugraheni, 2020). Terdapat beberapa langkah dalam siklus hidrologi antara lain adalah sebagai berikut:

1. Proses evaporasi yang merupakan perubahan bentuk air menjadi gas atau disebut awan. Perubahan bentuk air dari macam-macam air seperti danau, laut samudra dan juga termasuk air yang terkandung di dalam tumbuhan yang menguap pada saat matahari menyinari bumi.

2. Uap air yang dihasilkan dari hasil pemanasan akibat penguapan, bergerak ke daratan karena angin yang tertiup. Kemudian pemanasan tersebut menyebabkan terbentuknya awan.
3. Terbentuknya awan pada ketinggian tertentu yang kemudian jatuh dalam bentuk hujan diatas permukaan daratan bumi. Air hujan yang jatuh akan masuk terlebih dahulu ke sungai kemudian ke laut dan selanjutnya juga meresap ke dalam tanah yang menjadi air tanah untuk kembali mengalami siklus hidrologi.

2.4 Kebutuhan Air

Ketersediaan air pada suatu daerah berhubungan dengan besarnya kebutuhan air pada daerah tersebut. Besarnya air bersih yang diperlukan untuk suatu wilayah layanan dipengaruhi oleh karakteristik wilayah tersebut. Kebutuhan air ini dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk penggunaan air, kondisi sosial dan ekonomi penduduk, serta pertumbuhan penduduk. Kebutuhan air dapat diperhitungkan untuk berbagai macam tujuan:

2.4.1 Kebutuhan Domestik

Perhitungan tentang kebutuhan domestik didasarkan pada jumlah penghuni dan rata-rata penggunaan air per orang. Sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik perlu mempertimbangkan tren populasi. Populasi jumlah penduduk dimasa mendatang menjadi factor kunci dalam penentuan kebutuhan air. Untuk mengetahui potensi sambungan perlu dilakukan survei, terutama pada daerah yang telah memiliki metode penyediaan air dari PDAM. Dalam merencanakan sambungan di waktu mendatang maka tingkat penyambungan pada saat ini bisa dijadikan dasar analisis. Berdasarkan SNI tahun 1997, kebutuhan air per individu setiap hari sebaiknya disesuaikan dengan kriteria umum yang tercantum dalamnya. Kriteria untuk perencanaan air terdapat dalam Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Standar Kebutuhan Air Domestik

| No. | URAIAN | Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa) | | | | |
|-----|---|--|--|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| | | > 1.000.000 METRO | 500.000 - 1.000.000 BESAR | 100.000 - 500.000 SEDANG | 20.000 - 100.000 KECIL | <20.000 DESA |
| 1 | Konsumsi Unit Sambungan (L/org/hari) | > 150 | 150 - 120 | 90 - 120 | 80 - 120 | 60 - 80 |
| 2 | Konsumsi unit Hidran Umum (L/org/hari) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 3 | Konsumsi unit Non Domestik (L/org/hari) | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 10 - 20 |
| 4 | Kehilangan Air(%) | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 |
| 5 | Faktor Harian Maksimum | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.15 |
| 6 | Faktor Jam Puncak | 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 Tekanan di Jaringan Distribusi (mka) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 10 | Jam Operasi | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 11 | Volume Reservoir | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 12 | SR : HU | 50 : 50 s.d 80 :20 | 50 : 50 s.d 80 :20 | 80 - 20 | 70:30:00 | 70:30:00 |
| 13 | Cakupan Layanan | 90 | 90 | 90 | 90 | 70 |

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya 1997

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Besaran jumlah kebutuhan air non domestik ditentukan oleh jumlah non domestik yang meliputi industri, sarana umum lainnya seperti rumah sakit, sekolah, sarana ibadah, taman, dan lain sebagainya. 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 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 : Direktorat Jenderal Cipta Karya, Dep. PU. 1997

2.4.3 Kebutuhan Jam Puncak dan Harian Maksimum

Kebutuhan jam puncak berkaitan erat dengan jumlah air yang dipakai dalam sehari. Kebutuhan air tidak akan selalu sama, adanya perubahan dalam penggunaan air oleh pemakai secara berkala atau dikenal sebagai fluktuasi. Dalam menghitung kebutuhan harian maksimum digunakan rata-rata harian dan dikalikan dengan faktor pengali. Faktor pengali pada kebutuhan maksimum harian adalah 1,1, sementara pada jam sibuk adalah 1,5.

Dalam rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan jam puncak dan faktor harian maksimum :

$$Q_{\text{peak}} = F_{\text{peak}} \times Q_{\text{max}}$$

$$F_{\text{peak}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{Q_{\text{av}}} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

Q_{peak} = kebutuhan air jam puncak (lt/dt)

Q_{max} = kebutuhan air harian maksimum (lt/dt)

Q_{av} = kebutuhan air rata-rata (lt/dt)

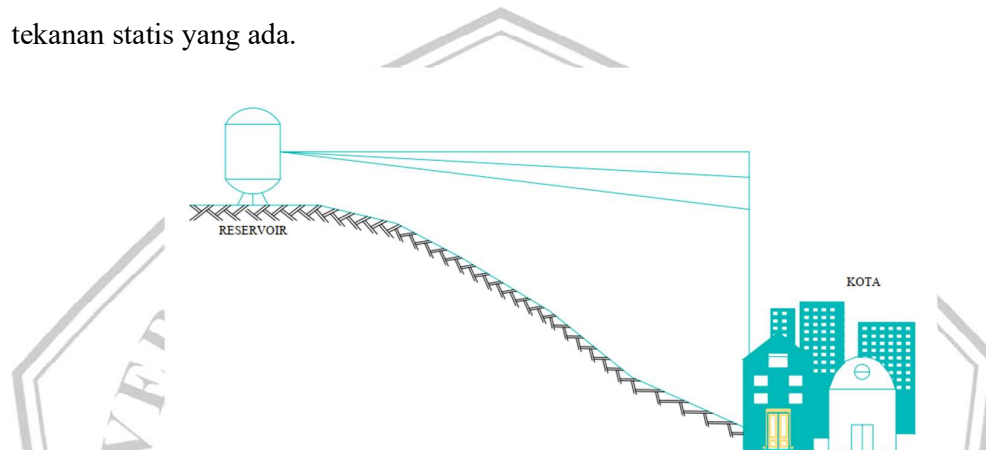
F_{peak} = kebutuhan air harian maksimum (lt/dt)

2.5 Sistem Pengaliran Air Bersih

Secara umum sistem pengaliran air bersih dapat didistribusikan dalam berbagai metode, yaitu:

1. Sistem Gravitasi

Jika titik awal sumber air terletak di ketinggian lebih tinggi dibandingkan dengan area yang dilayani, sistem gravitasi dapat diterapkan. Penurunan tekanan air yang terjadi di sepanjang pipa distribusi lebih kecil dibandingkan selisih antara tekanan statis yang ada.

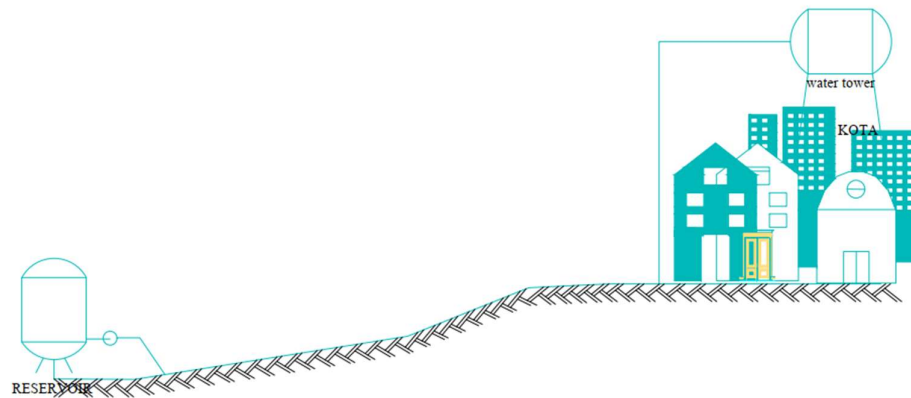


Gambar 2.1 Aliran Gravitasi

2. Sistem Pompa

Sistem pemompaan dapat diterapkan dalam beberapa kondisi :

- 1) Daerah sumber air pipa distribusi lebih rendah dari daerah yang dilayani (hampir mendatar)
- 2) Daerah sumber air pipa distribusi lebih tinggi dari daerah yang dilayani akan tetapi:
 - a. Kehilangan tekanan air pada pipa distribusi lebih tinggi dari pada tinggi tekanan yang tersedia.
 - b. Pada jalur pipa distribusi terdapat lokasi yang lebih tinggi dari titik awal pipa.
 - c. Sisa tekan air di beberapa titik lebih rendah dari syarat minimum dalam kriteria perencanaan pada jalur distribusi.



Gambar 2.2 Sistem Aliran Pemompaan

3. Sistem Aliran Gabungan

Sistem gabungan adalah system yang sering diterapkan. Kelebihan air yang dipompa pada saat penggunaan air akan disimpan pada tangka penampung di lokasi lebih tinggi. Sistem gabungan dilakukan ketika terjadi perubahan dan tekanan pada distribusi air meningkat pada saat waktu puncak dan penggunaan minimum. Oleh sebab itu diperlukan kombinasi antara energi, sistem pompa dan gravitasi.

2.6 Sistem Pipa Distribusi

Dalam pendistribusian air bersih ada beberapa macam pipa distribusi yang biasa digunakan yaitu:

1. Pipa Primer atau Pipa Utama

Pada instalasi pengolahan atau reservoir distribusi, pipa primer digunakan untuk mengalirkan air kerana memiliki diameter lebih besar.

2. Pipa Sekunder

Pipa yang terhubung dengan pipa primer, memiliki diameter yang sama dengan atau lebih kecil.

3. Pipa Tersier

Meskipun kurang ekonomis dan dapat menyebabkan gangguan lalu lintas, pipa tersier digunakan untuk mrngalirkan air dari pipa servis ke pipa primer dan dapat dihubungkan langsung dengan pipa sekunder atau primer.

4. Pipa Servis

Memiliki ukuran diameter yang relative lebih kecil. Pipa sekunder atau tersier yang terhubung ke pipa ini, juga terhubung langsung ke pipa pengguna.

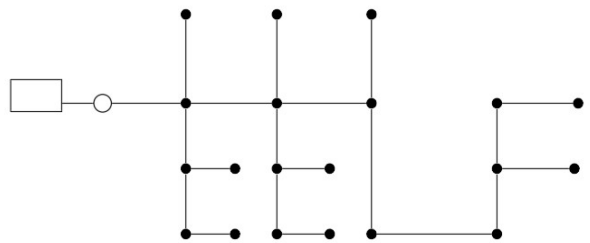
2.7 Sistem Jaringan Perpipaan

Jaringan perpipaan dapat diklasifikasikan berdasarkan kondisi pipa primer atau utama sebagai berikut:

1. Sistem Cabang

Sistem jaringan cabang merupakan jaringan perpipaan dimana aliran air hanya berjalan dalam satu arah dan terdapat titik akhir sebagai ujung pipa. Biasanya sistem ini diterapkan di wilayah yang menunjukkan ciri-ciri berikut:

- 1) Pertumbuhan kota yang meluas.
- 2) Sistem jalan yang terputus-putus.
- 3) Medan miring yang mengarah ke satu arah.



Gambar 2.3 Sistem Jaringan Pipa Cabang

Keuntungan menggunakan sistem cabang ini adalah:

- 1) Penggunaan sistem ini lebih mudah digunakan sehingga memudahkan dalam perhitungan dimensi.
- 2) Lebih mudah dalam pemasangan pipa.
- 3) Karena pipa distribusi hanya ditempatkan di daerah yang padat penduduk, maka penggunaan pipa berkurang.

Kelemahan dari sistem cabang adalah:

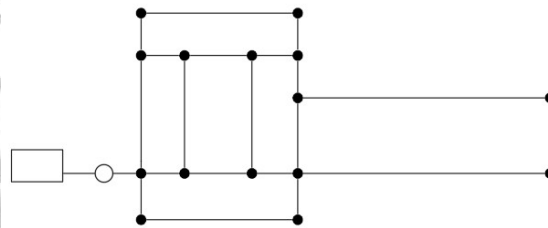
- 1) Adanya resiko penumpukan kotoran dan endapan dibagian ujung pipa yang sulit dihindari, sehingga pembersihan menyeluruh diperlukan untuk mencegah bau.

- 2) Aliran air di bawahnya akan terhambat, bila terjadi kerusakan.
- 3) Jika ada sambungan baru, tekanan air yang dibutuhkan mungkin tidak akan cukup.
- 4) Kestabilan sistem aliran terjamin, terutama dalam situasi di mana bagian terjauh pipa mengalami tekanan yang cukup tinggi.

2. Sistem Melingkar

Pada pipa induk tidak terdapat titik mati dan air dapat mengalir ke berbagai arah karena jaringan pipa saling terhubung dan membentuk lingkaran dalam sistem jaringan pipa distribusi. Sistem ini biasanya digunakan pada:

- 1) Daerah yang memiliki jalan saling terhubung.
- 2) Daerah yang pertumbuhannya berkembang ke segala arah
- 3) Daerah dengan topografi yang relatif datar.



Gambar 2.4 Sistem Jaringan Pipa Melingkar

Keunggulan dari sistem melingkar yaitu :

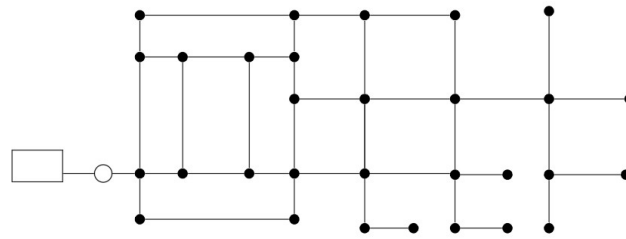
- 1) Air dapat mengalir secara leluasa karena kemungkinan terdapatnya genangan atau endapan dapat dihindari
- 2) Lebih mudah dalam mempertahankan keseimbangan aliran.

Pada sistem melingkar juga memiliki kelemahan yaitu :

- 1) Sistem perpipaan lebih rumit.
- 2) Penggunaan pipa relatif lebih banyak
- 3) Perlengkapan yang digunakan jauh lebih banyak.

3. Sistem Gabungan

Sistem gabungan dari sistem pipa cabang dan sistem melingkar yang merupakan bagian dari pipa induk.



Gambar 2.5 Sistem Jaringan Pipa Gabungan

2.8 Perlengkapan Jaringan Distribusi

Dalam pengoperasiannya, jaringan distribusi memerlukan perlengkapan peralatan termasuk pipa dan aksesoris lainnya agar sistem dapat berfungsi dengan tepat sehingga perbaikan atau pembersihan dapat dilakukan tanpa mengganggu akses air yang mengalir ke pelanggan. Perlengkapan jaringan distribusi antara lain adalah:

2.8.1 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:

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

Kelemahan:

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

2. 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 antara 100 mm – 500 mm, dengan Panjang standar pipa adalah 3,95 – 5 m.

Keunggulan :

- 1) Ringan dan mudah dioperasikan.
- 2) Dapat menahan asam dan basa
- 3) Dapat dipotong menjadi beberapa Panjang yang berbeda.

Kekurangan:

- 1) Pipa harus diperlakukan dengan hati-hati karena mudah rapuh
- 2) 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 saluran air baik di dalam maupun diluar sistem penyediaan air minum.

Keuntungan pipa PVC :

- 1) Permukaan bagian dalam yang halus
- 2) Tidak terjadi adanya karat
- 3) Ringan dan mudah dipindah

Kerugian pipa PVC :

- 1) Tidak dapat menahan panas
- 2) Angka pemuaian sangat besar dan dapat menyusut jika mengalami perbedaan suhu yang sangat kontras.
- 3) Mudah rusak apabila disambung dengan pipa besi
- 4) Tidak tahan terhadap benda 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:

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

Kekurangan pipa baja:

- 1) Cairan asam dan basa dapat merusak pipa ini dengan lebih cepat
- 2) 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:

- 1) Dinding dalam pipa halus dan hanya ada sedikit kehilangan dari fraksi.
- 2) Tidak rentan terhadap karat atau pembentukan lapisan didalamnya.
- 3) Biaya perawatan yang terjangkau

Kelemahan pipa beton:

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

2.8.2 Perlengkapan Pipa Distribusi

Dalam memastikan system distribusi dapat beroperasi dengan baik, berikut adalah perlengkapan pipa distribusi yang dibutuhkan:

1. Katup/Valve

Katup berfungsi dalam mengontrol air dalam saluran pipa dan dalam penggunaannya katup dapat dibuka ataupun ditutup. Biasanya katup dipasang pada setiap cabang pipa distribusi yang memiliki aliran atau tekanan. Pada katup yang berukuran besar diletakkan pada ujung pipa aliran masuk dan aliran keluar.



Gambar 2.6 Katup Sekat (Gate Valve)

2. Pengatur Tekanan Air (*Pressure reducing Valve*)

Perangkat ini berguna untuk menurunkan tekanan air dari sistem jaringan pipa yang bertekanan tinggi ke menjadi lebih rendah atau dengan kata lain katup sekat dapat mengatur aliran air sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.7 Pressure Reducing Valve

3. Meter Air (*Water Meter*)

Dalam sistem distribusi, meteran air digunakan untuk mengukur konsumsi air dan kehilangan air yang terjadi. Sehingga pelanggan dapat mengetahui banyaknya air yang pakai. Meter air ini memiliki jenis dan kapasitas yang beragam, maka dari itu harus dipilih dengan baik agar tidak membani pelanggan yang dilayani.

4. Katup Udara

Katup udara dipasang dan digunakan untuk melepaskan udara yang terperangkap dalam pipa secara otomatis ketika air mengisi jaringan pipa. Katup ini ditempatkan pada bagian tertinggi disepanjang saluran distribusi dan di jembatan pipa

5. Manometer

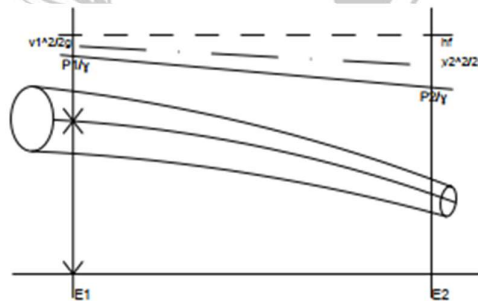
Perbedaan tekanan yang ada dalam pipa diukur menggunakan manometer atau alat pengukur tekanan. Pada titik kritis terjadinya tekanan tertinggi, seperti pada akhir jalur penurunan, awal pemompaan, atau pada akhir aliran gravitasi, alat ini biasanya terpasang pada pipa transmisi dan distribusi dilokasi dengan kondisi hidrolis tertentu.

2.8.3 Reservoir

Reservoir adalah bangunan penyimpanan air sebelum dialirkan ke masyarakat/pengguna. Reservoir biasa ditempatkan di bawah tanah maupun di atas permukaan tanah. Dalam memastikan pasokan air yang cukup dan merata kesemua pengguna, bangunan ini pada umumnya ditempatkan di dekat jaringan distribusi pada ketinggian tertentu.

2.9 Persamaan Hukum Kontinuitas

Hukum kontinuitas dalam aliran zat cair berlaku jika cairan tidak dapat dimampatkan dan mengalir secara terus menerus melalui pipa atau saluran terbuka dengan penampang tetap atau yang berubah-ubah. Maka jumlah cairan yang mengalir setiap unit waktu di setiap penampang adalah sama (Triatmojo, 1993).



Gambar 2.8 Tabung Aliran.

Dilihat dari gambar 2.8 tabung aliran zat cair yang masuk melalui tampang 1 dan tampang 2 tidak ada zat cair yang hilang di dalam tabung aliran maka:

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$V_1A_1 = V_2A_2 \dots \dots \dots (2-2)$$

atau

$$Q = A \times V = \text{konstan} \dots \dots \dots (2-3)$$

Dimana:

V_1A_1 = volume cairan yang melaluiampang 1 tiap satuan waktu

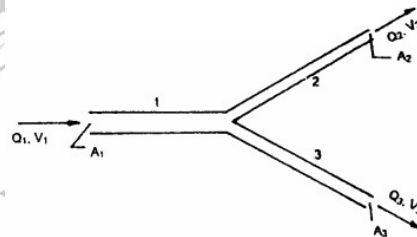
V_2A_2 = volume cairan yang melaluiampang 2 tiap satuan waktu

Dalam persamaan kontinuitas apabila pipa yang bercabang, jumlah aliran yang mengalir ke titik cabang harus sebanding dengan jumlah yang dikeluarkan di titik tersebut.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \dots \dots \dots (2-4)$$

atau

$$V_1A_1 = V_2A_2 + V_3A_3 \dots \dots \dots (2-5)$$



Gambar 2.9 Persamaan Kontinuitas Percabangan Pipa

2.10 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam pipa dibatasi dengan batasan tertentu. Penggerusan permukaan pipa dapat terjadi jika kecepatan aliran terlalu tinggi, disisi lain jika kecepatan aliran terlalu rendah menyebabkan terjadinya pengendapan. Kecepatan aliran dalam hidrolika dapat dirumuskan:

$$Q = A \times V = \frac{1}{4} \pi D^2 V$$

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

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/det)

A = Luas (m^2)

V = kecepatan aliran (m/det)

D = diameter pipa (m)

2.11 Kehilangan Tekanan

Adanya gesekan antara fluida dan dinding pipa merupakan penyebab kehilangan tekanan (h_f) dalam pipa. Terdapat dua jenis kehilangan tekanan air dalam pipa, yaitu:

2.11.1 Persamaan Darcy

Berikut rumus Darcy Weisbach yang digunakan untuk menjelaskan tentang kehilangan energi dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan (friksi).

$$h_f = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2-6)$$

dimana :

h_f = kehilangan energi (m)

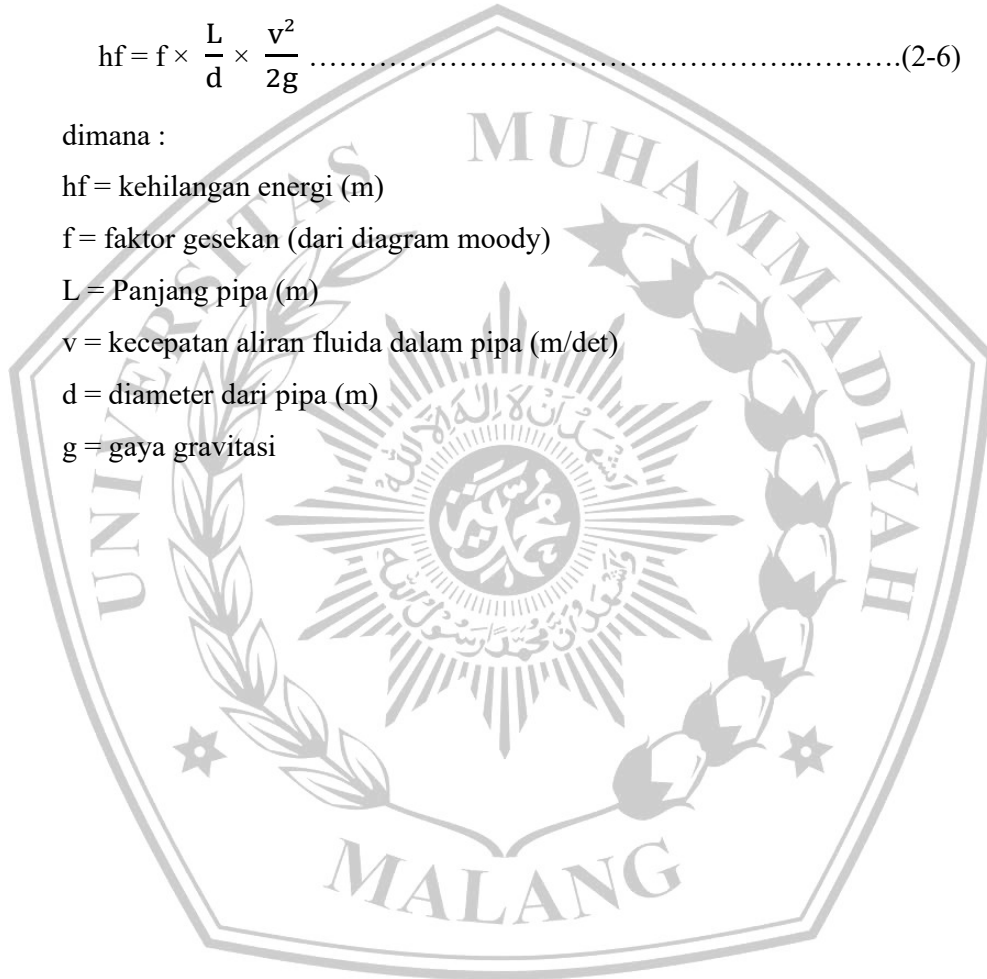
f = faktor gesekan (dari diagram moody)

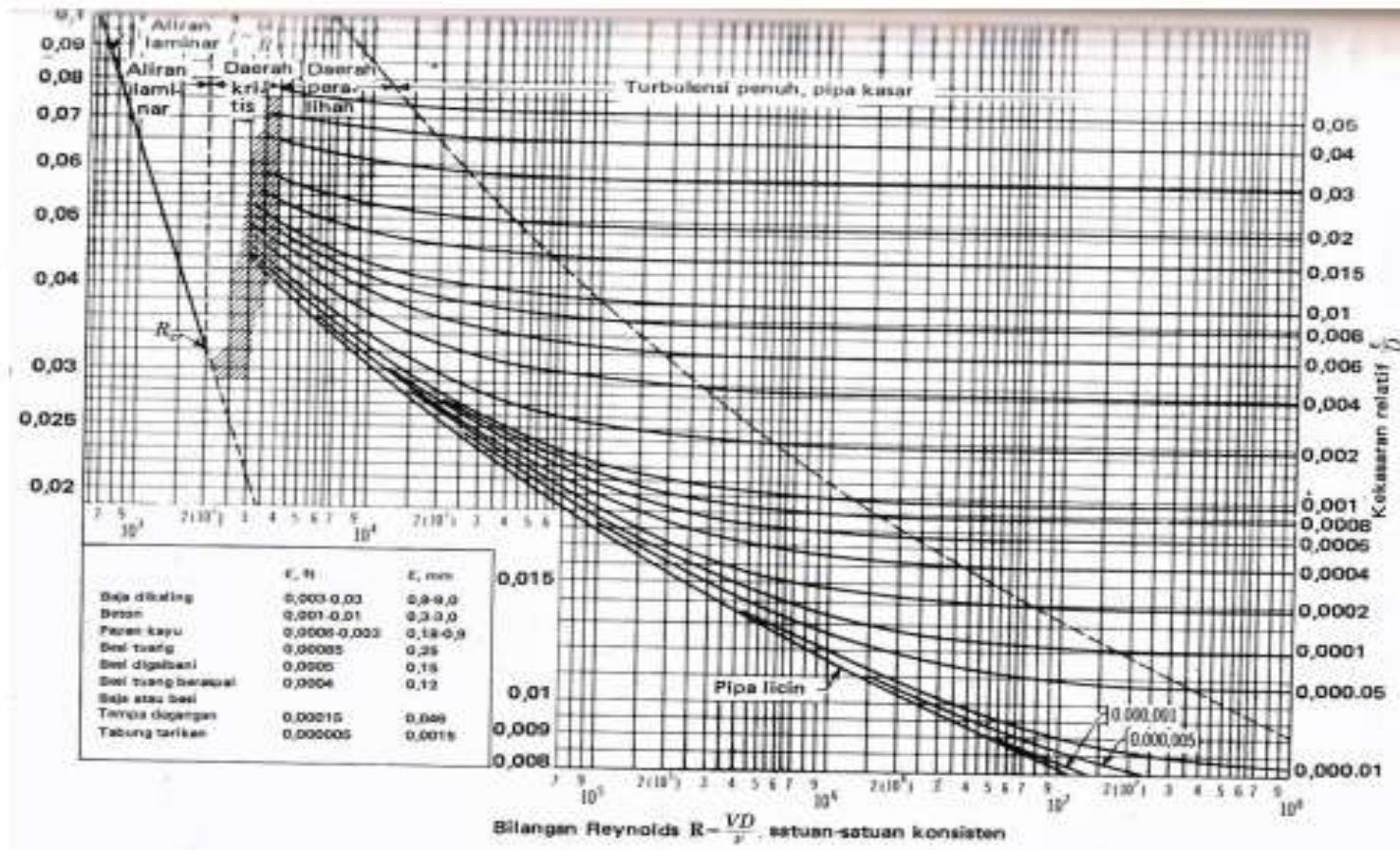
L = Panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/det)

d = diameter dari pipa (m)

g = gaya gravitasi





Gambar 2.10 Diagram Moody

2.11.2 Persamaan Hazen William

Selain dengan persamaan Darcy Weisbach kehilangan energi juga dapat dihitung menggunakan persamaan Hazen William seperti berikut:

$$h_f = \frac{Q^{1,85}}{(0,278 \times D^{2,63} \times C)^{1,85}} \times L \dots \dots \dots (2-7)$$

dimana:

h_f = kehilangan energi (m)

Q = debit (m^3/det)

d = diameter (m)

C = koefisien Hazen William

L = panjang pipa (m)

Tabel 2.3 Koefisien C dari Hazen William

| Material | C Factor low | C Factor High |
|--|-----------------|------------------|
| <i>Asbestos-Comment</i> | 140 | 140 |
| <i>Cast Iron</i> | 100 | 140 |
| <i>Comment-Mortar Lined Ductiole Iron Pipe</i> | 140 | 140 |
| <i>Concrete</i> | 100 | 140 |
| <i>Copper</i> | 130 | 140 |
| <i>Steel</i> | 90 | 110 |
| <i>Galvanised Iron</i> | 120 | 120 |
| <i>Polyethylene</i> | 140 | 140 |
| <i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i> | 130 | 130 |
| <i>Fibre-Reinforced Plastic (FRP)</i> | 150 | 150 |

Sumber: Ahlul, 2016

2.12 Program Epanet

Program Epanet dibuat untuk mensimulasikan saluran air atau cairan lainnya (tidak termasuk gas) pada pipa dalam jaringan terbuka atau jaringan tertutup (*loop*). Sistem gravitasi, system pompa, atau kombinasi keduanya dapat digunakan dalam jaringan distribusi ini. Pada jaringan pipa distribusi air bersih ini secara hidraulik dapat disimulasikan atau digambarkan dengan menggunakan program computer open source Epanet.

2.12.1 Input Data Program Epanet

Jaringan distribusi air bersih digambarkan dalam Epanet dengan node, titik sambungan pipa, dan link yang merupakan sambungan dari node. Jaringan air bersih hanya dapat digambarkan dengan data masukan seperti elevasi dan kebutuhan dasar node dan diameter, panjang, dan koefisien kekasaran pipa. Selanjutnya, satuan aliran harus disesuaikan dengan satuan dalam studi perencanaan ini, lt/det untuk liter per detik.

Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung headloss jaringan dipilih. Dalam simulasi hidraulik, persamaan Hazen-William, Darcy-Weisbach, dan Chezy-Manning dapat digunakan. Pada perencanaan ini, dipilih metode Hazen-Williams. Untuk membuat simulasi yang lebih mendekati keadaan yang sebenarnya, jaringan pipa distribusi harus digambar secara lengkap. Parameter pompa dan katup juga harus digambar dan diisi sesuai dengan rencana, selain node dan link.

2.12.2 Output Data Epanet

Setelah jaringan pipa digambar dengan mendekati kondisi sebenarnya, serta dipilih yang digunakan untuk analisa, Epanet dapat menjalankan running Analisa hidrolis terhadap jaringan. Hasil dari running tersebut disajikan dalam bentuk table dan grafik parameter hidrolis. Factor utama yang harus diperhatikan dalam sistem distribusi ini adalah nilai tekanan sisa (preassure) yang berada pada junction, dan velocity yang berada pada pipa.

Sisa head air pada suatu junction dapat berubah-ubah dipengaruhi oleh besarnya energi dari sumber awal. Kriteria pressure di setiap junction sebaiknya lebih dari 10 meter. Apabila pressure kurang dari 10 meter, air bersih dikhawatirkan tidak dapat menjangkau seluruh area pelayanan.

Kecepatan aliran air bersih dalam pipa (velocity) juga merupakan parameter penting untuk melihat keragaman tekanan air pada setiap junction, dengan 2 meter per detik (m/s). apabila kecepatan air dibawah 0,3 m/s, maka tekanan air akan cenderung rendah, sementara jika diatas 2 m/s, akan terjadi pengikisan yang besar oleh aliran air terhadap dinding pipa.

2.13 Jaringan Drainase

Drainase pada dasarnya merupakan usaha teknik untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam situasi tertentu termasuk dari rembesan, air hujan, atau kelebihan air irigasi. Usaha dalam mengelola kualitas air tanah berkaitan dengan jaringan drainase itu sendiri. Dengan demikian drainase memiliki keterkaitan dengan dengan permukaan air dan air tanah. System drainase perkotaan merupakan sistem yang digunakan dalam mengeringkan dan mengalirkan air dari suatu area seperti tempat tinggal, area industri, sekolah, dan sarana umum lainnya (Asmorowati, E.T., Rahmawati, A., Sarasanty, D., 1997).

2.13.1 Fungsi Drainase

Pengendalian kelebihan air sangat penting dilakukan oleh drainase. Drainase memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Mengelola kualitas air
2. Mengeringkan area kota dengan kondisi tanah yang rendah untuk mencegah genangan yang dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur
3. Mengurangi adanya penyebab banjir atau genangan pada kota yang dapat merusak infrastuktur dengan membuang kelebihan air permukaan ke badan air terdekat dengan segera.

2.13.2 Jenis-Jenis Drainase

Drainase terbagi menjadi berbagai macam menurut kondisi, letak dan berbagai factor lainnya. System drainase dapat dibagi menjadi beberapa kategori menurut cara terbentuknya (Hasmar, 2002):

1. Saluran Drainase Berdasarkan Proses Terbentuknya
 - 1) System Drainase Alami
Bangunan drainase yang terjadi secara alami tanpa bantuan dari manusia yang tidak memiliki bangunan pelengkap. Terbentuk dari gerusan air yang terus menerus bergerak sesuai dengan kondisi tanah sehingga membentuk jalan air.
 - 2) Drainase Buatan
Berdasarkan analisis ilmu drainase, drainase dibuat untuk melengkapi bangunan dari drainase alamiah dengan tujuan dan sasaran tertentu untuk

membentuk infrastruktur khusus termasuk pipa, gorong-gorong, selokan, dan lainnya.

2. Menurut Letak Saluran

1) Drainase Permukaan

Berdasarkan letak saluran drainase permukaan merupakan jaringan yang mengatur air atas permukaan tanah.

2) Drainase Bawah Permukaan

Merupakan jaringan yang berfungsi mengelola air yang berada di bawah tanah baik menerima maupun melepaskan air dari area yang dapat dilalui air.

3. Menurut fungsi Drainase

1) *Single Purpose*

Single purpose bertujuan untuk menampung dan menyalurkan satu jenis air limbah, termasuk limbah industri, air hujan, dan jenis air limbah lainnya.

2) *Multy Purpose*

Multi purpose memiliki kemampuan untuk mengalirkan berbagai jenis air limbah dalam satu aliran baik secara langsung tercampur ataupun secara bergiliran.

4. Berdasarkan Konstruksi

1) Saluran Terbuka



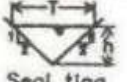

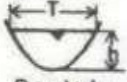
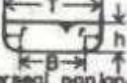

Saluran terbuka dibangun dalam Lokasi dengan memiliki ruang yang cukup memadai dalam menampung air hujan maupun non hujan tanpa menimbulkan masalah bagi lingkungan yang sehat.

2) Saluran Tertutup

Saluran tertutup dirancang pada kawasan yang dapat membahayakan kesehatan seperti aliran kotor yang biasanya di tengah perkotaan yang cukup padat.

Pada perencanaan drainase saluran yang biasa digunakan adalah saluran terbuka. Adapun bentuk penampang saluran yang paling efektif dan ekonomis yang biasa digunakan dalam perencanaan drainase ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Karakteristik Penampang Saluran Drainase

| Penampang | Luas A | Keliling basah O | Jari-jari hidralis 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 | $(B+zh)h$ | $B+2h\sqrt{1+z^2}$ | $\frac{(B+zh)h}{B+2h\sqrt{1+z^2}}$ | $B+2zh$ | $\frac{(B+zh)h}{B+2zh}$ | $\frac{[(B+zh)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2zh}}$ |
|  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 | $\frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d_0^2$ | $\frac{1}{2}\theta d_0$ | $\frac{1}{4}(1 - \frac{\sin\theta}{\theta})d_0$ | $\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d_0}{2\sqrt{h(d_0-h)}}$ or $\frac{(\sin \frac{1}{2}\theta)d_0}{2\sqrt{h(d_0-h)}}$ | $\frac{1}{6}(\frac{\theta - \sin\theta}{\sin \frac{1}{2}\theta})d_0$ | $\frac{\sqrt{2}(\theta - \sin\theta)^{1.5}}{32(\sin \frac{1}{2}\theta)^{0.5}}d_0^{2.5}$ |
|  Parabola | $\frac{1}{2}Th$ | $T + \frac{8h^2}{3T}$ | $\frac{2T^2h}{3T^2 + 8h^2}$ | $\frac{3}{2}\frac{A}{h}$ | $\frac{2}{3}h$ | $\frac{2}{9}\sqrt{6}Th^{1.5}$ |
|  Persegi panjang sisi dibulatkan | $(\frac{\pi}{2}-2)r^2 + (B+2r)h$ | $(\pi-2)r+B+2h$ | $\frac{(\frac{\pi}{2}-2)r^2 + (B+2r)h}{(\pi-2)r+B+2h}$ | $B+2r$ | $\frac{(\frac{\pi}{2}-2)r^2}{B+2r} + h$ | $\frac{[(\frac{\pi}{2}-2)r^2 + (B+2r)h]^{1.5}}{\sqrt{B+2r}}$ |
|  Segi tiga, dasar dibulatkan | $\frac{T^2}{24} - \frac{r^2}{2}(1-z\cot^{-1}z)$ | $\frac{T}{z}\sqrt{1+z^2} - 2r(1-z\cot^{-1}z)$ | $\frac{A}{O}$ | $2[z(h-r)+r\sqrt{1+z^2}]$ | $\frac{A}{T}$ | $A\sqrt{\frac{A}{T}}$ |

2.13.3 Pola Jaringan Drainase

1. Pola Siku

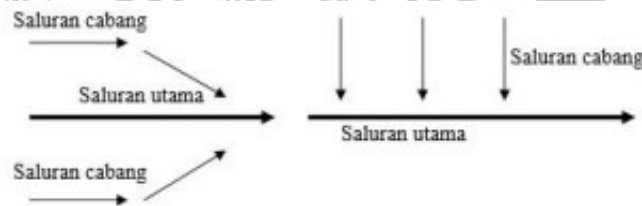
Pola siku dibentuk di wilayah yang memiliki elevasi tanah lebih tinggi dibandingkan elevasi sungai. Pada tengah kota sebagai keberadaan pusat pembuangan utama.



Gambar 2.11 Pola Siku Jaringan Drainase

2. Pola Paralel

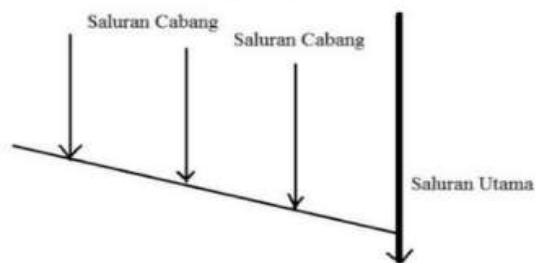
Pada pola paralel, saluran utama pada pola paralel berada pada posisi sejajar dengan saluran cabang baik panjang maupun pendek. Jika pada kota terdapat pengembangan, saluran tersebut dapat diubah.



Gambar 2.12 Pola Paralel

3. Grid Iron

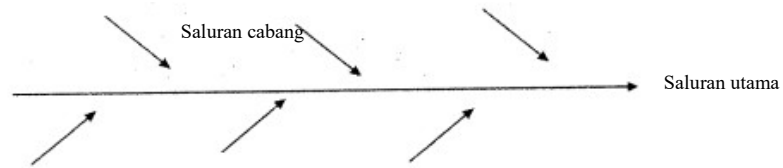
Grid Iron digunakan di kawasan yang memiliki Sungai di pinggirannya dan pada saluran cabang terlebih dahulu dikumpulkan pada saluran kolektor. sebelum dilepaskan ke pembuangan akhir,



Gambar 2.13 Pola Grid Iron Jaringan Drainase

4. Alami

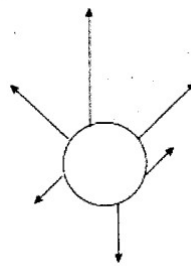
Pola darainase memiliki kemiripan dengan pola siku, tetapi pada saluran cabang terbentuk secara alami dan tidak selalu terbentuk siku terhadap saluran utama.



Gambar 2.14 Pola Alami Jaringan Drainase

5. Radial

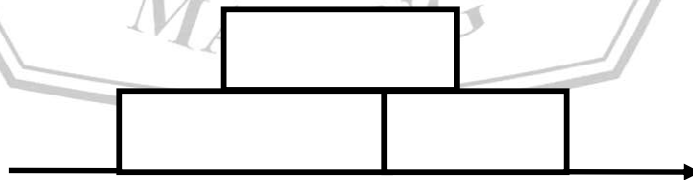
Pada pola ini, air mengalir dari sumbernya kemudian menyebar ke berbagai arah dalam jaringan drainase yang biasanya ditemukan di lokasi perbukitan.



Gambar 2.15 Pola Radial Jaringan Drainase

6. Jaring-jaring

System drainase dengan saluran pembuangan di daerah dengan medan datar, mengikuti alur jalan raya pada daerah tersebut.



Gambar 2.16 Pola Jaring-Jaring Jaringan Drainase

2.14 Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi dimaksudkan untuk menyediakan informasi yang penting dalam penggunaan dan pengelolaan sumber-sumber air yang efektif. Dalam penentuan debit banjir rencana, Analisa hidrologi sangat diperlukan yang berfungsi

sebagai dasar untuk mengembangkan bangunan air. Pengumpulan informasi hidrologi ini dapat dilakukan melalui langkah-langkah dasar dalam mengumpulkan data dan melakukan pengujian seperti berikut ini.

2.14.1 Curah Hujan di Daerah

Pada pos penakar hujan yang terdekat akan diperoleh jumlah curah hujan yang dibutuhkan. Nilai curah hujan rata-rata dapat digunakan untuk menentukan jumlah curah hujan suatu daerah. Untuk menghitung nilai rata-rata curah hujan dapat menggunakan beberapa metode berikut ini:

1. Metode Aljabar

Dengan metode aljabar, untuk menghitung rata-rata dapat dilakukan dengan menggunakan rata-rata aritmatik pada pengukuran hujan dari alat pengukur di wilayah tersebut. Maka dapat dirumuskan sebagai berikut.

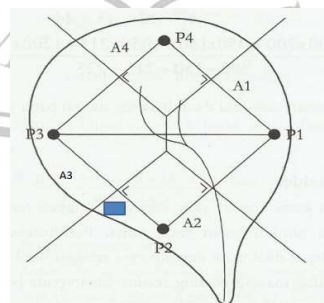
$$R = 1/n (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana:

- R = rata-rata tinggi curah hujan yang tinggi pada lokasi studi
- R₁/R₂ = curah hujan yang tinggi pada stasiun penakar hujan 1 dan 2 (mm)
- R_n = curah hujan yang tinggi pada pos pengukur hujan n (mm)
- n = total stasiun penakar

2. Metode polygon Theissen

Pada setiap stasiun pengukur memiliki area pengaruh yang terbentuk dengan menarik garis sumbu tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan dua stasiun pengukur hujan, Dimana rata-rata timbang sebagai dasar dalam metode polygon theissen.



Gambar 2.17 Metode Polygon Theissen

Berikut ini merupakan rumus perhitungan dengan metode polygon theissen:

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana:

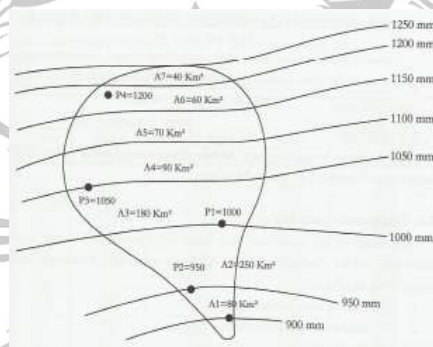
R = curah hujan rata-rata maksimum (mm)

R₁, R₂ = curah hujan pada stasiun 1, 2 sampai n

A₁, A₂ = luas daerah pada polygon 1,2 sampai n

3. Metode Isohyet

Metode ini dapat digunakan jika lokasi stasiun penakar hujan tidak merata dalam area tangkapan hujan. Prosesnya dimulai dengan membuat garis kontur yang menunjukkan ketinggian curah hujan yang sama dan menghitung luas di antara garis-garis tersebut.



Gambar 2.18 Metode Isohyet

$$R = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_2 + R_n}{2} A_2}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2-10)$$

Dimana :

R = tinggi curah hujan (mm)

R₁, R₂ = curah hujan stasiun 1,2, sampai n (mm)

A₁, A₂ = luas Area (km²)

2.14.2 Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana merupakan data curah hujan yang terjadi dan direncanakan dengan periode ulang tertentu yang berkaitan dengan analisa hidrologi. Analisa hidrologi dilakukan dengan menganalisa data curah hujan yang bertujuan untuk mendapatkan debit banjir rencana. Debit banjir rencana tersebut

yang kemudian dipakai sebagai acuan dalam merencanakan konstruksi pembangunan sarana air. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menyelesaikan perhitungan sistematis curah hujan yang direncanakan :

$$1. \bar{X} = \frac{\sum xi}{n} \dots\dots\dots(2-11)$$

$$2. Sd = \sqrt{\frac{(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2-12)$$

$$3. Cv = \frac{SD}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2-13)$$

$$4. Cs = \frac{n(Xi - X)^3}{(n-1)(n-2) \cdot SD^3} \dots\dots\dots(2-14)$$

$$5. Ck = \frac{n(Xi - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot SD^4} \dots\dots\dots(2-15)$$

Dimana:

\bar{X} = nilai curah hujan rata-rata

SD = standar deviasi

X_i = data curah hujan untuk n tahun

n = jumlah tahun

Cv = koefisien keseragaman

Cs = Koefisien kemencengan

Ck = koefisien kurtosis

Berdasarkan Cs, Cv, dan Ck, distribusi frekuensi ditentukan untuk menghitung curah hujan yang direncanakan, termasuk di dalamnya Distribusi Log Pearson Tipe III, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Gumbel. Dalam distribusi frekuensi memiliki syarat sebagai berikut:

1) Distribusi Gumbel

Koefisien kemencengan (Cs) = 1,14

Koefisien kurtosis (Ck) = 5,4

2) Distribusi Normal

Koefisien kemencengan (Cs) = 0

Koefisien kurtosis (Ck) = 3,0

3) Distribusi Log Pearson Tipe III

Koefisien kemencengan (Cs) = tidak ditentukan

Koefisien kurtosis (Ck) = tidak ditentukan

2.14.3 Pemilihan Jenis Distribusi

Tujuan pemanfaatan distribusi probabilitas dalam menganalisis frekuensi data hidrologi adalah untuk menentukan hubungan antara ukuran kejadian ekstrim dan frekuensinya. Analisis frekuensi dapat digunakan pada data curah hujan atau data debit sungai (Wahidah, Sanusi, 2016).

Beberapa tipe distribusi yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Gumbel

Metode distribusi Gumbel diterapkan menggunakan rumus berikut digunakan untuk menentukan curah hujan yang direncanakan:

$$X_T = \bar{X} + s \cdot K \dots\dots\dots(2-16)$$

Dimana :

X_T = jumlah curah hujan yang terjadi dalam periode T

\bar{X} = nilai rata-rata

K = faktor frekuensi

s = deviasi standar dari data hujan maksimum tahunan

Nilai-nilai ekstrim Gumbel pada faktor frekuensi K dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2-17)$$

Dimana:

Y_T = reduced variate

Y_n = reduced mean yang tergantung dari besarnya sampel n

S_n = reduced standard deviation yang tergantung dari besarnya sampel n

Tabel 2.5 Reduced Variate

| T (Tahun) | Reduced Variate | T (Tahun) | Reduced Variate |
|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 2 | 0.36651 | 500 | 6.21361 |
| 5 | 1.4999 | 1000 | 6.90726 |
| 10 | 2.25037 | 2000 | 7.60065 |
| 20 | 2.97019 | 5000 | 8.51709 |
| 50 | 3.90194 | 10000 | 9.21029 |
| 100 | 4.60015 | 20000 | 9.90346 |
| 200 | 5.29561 | 50000 | 10.81977 |

Sumber: Suripin, 2004

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 | 0.5034 | 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 | 0.532 | 0.5332 | 0.5343 | 0.5353 |
| 30 | 0.5362 | 0.5371 | 0.5380 | 0.5388 | 0.5396 | 0.5402 | 0.5410 | 0.5418 | 0.5424 | 0.5430 |
| 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 | 0.554 | 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 | 0.561 | 0.5611 |

Sumber: Suripin, 2004

Tabel 2.7 Hubungan Reduced Standard Deviation dengan Besarnya Sampel (Sn)

| 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 | 1.1086 |
| 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 | 1.16230 | 1.16380 | 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 | 1.193 |
| 80 | 1.1938 | 1.1945 | 1.1953 | 1.1959 | 1.1967 | 1.1973 | 1.1980 | 1.1987 | 1.1994 | 1.12001 |
| 90 | 1.2007 | 1.2013 | 1.2020 | 1.2026 | 1.2032 | 1.2038 | 1.2044 | 1.2049 | 1.2055 | 1.2060 |
| 100 | 1.2065 | 1.2069 | 1.2073 | 1.2077 | 1.2081 | 1.2084 | 1.2087 | 1.209 | 1.2093 | 1.2096 |

Sumber: Suripin, 2004

2. Distribusi Normal

Untuk Analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi normal dengan rumus sebagai berikut:

$$X_T = X_{rt} + k \cdot s \dots\dots\dots(2-18)$$

Dimana :

X_T = curah hujan dengan pada periode T

\bar{X}_n = rata-rata nilai $\frac{\sum x_i}{n}$

k = faktor frekuensi

s = standar deviasi data hujan maksimum tahunan $\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

3. Distribusi Log Pearson Tipe III

Pada distribusi Log Pearson Tipe III, Parameter-parameter statistik yang dibutuhkan untuk diperlukan mencakup (Kustamar, 2019):

- Rata-rata
- Standar deviasi
- Koefisien kemencengan

Distribusi Log Pearson Tipe III secara garis besar, caranya adalah sebagai berikut:

1) Mengubah data debit banjir sebanyak n buah X_1, X_2, \dots, X_n menjadi $\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$.

2) Menghitung nilai rata-rata:

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X_i}{n} \dots \dots \dots (2-19)$$

3) Menghitung nilai deviasi standar

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \overline{\log X})^2}{(n-1)}} \dots \dots \dots (2-20)$$

4) Menghitung koefisien kemencengan

$$CS = \frac{n \sum (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\log X})^3} \dots \dots \dots (2-21)$$

5) Dengan waktu balik yang dikehendaki, menghitung logaritma debit:

$$\log X = \overline{\log X} + G S_{\log X} \dots \dots \dots (2-22)$$

Nilai-nilai G didapatkan dari table 2.4 dengan periode tertentu sesuai dengan nilai Cs nya.

Tabel 2.8 Distribusi Log Pearson Tipe III

| Koefisien 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 | 2,970 | 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 | 3,271 | 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 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489 | 4,540 |
| 0,9 | -0,148 | 0,769 | 1,339 | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401 | 4,395 |
| 0,8 | -0,132 | 0,780 | 1,336 | 1,998 | 2,453 | 2,891 | 3,321 | 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 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 | 2,949 | 3,670 |
| 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 | -0,017 | 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 | 0,017 | 0,836 | 1,270 | 1,716 | 2,000 | 2,252 | 2,482 | 2,950 |
| -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 | 2,675 |

Sumber: Kustamar, 2019

2.14.4 Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Menilai apakah data curah hujan sesuai dengan jenis distribusi yang dipilih untuk menentukan curah hujan rancangan merupakan tujuan dari pemeriksaan untuk uji kesesuaian distribusi. Dalam melakukan pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini terdapat dua metode yaitu metode Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogrof.

1. Uji Smirnov Kolmogrof

Untuk memastikan kebenaran suatu hipotesa, uji Smirnov Kolmogrof digunakan dalam uji kesesuaian pada data curah hujan. Dengan melakukan pemeriksaan uji ini akan diketahui kebenaran hipotesa apakah dapat diterima atau ditolak, serta apakah jenis sebaran teoritis yang dipilih sesuai atau tidak (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 Kolmogrof), 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 2.9 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov Kolmogrov

| 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 | 1.07 $N^{0.5}$ | 1.22 $N^{0.5}$ | 1.36 $N^{0.5}$ | 1.63 $N^{0.5}$ |

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:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2-23)$$

Dimana:

χ^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 distribusia ditolak, apabila peluang lebih kecil dari 1%.
- 3) Diperlukan penambahan data, jika peluang berada diantara 1 sampai 5%, sehingga keputusan tidak dapat diambil.

Tabel 2.10 Nilai Distribusi Chi-Square Kritis

| Degrees of Freedom | Percentage Points of the Chi-Square Distribution | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | Probability of a larger value of χ^2 | | | | | | | | |
| | 0.99 | 0.95 | 0.90 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 0.10 | 0.05 | 0.01 |
| 1 | 0.000 | 0.004 | 0.016 | 0.102 | 0.455 | 1.32 | 2.71 | 3.84 | 6.63 |
| 2 | 0.020 | 0.103 | 0.211 | 0.575 | 1.386 | 2.77 | 4.61 | 5.99 | 9.21 |
| 3 | 0.115 | 0.352 | 0.584 | 1.212 | 2.366 | 4.11 | 6.25 | 7.81 | 11.34 |
| 4 | 0.297 | 0.711 | 1.064 | 1.923 | 3.357 | 5.39 | 7.78 | 9.49 | 13.28 |
| 5 | 0.554 | 1.145 | 1.610 | 2.675 | 4.351 | 6.63 | 9.24 | 11.07 | 15.09 |
| 6 | 0.872 | 1.635 | 2.204 | 3.455 | 5.348 | 7.84 | 10.64 | 12.59 | 16.81 |
| 7 | 1.239 | 2.167 | 2.833 | 4.255 | 6.346 | 9.04 | 12.02 | 14.07 | 18.48 |
| 8 | 1.647 | 2.733 | 3.490 | 5.071 | 7.344 | 10.22 | 13.36 | 15.51 | 20.09 |
| 9 | 2.088 | 3.325 | 4.168 | 5.899 | 8.343 | 11.39 | 14.68 | 16.92 | 21.67 |
| 10 | 2.558 | 3.940 | 4.865 | 6.737 | 9.342 | 12.55 | 15.99 | 18.31 | 23.21 |
| 11 | 3.053 | 4.575 | 5.578 | 7.584 | 10.341 | 13.70 | 17.28 | 19.68 | 24.72 |
| 12 | 3.571 | 5.226 | 6.304 | 8.438 | 11.340 | 14.85 | 18.55 | 21.03 | 26.22 |
| 13 | 4.107 | 5.892 | 7.042 | 9.299 | 12.340 | 15.98 | 19.81 | 22.36 | 27.69 |
| 14 | 4.660 | 6.571 | 7.790 | 10.165 | 13.339 | 17.12 | 21.06 | 23.68 | 29.14 |
| 15 | 5.229 | 7.261 | 8.547 | 11.037 | 14.339 | 18.25 | 22.31 | 25.00 | 30.58 |
| 16 | 5.812 | 7.962 | 9.312 | 11.912 | 15.338 | 19.37 | 23.54 | 26.30 | 32.00 |
| 17 | 6.408 | 8.672 | 10.085 | 12.792 | 16.338 | 20.49 | 24.77 | 27.59 | 33.41 |
| 18 | 7.015 | 9.390 | 10.865 | 13.675 | 17.338 | 21.60 | 25.99 | 28.87 | 34.80 |
| 19 | 7.633 | 10.117 | 11.651 | 14.562 | 18.338 | 22.72 | 27.20 | 30.14 | 36.19 |
| 20 | 8.260 | 10.851 | 12.443 | 15.452 | 19.337 | 23.83 | 28.41 | 31.41 | 37.57 |
| 22 | 9.542 | 12.338 | 14.041 | 17.240 | 21.337 | 26.04 | 30.81 | 33.92 | 40.29 |
| 24 | 10.856 | 13.848 | 15.659 | 19.037 | 23.337 | 28.24 | 33.20 | 36.42 | 42.98 |
| 26 | 12.198 | 15.379 | 17.292 | 20.843 | 25.336 | 30.43 | 35.56 | 38.89 | 45.64 |
| 28 | 13.565 | 16.928 | 18.939 | 22.657 | 27.336 | 32.62 | 37.92 | 41.34 | 48.28 |
| 30 | 14.953 | 18.493 | 20.599 | 24.478 | 29.336 | 34.80 | 40.26 | 43.77 | 50.89 |
| 40 | 22.164 | 26.509 | 29.051 | 33.660 | 39.335 | 45.62 | 51.80 | 55.76 | 63.69 |
| 50 | 27.707 | 34.764 | 37.689 | 42.942 | 49.335 | 56.33 | 63.17 | 67.50 | 76.15 |
| 60 | 37.485 | 43.188 | 46.459 | 52.294 | 59.335 | 66.98 | 74.40 | 79.08 | 88.38 |

Sumber: Soewarno "Hidrologi" Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data

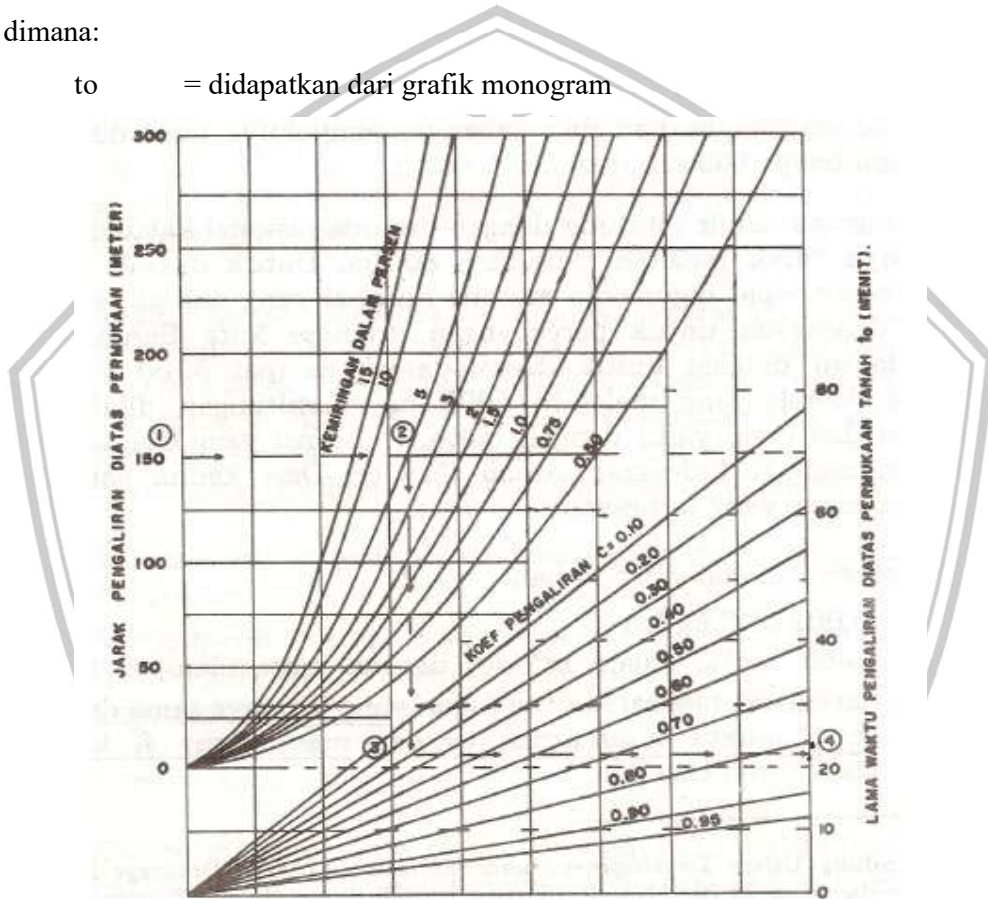
2.14.5 Waktu Konsentrasi

Lamanya waktu yang dibutuhkan air untuk sampai dari daerah aliran ke Lokasi pengukuran disebut dengan waktu konsentrasi. Durasi waktu konsentrasi (t_c) didapatkan dengan penjumlahan lama waktu pengaliran diatas permukaan tanah (t_o) di tambah dengan waktu aliran didalam saluran menuju ke titik pengukuran (t_d).

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2-24)$$

dimana:

t_o = didapatkan dari grafik monogram



Gambar 2.19 Grafik nomogram untuk menentukan waktu pengaliran (t_o).

$$t_d = \frac{Ls}{60 \times v} \dots\dots\dots(2-25)$$

dimana:

t_d = waktu pengaliran didalam salauran (menit)

Ls = panjang lintasan aliran saluran (m)

v = kecepatan (m/detik)

2.14.6 Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman

Pola distribusi curah hujan bervariasi tergantung periode tertentu yang berhubungan dengan waktu konsentrasi dan siklus tertentu yaitu hujan harian (total hujan dalam 1 hari/24 jam), hujan bulanan (total hujan dalam sebulan), dan tahunan (total hujan dalam satu tahun). Menurut Dr. Mononobe, dalam menentukan intensitas curah hujan (I) dapat menggunakan rumus berikut jika data curah hujan yang diketahui hanya menunjukkan curah hujan harian (C.D Soemarto, Hidrologi Teknik, 1995):

$$I = \left(\frac{R}{24}\right) \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2-26)$$

Dimana :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
- R = curah hujan rencana (mm)
- Tc = lama durasi konsentrasi (jam)

2.14.7 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran disebut sebagai rasio antara total curah hujan suatu wilayah dengan volume air diatas permukaan tanah yang disebabkan oleh hujan. Penentuan nilai koefisien pengaliran tidak dapat dilakukan secara pasti, karena terdapat faktor yang mempengaruhi tergantung pada penggunaan lahan, kondisi fisik wilayah, dan juga topografi daerah pengaliran. Maka dari itu, nilai koefisien aliran dapat ditetapkan melalui cara-cara berikut.

Tabel 2.11 Koefisien Aliran Berdasarkan Jenis Penggunaan Lahan dan Kondisi Fisik Wilayah

| Jenis Penutup Lahan/Karakteristik Permukaan | Koefisien Pengaliran (C) |
|---|--------------------------|
| Bisnis | |
| -Perkotaan | 0.70 - 0.95 |
| -Pinggiran | 0.50 - 0.75 |
| Perumahan | |
| -Rumah tinggal | 0.30 - 0.50 |
| -Multiumit terpisah | 0.40 - 0.60 |
| -Multiumit 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 |
| Halaman tanah berpasir | |
| -Datar 2% | 0.05 - 0.10 |
| -Rata-rata 2-7% | 0.10 - 0.15 |
| -Curam 7% | 0.15 - 0.20 |
| Halaman kereta api | 0.10 - 0.35 |
| Taman tempat bermain | 0.20 - 0.35 |
| Taman. Perkuburan | 0.10 - 0.25 |
| Atap | 0.75 - 0.95 |
| Hutan | |
| -Datar 0-5% | 0.10 - 0.40 |
| -Rata-rata 5-10% | 0.25 - 0.50 |
| -Curam 10-30% | 0.30 - 0.60 |

Sumber: Suripin, 2004

2.14.8 Debit Banjir Rencana

Debit maksimum rencana yang mengalir pada saluran dengan periode ulang tertentu tanpa menimbulkan ancaman terhadap lingkungan atau kestabilan sungai disebut sebagai debit banjir rencana. Data hujan harian maksimum dipakai pada analisis debit banjir. Metode rasional dipilih untuk digunakan dalam perhitungan

intensitas pada curah hujan, berikut merupakan perhitungan dari metode rasinoal, yaitu:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2-27)$$

Dimana:

Q = debit banjir (m³/dt)

C = koefisien aliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah aliran (km²)

2.14.9 Debit Air Kotor

Sumber debit air kotor berasal dari air limbah yang dihasilkan oleh rumah tangga, gedung, sistem dan lainnya. Jumlah kebutuhan air rata-rata dan jumlah penduduk daerah perencanaan perlu diketahui terlebih dahulu sebelum menghitung total air kotor yang disalurkan ke saluran drainase. Ini dapat dihitung berdasarkan kebutuhan air harian per orang. Diperkirakan 90% dari standar kebutuhan air harian dipenuhi oleh limbah yang masuk kedalam saluran. Berikut ini rumus yang digunakan dalam menentukan debit limbah air kotor:

$$Q_{ak} = \frac{P_n \times Q_{kep}}{A} \dots\dots\dots(2-28)$$

Dimana :

Q_{ak} = Debit Air Kotor (l/dtk)

Q_{kep} = Total Kebutuhan Air (l/dtk/org)

P_n = Total Populasi Penduduk

A = Luas wilayah (Km²)

2.15 Analisa Hidraulika

Untuk menghindari adanya genangan pada permukaan akibat air hujan dan cairan fluida lainnya, dibutuhkan adanya salauran drainase dan sistem jaringan drainase yang mampu menampung dan mengalirkan air menuju tempat penampungan akhir. Tempat tampungan akhir dapat berupa Sungai atau kolam retensi. Terkait dengan pengendalian banjir, Analisa hidraulika dimanfaatkan untuk memahami bagaimana perilaku air baik dalam kondisi yang sedang berlangsung maupun kondisi yang direncanakan. (Triatmojo, Bambang. (1993)

2.15.1 Tipe Aliran

Menurut Suripin (2004), saluran drainase umumnya terdiri dari aliran terbuka. Tekanan permukaan air pada jenis aliran ini sama dengan tekanan atmosfer. Beberapa tipe aliran terbuka dapat dibedakan berdasarkan perubahan kedalaman aliran sepanjang ruang dan waktu.

Berikut merupakan bagian tipe aliran berdasarkan ruang :

1. Aliran seragam, dimana setiap penampang memiliki kedalaman air yang sama.
2. Aliran tak seragam, dimana setiap penampang memiliki kedalaman air yang berbeda.

Pembagian tipe aliran berdasarkan waktu dibedakan menjadi:

1. Aliran tetap, dimana kedalaman air dianggap konstan dalam jangka waktu tertentu.
2. Aliran tidak tetap, dimana kedalaman aliran tidak konstan atau dapat berubah seiring waktu.

Aliran dalam drainase sering dianggap memiliki tipe seragam agar lebih mudah dalam penyelesaian persamaan aliran. Aliran seragam memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- 1) Pada setiap penampang saluran tetap, kedalaman aliran (h), luas penampang basah (A), kecepatan aliran serta debit aliran (Q) tidak berubah.
- 2) Dasar saluran dan garis energi selalu sejajar

Debit dianggap stabil di sepanjang bagian saluran lurus dalam beberapa kondisi aliran seragam, yang berarti aliran berlangsung secara kontinu. Hal ini dapat dijelaskan melalui persamaan kontinuitas yang ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \dots\dots\dots(2-29)$$

Dimana :

A = Luas basah penampang (m^2)

V = Kecepatan aliran pada saluran (m/det)

2.15.2 Kecepatan Aliran

Sesuai dengan tipe dan bahan material saluran yang ditinjau, kecepatan aliran harus memenuhi syarat untuk tetap di bawah kecepatan minimum serta tidak melampaui kecepatan maksimum yang diizinkan,. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi endapan (sedimen) dan erosi dalam saluran tersebut. Ada tiga jenis rumus yang terkenal untuk menghitung kecepatan aliran seragam yaitu (Saidah, Humario dkk, 2021):

1. Rumus Chezy
2. Rumus Stickler
3. Rumus Manning

Tabel 2.12 menunjukkan nilai kecepatan maksimum yang diperbolehkan untuk berbagai jenis bahan saluran.

Tabel 2.12 Kecepatan Izin Saluran

| Jenis Bahan | Kecepatan aliran yang diizinkan (m/det) | Jenis bahan | Kecepatan aliran yang diizinkan (m/det) |
|-------------------|---|-----------------|---|
| Pasir Halus | 0,45 | Kerikil kasar | 1,20 |
| Lempung Kepasiran | 0,5 | Batu-batu besar | 1,5 |
| Lanau ahvial | 0,6 | Pasangan batu | 1,5 |
| Kerikil Halus | 0,75 | Beton | 1,5 |
| Lempung Kokoh | 0,75 | Beton bertulang | 1,5 |
| Lempung padat | 1,10 | | |

Sumber : Hasmar, 2002

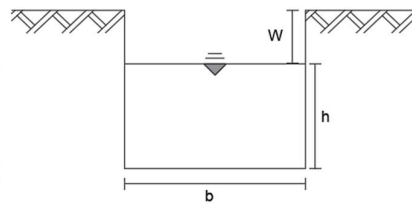
2.15.3 Dimensi Saluran

Terdapat beberapa bentuk saluran drainase yang dapat digunakan antara lain trapezium dengan kemiringan talud, bentuk persegi, lingkaran, setengah lingkaran atau kombinasi setengah lingkaran dengan persegi, dan lainnya. Perlu diperhatikan untuk mesatkan ukuran saluran tidak terlalu besar atau terlalu kecil, dengan kata lain diusahakan yang paling ekonomis. Maksud dari ekonomis adalah dapat mengalirkan debit maksimum dengan luas basah tertentu (Saidah, Humairo dkk, 2021).

Dalam merancang sistem drainase penting untuk memilih bentuk serta jenis saluran yang efektif dan ekonomis. Ukuran rencana saluran harus mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Efisiensi aliran saluran
2. Kepraktisan saluran
3. Faktor biaya ekonomi

2.15.4 Saluran Bentuk Segi Empat



Gambar 2.20 Saluran Penampang Segi Empat

Chow (1992), menjelaskan bahwa untuk penampang saluran digunakan saluran dengan bentuk penampang segi empat.

$$A = b \times h$$

$$P = b + 2h$$

Kapasitas saluran menggunakan rumus Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = A \times V$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Dimana :

A = luas area penampang basah (m²)

P = Panjang keliling basah (m)

R = jari-jari hidraulik (m)

V = rata-rata kecepatan aliran dalam saluran (m/det)

n = koefisien Manning

Q = debit (m³/det)

Tabel 2.13 Harga Koefisien Manning, n, yang sering digunakan.

| No | Tipe Saluran dan Jenis Bahan | Harga n | | |
|----|---|---------|--------|----------|
| | | Minimum | Normal | Maksimum |
| 1 | Beton | | | |
| | a. Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran | 0,010 | 0,011 | 0,013 |
| | b. Gorong-gorong dengan lengkungan sedikit kotoran/gangguan | 0,011 | 0,013 | 0,014 |
| | c. Beton dipoles | 0,011 | 0,012 | 0,014 |
| | d. Saluran pembuang dengan bak kontrol | 0,013 | 0,015 | 0,017 |
| 2 | Tanah, lurus dan seragam | | | |
| | a. Bersih baru | 0,016 | 0,018 | 0,020 |
| | b. Bersih telah melapuk | 0,018 | 0,022 | 0,025 |
| | c. Berkerikil | 0,022 | 0,025 | 0,030 |
| | d. Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu | 0,022 | 0,027 | 0,033 |
| 3 | Saluran alam | | | |
| | a. Bersih lurus | 0,025 | 0,030 | 0,033 |
| | b. Bersih, berkelok-kelok | 0,033 | 0,040 | 0,045 |
| | c. Banyak tanaman pengganggu | 0,050 | 0,070 | 0,080 |
| | d. Dataran banjir berumput pendek-tinggi | 0,025 | 0,030 | 0,035 |
| | e. Saluran di belukar | 0,035 | 0,050 | 0,070 |

Sumber : Suripin, 2004

