

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Drainase

Menurut Wesli (2008) pengertian drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun kelebihan air yang berada di bawah permukaan tanah. Di samping itu menurut Laoh dkk. (2013) pengertian drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi suatu kawasan/lahan tidak terganggu.

Dalam penataan ruang suatu perkotaan atau daerah sistem drainase merupakan salah satu komponen penting. Banjir yang sering melanda banyak wilayah dan kota di Indonesia disebabkan oleh ketidakteraturan atau kurangnya perencanaan yang baik pada penataan ruang. Rencana tata ruang merupakan suatu keharusan bagi semua daerah sebagai arah pengembangan wilayah. Yang menjadi masalah pada umumnya sistem drainase selalu terlambat dalam mengikuti perubahan atau perkembangan tersebut, sehingga banjir akan selalu ada di lingkungan kita.

Menurut Suripin (2004) akar permasalahan banjir di perkotaan berawal dari penambahan penduduk yang sangat cepat, di atas rata-rata pertumbuhan dari penambahan penduduk yang sangat cepat, di atas rata-rata pertumbuhan nasional, akibat urbanisasi, baik migrasi musiman maupun permanen. Pertumbuhan yang tidak diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan yang memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi tidak beraturan.

Selain permasalahan di atas, salah satu permasalahan yang selalu timbul setiap tahun pada musim penghujan adalah banjir maupun genangan air. Banjir dan genangan air disebabkan oleh tidak optimalnya fungsi drainase, kurangnya kesadaran masyarakat dalam berpartisipasi memelihara drainase yang ada, menyebabkan penyumbatan drainase oleh sampah rumah tangga serta pengendapan material lainnya.

Drainase jika ditinjau berdasarkan dari sistem pengalirannya, dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Drainase dengan sistem jaringan adalah suatu sistem pengeringan atau pengaliran air pada suatu kawasan yang dilakukan dengan mengalirkan air melalui sistem tata saluran dengan bangunan-bangunan pelengkapya.
- b. Drainase dengan sistem resapan adalah sistem pengeringan atau pengaliran air yang dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah. Cara resapan ini dapat dilakukan langsung terhadap genangan air di permukaan tanah ke dalam tanah atau melalui sumuran/saluran resapan (Wesli, 2008).

2.1.1 Jenis Drainase

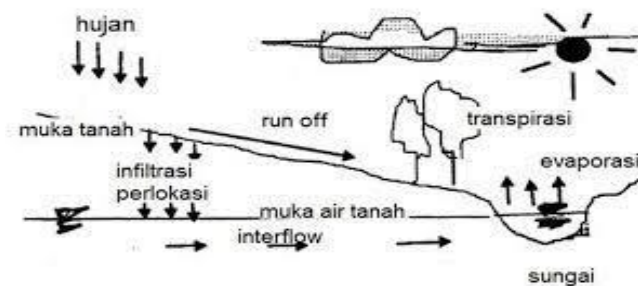
Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek (Wesli 2008). Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Menurut sejarah terbentuknya

Drainase menurut sejarahnya terbentuk dalam berbagai cara, berikut ini cara terbentuknya drainase:

a. Drainase alamiah (natural drainage)

Drainase alamiah terbentuk melalui proses alamiah yang berlangsung lama. Saluran drainase terbentuk akibat gerusan air sesuai dengan kontur tanah. Drainase alamiah ini terbentuk pada kondisi tanah yang cukup kemiringannya, sehingga air akan mengalir dengan sendirinya, masuk ke sungai-sungai. Pada tanah yang cukup poreous, air yang ada di permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi).



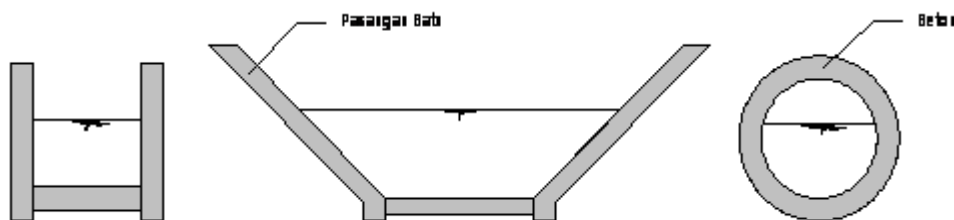
Gambar 2.1: Drainase alamiah pada saluran air.

Sumber : <https://www.google.com/search?q=gambar+drainase+alamiah>

Air yang meresap berubah menjadi aliran antara (subsurface flow) mengalir menuju sungai, dan dapat juga mengalir masuk ke dalam tanah (perkolasi) hingga ke ar tanah yang kemudian bersama-sama dengan air tanah mengalir sebagai aliran air tanah menuju sungai.

b. Drainase buatan (artificial drainage)

Drainase buatan adalah sistem yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil hitungan-hitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan system drainase alamiah. Pada sistem drainase buatan memerlukan biaya-biaya baik pada perencanaannya maupun pada pembuatannya.



Gambar 2.2. Drainase buatan.

Sumber : <https://www.google.com/search?q=gambar+drainase+buatan>

2. Menurut sistem pengalirannya

a. Drainase dengan sistem jaringan

Yakni suatu sistem pengeringan atau pengaliran air pada suatu kawasan yang dilakukan dengan mengalirkan air melalui system tata saluran dengan bangunan- bangunan pelengkapanya.

b. Drainase dengan sistem resapan

Yakni sistem pengeringan atau pengaliran air yang dilakukan dengan menerapkan air ke dalam tanah. Cara resapan ini dapat dilakukan langsung terhadap genangan air di permukaan tanah ke dalam tanah atau melalui sumuran/resapan.

3. Menurut tujuan atau sasarannya

a. Drainase perkotaan

Yakni pengeringan atau pengaliran air dari wilayah perkotaan ke sungai yang melimpah wilayah perkotaan tersebut sehinggalah wilayah perkotaan tidak digenangi air.

b. Drainase daerah pertanian

Yakni pengeringan atau pengaliran air di daerah pertanian baik di persawahan maupun daerah sekitarnya yang bertujuan untuk mencegah kelebihan air agar pertumbuhan tanaman tidak terganggu.

c. Drainase lapangan terbang

Yakni pengeringan atau pengaliran air di kawasan lapangan terbang terutama pada runway dan taxiway sehingga kegiatan penerbangan baik takeoff, landing maupun taxiing tidak terhambat.

d. Drainase jalan raya

Yakni pengeringan atau pengaliran air di permukaan jalan yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada badan jalan dan menghindari kecelakaan lalu lintas.

e. Drainase jalan kereta api

Yakni pengeringan atau pengaliran di sepanjang jalur rel kereta api yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada jalur rel kereta api.

f. Drainase pada tanggul dan dam

Yakni pengaliran air daerah sisi luar tanggul dan dam yang bertujuan untuk mencegah keruntuhan tanggul dan dam akibat erosi rembesan aliran air.

g. Drainase lapangan olahraga

Yakni pengeringan atau pengaliran air pada suatu lapangan olahraga seperti lapangan bola kaki dan lainnya agar kegiatan tersebut tidak terganggu meskipun dalam kondisi hujan.

h. Drainase untuk keindahan kota

Yakni bagian dari drainase perkotaan, namun pembuatan drainase ini lebih ditujukan lebih pada sisi estetika seperti tempat rekreasi dan lainnya.

i. Drainase untuk kesehatan lingkungan

Yakni bagian dari drainase perkotaan, di mana pengeringan dan pengaliran air bertujuan untuk mencegah genangan yang dapat menimbulkan wabah penyakit.

j. Drainase untuk penambahan areal

Yakni pengeringan atau pengaliran air pada daerah rawa ataupun laut yang tujuannya sebagai upaya untuk menambah areal.

4. Menurut letak saluran

Saluran drainase menurut letak bangunannya terbagi dalam beberapa bentuk, berikut ini bentuk drainase menurut letak bangunannya:

a. Drainase permukaan tanah (surface drainage)

Yakni system drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah yang pengaliran air terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran (Slope).

b. Drainase bawah permukaan tanah (sub surfacedrainage)

Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) karena alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain Tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

5. Menurut fungsi drainase

Drainase berfungsi mengalirkan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, berikut ini jenis drainase menurut fungsinya :

a. Single purpose

Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.

b. Multipurpose

Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian, misalnya mengalirkan air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.

6. Menurut konstruksi

Dalam merancang sebuah drainase terlebih dahulu harus tahu jenis konstruksi apa drainase dibuat, berikut ini drainase menurut konstruksi.

a. Saluran terbuka

Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun drainase non hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.



Gambar 2.3. Saluran Terbuka.

Sumber : precon.co.id/produk/detail-produk/2019/02/u-ditch-saluran-terbuka

b. Saluran tertutup

Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran aliran kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.



Gambar 2.4. Saluran Tertutup.

Sumber : <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/644/mengenal-jenis-jenis-drainase>

2.1.2 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase merupakan bagian dari infrastruktur pada suatu kawasan, drainase masuk pada kelompok infrastruktur air pada pengelompokan infrastruktur wilayah, selain itu ada kelompok jalan, kelompok sarana transportasi, kelompok pengelolaan limbah, kelompok bangunan kota, kelompok energi dan kelompok telekomunikasi (Suripin, 2004).

Air hujan yang jatuh di suatu kawasan perlu dialirkan atau dibuang, caranya dengan pembuatan saluran yang dapat menampung air hujan yang mengalir di permukaan tanah tersebut. Sistem saluran di atas selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar.

Bagian infrastruktur (sistem drainase) dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Ditinjau dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (interseptor drain), saluran pengumpul (colector drain), saluran pembawa (conveyor drain), saluran induk (main drain) dan badan air penerima (receiving waters). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (aqueduct), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando dan stasiun pompa. Pada sistem drainase yang lengkap, sebelum masuk ke badan air penerima air diolah dahulu pada instalasi pengolah air limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur. Hanya air yang telah memiliki baku mutu tertentu yang dimasukkan ke dalam badan air penerima biasanya sungai, sehingga tidak merusak lingkungan (Suripin, 2004).

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, serta untuk perkotaan ada tambahan variabel desain seperti:

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan.
2. Keterkaitan dengan masterplan drainase kota.
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya.

Selain untuk pengeringan tanah atau menghambat terjadinya banjir, drainase dapat juga berfungsi untuk:

1. Pertanian

Tanah yang terlalu basah seperti rawa misalnya tidak dapat ditanami. Untuk dapat digunakan sebagai lahan pertanian, tanah rawa yang selalu basah perlu dikeringkan.

2. Bangunan

Untuk mendirikan bangunan (gedung, dan jalan lapangan terbang) diatas tanah yang basah perlu drainase agar tanah menjadi kering dan daya dukung tanah menjadi bertambah sehingga dapat mendukung beban bangunan diatasnya.

3. Kesehatan

Tanah yang digenangi air dapat menjadi tempat berkembangbiaknya nyamuk, sehingga perlu dikeringkan dengan sistem jaringan drainase. Pada tanah kering telur dan larva nyamuk tidak hidup. Sedangkan dari ilmu kesehatan gas-gas yang terdapat dirawa seperti gas metan tidak baik untuk kesehatan, sehingga tanah sekitar permukiman perlu dikeringkan.

4. Lanskap

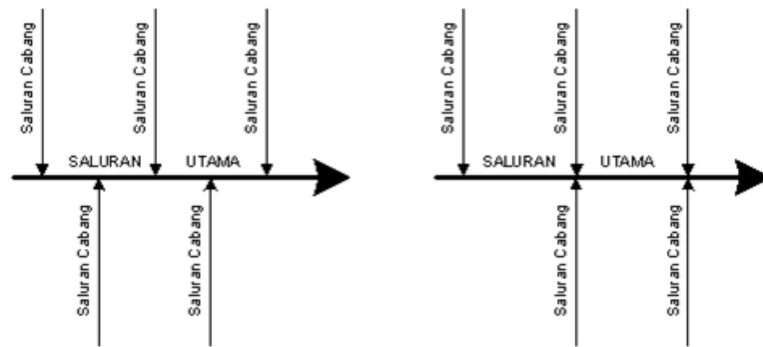
Untuk pemandangan yang baik, tanah basah/berair harus dikeringkan sehingga dapat ditanami rumput atau tanaman-tanaman hias lainnya.

2.1.3 Pola Jaringan Drainase

Menurut Wesli (2008) Pola jaringan drainase dapat dibedakan sebagai berikut:

1. **Pola siku**

Pola siku adalah suatu pola dimana saluran cabang membentuk siku-siku pada saluran utama. Biasanya dibuat pada daerah yang mempunyai tofografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai dimana sungai merupakan saluran pembuang utama yang berada di tengah kota seperti gambar di bawah.

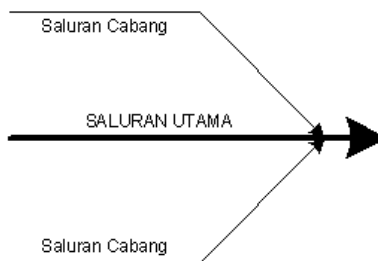


Gambar 2.5: Pola jaringan siku.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

2. Pola parallel

Pola paralel adalah suatu pola dimana saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang yang pada bagian akhir saluran cabang dibelokkan menuju saluran utama. Pada pola paralel saluran cabang cukup banyak dan pendek pendek seperti gambar di bawah.

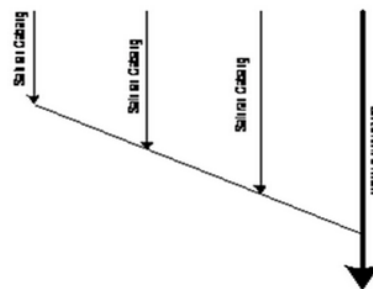


Gambar 2.6: Pola jaringan parallel.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

3. Pola grid iron

Pola grid iron adalah pola jaringan drainase dimana sungai terletak dipinggiran kota. Sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul kemudian dialirkan pada sungai seperti gambar di bawah.

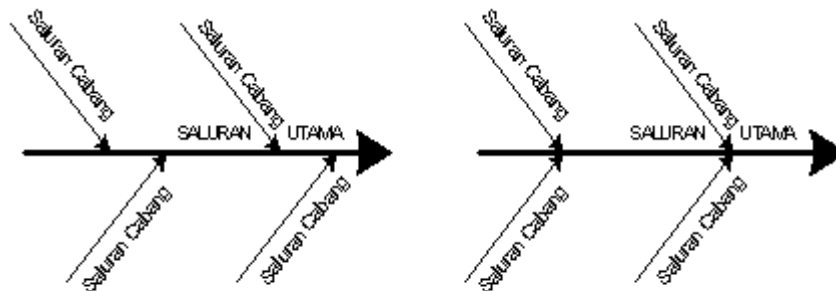


Gambar 2.7: Jaringan grid iron.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

4. Pola alamiah

Pola alamiah adalah suatu pola jaringan drainase yang hampir sama dengan pola siku dimana sungai sebagai saluran berada ditengah kota, namun jaringan saluran cabang tidak terlalu terbentuk siku terhadap saluran utama atau sungai seperti gambar di bawah.

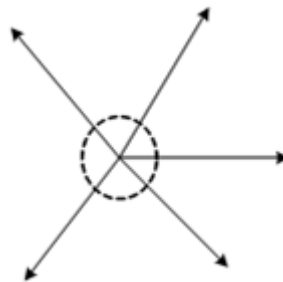


Gambar 2.8: Pola jaringan alamiah.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

5. Pola radial

Pola radiah adalah pola jaringan drainase yang mengalirkan air dari pusat sumber air memencar ke berbagai arah, pola ini sangat cocok digunakan pada daerah yang bukit seperti diperlihatkan pada gambar di bawah.

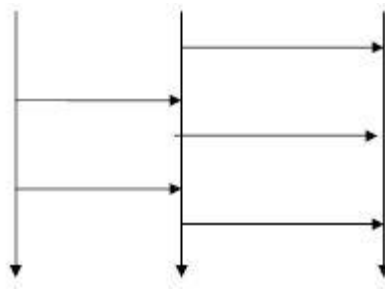


Gambar 2.9: Pola jaringan radial.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

6. Pola jaring-jaring

Pola jarring-jaring adalah pola drainase yang mempunyai saluran-saluran pembuang mengikuti arah jalan raya. Pola ini sangat cocok untuk daerah yang topografinya datar.



Gambar 2.10: Pola jaringan jaring-jaring.

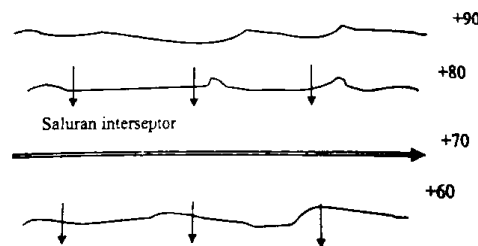
Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

2.1.4 Fungsi Saluran Drainase

Menurut Wesli (2008) Dalam sebuah drainase digunakan saluran sebagai sarana pengaliran air yang terdiri dari saluran interceptor, saluran kolektor dan saluran konveyor, Masing-masing saluran mempunyai fungsi yang berbeda yaitu:

a. Saluran Interseptor

Yakni saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya.

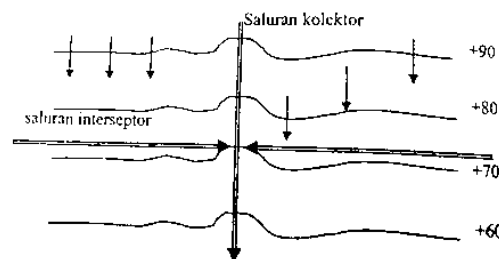


Gambar 2.11: Posisi saluran interseptor.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

b. Saluran Kolektor

Saluran kolektor berfungsi sebagai pengumpul aliran dari saluran drainase yang lebih kecil, misalnya saluran interseptor.

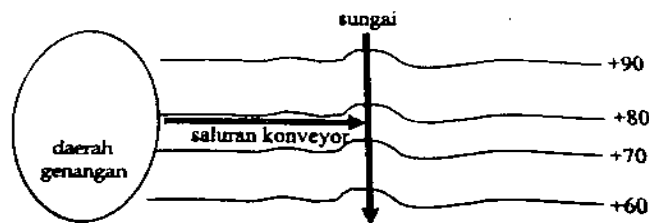


Gambar 2.12: Posisi saluran kolektor.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

c. Saluran Konveyor

Saluran konveyor adalah saluran yang berfungsi sebagai saluran pembawa seluruh air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuang, misalnya ke sungai tanpa membahayakan daerah yang dilaluinya.



Gambar 2.13: Posisi saluran konveyor.

Sumber : <https://neededthing.blogspot.com/2018/05/pola-jaringan-drainase.html>

2.1.5 Drainase Perkotaan

Perkembangan perkotaan memerlukan perbaikan dan penambahan fasilitas sistem pembuangan air hujan. Dimana sistem pembuangan air hujan bertujuan untuk:

- Arus air hujan yang sudah berbahaya atau mengganggu lingkungan secepat mungkin dibuang pada badan air penerima, tanpa erosi dan penyebaran polusi atau endapan.
- Tidak terjadi genangan, banjir dan becek-becek.

Masalah di atas sudah merupakan permasalahan yang harus di tangani secara sungguh-sungguh, terutama bagi daerah-daerah yang selalu mengalami setiap musim hujan. Air hujan yang di atur di angkasa di kendalikan dan di atur guna memenuhi berbagai kegunaan untuk penyehatan (Hendrasarie, 2005). Pengendalian banjir, drainase, pembuangan air limbah merupakan penerapan teknik pengendalian air, sehingga tidak menimbulkan kerusakan yang melebihi batas-batas kelayakan terhadap harga benda, gangguan terhadap lingkungan pemukiman serta masyarakat dan sarana aktivitasnya bahkan terhadap nyawanya. Penyediaan air, irigasi, pembangkit listrik tenaga air, alur-alur transportasi air dan badan-badan air sebagai tempat rekreasi adalah merupakan pemanfaatan sumber daya air, sehingga perlu dilestarikan eksistensinya, dipelihara kualitas keindahannya serta pemanfaatannya. Drainase dengan sistem konservasi lahan

dan air merupakan langkah awal dari usaha pelestarian eksistensinya sumber daya air tawar di bumi ini.

Untuk drainase perkotaan dan jalan raya umumnya dipakai saluran dengan lapisan. Selain alasan seperti dikemukakan di atas, estetika dan kestabilan terhadap gangguan dari luar seperti lalu lintas merupakan alasan lain yang menuntut saluran drainase perkotaan dan jalan raya dibuat dari saluran dengan lapisan. Saluran ini dapat berupa saluran terbuka atau saluran yang diberi tutup dengan lubang-lubang kontrol di tempat-tempat tertentu. Saluran yang diberi tutup ini bertujuan supaya saluran memberikan pandangan yang lebih baik atau ruang gerak bagi kepentingan lain di atasnya (Wesli, 2008).

Tabel 2.1: Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan).

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
<10	2	Rasional
10-100	2-5	Rasional
101-500	5-20	Rasional
>500	10-25	Hidrograf Satuan

Sumber : Suripin, 2004

2.2 Banjir

Banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya.

Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang.

2.2.1. Jenis-Jenis Banjir

Banjir dibedakan atas peristiwanya:

1. Peristiwa banjir atau genangan yang terjadi pada daerah yang biasanya terjadi banjir.

2. Peristiwa banjir terjadi karena limpasan air dari sungai, karena debit air tidak mampu dialirkan oleh aliran sungai atau debit air lebih besar dari kapasitas pengaliran sungai yang ada.

Peristiwa banjir sendiri tidak terjadi permasalahan, apabila tidak mengganggu terhadap aktivitas dan kepentingan manusia dan permasalahan itu timbul setelah manusia melakukan kegiatan pada daerah dataran banjir, untuk mengurangi kerugian akibat banjir.

2.2.2 Banjir Rencana

Menurut Rachmawati (2010) Debit banjir rencana adalah debit yang dipakai sebagai dasar untuk perhitungan bangunan air yang akan direncanakan dan merupakan debit terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Perhitungan debit banjir rencana untuk saluran drainase terdiri dari debit air kotor dan debit air hujan .

Banjir rencana tidak boleh kita tetapkan terlalu kecil agar jagan terlalu sering terjadi ancaman pengrusakan bangunan atau daerah disekitarnya. Tetapi juga tidak boleh terlalu besar sehingga ukuran bangunan tidak ekonomis. Jatuhnya hujan terjadi menurut suatu pola dan suatu siklus tertentu. Hanya kadang-kadang terjadi penyimpangan-penyimpangan pada pola itu tetapi biasanya kembali pada pola yang teratur, perlu diadakan pertimbangan-pertimbangan hidro ekonomis.

2.3 Analisa Hidrologi

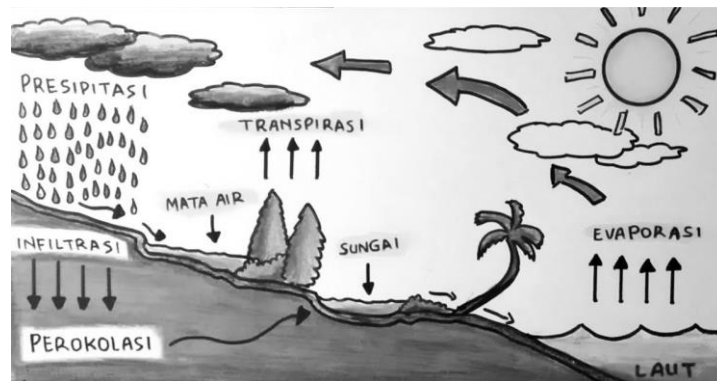
Analisa hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai macam bangunan air seperti bendungan, bangunan pengendali banjir dan irigasi. Tetapi juga bangunan jalan raya, lapangan terbang dan bangunan lainnya, tetapi juga bangunan jalan raya, lapangan terbang, dan bangunan lainnya, dan juga analisa hidrologi diperlukan untuk perencanaan drainase, culvert, maupun jembatan yang melintasi sungai atau saluran (Suripin, 2004). Drainase yang direncanakan dalam hal ini untuk dapat menampung air hujan atau air limbah daerah sekitar dan mengalirkannya ke sungai atau ke tempat-tempat pembuangan lainnya. Saluran drainase ini ukurannya direncanakan sedemikian rupa sehingga cukup untuk mengalirkan sejumlah volume air tertentu dalam suatu waktu yang lama atau yang disebut dengan debit (Q).

Pada perencanaan saluran drainase terdapat masalah yaitu berapakah besar debit air yang harus disalurkan melalui saluran tersebut. Karena debit air ini tergantung kepada curah hujan tidak tetap (berubah-ubah) maka debit air yang akan ditampung saluran juga pasti akan berubah-ubah. Dalam hal perencanaan saluran drainase kita harus menetapkan suatu besarnya debit rencana (debit banjir rencana) jika memilih atau membuat debit rencana tidak bisa kecil, maka nantinya dapat berakibat air didalam saluran akan meluap dan sebaliknya juga tidak boleh mengambilnya terlalu besar karena dapat juga berakibat saluran yang kita rencanakan tidak ekonomis. Kita harus dapat memperhitungkan besarnya debit didalam saluran drainase agar dapat memilih suatu debit rencana. Didalam memilih debit rencana maka diambil debit banjir maximum pada daerah perencanaan.

2.3.1 Siklus Hidrologi

Dalam perencanaan suatu bangunan air yang berfungsi untuk pengendalian penggunaan air antara lain yang mengatur aliran sungai, pembuatan waduk-waduk dan saluran-saluran yang sangat diperlukan untuk mengetahui perilaku siklus yang Saluran utama disebut dengan siklus hidrologi. Menurut Rurung dkk. (2019) Air laut menguap karena radiasi matahari menjadi awan kemudian awan yang terjadi oleh penguapan air bergerak di atas daratan karena tertiup angin. Presipitasi yang terjadi oleh tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin, dapat berbentuk hujan atau salju. Setelah jatuh ke permukaan tanah, akan menimbulkan limpasan (runoff) yang mengalir kembali ke laut. Dalam usahanya untuk mengalir kembali ke laut beberapa di antaranya masuk kedalam tanah (infiltrasi) dan bergerak terus ke bawah (perkolasi) ke dalam daerah jenuh (saturated zone) yang terdapat di bawah permukaan air tanah atau juga yang dinamakan permukaan freatik.

Menurut Suripin (2014) secara keseluruhan jumlah air di planet bumi ini relative tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus menerus, dimana kita tidak tahu kapan dan darimana berawalnya dan kapan pula akan berakhir. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (Hydrologic Cycle).



Gambar 2.14: Siklus hidrologi.

Sumber : Google.com/ <https://www.youtube.com/watch?v=rZDpRhr86dQ>

2.3.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Menurut Suripin (2004) Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala-ulang adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Sedangkan menurut Wesli (2008) Periode Ulang Hujan adalah waktu perkiraan dimana suatu data hujan akan mencapai suatu harga tertentu disamai atau kurang dari atau lebih. Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang akan di keringkan.

Distribusi frekuensi digunakan untuk memperoses probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala-ulang (return period) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi dan koefisien skewness (kecondongan atau kemencengan).

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

- a. Distribusi Log Person Tipe III
- b. Distribusi Gumbel

2.3.2.1 Distribusi Log Person Tipe III

Distribusi Log Person Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Person Tipe III merupakan hasil dari transformasi dari distribusi Log Person tipe III dengan mengganti varian menjadi nilai logaritma. Data hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma. Langkah-langkah dalam perhitungan curah hujan rencana berdasarkan perhitungan Log Person Type III sebagai berikut (Suripin, 2004).

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$

2. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.1)$$

3. Hitung simpangan baku dengan rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} \bar{X})^2} \quad (2.2)$$

4. Hitung Koefesien kemencengan dengan rumus :

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (2.3)$$

5. Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K.Sd \quad (2.4)$$

Keterangan:

LogX = Rata-rata logaritma

n = Banyaknya tahun pengamatan

Sd = Standar devisi

G = Koefesien kemencengan

K = Variabel standar (standardized variabel) untuk X yang besarnya tergantung koefesien kemiringan G (Tabel 2.4).

Besarnya harga K berdasarkan nilai G dan tingkat probabilitasnya dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 2.2 : Distribusi log pearson type III untuk koefisien kemencengan G.

Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef, G	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)							
	99	80	50	2 0	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905

-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber : Suripin, 2004

2.3.2.2 Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

1. Besarnya curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.5)$$

2. Hitung standar deviasi dengan rumus:

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \text{Log}\bar{X})^2} \quad (2.6)$$

3. Hitung besarnya curah hujan untuk periode ulang t tahun dengan rumus :

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_T - Y_n}{\sigma_n} Sd \quad (2.7)$$

Keterangan:

X_t = Besarnya curah hujan untuk t tahun (mm)

Y_t = Besarnya curah hujan rata-rata untuk t tahun (mm) Y_n = Reduce mean deviasi berdasarkan sampel n

σ_n = Reduce standar deviasi berdasarkan sampel n n = Jumlah tahun yang ditinjau

Sd = Standar deviasi (mm)

\bar{x} = Curah hujan rata-rata (mm) X_i = Curah hujan maximum (mm)

Harga Y_n berdasarkan banyaknya sampel n dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 2.3 : Harga Y_n berdasarkan banyaknya sampel n.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	,495	,449	,503	,507	,510	,512	,515	,518	,520	,552
20	,523	,525	,526	,528	,529	,530	,532	,533	,534	,535

30	,536	,537	,538	,538	,539	,540	,541	,541	,542	,543
40	,543	,544	,544	,545	,545	,546	,546	,547	,547	,548
50	,548	,549	,549	,549	,550	,550	,550	,551	,551	,551
60	,552	,552	,552	,553	,553	,553	,553	,554	,554	,554
70	,554	,555	,555	,555	,555	,555	,555	,556	,556	,556
80	,556	,557	,557	,557	,557	,558	,558	,558	,558	,558
90	,558	,558	,558	,559	,559	,559	,559	,559	,559	,559
100	,560									

Sumber : Suripin, 2004

Hubungan periode ulang untuk t tahun dengan curah hujan rata-rata dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 2.4: Periode ulang untuk t tahun.

Kata ulang (tahun)	Faktor reduksi (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Suripin, 2004

Harga reduce standar deviasi (σ) dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 2.5 : Hubungan reduce standar deviasi (σ) dengan banyaknya sampel (n).

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,96	0,98	0,99	1	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
20	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,1

30	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,3
40	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
50	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
60	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
70	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
80	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
90	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
100	1,2									

Sumber : Suripin, 2004

2.3.3 Uji Kecocokan Distribusi

Menurut Suripin (2004) untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.. Pengujian parameter yang dipakai adalah uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov.

2.3.3.1 Uji Chi-Square

Uji Chi-Square adalah salah satu uji statistik paramatik yang cukup sering digunakan dalam penelitian. Uji Chi-Square ini biasa diterapkan untuk pengujian kenormalan data, pengujian data yang berlevel nominal atau untuk menguji perbedaan dua atau lebih proposi sampel. Uji Chi-Square diterapkan pada kasus dimana akan uji diamati (data observasi) berbeda secara nyata atukah tidak dengan frekuensi yang diterapkan. Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan Uji-chi-square.

Uji Chi-Square digunakan untuk menguji distribusi pengamatan, apakah sampel memenuhi syarat distribusi yang di uji atau tidak. Adapun prosedur perhitungan Uji Chi-Square adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah kelas dengan Pers. 2.8.

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad (2.8)$$

Dimana:

K = Jumlah kelas
n = Banyaknya data

2. Membuat kelompok-kelompok kelas sesuai dengan jumlah kelas.
3. Menghitung frekuensi pengamatan $O_j = n/\text{jumlah kelas}$.
4. Mencari besarnya curah hujan yang masuk dalam batas kelas (E_j).
5. Menghitung dengan menggunakan Pers. 2.9.

$$X^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \quad (2.9)$$

Dimana:

X^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung
k = Jumlah kelas
 O_j = Frekuensi pengamatan kelas
 E_j = Frekuensi teoritis kelas

6. Menentukan X^2_{cr} dari tabel dengan menentukan taraf signifikan (α) dan derajat kebebasan (Dk) dengan menggunakan Pers. 2.10.

$$Dk = K - (p+1) \quad (2.10)$$

Dimana:

Dk = Derajat kebebasan K = Jumlah kelas
p = Banyaknya parameter untuk Uji Chi-Square adalah 2

Menyimpulkan hasil dari tabel perhitungan X^2 hitung $< X^2_{cr}$ maka distribusi terpenuhi dan apabila nilai X^2 hitung $> X^2_{cr}$ maka distribusi tidak terpenuhi. Untuk melihat nilai distribusi yang tertera pada Tabel dibawah.

Tabel 2.6 : Nilai kritis untuk distribusi Chi-Square.

Dk	α derajat kepercayaan							
	t0,995	t0,99	t0,975	t0,95	t0,05	t0, 025	t0, 01	t0, 005
1	0,39	0,16	0,098	0,393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,100	0,201	0,506	0,103	5,991	6,783	9,210	10,597
3	0,717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	24,995
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,598
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,884	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,552
20	7,434	8,260	9,591	10,851	34,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,497	38,982	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,298	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,264	42,920	45,558
25	10,52	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,920

Sumber : Suripin, 2004

2.3.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Suripin, 2004). Hal itu dikarenakan nilai uji yang terdapat pada Tabel dibawah.

Tabel 2.7 : Nilai kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

N	Derajat kepercayaan, α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
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	0,20	0,23	0,27

40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber : Suripin, 2004

Prosedur dasarnya mencakup perbandingan antara probabilitas kumulatif lapangan dan distribusi kumulatif fungsi yang ditinjau. Sampel yang berukuran n, diatur dengan urutan yang meningkat. Dari data yang diatur akan membentuk suatu fungsi frekuensi kumulatif tangga. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

- Urutan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut :

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3), \text{ dan seterusnya.}$$
- Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_3 = P'(X_3), \text{ dan seterusnya.}$$
- Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
- Berdasarkan tabel nilai kritis (smirnov-kolomogorov test) tentukan nilai kritis (D_0).

Apabila nilai D lebih kecil dari nilai D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, tetapi apabila nilai D lebih besar dari nilai D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak dapat diterima.

2.3.4 Daerah Tangkapan Hujan (Catchment area)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama.

Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografinya / elevasi permukaan tanah suatu wilayah disekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan kesaluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (Catchment area) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau.

2.3.5 Koefisien Pengaliran (C)

Menurut Supriyani dkk. (2012) Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran tergantung pada keadaan daerah pengaliran dan karakteristik hujan.

Menurut Hendratta (2014) Faktor yang penting yang mempengaruhi besarnya koefisien pengaliran adalah keadaan hujan, luas daerah pengaliran, kemiringan lahan, daya infiltrasi dan perkolasi tanah serta tata guna lahan.

Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran mempunyai nilai antara dan sebaliknya nilai pengaliran untuk analisis dipergunakan nilai terbesar atau nilai maksimum (Wesli,2008). Koefisien pengaliran secara umum diperlihatkan pada Tabel dibawah.

Tabel 2.8 : Koefisien limpasan untuk Metode Rasional.

Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien Aliran (c)
Business	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	

rumah tunggal	0,30 – 0,50
Perdesaan	0,40 – 0,70
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 – 0,65
batu bata, paving	0,50 – 0,70

Sumber : Suripin, 2004

2.3.6 Debit Rencana

Debit rencana adalah debit maksimum yang akan dialirkan oleh saluran drainase untuk mencegah terjadinya genangan. Untuk drainase perkotaan dan jalan raya sebagai debit rencana debit banjir maksimum periode ulang 5 tahun yang mempunyai makna kemungkinan banjir maksimum tersebut disamai atau dilampaui 1 kali dalam 5 tahun atau 2 kali dalam 10 tahun atau 25 kali dalam 100 tahun (Suripin, 2004).

Penetapan debit banjir maksimum periode 100 tahun ini berdasarakan pertimbangan:

- Resiko akibat genangan yang ditimbulkan oleh hujan relatif kecil dibandingkan dengan banjir yang ditimbulkan meluapnya sebuah sungai.
- Luas lahan diperkotaan relatif terbatas apabila ingin direncanakan saluran yang melayani debit banjir maksimum periode ulang lebih besar dari 100 tahun.
- Daerah perkotaan mengalami perubahan dalam periode tertentu sehingga mengakibatkan perubahan pada saluran drainase.

Perencanaan debit rencana untuk drainase perkotaan dan jalan raya dihadapi dengan persoalan tidak tersedianya data aliran. Umumnya untuk

menentukan debit aliran akibat air hujan diperoleh dari hubungan rasional antara air hujan dengan limpasannya (metode rasional). Untuk debit air limbah rumah tangga diestimasikan 25 liter perorang perhari.

Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dan lain-lain. Tabel 2.9 berikut menyajikan standar desain saluran drainase berdasar “Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis”.

Tabel 2.9 : Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan.

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

Sumber : Suripin, 2004

2.3.6.1 Metode Rasional

Menurut Suripin (2004) Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1993). Metode ini sangat simple dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas. Karena model ini merupakan model kotak hitam, maka tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Secara matematis dapat ditulis dalam Pers. 2.11.

$$Q = 0,00278 C \cdot I \cdot A \quad (2.11)$$

Dimana:

- Q = debit (m³/det).
- C = koefisien aliran permukaan.
- I = intensitas curah hujan (mm/jam).
- A = luas daerah aliran (Ha).

Rumus diatas berlaku untuk daerah yang luas pengalirannya tidak lebih dari 80 Ha, sedangkan untuk daerah yang luas pengalirannya lebih besar dari 80 Ha maka rumus rasional diatas harus dirubah menjadi Pers. 2.12.

$$Q = 0,00278 C. C_s. I. A \quad (2.12)$$

Dimana:

- Q = debit (m³/det).
 I = intensitas curah hujan (mm/jam).
 A = luas daerah aliran (Ha).
 C = koefisien aliran permukaan.
 C_s = koefisien tampungan.

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d} \quad (2.13)$$

Dimana:

- C_s = koefisien tampung.
 T_c = waktu konsentrasi (jam)
 T_d = waktu aliran air mengalir di dalam saluran dari hulu hingga ke tempat pengukuran (jam).

2.3.7 Intensitas Hujan

Menurut Restiani dkk. (2015) intensitas hujan adalah tinggi curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam.. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Intensitas hujan ialah ketinggian hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman.

Intensitas hujan adalah termasuk dari karakteristik hujan yang juga terdapat durasi hujan yaitu lama kejadian (menitan, jam-jaman, harian) diperoleh dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase

durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan diperlukan durasi yang relatif pendek mengingat akan toleransi terhadap lamanya genangan. Selanjutnya lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkungan intensitas hujan kala ulang hujan tertentu (Wesli, 2008).

Intensitas hujan termasuk hal yang terpenting dalam melaksanakan atau menganalisis hidrologi suatu daerah drainase. Maka daripada itu akan dijelaskan teori perhitungan debit rencana, yakni perhitungan curah hujan dengan jangka waktu yang bervariasi untuk menentukan suatu volume debit saluran. Untuk menentukan intensitas hujan adalah dengan menggunakan rumus-rumus empiris yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan lamanya hujan Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (2.14)$$

Dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam).

t = lamanya hujan (jam).

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

Rumus mononobe sering digunakan di Jepang, digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap berdasarkan data curah hujan harian.

Menurut Guntoro dkk. (2017) Perhitungan intensitas curah hujan bertujuan untuk mengetahui tinggi hujan historis yang mengakibatkan banjir. Menurut hasil pengamatan, informasi instansi terkait dan historis hujan, bahwa durasi hujan di lokasi studi, rata-rata terjadi dalam enam jam.

2.3.7.1 Analisa Curah Hujan

Menurut Dewi dkk. (2014) Analisis frekuensi adalah suatu analisa data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan untuk memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (return period) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan

suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Dalam analisa digunakan curah hujan rencana, hujan rencana yang dimaksud adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan, kemudian intensitas ini digunakan untuk mengestimasi debit rencana. Untuk berbagai kepentingan perancangan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian, tetapi juga distribusi jam atau menit. Hal ini akan membawa konsekuensi dalam pemilihan data, dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis. Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang (return periode) yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan:

- Saluran kwarter : Periode ulang 1 tahun
- Saluran tersier : Periode ulang 2 tahun
- Saluran sekunder : Periode ulang 5 tahun
- Saluran primer : Periode ulang 10 tahun

Dalam pemilihan suatu teknik analisis penentuan banjir rencana tergantung dari data-data yang tersedia dan macam dari bangunan air yang akan dibangun.

2.4 Analisa Hidrolika

Zat cair dapat diangkut dari suatu tempat lain melalui bangunan pembawa alamiah maupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat berupa terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang tertutup bagian atasnya disebut saluran tertutup (closed conduits), sedangkan yang terbuka bagian atasnya disebut saluran terbuka (open channels).

Menurut Ubaidillah dkk. (2012) Di dalam hidrologi, salah satu aspek analisa yang diharapkan dihasilkan untuk menunjang perencanaan bangunan-bangunan hidraulik adalah penetapan besaran- besaran rancangan, baik hujan,

banjir maupun unsur hidrologi lainnya. Hal ini merupakan satu masalah yang cukup rumit karena di satu pihak dituntut hasil yang memadai, namun di pihak lain sarana yang

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (open channel flow) maupun saluran tertutup (pipe flow). Pada aliran saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas (free surface). Permukaan bebas ini dapat dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung. Sedangkan pada aliran saluran tertutup tidak terdapat permukaan yang bebas, hal ini dikarenakan seluruh saluran diisi oleh air. Pada aliran saluran tertutup permukaan air secara tidak langsung dipengaruhi oleh tekanan udara luar kecuali hanya oleh tekanan hidraulika yang ada dalam aliran saja. Pada aliran terbuka untuk penyederhanaan dianggap bahwa aliran sejajar, kecepatan beragam dan kemiringan kecil. Dalam hal ini permukaan air merupakan garis derajat hidraulika dan dalam air sama dengan tinggi tekanan. Meskipun kedua jenis aliran hampir sama, penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka jauh lebih sulit dibandingkan dengan aliran pipa tekan. Hal ini disebabkan karena permukaan air bebas cenderung berubah sesuai dengan waktu, ruang dan juga bahwa kedalam aliran, debit, kemiringan dasar saluran dan kedudukan permukaan bebas saling bergantung satu sama lainnya. Aliran dalam suatu saluran tertutup tidak selalu merupakan aliran pipa.

Berdasarkan konsistensi bentuk penampang dan kemiringan dasarnya saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Saluran prismatic (prismatic channel) yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya tetap.
Contoh: saluran drainase, saluran irigasi.
- b. Saluran non prismatic (non prismatic channel) yaitu saluran yang berbentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya berubah-ubah. Contoh: sungai.

Aliran pada saluran terbuka terdiri dari saluran alam (natural channel) seperti sungai-sungai kecil di daerah hulu atau pegunungan hingga sungai besar di muara, dan saluran buatan (artificial channel) seperti saluran drainase di tepi jalan, saluran irigasi untuk mengairi persawahan, saluran pembuangan, saluran untuk membawa air ke pembangkit listrik tenaga air, saluran untuk supply air minum,

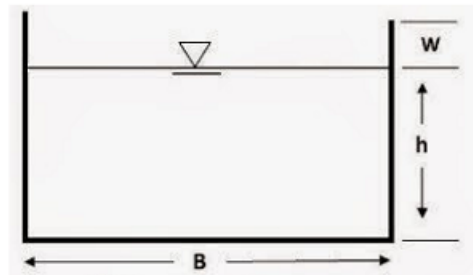
dan saluran banjir. Saluran buatan dapat berbentuk segitiga, trapesium, segiempat, bulat, setengah lingkaran, dan bentuk tersusun.

2.4.1 Dimensi Penampang Saluran

Potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekerasan dan kemiringan dasar tertentu (Suripin, 2004).

a. Penampang Berbentuk Persegi

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman air h , luas penampang basah $A = B \times h$ dan keliling basah P . Maka bentuk penampang persegi paling ekonomis adalah jika kedalaman setengah dari lebar dasar saluran atau jari-jari hidrauliknya setengah dari kedalaman air.



Gambar 2.15: Penampang persegi panjang

Untuk penampang persegi paling ekonomis:

Luas penampang (A):

$$A = B \times h \quad (2.15)$$

Keliling basah (P):

$$P = (2 \times h) + B \quad (2.16)$$

Jari-jari hidrolis R :

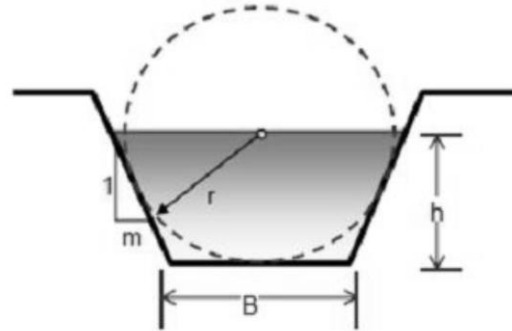
$$R = \frac{A}{P} \quad (2.17)$$

Kecepatan aliran (V):

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2.18)$$

b. Penampang Berbentuk Trapesium

Luas penampang melintang A dan Keliling basah P, saluran dengan penampang melintang bentuk trapesium dengan lebar dasar b, kedalaman h dan kemiringan dinding 1 m (Gambar 2.16) dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2.16: Penampang trapesium.

Untuk penampang trapesium paling ekonomis:

Luas penampang (A):

$$A = (B + mh) \times h \quad (2.19)$$

Keliling basah (P):

$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1} \quad (2.20)$$

Jari-jari hidrolis (R):

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.21)$$

Kecepatan aliran (V):

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2.22)$$

2.4.2 Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit yang harus ditampung oleh saluran (Q_S dalam m^3/det) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana (Q_T dalam m^3/det). Kondisi demikian dapat dirumuskan dengan Pers. 2.23.

$$Q_S \geq Q_T \quad (2.23)$$

Debit yang mampu ditampung oleh saluran (Q_S) dapat diperoleh dengan Pers. 2.24.

$$Q_S = A \cdot V \quad (2.24)$$

Dimana:

- Q_s = Debit aliran pada saluran (m^3/det).
 A = luas penampang basah (m^2).
 V = kecepatan aliran (m/det).

Untuk mencari nilai kecepatan aliran dapat menggunakan manning Pers. 2.25.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2.25)$$

Dimana:

- V = kecepatan aliran (m/det).
 n = koefisien kekasaran manning.
 R = jari-jari hidrolis (m).
 S = kemiringan dasar saluran.

Nilai R dapat dicari dengan menggunakan Pers. 2.26.

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.26)$$

Dimana:

- R = jari-jari hidrolis (m).
 A = luas penampang basah (m^2).
 P = keliling penampang basah (m).

Nilai koefisien kekasaran Manning n, untuk gorong-gorong dan saluran pasangan dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 2.10 : Koefisien kekasaran Manning.

No.	Tipe Saluran	Koefisien Manning (n)
1	Besi tuang lapis	0,014
2	Kaca	0,010
3	Saluran beton	0,013
4	Bata dilapis mortar	0,015
5	Pasangan batu disemen	0,025
6	Saluran tanah bersih	0,022
7	Saluran tanah	0,030
8	Saluran dengan dasar baru dan tebing rumput	0,040
9	Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber : "Hidraulika", Prof. Dr. Ir. Bambang Triatmojo, CES.,DEA.

Tabel 2.11 : Nilai kemiringan dinding saluran sesuai bahan

No.	Bahan Saluran	Kemiringan Dinding (m)
1	Batuan/ cadas	0
2	Tanah lumpur	0,25
3	Lempung keras/ tanah	0,5 – 1
4	Tanah dengan pasangan batuan	1
5	Lempung	1,5
6	Tanah berpasir lepas	2
7	Lumpur berpasir	3

Sumber : (ISBN: 979 – 8382 – 49 – 8, 1994).

