

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

2.1.1 Pengertian drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris drainage mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah

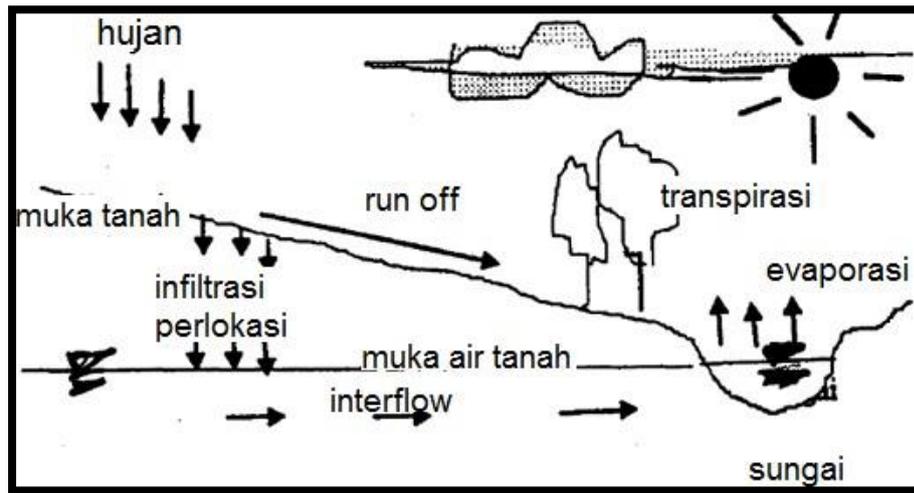
Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. (Suripin, 2004)

2.1.2 Jenis – jenis drainase

A. Menurut sejarah terbentuknya

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

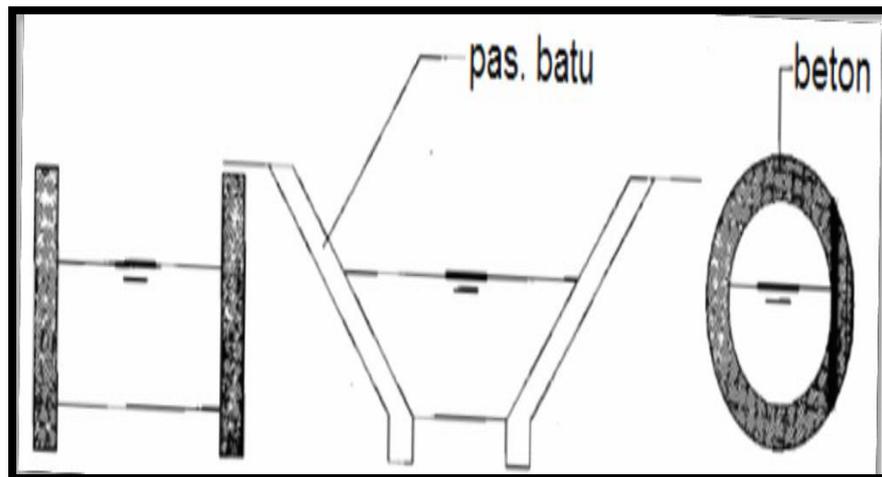
Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



Gambar 2.1 Drainase Alamiah
(Sumber : ISBN 979-832-49-8)

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.



Gambar 2.2 Drainase Buatan
(Sumber : ISBN 979-8382-49-8)

B. Menurut Letak Bangunan

1. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open chanel flow.

2. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan 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.

C. Menurut Fungsi

1. Single Purpose

Single Purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lainnya seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.

2. Multi Purpose

Multi Purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

D. Menurut Konstruksi

1. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

1. Saluran Tertutup

Saluran tertutup adalah saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di kota/permukiman.

2.1.3 Sistem jaringan drainase

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi atas 2 bagian, yaitu :

a. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran/badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*catchment area*). Umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer.

Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

b. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu system saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar.

Umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.

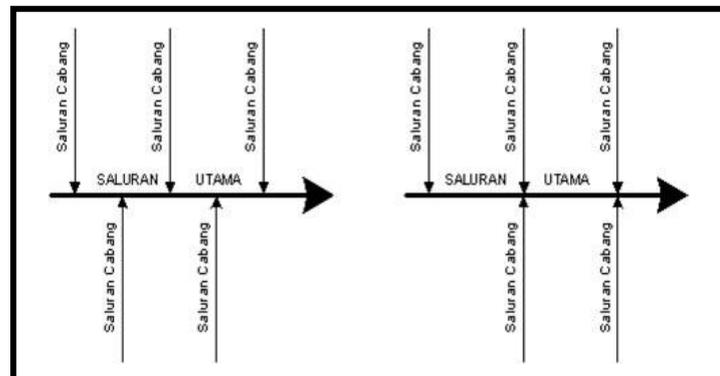
2.1.4 Pola jaringan drainase

Dalam perencanaan sistem drainase suatu kawasan harus memperhatikan pola jaringan drainasenya. Pola jaringan drainase pada suatu kawasan atau wilayah tergantung dari topografi daerah dan tata guna lahan kawasan tersebut (Farizi 2015).

Menurut Hasmar (2011), adapun tipe atau jenis pola jaringan drainase sebagai berikut :

a. Pola Jaringan Siku

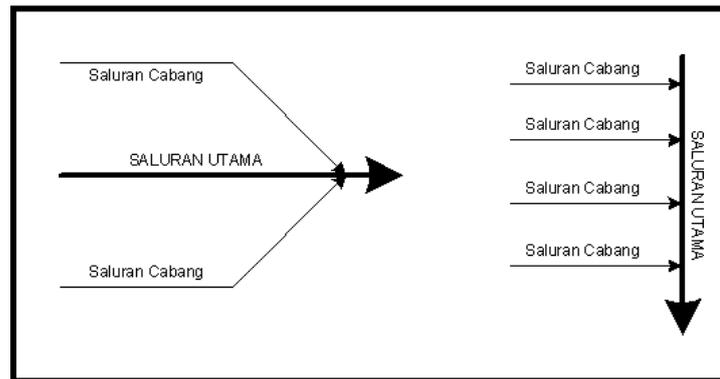
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai pembuang akhir berada di tengah kota. Pola saluran yang membentuk siku-siku pada saluran utama. Pola jaringan siku dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.3 Pola Jaringan Siku
(Sumber : *Drainase Perkotaan, 2008*)

b. Pola Jaringan Pararel

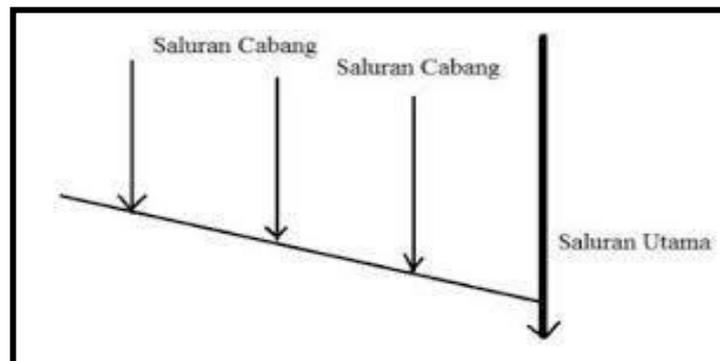
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang (Gambar 2.3). Saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan menyesuaikan.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Pararel
(Sumber : *Drainase Perkotaan, 2008*)

a. Pola Jaringan Grid Ikon

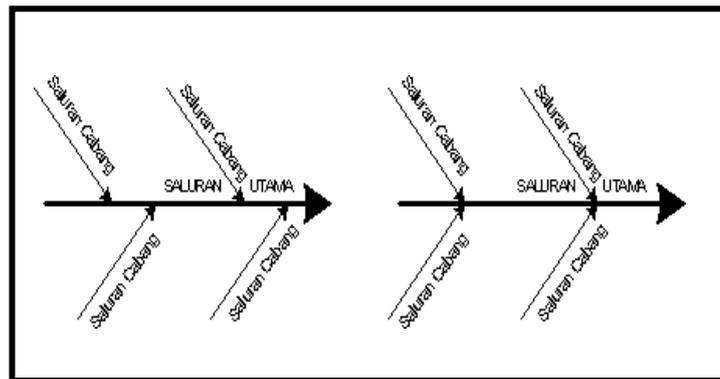
Untuk daerah dimana sungai terletak di pinggir kota, sehingga saluran- saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul. Pola jaringan Grid Ikon dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Ikon Grid
(Sumber : *Drainase Perkotaan, 2008*)

b. Pola Jaringan Alamiah

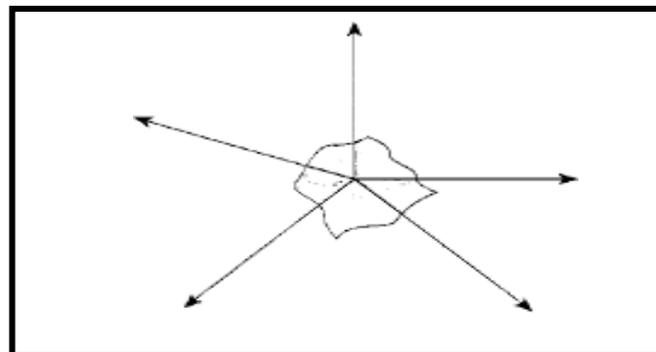
Pola alamiah adalah suatu pola jaringan drainase yang hampir sama dengan pola siku, dimana sungai sebagai saluran utama berada ditengah kota, namun jaringan saluran cabang tidak terlalu berbentuk siku terhadap saluran utama. Pola jaringan Alamiah dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pola Jaringan Alamiah
(Sumber : *Drainase Perkotaan, 2008*)

c. Pola Jaringan Radial

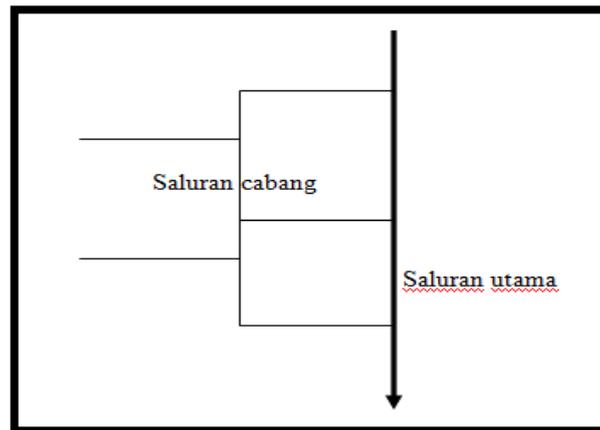
Pola radial adalah pola jaringan drainase yang mengalirkan air dari pusat sumber air dan memancar ke berbagai arah (Gambar 2.7). Pola ini sangat cocok untuk daerah berbukit.



Gambar 2.7 Pola Jaringan Radial
(Sumber : *Drainase Perkotaan, 2008*)

a. Pola Jaringan Jaring-Jaring

Pola jaring-jaring adalah pola drainase yang mempunyai saluran-saluran pembuang mengikuti arah jalan raya. Pola ini sangat cocok untuk daerah dengan topografi datar. Pola jaringan jaring dapat dilihat pada Gambar 2.8.



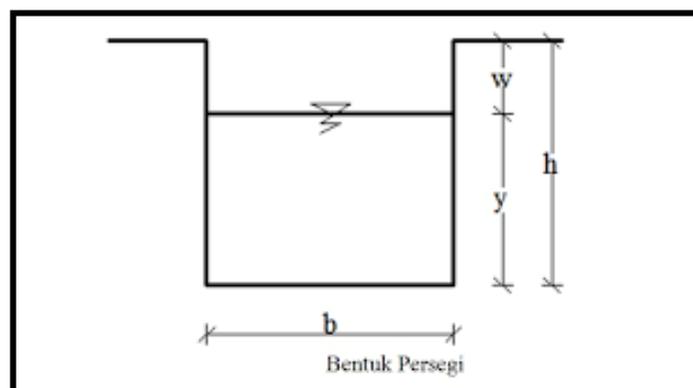
Gambar 2.8 Pola Jaringan Jaring-Jaring
(Sumber : *Drainase Perkotaan, 2008*)

2.1.5 Bentuk penampang saluran drainase

Bentuk-bentuk untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti kurang ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Adapun bentuk saluran antara lain :

1. Persegi Panjang

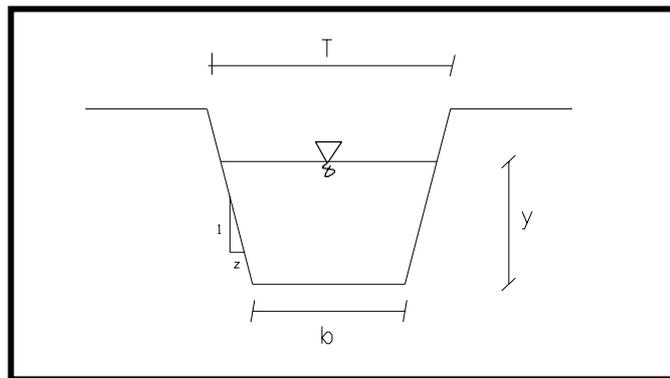
Saluran Drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus terbentuk dari pasangan batu ataupun coran beton. Bentuk drainase persegi panjang dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Drainase Persegi Panjang

2. Trapesium

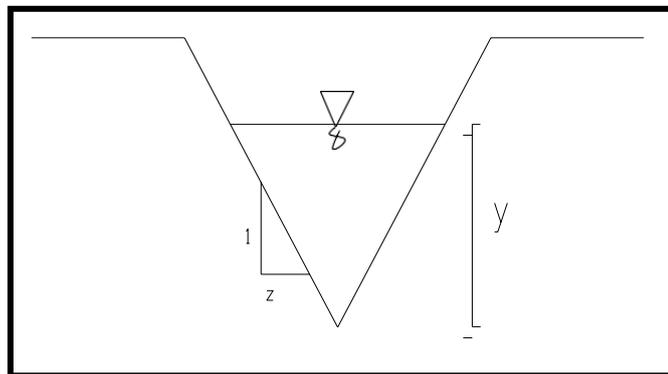
Umumnya saluran terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan coram beton. Salura ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi dengan debit yang besar. Bentuk drainase trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Drainase Trapesium

3. Segitiga

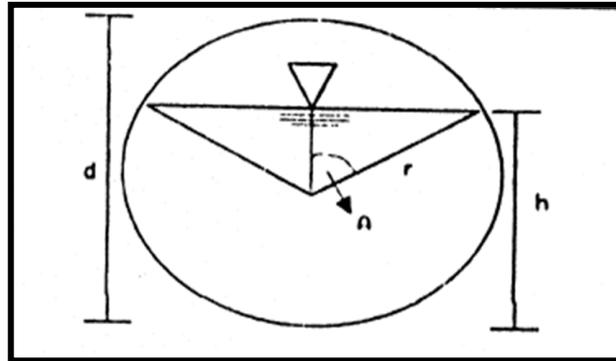
Bentuk saluran segitiga umumnya diterapkan pada saluran awal yang sangat kecil dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Drainase Segitiga

4. Lingkaran

Biasanya digunakan untuk gorong-gorong dimana salurannya tertanam di dalam tanah. Bentuk drainase lingkaran dapat dilihat pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Drainase Lingkaran

2.1.6 Fungsi drainase

Menurut Mudoto dalam jurnal Farizi (2015) drainase memiliki fungsi diantaranya :

1. Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaannya lahannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negative berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.
2. Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri/menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda masyarakat juga infrastruktur perkotaan.
3. Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
4. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

2.2 Hidrologi

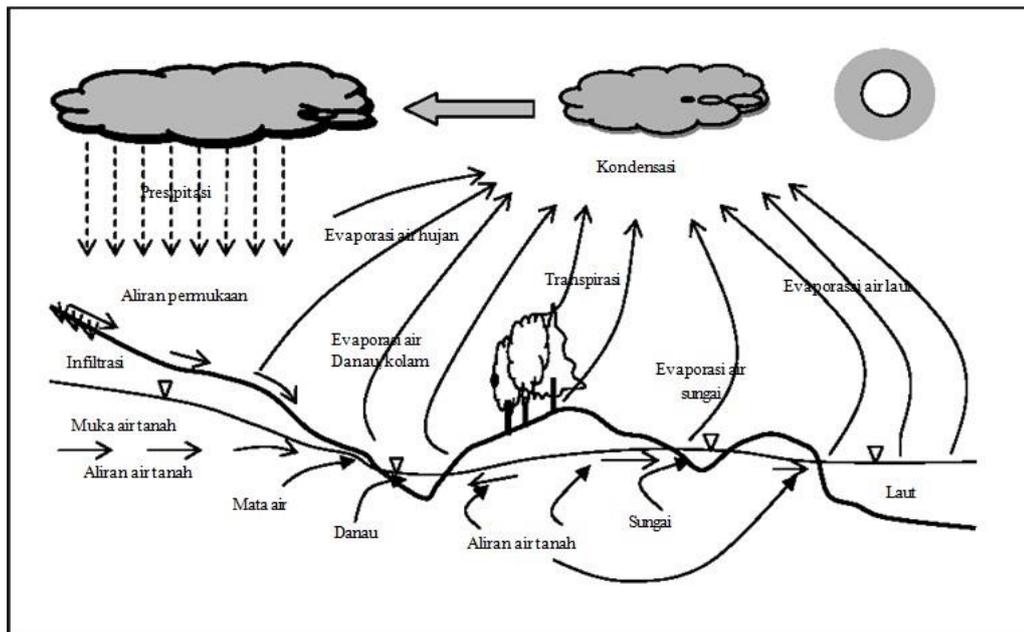
Hidrologi merupakan cabang ilmu bumi (*Geoscience* atau *Science de la Terre*) yang secara khusus mempelajari tentang siklus hidrologi atau siklus air di permukaan bumi dengan berbagai macam konsekuensinya.(Indarto, 2016)

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya antara lain : keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Tanpa kita sadari bahwa sebagian besar perencanaan bangunan sipil memerlukan analisis hidrologi. Analisis hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai bangunan air seperti : bendungan, bangunan pengendali banjir, dan bangunan irigasi, tetapi juga diperlukan untuk bangunan jalan raya, lapangan terbang, dan bangunan lainnya. (Soemarto,1987)

2.2.1 Siklus hidrologi

Siklus hidrologi adalah suatu rangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi dan pengaliran keluar (out flow). Penguapan terdiri dari evaporasi dan transpirasi. Uap yang dihasilkan mengalami kondensasi dan dipadatkan membentuk awan yang nantinya kembali menjadi air dan turun sebagai presipitasi dan sebelum tiba di permukaan bumi presipitasi tersebut sebagian langsung menguap ke udara, sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sebagian mencapai permukaan tanah (Hasmar, 2011).

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi ini relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus, di mana kita tidak tahu kapan dan dari mana berawalanya dan kapan pula akan berakhir. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (*Hydrologic cycle*) (Gambar 2.13)



Gambar 2.13 Siklus Hidrologi
(Sumber : Suripin, 2004:20)

Air menguap dari permukaan samudera akibat energi panas matahari. Laju dan jumlah penguapan bervariasi, terbesar terjadi di dekat equator, di mana radiasi matahari lebih kuat. Uap air adalah murni, karena pada waktu dibawa naik ke atmosfer kandungan garam ditinggalkan. Uap air yang dihasilkan dibawa udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan, uap tersebut mengalami kondensasi dan membentuk butir-butir air yang akan jatuh kembali sebagai presipitasi berupa hujan dan / atau salju. Presipitasi ada yang jatuh di samudera, di darat, dan sebagian langsung menguap kembali sebelum mencapai ke permukaan bumi.

Presipitasi yang jatuh di permukaan bumi menyebar ke berbagai arah dengan cara. Sebagian akan tertahan sementara di permukaan bumi sebagai es atau salju, atau genangan air yang dikenal dengan simpanan depresi. Sebagian air hujan atau lelehan salju akan mengalir ke saluran atau sungai. Hal ini disebut aliran / limpasan permukaan. Jika permukaan tanah porous, maka sebagian air akan meresap ke dalam tanah melalui peristiwa yang disebut infiltrasi. Sebagian lagi

akan kembali ke atmosfer melalui penguapan dan transpirasi oleh tanaman (evapotranspirasi).

Di bawah permukaan tanah, pori-pori tanah berisi air dan udara. Daerah ini dikenal sebagai zona kapiler (vadoze zone), atau zona aerasi. Air yang tersimpan di zona ini disebut kelengsaan tanah (soil moisture), atau air kapiler. Pada kondisi tertentu air dapat mengalir secara lateral pada zona kapiler, proses ini disebut interdflow. Uap air dalam zona kapiler dapat juga kembali ke permukaan tanah, kemudian menguap.

Kelebihan kelengsaan tanah akan ditarik masuk oleh gravitasi dan proses ini disebut drainase gravitasi, pada kedalaman tertentu, pori-pori tanah atau batuan akan jenuh air. Batas atas zona jenuh air disebut muka air tanah (water table). Air yang tersimpan dalam zona jenuh air disebut air tanah. Air tanah ini bergerak sebagai aliran air tanah melalui batuan atau lapisan tanah sampai akhirnya keluar ke permukaan sebagai sumber air (spring) atau sebagai rembesan ke danau, waduk sungai, atau laut.

Air yang mengalir dalam saluran atau sungai dapat berasal dari aliran permukaan atau dari air tanah yang merembes di dasar sungai. Kontribusi air tanah pada aliran sungai disebut aliran dasar (baseflow), sementara total aliran disebut debit (runoff). Air yang tersimpan di waduk, danau, dan sungai disebut air permukaan (surface water) dalam kaitannya dengan perencanaan drainase, komponen dalam siklus hidrologi yang terpenting adalah aliran permukaan. Oleh karena itu, komponen inilah yang ditangani secara baik untuk menghindari berbagai bencana, khususnya bencana banjir.

2.3 Banjir

Banjir didefinisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi. Banjir adalah ancaman musiman yang terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilayah sekitarnya. Banjir adalah ancaman alam yang paling sering terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi.

Banjir merupakan peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Selain itu, terjadinya banjir juga dapat disebabkan oleh limpasan air permukaan (*runoff*) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai.

Terjadinya bencana banjir juga disebabkan oleh rendahnya kemampuan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran curah hujan yang diatas normal, perubahan suhu, tanggul/bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain.

2.3.1 Jenis banjir

Kategori atau jenis banjir terbagi berdasarkan lokasi sumber aliran permukaannya dan berdasarkan mekanisme terjadinya banjir :

1. Berdasarkan lokasi sumber aliran permukaannya, terdiri dari :
 - a. Banjir kiriman (banjir bandang) yaitu banjir yang diakibatkan oleh tingginya curah hujan didaerah hulu sungai.
 - b. Banjir lokal yaitu banjir yang terjadi karena volume hujan setempat yang melebihi kapasitas pembuangan disuatu wilayah.
2. Berdasarkan mekanisme terjadinya banjir yaitu :
 - a. *Regular flood* yaitu banjir yang diakibatkan oleh hujan.
 - b. *Irregular flood* yaitu banjir yang diakibatkan oleh selain hujan, seperti tsunami, gelombang pasang, dan hancurnya bendungan

2.3.2 Faktor penyebab banjir

Menurut Kodoatie dan Sugiyanto (2002), faktor penyebab terjadinya banjir dapat diklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu banjir alami dan banjir oleh tindakan manusia. Banjir akibat alami dipengaruhi oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase dan pengaruh air pasang.

Banjir akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan lingkungan seperti : perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan pemukiman di sekitar bantaran, rusaknya drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, rusaknya hutan (vegetasi alami), dan perencanaan sistem pengendali banjir yang tidak tepat.

1. Penyebab banjir secara alami

Penyebab banjir secara alami diantaranya adalah :

a. Curah hujan

Indonesia mempunyai dua musim sepanjang tahun, yakni musim penghujan dan musim kemarau, pada musim hujan, curah hujan yang tinggi berakibat banjir di sungai dan bila melebihi tebing sungai maka akan timbul banjir atau genangan.

b. Pengaruh fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan daerah pengaliran sungai (DPS), kemiringan sungai, geometrik hidrolis (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai dan lain-lain merupakan hal-hal yang mempengaruhi terjadinya banjir.

c. Erosi dan Sedimentasi

Erosi di DPS berpengaruh terhadap pengurangan kapasitas penampang sungai. Besarnya sedimentasi akan mengurangi kapasitas saluran sehingga timbul genangan dan banjir di sungai.

d. Kapasitas sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan berasal dari erosi DPS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan. Sedimentasi sungai terjadi karena tidak adanya vegetasi penutup dan adanya penggunaan lahan yang tidak tepat.

Sedimentasi menyebabkan terjadinya aggradasi dan pendangkalan pada sungai, hal ini dapat menyebabkan berkurangnya kapasitas tampungan sungai. Efek langsung dari fenomena ini menyebabkan meluapnya air dari alur sungai keluar dan menyebabkan banjir.

- e. Kapasitas drainasi yang tidak memadai
Hampir semua kota-kota di Indonesia mempunyai drainasi daerah genanga yang tidak memadai, sehingga kota-kota tersebut sering menjadi langganan banjir di musim hujan.
- f. Pengaruh air pasang
Air pasang laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (*backwater*)

2. Penyebab Banjir Akibat Aktifitas Manusia

Penyebab banjir karena tindakan manusia adalah:

- a. Perubahan kondisi DAS
Perubahan kondisi DAS seperti penggundulan hutan, usaha pertanian yang kurang tepat, perluasan kota, dan perubahan tataguna lainnya dapat memperburuk masalah banjir karena meningkatnya aliran banjir.
- b. Kawasan kumuh dan sampah
Perumahan kumuh disepanjang bantaran sungai dapat menjadi penghambat aliran. Masyarakat membuang sampah langsung ke alur sungai, sehingga dapat meninggikan muka air banjir disebabkan karena aliran air terhalang.
- c. Drainasi lahan
Drainasi perkotaan dan pengembangan pertanian pada daerah bantaran banjir akan mengurangi kemampuan bantaran dalam menampung debit air yang tinggi.
- d. Kerusakan bangunan pengendali air
Pemeliharaan yang kurang memadai dari bangunan pengendali banjir sehingga menimbulkan kerusakan dan akhirnya tidak berfungsi dapat meningkatkan kuantitas banjir.

e. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat

Beberapa sistem pengendalian banjir memang dapat mengurangi kerusakan akibat banjir kecil sampai sedang, tetapi mungkin dapat menambah kerusakan selama banjir-banjir yang besar. Semisal, bangunan tanggul sungai yang tinggi.

Limpasan pada tanggul ketika terjadi banjir yang melebihi banjir rencana dapat menyebabkan keruntuhan tanggul. Hal ini mengakibatkan kecepatan aliran yang sangat besar melalui tanggul yang bobol sehingga menimbulkan banjir yang besar.

f. Rusaknya hutan (hilangnya vegetasi alami)

Penebangan pohon dan tanaman oleh masyarakat secara liar (illegal logging), tani berpindah-pindah dan permainan rebiosasi hutan untuk bisnis dan sebagainya menjadi salah satu sumber penyebab terganggunya siklus hidrologi dan terjadinya banjir.

2.4 Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*). Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air yang tepat dan rehabilitasi sumber- sumber alam seperti air, tanah dan hutan yang telah rusak.

Fenomena hidrologi seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran dan konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah menurut waktu dengan demikian suatu nilai dari sebuah data hidrologi itu hanya dapat terjadi lagi pada waktu yang berlainan sesuai dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan.

Tabel 2.1 Koefisien Limpasan (c) Untuk Metode Rasional

No.	Karakter Permukaan	Koefisien aliran
1	Businesses	
	Perkotaan	0,70 - 0,95
2	Pinggiran	0,50 - 0,70
	Perumahan	
	Rumah tunggal	0,30 – 0,50
	Multiunit terpisah	0,40 – 0,60
	Multiunit tergabung	0,60 – 0,75
	Perkampungan	0,25 – 0,40
3	Apartemen	0,50 – 0,70
	Industri	
	Ringan	0,50 – 0,80
4	Berat	0,60 – 0,90
	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0,70 – 0,95
	Batu bata	0,50 – 0,70
5	Atap	0,75 – 0,95
	Halaman tanah berpasir	
	Data 2%	0,05 – 0,10
	Rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
6	Curam, 7%	0,15 – 0,20
	Halaman, tanah berat	
	Data 2%	0,13 – 0,17
	Rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
7	Curam, 7%	0,25 – 0,35
	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
8	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
9	Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
10	Hutan	
	Datar, 0-5%	0,10 – 0,40
	Bergelombang, 5-10%	0,25 – 0,50
	Berbukit, 10-30%	0,30 – 0,60

(Sumber: McGuen, 1989)

2.4.1 Analisis frekuensi dan probabilitas

Analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa ekstrem yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi probabilitas. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang merupakan waktu hipotetik dimana suatu hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang. Ada 2 macam seri data yang dipergunakan dalam analisa frekuensi, yaitu:

1. Data maksimal tahunan: tiap tahun diambil hanya satu besaran maksimal yang dianggap berpengaruh pada analisa satu besaran maksimal yang dianggap berpengaruh pada analisa selanjutnya.
2. Seri parsial: dengan menetapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian seri data untuk kemudian di analisa seperti biasa

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak di gunakan dalam bidang hidrologi adalah: Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson III, dan Distribusi Gumbel. Namun disini kami hanya menggunakan dua pendekatan distribusi, yaitu Distribusi Log Pearson III dan Distribusi Gumbel.

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisa yang meliputi rata-rata, simpangan baku, dan koefisien skewness (kemencengan).

2.4.2 Metode distribusi log pearson III

Parameter penting dalam Log Pearson Type III, yaitu :

1. Harga rata-rata (mean)
2. Simpangan baku (standard deviation)
3. Koefisien kemencengan (skewness)
4. Curah hujan rancangan
5. Anti log

▪ **Nilai rerata :**

$$\text{Log } X = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \log X_i \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

▪ **Standar deviasi :**

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

▪ **Koefisien kemencengan (*skewness*) :**

$$\text{Cs} = \frac{n}{(n-1)(n-2)\text{sd}^3} \sum_{t=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

▪ **Curah hujan rancangan :**

$$\text{Log } X = \text{Log } X + G \cdot \text{Sd} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Ket :

G = faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari probabilitas / kala ulang dan koefisien kemencengan.

▪ **Anti log :**

$$\text{Anti log} = 10^{\log x} = X \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Tabel 2.2 Koefisien G Metode Log Pearson III

G	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilitas Presentase						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	2.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	3.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.230	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.165	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

(Sumber: I Made Kamiana 200.0.0.11)

Tabel 2.3 Koefisien G Metode Log Pearson III

G	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilitas Presentase						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.05
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.241
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.995	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.059	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.890	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.936	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.752	0.795	0.823	0.826	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667

(Sumber: I Made Kamiana 2011)

2.4.3 Metode distribusi metode gumbel

Parameter statistik yang diperlukan dalam perhitungan Gumbel:

1. Harga rata-rata (mean)
2. Simpangan baku (standard deviation)
3. Curah hujan rencana

- **Log x rata-rata** menurut metode Gumbel, dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$X = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_i \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

- **Standar deviasi** menurut metode Gumbel, dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (X_i - X)^2} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

- **Curah hujan rencana** menurut metode Gumbel, mempunyai perumusan sebagai berikut:

$$X = X + S \cdot K \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Atau

$$X = X + \frac{Y_t - Y_n}{\sigma_n} S \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

X = harga rata-rata sampel

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel

K = (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrem Gumbel dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$X = \frac{Y_{tr} - Y_n}{\sigma_n}$$

Y_n = reduced mean yang tergantung jumlah sample / data n

σ_n = reduced standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sample / data n

Y_{tr} = reduced variate, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$Y_{tr} = - \ln(-\ln \frac{Tr-1}{Tr})$$

Tabel berikut memperlihatkan hubungan antara reduced variate dengan periode ulang.

Tabel 2.4 Reduced Mean, Y_n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
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	0,538	0,5388	0,8396	0,5403	0,541	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,553	0,5533	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,555	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,558	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	0,56	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,561	0,5611

(Sumber: Ir. CD. Soemarto, B.I.E.Dipl.H)

Tabel 2.5 Reduced Standard Deviation, σ_n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0096	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	1,108
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	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,202	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,206
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,209	1,293	1,2096

(Sumber: Ir. CD. Soemarto, B.I.E.Dipl.H)

Tabel 2.6 Reduced Variate, Y_{tr} sebagai Fungsi Periode Ulang

Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced Variate Ytr	Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced Variate Ytr
2	0,3665	100	4,6012
5	1,4999	200	5,2969
10	2,2502	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1985	1000	6,9087
50	3,9019	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Ir. CD. Soemarto, B.I.E.Dipl.H)

2.5 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Dalam menentukan debit banjir rencana (*design flood*), perlu didapatkan harga sesuatu intensitas curah hujan terutama bila dipergunakan metode ratio.

Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan (mm/jam), yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam. Intensitas curah hujan dapat dihitung dari data curah hujan harian dengan menggunakan rumus Dr. Mononobe (Dr.Ir. Suripin, M.eg : 2004) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c}\right)^n \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum dalam 1 hari (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

n = tetapan (untuk indonesia diperkirakan: $n = 2/3$)

2.5.1 Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang telah ditentukan di bagian hilir suatu saluran. (Dr. Ir. Suripin, M.eng : 2004).

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

- a. *Inlet time* (t_0) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- b. *Conduit time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai ke titik kontrol yang ditentukan bagian hilir.

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus (Dr. Ir. Suripin, M.eng : 2004) :

$$t_c = t_0 + t_d \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Inlet time (t_0), dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{x}}\right)^{0.167} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Conduit time (t_d), dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$t_d = \frac{L}{60.V} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Tabel 2.7 Kondisi Lapis Permukaan (nd)

No.	Kondisi Lapis Permukaan	Nd
1	Lapis semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,10
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul	0,20
	dengan permukaan sedikit kasar	
5	Padang rumput dan rerumputan	0,40
6	Hutan gundul	0,60
7	Hutan rimbung dan hutan gundul rapat	0,80
	dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

2.6 Debit Rancangan

Debit aliran yang akan digunakan untuk menghitung dimensi saluran didapat dari debit yang berasal dari limpahan air hujan dan debit air limbah rumah tangga, dengan rumus :

$$Q_{total} = Q_{air\ hujan} + Q_{air\ limbah\ rumah\ tangga} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

2.6.1 Debit air hujan

Debit air hujan disebut juga debit limpasan yaitu aliran air yang terjadi di permukaan tanah (*surface run off*) yang disebabkan oleh turunnya air hujan dan terkumpulnya membentuk suatu aliran. Aliran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling mempengaruhi yaitu jenis permukaan tanah, luas tanah limpasan dan intensitas curah hujan. Aliran tersebut akan terkumpul dan membentuk suatu aliran-aliran pada saluran alami yang disebut sungai. Debit aliran ini dapat dihitung menggunakan rumus :

Rumus debit banjir metode rasional : (Dr. Ir. Suripin, M.eng : 2004)

$$Q = 0,278 C I A \text{ (2.14)}$$

Dimana :

Q = debit limpasan (m³/detik)

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km²)

Metode rasional dikembangkan dengan asumsi bahwa :

1. Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam jangka waktu tertentu, setidaknya sama dengan waktu konsentrasi.
2. Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas tetap, sama dengan waktu konsentrasi.
3. Koefisien *run off* dianggap tetap selama durasi hujan.
4. Luas DAS tidak berubah selama durasi hujan.

2.6.2 Debit air kotor

Sumber utama ir limbah rumah tangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi.

Debit air limbah rumah tangga didapat dari 60% - 75% supply air bersih setiap orang, diambil 70% saja sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun dan lain-lain, dengan rumus :

Perhitungan populasi penduduk :

$$= \frac{\text{Luas area X}}{\text{Luas area total}} \times \text{jumlah penduduk total} \dots\dots\dots (2.15)$$

Perhitungan Q rata-rata (1/org/hr) :

$$= 70\% \times 200 \text{ lt/or/hr} \times \text{populasi penduduk} \dots\dots\dots (2.16)$$

Perhitungan debit air kotor Qp (1/hr) :

$$= Q \text{ rata-rata} \times \text{faktor puncak} \dots\dots\dots (2.17)$$

Perhitungan debit air kotor Qp (m³/dt) :

$$= Qp (1/dt) / (24 \times 60 \times 60) / 1000 \dots\dots\dots (2.18)$$

Tabel 2.8 Pembuangan Limbah Cair (1/org/hr)

Jenis bangunan	Volume benda cair (1/org/hr)
Daerah perumahan :	
Rumah besar untuk keluarga tunggal	400
Rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal	300
Rumah untuk keluarga ganda (rumah susun)	240 - 300
Rumah kecil (<i>cottage</i>)	200
Perkemahan dan Motel :	
Tempat peristirahatan mewah	400 – 600
Tempat parkir rumah berjalan (<i>mobile home</i>)	200
Kemah wisata dan tempat parkir trailer	140
Hotel dan motel	200
Sekolah :	
Sekolah dengan asrama	300
Sekolah siang hari dengan kafetaria	80
Sekolah siang hari tanpa kafetaria	60
Restoran :	
Tiap pegawai	120
Tiap langganan	25 – 40
Tiap makanan yang disajikan	15

Terminal transportaasi :	
Tiap pegawai	60
Tiap penumpang	20
Rumah sakit	600 – 1200
Kantor	60
Pabrik, tidak termasuk limbah cair industri dan cafetaria	60 - 120

2.7 Penampang Saluran Drainase

Bentuk dari saluran-saluran drainase sama halnya dengan bentuk saluran irigasi, serta dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan seekonomis mungkin. Adapun bentuk saluran antara lain (Dr. Ir. Suripin, M.eng : 2004) :

1. Penampang berbentuk persegi yang ekonomis

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar b dan kedalaman air h , luas penampang A , keliling basah P , dan jari-jari hidraulik dapat dirumuskan sebagai berikut :

Luas penampang (A)

$$A = b h \quad \text{Atau} \quad B = A/h \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Keliling basah (P)

$$P = b + 2h \quad \text{Atau} \quad P = (A/h)+2h \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Jari-jari hidraulik

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{Atau} \quad R = \frac{bh}{b+2h} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

2. Penampang berbentuk trapesium yang ekonomis

Luas penampang melintang A , dan keliling basah P , saluran dengan penampang melintang yang berbentuk trapezium dengan lebar dasar b , kedalaman aliran h , dan kemiringan dinding 1:m dapat dirumuskan sebagai berikut :

Luas penampang (A)

$$A = (b+mh)h \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Keliling basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

3. Penampang berbentuk segitiga yang ekonomis

Pada potongan melintang saluran yang berbentuk segitiga dengan kemiringan sisi terhadap garis pertikal θ , dan kedalaman aliran h , maka luas penampang A , dan keliling basah P , maka dirumuskan sebagai berikut :

Luas penampang (A)

$$A = h^2 \tan \theta \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

Keliling basah (P)

$$P = (2h) \sec \theta \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

4. Penampang berbentuk setengah lingkaran yang ekonomis

Pada potongan melintang saluran yang berbentuk segitiga dengan kemiringan sisi terhadap garis vertikal θ , dan kedalaman air h , maka luas penampang A , dan keliling basah P , maka dirumuskan sebagai berikut :

Luas penampang (A)

$$A = (\pi/2) * y^2 \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

Keliling basah (P)

$$P = \pi y \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

2.7.1 Rumus empiris kecepatan rata-rata

Pada tahun 1889 seorang insinyur irlandia, Robert Manning mengemukakan sebuah rumus yang bernama rumus manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$V = \frac{b-q}{l} \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

Keterangan :

V = kecepatan rata-rata dalam saluran (m/detik)

Q = debit banjir rencana (m³/detik)

n = koefisien kekasaran manning

R = radius hidrolis (m)

S = kemiringan dasar saluran

A = luas saluran (m²)

P = keliling basah saluran (m)

b = elevasi hulu

a = elevasi hilir

L = Panjang saluran (m)

2.7.2 Tinggi jagaan (*Free Board*)

Jagaan suatu saluran adalah jarak vertical dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana. (Chow : 1985)

$$W = \sqrt{0,5 h} \dots\dots\dots (2.31)$$

Keterangan :

W = tinggi jagaan (m)

h = kedalaman aliran (m)

Tabel 2.9 Kekarsaran manning (n)

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
Logam			
a. Baja dengan permukaan licin			
1. Tidak di cat	0,011	0,012	0,014
2. Di cat	0,012	0,013	0,017
b. Baja dengan permukaan bergelombang	0,021	0,025	0,030
Bukan Logam			
a. Semen	0.010	0.011	0.013
1. Acian	0.011	0.013	0.015
2. Adukan			
b. Kayu	0.010	0.012	0.014
1. Diserut, tidak di awetkan	0.011	0.012	0.015
2. Diserut, di awetkan	0.011	0.013	0.015
3. Tidak diserut	0.012	0.015	0.018
4. Papan	0.010	0.014	0.017
5. Dilapisi dengan kertas kedap air			
c. Beton	0.011	0.013	0.011
1. Dipoles dengan sendok kayu	0.013	0.015	0.015
2. Dipoles sedikit	0.015	0.017	0.016
3. Dipoles	0.014	0.017	0.020
4. Tidak dipoles	0.016	0.019	0.020
5. Adukan semprot, penampang rata	0.018	0.022	0.023
6. Adukan semprot, penampang bergelombang	0.017	0.020	
7. Pada galian batu yang teratur	0.022	0.027	
8. Pada galian yang tak teratur			
d. Dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari	0.015	0.017	0.020
1. Batu teratur dalam adukan	0.017	0.020	0.024
2. Batu tak teratur dalam adukan	0.016	0.020	0.024
3. Adukan batu, semen, dipolester	0.020	0.025	0.030
4. Adukan batu dan semen	0.020	0.030	0.035
5. Batu kosong atau rip-rap			
e. Dasar kerikil dengan tebing dari	0.017	0.020	0.025
1. Beton acuan	0.020	0.023	0.026
2. Batu tak teratur dalam adukan	0.023	0.033	0.036
3. Batu kosong atau rip-rap			
f. Bata	0.011	0.013	0.015
1. Diglasir	0.012	0.015	0.018
2. Dalam adukan semen			
g. Pasangan batu	0.017	0.025	0.030
1. Batu pecah disemen	0.012	0.032	0.035
2. Batu kosong			

(Sumber: Dr. Ir. Suripin, M.Eng)