

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Drainase**

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, membuang atau mengalihkan air. Menurut H. A. Halim Hasmar (2011), drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air dalam satu konteks pemanfaatan tertentu, baik yang berasal dari hujan, rembesan maupun yang lainnya di suatu kawasan, sehingga fungsi kawasan tidak terganggu.

Menurut Dr. Ir. Suripin, M. Eng (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. (Hasmar, Halim, H.A. 2012, *Drainase Terapan*, UIIPress, Yogyakarta)

##### **2.1.1 Tujuan Drainase**

Tujuan Drainase adalah :

- a. Untuk meningkatkan kesehatan lingkungan pemukiman.
- b. Pengendalian kelebihan air permukaan dapat dilakukan secara aman, lancar dan efisien serta sejauh mungkin dapat mendukung kelestarian lingkungan.

- c. Dapat mengurangi genangan-genangan air yang menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria dan penyakit-penyakit lain, seperti demam berdarah, disentri serta penyakit lain yang disebabkan kurang sehatnya lingkungan pemukiman.
- d. Untuk memperpanjang umur ekonomis sarana-sarana fisik antara lain : jalan, kawasan pemukiman, kawasan perdagangan dari kerusakan serta gangguan kegiatan akibat tidak berfungsinya sarana drainase.

### **2.1.2 Fungsi Drainase**

Fungsi drainase adalah :

- a. Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaan lahannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.
- b. Mengalirkan kelebihan air permukaan badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri/ menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda masyarakat juga infrastruktur perkotaan.
- c. Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
- d. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

### **2.1.3 Permasalahan Drainase**

Perkotaan merupakan pusat segala kegiatan manusia, pusat perdagangan, pusat produsen, sekaligus pusat konsumen. Di daerah perkotaan tinggal banyak manusia, banyak terdapat fasilitas umum, transportasi, komunikasi, dan sebagainya. Saluran drainase di daerah perkotaan menerima tidak hanya air hujan, tetapi juga air buangan (limbah) rumah tangga dan limbah pabrik. Hujan yang jatuh di wilayah perkotaan kemungkinan besar terkontaminasi manakala air itu memasuki dan melintasi atau berada pada lingkungan perkotaan tersebut.

Bukan hanya itu kurangnya kesadaran masyarakat yang masih rendah terhadap pentingnya kebersihan drainase juga merupakan penyebab terjadinya permasalahan pada sistem drainase perkotaan. Pada studi ini permasalahan

drainase ini disebabkan oleh seringnya terjadi banjir pada saat hujan deras ditambah sampah yang menumpuk di dalam drainase yang mengakibatkan air tidak mengalir secara lancar dan menyebabkan banjir di kawasan tersebut.

#### 2.1.4 Jenis - Jenis Drainase

Menurut H.A Halim Hasmar drainase dibedakan menjadi beberapa bagian diantaranya :

A. Menurut sejarah terbentuknya :

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*).

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

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 lain sebagainya.

B. Menurut letak saluran :

1. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*).

Yaitu saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open channel flow*.

2. Drainase Bawah Tanah (*Sub Surface Drainage*).

Yaitu saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan tersebut antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

C. Menurut fungsi :

1. *Single Purpose*.

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

2. *Multi Puspose.*

Yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

D. Menurut Konstruksi :

1. Saluran Terbuka.

Yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak didaerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

2. Saluran Tertutup.

Yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/ lingkungan) atau untuk saluran yang terletak ditengah kota.

*(Hasmar, Halim, H.A. 2012, Drainase Terapan, UIIPress, Yogyakarta)*

### **2.1.5 Pola–Pola Drainase**

Pembuatan saluran drainase disesuaikan dengan keadaan lahan dan lingkungan sekitar, oleh karena itu dalam perencanaan drainase terdapat banyak pola drainase, yang antara lain :

a. Pola Siku

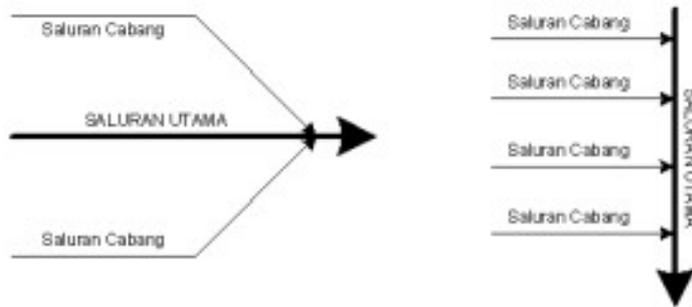
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada akhir berada di tengah kota.



**Gambar 2.1** Pola Jaringan Drainase Siku

b. Pararel

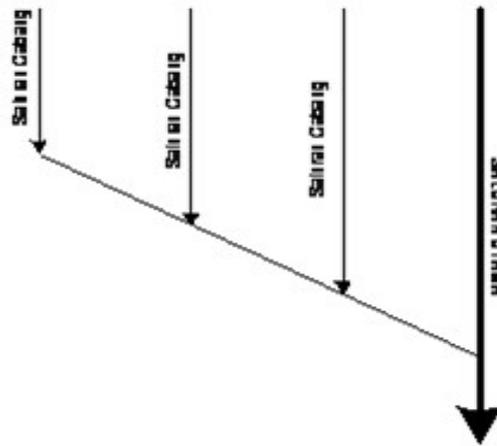
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



**Gambar 2.2** Pola Jaringan Drainase Pararel

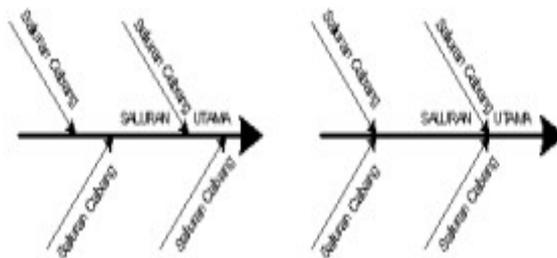
c. Grid Iron

Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpulan.



**Gambar 2.3** Pola Jaringan Drainase Grid Iron

- d. **Alamiah**  
 Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar, letak saluran utama ada di bagian terendah (lembah) dari suatu daerah (alam) yang secara efektif berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada (saluran cabang), dimana saluran cabang dan saluran utama merupakan suatu saluran alamiah.

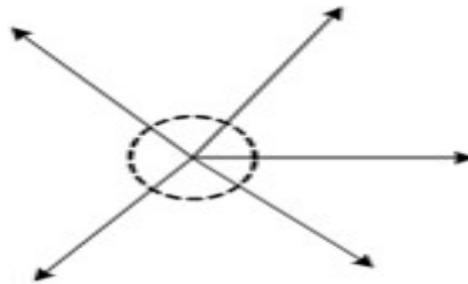


**Gambar 2.4** Pola Jaringan Drainase Alamiah

- e. **Radial**  
 Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. Suatu daerah genangan dikeringkan melalui beberapa saluran cabang

dari suatu titik menyebar ke segala arah (sesuai dengan kondisi topografi daerah).

*(Hasmar, Halim, H.A. 2012, Drainase Terapan, UIIPress, Yogyakarta).*



**Gambar 2.5** Pola Jaringan Drainase Radial

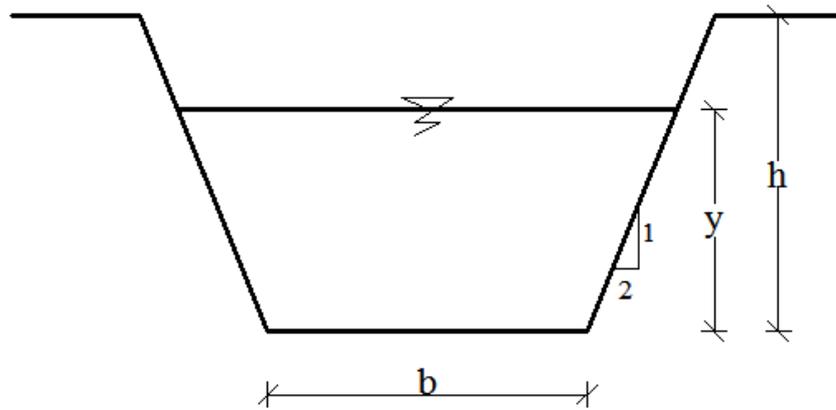
#### **2.1.6 Bentuk Saluran Drainase**

Bentuk dari saluran–saluran dimensi drainase sama halnya dengan bentuk saluran irigasi, serta dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan seekonomis mungkin.

Adapun bentuk saluran antara lain :

##### **a. Trapesium**

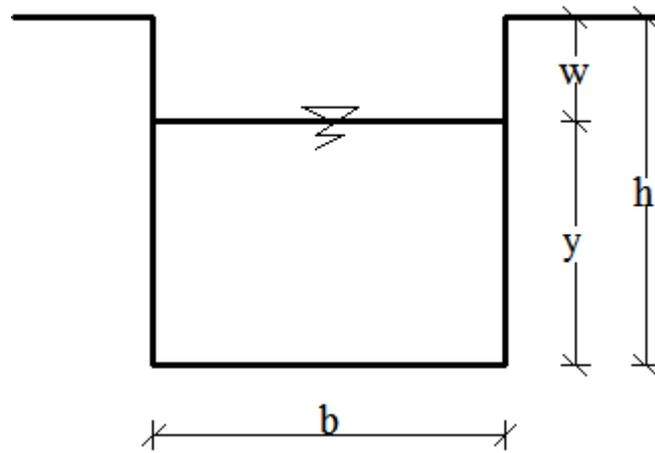
Pada umumnya saluran terbentuk trapesium terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



**Gambar 2.6** Bentuk Trapesium

b. Persegi

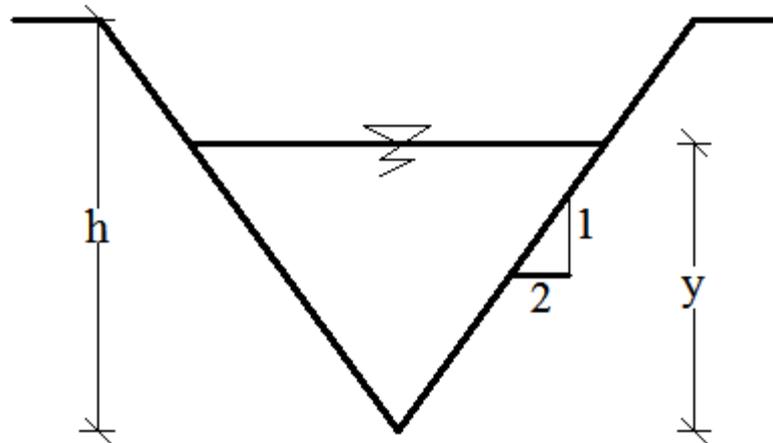
Biasanya saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



**Gambar 2.7** Bentuk Persegi

c. Segitiga

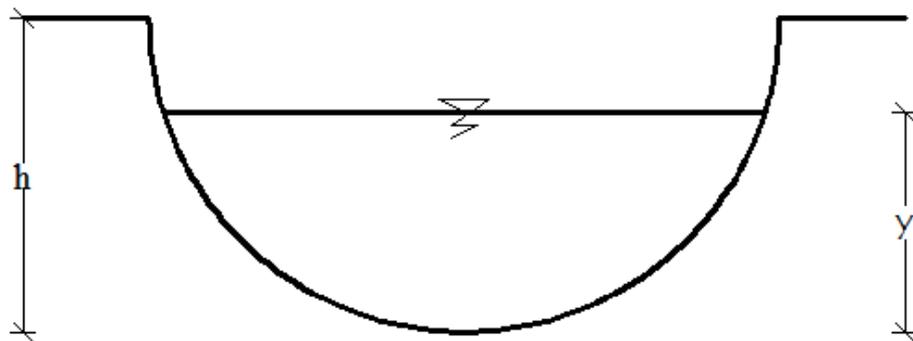
Saluran sangat jarang digunakan tetapi mungkin digunakan dalam kondisi tertentu



**Gambar 2.8** Bentuk Segitiga

d. Setengah Lingkaran

Berfungsi untuk menyalurkan limbah air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini umum digunakan untuk saluran-saluran penduduk dan pada sisi jalan perumahan padat.



**Gambar 2.9** Bentuk Setengah Lingkaran

**2.2 Banjir**

Banjir adalah peristiwa tergenang dan terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat. Banjir dapat terjadi karena peluapan air yang berlebihan di suatu tempat akibat hujan besar, peluapan air sungai, atau pecahnya bendungan sungai. Banyak daerah yang gersang di dunia, tanahnya mempunyai daya serapan air

yang buruk, atau jumlah curah hujan melebihi kemampuan tanah untuk menyerap air. Sedangkan menurut SK SNI M-18-1989-F (1989) dalam (Suparta 2004) dijelaskan bahwa banjir adalah aliran yang relatif tinggi dan tidak tertampung oleh alur sungai atau saluran. Aliran yang dimaksud disini adalah aliran air yang sumbernya bisa dari mana saja. Dan air itu keluar dari sungai atau saluran karena sungai dan salurannya sudah melebihi kapasitasnya. Kondisi inilah yang disebut banjir. (Hasmar, Halim, H.A. 2012, *Drinase Terapan*, UIIPress, Yogyakarta)

### **2.2.1 Jenis–Jenis Banjir**

Ada beberapa jenis banjir yang sering terjadi di Indonesia di antaranya :

#### **1. Banjir air.**

Banjir yang satu ini adalah banjir yang sudah umum. Penyebab banjir ini adalah meluapnya air sungai, danau atau selokan sehingga air akan meluber lalu menggenangi daratan. Umumnya banjir seperti ini disebabkan oleh hujan yang turun terus-menerus sehingga sungai atau danau tidak mampu lagi menampung air.

#### **2. Banjir “Cileunang”.**

Jenis banjir yang satu ini hampir sama dengan banjir air. Namun banjir cileunang ini disebabkan oleh hujan yang sangat deras dengan debit air yang sangat banyak. Banjir akhirnya terjadi karena air-air hujan yang melimpah ini tidak bisa segera mengalir melalui saluran atau selokan di sekitar rumah warga. Jika banjir air dapat terjadi dalam waktu yang cukup lama, maka banjir cileunang adalah banjir dadakan (langsung terjadi saat hujan tiba).

### 3. Banjir Bandang.

Tidak hanya banjir dengan materi air, tetapi banjir yang satu ini juga mengangkut material air berupa lumpur. Banjir seperti ini jelas lebih berbahaya daripada banjir air karena seseorang tidak akan mampu berenang ditengah-tengah banjir seperti ini untuk menyelamatkan diri. Banjir bandang mampu menghanyutkan apapun, karena itu daya rusaknya sangat tinggi. Banjir ini biasa terjadi di area dekat pegunungan, dimana tanah pegunungan seolah longsor karena air hujan lalu ikut terbawa air ke daratan yang lebih rendah. Biasanya banjir bandang ini akan menghanyutkan sejumlah pohon-pohon hutan atau batu-batu berukuran besar. Material-material ini tentu dapat merusak pemukiman warga yang berada di wilayah sekitar pegunungan.

### 4. Banjir Rob (Laut Pasang).

Banjir rob adalah banjir yang disebabkan oleh pasangannya air laut. Banjir seperti ini kerap melanda kota Muara Baru di Jakarta. Air laut yang pasang ini umumnya akan menahan air sungai yang sudah meluap, akhirnya mampu menjebol tanggul dan menggenangi daratan.

### 5. Banjir Lahar Dingin.

Salah satu dari macam-macam banjir adalah banjir lahar dingin. Banjir jenis ini biasanya hanya terjadi ketika erupsi gunung berapi. Erupsi ini kemudian mengeluarkan lahar dingin dari puncak gunung dan mengalir ke daratan yang ada di bawahnya. Lahar dingin ini mengakibatkan pendangkalan sungai, sehingga air sungai akan mudah meluap dan dapat meluber ke pemukiman warga.

### 6. Banjir Lumpur.

Banjir lumpur ini identik dengan peristiwa banjir Lapindo di daerah Sidoarjo. Banjir ini mirip banjir bandang, tetapi lebih disebabkan oleh keluarnya lumpur dari dalam bumi dan menggenangi daratan. Lumpur

yang keluar dari dalam bumi bukan merupakan lumpur biasa, tetapi juga mengandung bahan dan gas kimia tertentu yang berbahaya. Sampai saat ini, peristiwa banjir lumpur panas di Sidoarjo belum dapat diatasi dengan baik, malah semakin banyak titik-titik semburan baru di sekitar titik semburan lumpur utama. ([www.anneahira.com/jenis-jenis-banjir.htm](http://www.anneahira.com/jenis-jenis-banjir.htm) )

### **2.2.2 Dampak Negatif dari Banjir**

Adapun dampak negatif dari banjir, antara lain :

1. Banjir dapat merusak sarana dan prasarana.  
Banjir dapat menghancurkan rumah, gedung, jembatan dan masih banyak lagi
2. Banjir memutuskan jalur transportasi.  
Dampak paling umum dari banjir adalah memutuskan jalur transportasi darat. Akibat air pada jalan yang cukup tinggi, motor, mobil atau bahkan truk puso/ container tidak bisa melewati jalan tersebut. Selain motor dan mobil lalu lintas kereta api pun dapat terganggu.
3. Banjir merusak dan bahkan menghilangkan peralatan, perlengkapan, harta benda lainnya dan bahkan jiwa manusia. Kerugian yang disebabkan oleh banjir diantaranya adalah kerusakan benda, alat elektronik, mesin, surat-surat berharga (sertifikat, ijazah, dll), perlengkapan rumah tangga, rumah, gedung dan yang paling berharga jiwa manusia.
4. Banjir dapat mengakibatkan pemadaman listrik.  
Listrik sudah menjadi kebutuhan sehari-hari. Karena tingginya air/ luapan banjir, listrik harus kita padamkan atau bahkan dipadamkan oleh pihak PLN. Bayangkan betapa terbatasnya keseharian kita bila aliran listrik padam.
5. Banjir mengganggu aktivitas sehari-hari.  
Dengan adanya banjir, otomatis akan mengganggu aktifitas sehari-hari. Sekolah terganggu, kerja terganggu, bersantai pun terganggu. Karena air

banjir, semua aktivitas akan terganggu atau bahkan harus dihentikan untuk sementara waktu.

6. Banjir dapat mengganggu bahkan merusak perekonomian.  
Perkeekonomian terganggu karena banjir merendam sawah sehingga panen/produksi padi terganggu, karena transportasi teputus bahkan makanan diangkut oleh truk dapat membusuk atau mungkin membutuhkan biaya tambahan karena harus mencari jalan alternatif walaupun lebih jauh. Produksi pabrik dihentikan sementara karena mesin produksi terendam air atau listrik dipadamkan sehingga mesin produksi tidak dapat dijalankan.
7. Banjir dapat mencemari lingkungan sekitar kita.  
Saat banjir datang tidak hanya air, tetapi juga membawa serta sampah, kotoran, limbah pabrik, kimia, minyak (oli, bensin, solar, minyak tanah) dan masih banyak lagi. Selain dapat mencemari sumber air bersih, banjir juga akan mengotori halaman atau bahkan rumah kita sehingga menjadi tidak higienis.
8. Banjir dapat mendatangkan masalah/ gangguan kesehatan (penyakit).  
Banjir menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak bersih, sehingga nyamuk dan bibit kuman penyakit mudah berkembang biak. Selain itu umumnya makanan dan minuman yang sehat akan lebih susah ditentukan (terjadi kerawanan pangan) dan juga terlalu sering kena air maka dapat menyebabkan kondisi tubuh menurun.
9. Banjir dapat menyebabkan erosi atau bahkan longsor.  
Semakin deras air banjir, kemungkinan untuk mengikis pinggiran aliran banjir akan semakin tinggi sehingga erosi dan bahkan longsor akan semakin mungkin terjadi.
10. Banjir dapat merubah, mengganggu atau bahkan menghapus/menghilangkan masa depan.  
Bila banjir melanda cukup lama atau cukup besar, seiring dengan bertambahnya pengalaman di saat banjir, roda kehidupan juga bisa berubah

dengan drastis. Kehilangan pekerjaan, kehilangan mata pencaharian, hutang yang semakin menumpuk, kesehatan yang terganggu atau mungkin kehilangan jiwa. Semuanya itu dapat merubah masa depan seseorang keluarga atau bahkan masyarakat baik secara langsung maupun tidak langsung. ([aimyaya.com/id/..10-akibat-dan-dampak-negatif-banjir.htm](http://aimyaya.com/id/..10-akibat-dan-dampak-negatif-banjir.htm))

### 2.2.3 Faktor–Faktor Penyebab Terjadinya Banjir

Faktor–faktor penyebab terjadinya banjir digolongkan menjadi dua yaitu :

#### a. Faktor Alam

1. Air pasang.  
Palembang merupakan daerah yang terdiri dari banyak sungai, maka dari itu Palembang memiliki masalah dengan naiknya elevasi muka air atau yang disebut dengan pasang. Pada daerah–daerah tertentu banjir pasang sering terjadi.
2. Curah hujan.  
Curah hujan juga sangat berpengaruh terhadap terjadinya banjir, curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan sungai, drainase maupun kolam retensi tidak mampu untuk menampungnya.
3. Kapasitas sungai yang tidak memadai.  
Pada dasarnya banjir itu disebabkan oleh luapan aliran air yang terjadi pada saluran atau sungai. Bisa terjadi dimana saja, ditempat yang tinggi maupun tempat yang rendah. Pada saat air jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk hujan (presipitasi) maka air itu akan mengalir ketempat yang lebih rendah melalui saluran-saluran atau sungai-sungai dalam bentuk aliran permukaan (*run off*) sebagian akan masuk/ meresap kedalam tanah (infiltrasi) dan sebagiannya lagi akan menguap ke udara (evapotranspirasi). Apabila sungai tidak memadai untuk menampung hujan yang turun maka banjir terjadi.
4. Pendangkalan sungai.  
Sungai yang sebenarnya mempunyai kapasitas yang memadai untuk menampung air hujan berkurang kapasitasnya akibat terjadinya pendangkalan. Pendangkalan dapat terjadi secara alami maupun campur tangan manusia. Secara alami pendangkalan dapat terjadi akibat terjadinya erosi di daerah pinggir sungai, sedangkan yang

disebabkan manusia bisa berupa sampah limbah masyarakat yang mengendap di dasar sungai. ([www.badungkab.go.id/index](http://www.badungkab.go.id/index))

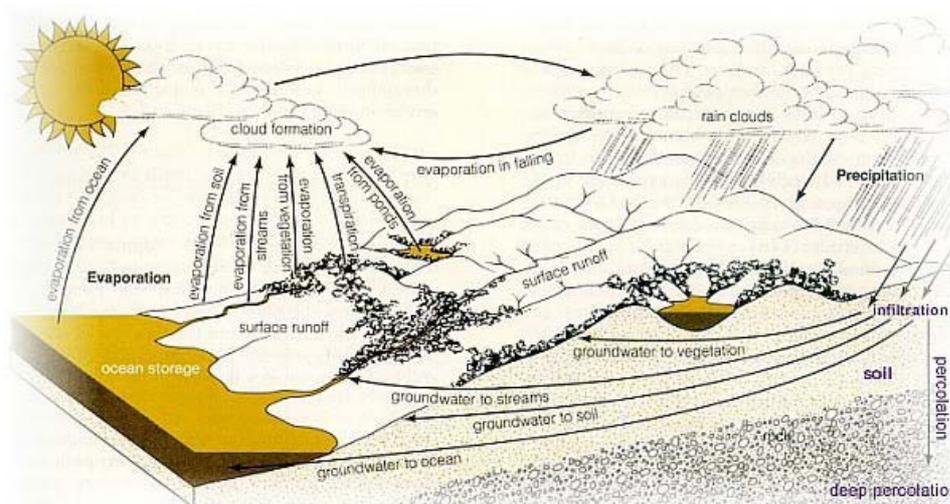
#### **b. Faktor Sosial**

1. Kondisi infrastruktur.  
Ada beberapa masalah terkait dengan kondisi infrastruktur yang ada di Palembang, yaitu :
  - Sedimentasi, karena sampah, dan limbah padat.
  - Kekurangannya kapasitas aliran infrastruktur.
  - Arah aliran dalam sistem jaringan drainase.
  - Daerah dan kapasitas kolam retensi.
2. Berkurangnya daerah resapan.  
Tidak adanya lagi tanah resapan untuk digunakan air sebagai tempat baginya beristirahat dikala hujan turun. Tidak ada lagi lahan hijau tempat resapan air tanah. Akibatnya, ketika hujan tiba tanah menjadi tergerus oleh air dan kemudian air terus meluncur tanpa adanya penghalang alami yang kemudian menyebabkan banjir dan masih banyak lagi penyebab banjir yang lain.
3. Kondisi masyarakat  
Kurangnya kesadaran masyarakat, masyarakat masih sangat minim dalam hal menanggulangi banjir. Bahkan malah menambah penyebab banjir, seperti masih kurangnya kesadaran masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya.
4. Pembuatan saluran air maupun kolam retensi yang tidak memenuhi syarat. Salah satu sebab utama terjadinya banjir adalah pembuatan saluran air maupun kolam retensi kurang baik, hal ini terjadi karena kurangnya perencanaan yang baik sehingga saluran tidak bekerja secara maksimal dalam mengalirkan air.
5. Penebangan hutan secara liar.  
Salah satu penyebab utama terjadinya banjir karena penebangan hutan. Banyak tipe kayu yang digunakan untuk perabotan, lantai dan konstruksi diambil dari hutan tropis di Afrika, Asia dan Amerika Selatan. Dengan membeli produk kayu tertentu, orang-orang di Amerika Serikat secara langsung membantu perusakan hutan hujan.

### **2.3 Siklus Hidrologi**

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 berawalnya dan kapan pula berakhir. Serangkaian tersebut disebut dengan siklus hidrologi (*hydrology cycle*). Air menguap dari permukaan samudra akibat energy 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 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. Air yang mengalir dalam saluran atau sungai dapat berasal dari aliran permukaan atau air tanah yang merembes di dasar sungai. Kontribusi air tanah pada aliran sungai disebut aliran dasar (*baseflow*), 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. (Suripin, Dr.M.Eng, 2004. Sistem Drainase yang berkelanjutan, Andy, Yogyakarta)



## Gambar 2.10 Siklus Hidrologi

### 2.4 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. Nama sebuah DAS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Dalam praktek, penetapan batas DAS ini sangat diperlukan untuk menetapkan batas-batas DAS yang akan dianalisis (Sri Harto, 1993).

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dipandang sebagai bagian dari permukaan bumi tempat air hujan menjadi aliran permukaan dan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai menuju ke suatu titik di sebelah hilir (*down stream point*) sebagai titik pengeluaran (*catchment outlet*). Setiap DAS besar yang bermuara ke laut merupakan gabungan dari beberapa DAS sedangkan sub DAS adalah gabungan dari sub DAS kecil-kecil (Soewarno, 2000). ([id.wikipedia.org/wiki/daerah\\_aliran\\_sungai](http://id.wikipedia.org/wiki/daerah_aliran_sungai)).

### 2.5 Limpasan (*Run off*)

Air hujan yang turun dari atmosfer jika kita ditangkap oleh vegetasi atau oleh permukaan-permukaan buatan seperti atap bangunan atau lapisan kedap air lainnya, maka akan jatuh ke permukaan bumi dan sebagian akan menguap, berinfiltrasi atau tersimpan dalam cekungan-cekungan. Bila kehilangan seperti cara-cara tersebut telah terpenuhi, maka sisa air hujan akan langsung mengalir diatas permukaan tanah menuju alur aliran terdekat.

Dalam perencanaan drainase, bagian air hujan yang menjadi pengendalian air banjir tidak hanya aliran permukaan (*surface run off*), sedangkan untuk pengendalian banjir tidak hanya aliran permukaan, tetapi limpasan (*run off*). Limpasan merupakan gabungan antara aliran permukaan, aliran-aliran tertunda

pada cekungan–cekungan dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*).  
(Suripin, Dr. M. Eng, 2004. *Sistem Drainase yang Berkelanjutan*, Andy, Yogyakarta)

### **2.5.1 Faktor–Faktor yang Mempengaruhi Limpasan.**

Aliran pada saluran atau sungai tergantung dari berbagai faktor secara bersamaan. Dalam kaitannya dengan limpasan, faktor yang berpengaruh secara umum dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu faktor meteorologi dan karakteristik daerah tangkapan saluran atau daerah aliran sungai ( DAS ).

#### **a. Faktor Meteorologi**

Faktor–faktor meteorologi yang berpengaruh pada limpasan terutama adalah karakteristik hujan, yang meliputi :

##### **1. Intensitas Hujan.**

Pengaruh intensitas hujan terhadap limpasan permukaan sangat tergantung pada laju infiltrasi. Jika intensitas hujan melebihi laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan. Namun demikian, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan peningkatan intensitas hujan karena adanya penggenangan di permukaan tanah. Intensitas hujan berpengaruh pada debit maupun volume limpasan.

##### **2. Durasi Hujan.**

Total limpasan dari suatu hujan berkaitan langsung dengan durasi hujan dengan intensitas tertentu. Setiap DAS mempunyai satuan durasi hujan atau lama hujan kritis. Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari lamanya hujan kritis, lamanya limpasan akan sama dan tidak tergantung pada intensitas hujan.

##### **3. Distribusi Curah Hujan.**

Laju dan volume limpasan dipengaruhi oleh distribusi dan intensitas hujan di seluruh DAS. Secara umum, laju dan volume limpasan maksimum terjadi jika seluruh DAS telah memberi kontribusi aliran. Namun demikian, hujan dengan intensitas tinggi pada sebagian DAS

dapat menghasilkan limpasan yang lebih besar dibandingkan dengan hujan biasa meliputi seluruh DAS.

## **b. Karakteristik DAS**

### **1. Luas dan Bentuk DAS.**

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luasnya DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan. Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai pengaruh bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf-hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama. Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS yang melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air dititik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak diseluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung lainnya. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air dari hulu sudah tiba sebelum aliran dari mengecil/ habis.

2. Topografi.

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan dan kerapatan parit atau saluran dan bentuk-bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai parit/ saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga memperbesar laju aliran permukaan.

3. Tata Guna Lahan.

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai C=0 menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C=1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan.

*(Suripin, Dr.M.Eng, 2004. Sistem Drainase yang berkelanjutan, Andy, Yogyakarta)*

## **2.6 Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rancangan yang mana debit banjir rancangan akan berpengaruh besar terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Hal ini dilakukan

untuk dapat mengatasi aliran permukaan yang terjadi agar tidak mengakibatkan terjadinya genangan.

### 2.6.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana dengan Kala Ulang

Analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa ekstrim 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 hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah :

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Log Normal
- c. Distribusi Log Pearson Type III
- d. Distribusi Gumbel

#### A. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi *Gauss*. Fungsi densitas peluang normal (PDF= *probability density function*) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. PDF distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$X_T = \mu + K T \sigma \quad (2.1)$$

Yang dapat didekati dengan :

$$X_T = \bar{X} + K \quad (2.2)$$

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{\sigma}$$

(2.3)

Dimana :

$X_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan.

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung *variate*.

S = Deviasi standar nilai *variate*.

$K_T$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

(Dr.Suripin.Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan Yogyakarta: Andi)

**Tabel. 2.1** Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	KT
1.	1,001	0,999	-3,05
2.	1,005	0,995	-2,58
3.	1,01	0,99	-2,33
4.	1,05	0,95	-1,64
5.	1,11	0,9	-1,28
6.	1,25	0,8	-0,84
7.	1,33	0,75	-0,67
8.	1,43	0,7	-0,52
9.	1,67	0,6	-0,25
10.	2	0,5	0
11.	2,5	0,4	0,25
12.	3,33	0,3	0,52
13.	4	0,25	0,67
14.	5	0,2	0,84
15.	10	0,1	1,28
16.	20	0,05	1,64
17.	50	0,02	2,05
18.	100	0,01	2,33
19.	200	0,005	2,58

20.	500	0,002	2,88
21.	1000	0,001	3,09

Sumber : (Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

## B. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, jika variabel acak  $Y = \log X$  terdistribusi secara normal, maka  $X$  dikatakan mengikuti distribusi Log normal. PDF (*probably density function*) untuk distribusi Log Normal dapat dituliskan daalam bentuk rata- rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut :

$$\boxed{\frac{-(Y - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}} \quad X > 0 \quad (2.4)$$

Dimana :

$P(X)$  = Peluang log normal.

$X$  = Nilai *variate* pengamatan.

$\sigma_Y$  = Deviasi standar nilai *variate*  $Y$ .

$\mu_Y$  = Nilai rata-rata populasi  $Y$ .

Apabila nilai  $P(X)$  digambarkan pada kertas, maka peluang logaritmik merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan :

$$\boxed{Y_T = \mu + K_T \sigma} \quad (2.5)$$

Yang dapat didekati dengan :

$$\boxed{Y_T = \hat{Y} + K_T S} \quad (2.6)$$

$$\boxed{K_T = \frac{Y_T - \hat{Y}}{S}} \quad (2.7)$$

Dimana :

$Y_T$  = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan.

$Y$  = Nilai rata-rata hitung *variate*.

$S$  = Deviasi standar nilai *variate*.

$K_T$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

(Dr.Suripin.Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan Yogyakarta: Andi)

### C. Distribusi Log Pearson Type III

Distribusi log pearson ini telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai hampir semua distribusi probabilitas empiris. Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan pearson yang menjadi perhatian ahli sumber daya air adalah Log Pearson Type III. Tiga parameter yang paling penting dalam Log Pearson Type III yaitu harga rata-rata, simpangan baku dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Berikut langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson Type III

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

2. Hitung harga rata-rata :

$$\text{Log } \hat{X} = \quad (2.8)$$

3. Hitung harga simpangan baku :

$$\frac{\hat{X}}{\log X_i - \log \hat{X}^2} \quad (2.9)$$

4. Hitung koefisien kemencengan :

$$\log X_i - \log \hat{X}^3 \quad (2.10)$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\text{Log } X_T = \log \hat{X} + K.s \quad (2.11)$$

Dimana :

K adalah variabel standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.

(Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

**Tabel 2.2** Nilai KT untuk Distribusi Log Pearson Type III Kemencengan (Positif)

Skew Coefficient Cs or Cw	Waktu Balik Dalam Tahun						
	2	5	10	25	50	100	200
	Exceedence Probability						
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97
2,9	-0,39	0,44	1,195	2,277	3,314	4,013	4,909
2,8	-0,384	0,46	1,21	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,6	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,032	3,8	4,584
2,3	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444
2,1	-0,319	0,592	1,294	2,23	2,942	3,656	4,372
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,553	4,298
1,9	-0,294	0,645	1,31	2,207	2,881	3,499	4,223
1,8	-0,282	0,66	1,318	2,193	2,848	3,444	4,147
1,7	-0,268	0,675	1,324	2,179	2,815	3,388	4,069
1,6	-0,254	0,69	1,329	2,163	2,78	3,33	3,99
1,5	-0,24	0,705	1,333	2,14	2,743	3,33	3,91
1,4	-0,225	0,719	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828

1,3	-0,21	0,732	1,338	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-0,195	0,745	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-0,18	0,758	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-0,164	0,769	1,34	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	0,78	1,336	1,998	2,543	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	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	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576

Sumber : Bambang Triatmodjo 2008

**Tabel 2.3** Nilai KT untuk Distribusi Log Pearson Type III Kemencengan (Negatif)

<i>Skew Coefficient Cs or Cw</i>	<b>Waktu Balik Dalam Tahun</b>						
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
	<i>Exceedence Probability</i>						
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
-0,1	0,017	0,846	1,27	1,716	2	2,252	2,482
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	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	1,488	1,606	1,733	1,837
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	0,18	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,324	1,449	1,501
-1,3	0,21	0,838	1,064	1,24	1,27	1,383	1,424
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,217	1,318	1,351
-1,5	0,24	0,825	1,018	1,157	1,166	1,256	1,282
-1,6	0,224	0,817	0,994	1,116	1,069	1,197	1,216
-1,7	0,268	0,808	0,97	1,075	1,023	1,14	1,155
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	0,98	1,087	1,097
-1,9	0,294	0,788	0,92	0,996	0,939	1,037	1,044
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,9	0,99	0,995

-2,1	0,319	0,765	0,869	0,923	0,864	0,946	0,949
-2,2	0,33	0,752	0	0,888	0,83	0,905	0,907
-2,3	0,341	0,739	1,336	0,855	0,798	0,867	0,869
-2,4	0,351	0,725	1,333	0,823	0,768	0,832	0,833
-2,5	0,36	0,711	1,328	0,793	0,166	0,799	0,8
-2,6	0,368	0,696	1,323	0,764	0,74	0,769	0,796
-2,7	0,376	0,681	1,317	0,738	0,714	0,74	0,741
-2,8	0,384	0,666	1,309	0,712	0,689	0,714	0,714
-2,9	0,39	0,651	1,301	0,683	0,666	0,69	0,69
-3	0,396	0,636	1,292	0,66	0,666	0,667	0,667
0	0	0,842	1,282	0,282	2,054	2,325	2,576

Sumber : Bambang Triadmodjo, 2008

#### D. Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir. Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda. Dalam penggambaran pada kertas probabilitas, Chow (1964) menyarankan penggunaan rumus berikut ini :

$$X = \mu + \sigma K \quad (2.12)$$

Dimana :

- $\mu$  = Harga rata-rata populasi.
- $\sigma$  = Standar deviasi (simpangan baku).
- $K$  = Faktor probabilitas.

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan (2.12) dapat didekati dengan persamaan :

$$X = \bar{X} + SK \quad (2.13)$$

Dimana :

- $\bar{X}$  = Harga rata-rata sampel.
- $S$  = Standar deviasi (simpangan baku) sampel.

Faktor probabilitas  $K$  untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan :

(2.14)

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{c_n}$$

Dimana :

$Y_n$  = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n (**Tabel 2.4**).

$S_n$  = *Reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/  
data n (**Tabel 2.4**).

$Y_{Tr}$  = *Reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Y_{tr} = - \ln \left\{ - \ln \frac{Tr - 1}{Tr} \right\}$$

(Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

**Tabel 2.4** Gumbel Hubungan n (Besar Sampel) dengan  $Y_n$  dan  $S_n$

Sampe l	$Y_n$	$S_n$	Sampe l	$Y_n$	$S_n$	Sampe l	$Y_n$	$S_n$
10	0,4952	0,9496	41	0,544	1,1436	72	0,56	1,18 7
11	0,4996	0,9676	42	0,545	1,1458	73	0,56	1,18 8
12	0,504	0,9833	43	0,545	1,148	74	0,56	1,18 9
13	0,5035	0,9971	44	0,546	1,1499	75	0,56	1,19
14	0,51	1,0095	45	0,546	1,1519	76	0,56	1,19 1
15	0,5128	1,0206	46	0,547	1,1538	77	0,56	1,19 2
16	0,5157	1,0316	47	0,547	1,1557	78	0,56	1,19 2
17	0,5181	1,0411	48	0,548	1,1574	79	0,56	1,19 3
18	0,5202	1,0493	49	0,548	1,159	80	0,56	1,19 4
19	0,522	1,0565	50	0,549	1,1607	81	0,56	1,19 5
20	0,5236	1,0628	51	0,549	1,1623	82	0,57	1,19 5
21	0,5252	1,0696	52	0,549	1,1638	83	0,56	1,19 6

<b>22</b>	0,5268	1,0754	<b>53</b>	0,55	1,1658	<b>84</b>	0,56	1,19 7
<b>23</b>	0,5283	1,0811	<b>54</b>	0,55	1,1667	<b>85</b>	0,56	1,19 7
<b>24</b>	0,5296	1,0864	<b>55</b>	0,55	1,1181	<b>86</b>	0,56	1,19 9
<b>25</b>	0,5309	1,0915	<b>56</b>	0,551	1,1696	<b>87</b>	0,56	1,19 9
<b>26</b>	0,532	1,0861	<b>57</b>	0,551	1,1708	<b>88</b>	0,56	1,19 9
<b>27</b>	0,5332	1,1004	<b>58</b>	0,552	1,1721	<b>89</b>	0,56	1,2
<b>28</b>	0,5343	1,1047	<b>59</b>	0,552	1,1734	<b>92</b>	0,56	1,20 2
<b>29</b>	0,5353	1,1086	<b>60</b>	0,552	1,1747	<b>93</b>	0,56	1,20 3
<b>30</b>	0,5362	1,1124	<b>61</b>	0,553	1,1759	<b>94</b>	0,56	1,20 3
<b>31</b>	0,5371	1,1159	<b>62</b>	0,553	1,177	<b>95</b>	0,99	1,20 4
<b>32</b>	0,538	1,1193	<b>63</b>	0,553	1,1782	<b>96</b>	0,56	1,20 4
<b>33</b>	0,5388	1,1226	<b>64</b>	0,554	1,1793	<b>97</b>	0,56	1,20 5
<b>34</b>	0,5396	1,1255	<b>65</b>	0,554	1,1803	<b>98</b>	0,56	1,20 6
<b>35</b>	0,5402	1,1287	<b>66</b>	0,554	1,1814	<b>99</b>	0,56	1,20 6
<b>36</b>	0,541	1,1313	<b>67</b>	0,554	1,1824	<b>100</b>	0,56	1,20 7
<b>37</b>	0,5418	1,1339	<b>68</b>	0,555	1,1834			
<b>38</b>	0,5424	1,1363	<b>69</b>	0,555	1,1844			
<b>39</b>	0,543	1,1388	<b>70</b>	0,555	1,1854			
<b>40</b>	0,5436	1,1413	<b>71</b>	0,552	1,1854			

Sumber : (Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

**Tabel 2.5 Reduced Variate (Yt)**

<b>Periode Ulang</b>	<b>Reduced Variate</b>
2	0,3668
5	1,5004

10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

Sumber : (Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

## 2.7 Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung intensitas-durasi-frekuensi (IDF = *Intensity-Duration-Frequency curve*).

(Suripin,Dr.M.Eng,2004.SistemDrainaseyangberkelanjutan,Andy,Yogyakarta)

**Tabel 2.6** Keadaan dan Intensitas Hujan

Derajat curah hujan	Intensitas curah hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit.
Hujan lemah	1,20 - 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel.
Hujan normal	3,00 - 18,0	Dapat dibuat puddel dan bunyi hujan kedengaran.

Hujan deras	18,0 - 60,0	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan.
Hujan sangat deras	> 60,0	Hujan seperti ditumpahkan, sehingga saluran drainase meluap.

Sumber : (Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

Intensitas curah hujan sendiri dilambangkan dengan huruf I, yang artinya tingginya hujan yang sering terjadi selama kurun waktu satu jam. Pada umumnya semakin lama durasi hujan maka semakin kecil intensitas dengan satuan (mm/jam) yang artinya tinggi curah hujan dapat dihitung dari data curah hujan harian dengan menggunakan rumus Dr. Monobobe sebagai berikut :

Rumus Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (2.15)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

t = Waktu konsentrasi hujan (jam), untuk Indonesia 5-7 jam.

R<sub>24</sub> = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

(Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

### 2.7.1 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$t_c = \frac{L}{0,475 \sqrt{I}^{0,385}}$$

(2.16)

$$t_c = t_o + t_d \quad (2.17)$$

$$t_d = \left( \left[ 49,48 \times L \times \frac{nd}{S} \right]^{0,167} \right) \quad (2.18)$$

$$t_d = \frac{L_s}{C \cdot V} \quad (2.19)$$

Dimana :

$t_c$  = Waktu konsentrasi (jam).

$t_o$  = Waktu limpasam menuju aliran (menit).

$t_d$  = Waktu aliran pada saluran dari satu titik ke titik lainnya (menit).

$n$  = Koefisien kekasaran manning.

$S$  = Kemiringan dasar saluran.

$L$  = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m).

$L_s$  = Panjang lintasan lahan di dalam saluran/ sungai (m).

$V$  = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik).

*(Dr.Suripin.Sistemandrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)*

**Tabel 2.7** Hubungan Kondisi Lapisan Permukaan dengan Koefisien Hambatan

No.	Kondisi Lapisan Permukaan	nd
1.	Lapisan semen dan aspal beton.	0,013
2.	Permukaan licin dan kedap air.	0,02
3.	Permukaan licin dan kokoh.	0,1
4.	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar.	0,2
5.	Padang rumput.	0,4
6.	Hutan gundul.	0,6
7.	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai	0,8

	padat .	
--	---------	--

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008

**Tabel 2.8** Nilai Koefisien Kekasaran Lahan

Tata Guna Lahan	Nilai n
Kedap air.	0,02
Timbunan tanah.	0,1
Tanaman pangan/ tegalan dengan sedikit rumput.	0,2
Pada tanah gundul yang kasar dan lunak.	0,4
Padang rumput.	0,4
Tanah gundul yang kasar dengan runtuhan.	0,6
Dedaunan.	0,6
Hutan dan sejumlah semak belukar.	0,8

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008

### 2.7.2 Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit rancangan untuk saluran drainase di daerah perkotaan dapat menggunakan rumus rasional atau hidrograf satuan. Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rancangan (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai dan lain-lain.

$$Q_{\text{banjir rancangan}} = Q_{\text{air hujan}} + Q_{\text{air kotor}} \quad (2.20)$$

**Tabel 2.9** Kriteria *Design* 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 : (Dr.Suripin.Sistembrainaseperkotaanyangberkelanjutanyogyakarta:Andi)

### 2.7.3 Perhitungan Debit Air Hujan

Debit air limpasan dari air hujan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus diakhiri melalui saluran drainase. Debit air limpasan terdiri dari tiga komponen yaitu *run off* (C), data intensitas curah hujan (I), dan *catchment area* (Aca).

Metode rasional sangat sederhana dan sering digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan. Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut :

Rumus untuk metode Rasional :

$$Q = 0,278 C. I. A \quad (2.21)$$

Dimana :

Q = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi dan frekuensi tertentu (m<sup>3</sup>/det).

I = Intensitas hujan (mm/jam).

A = Luas daerah tangkapan (km<sup>2</sup>).

C = Koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan.

(hidrologiterapan,Bambangtriatmodjo)

**Tabel 2.10** Nilai Dasar Dari Koefisien Limpasan (*Run off*)

Tipe Daerah Aliran	C	Tipe Daerah Aliran	C
<b>Rerumputan :</b>		<b>Industri :</b>	
Tanah pasir, datar, 2 %	0,50 - 0,10	Daerah ringan	0,50 - 0,80
Tanah pasir, sedang, 2-7 %	0,10 - 0,15	Daerah berat	0,60 - 0,90
Tanah pasir, curam, 7%	0,15 - 0,20	Taman, kuburan	0,10 - 0,25
Tanah gemuk, datar, 2 %	0,13 - 0,17	Tempat bermain	0,20 - 0,35

Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18 - 0,22	Halaman kereta api	0,20 - 0,40
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 - 0,35	Daerah tidak dikerjakan	0,10 - 0,30
<b>Perdagangan :</b>		<b>Jalan :</b>	
Daerah kota lama	0,75 - 0,95	Beraspal	0,70 - 0,95
Daerah pinggiran	0,50 - 0,70	Beton	0,80 - 0,9
Perumahan :		Batu	0,70 - 0,85
Daerah <i>single family</i>	0,30 - 0,50	Atap	0,75 - 0,95
Multi unit terpisah	0,40- 0,60		
Multi unit tertutup	0,6 - 0,75		
Suburban	0,25 - 0,40		
Daerah apartment	0,50 - 0,70		

Sumber : Bambang Triadmodjo, 2008

#### 2.7.4 Perhitungan Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah debit yang berasal dari buangan aktivitas penduduk seperti mandi, minum, mencuci dan lain-lain baik dari lingkungan rumah tangga, bangunan (fasilitas) umum atau instansi, bangunan komersil dan sebagainya. Debit air kotor secara umum diperoleh dari hasil perkalian antara luas daerah pelayanan (ha) dikalikan dengan angka kepadatan penduduk (orang/ ha). Dan dari jumlah penduduk tersebut dapat dihitung berapa besar penggunaan air bersih, sedangkan banyaknya air kotor yang dibuang sama dengan jumlah air bersih yang digunakan dikalikan faktor tertentu.

Besarnya kebutuhan air yang dikonsumsi oleh masing-masing orang biasanya dapat diperhitungkan melalui kepadatan penduduk dengan rata-rata perorangan dalam membuang air kotor. ([id.wikipedia.org/wiki/debit-air-kotor](http://id.wikipedia.org/wiki/debit-air-kotor)).

Rumus untuk menghitung besarnya air kotor adalah :

$$Q_{\text{air kotor}} = \text{DEBIT}_{\text{air bangunan tiap orang}} \times \text{Jumlah penduduk} \quad (2.22)$$

Dimana :

$$Q_{\text{air bangunan kotor}} = \text{Debit air buangan rata-rata (m}^3\text{/org/detik)}$$

Untuk mempermudah perhitungan jumlah penduduk rata-rata dapat menggunakan rumus berikut ini :

<b>Kepadatan penduduk rata-rata =</b>	<b>(2.23)</b>
---------------------------------------	---------------

### 2.7.5 Perhitungan Jumlah Populasi

Untuk perhitungan debit air kotor, didapatkan dari asumsi jumlah rumah pada luasan daerah yang dikalikan dengan kepadatan penduduk rata-rata. Dengan asumsi banyaknya orang berdasarkan jumlah penduduk dan luas daerah yang termasuk di dalam *catchment area*.

Rumus menghitung populasi penduduk perluasan berdasarkan luasan *catchment area* :

$\frac{\text{Luas area subcatchment area}}{\text{Luas total catchment area}} \times \text{Jumlah penduduk total catchment area}$	<b>(2.24)</b>
--	---------------

**Tabel 2.11** Besaran *Population Equivalen* (PE)

No.	Peruntukan bangunan	Pemakaian Air Bersih	Debit Air Limbah	Satuan	PE	Acuan
1.	Rumah Mewah	250	200	Liter/ penghuni/ hari	1,67	Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing, Soufyan M, Noerbambang dan Tokeo Morimura.
2.	Rumah Biasa	150	120	Liter/ penghuni/ hari	1,00	Study JICA 1990 (proyeksi 2010).
3.	Apartment	250	200	Liter/ penghuni/ hari	1,67	Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing, Soufyan M, Noerbambang dan Tokeo Morimura.
4.	Rumah Susun	100	80	Liter/ penghuni/ hari	0,67	
5.	Asrama	120	96	Liter/ penghuni/ hari	0,80	
6.	Klinik/ Puskesmas	3	2,7	Liter/ pengunjung/ hari	0,02	Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing, Soufyan M, Noerbambang dan Tokeo Morimura.
7.	Rumah Sakit Mewah	1000	800	Liter/ jumlah tempat tidur pasien/ hari	6.67	Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing, Soufyan M, Noerbambang dan Tokeo Morimura.

	Rumah Sakit Menengah	750	600	Liter/ jumlah tempat tidur pasien/ hari	5,00	Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing, Soufyan M, Noerbambang dan Tokeo Morimura.
	Rumah Sakit Umum	425	340	Liter/ jumlah tempat tidur pasien/ hari	2,83	Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing, Soufyan M, Noerbambang dan Tokeo Morimura.
8.	Sekolah Dasar	40	32	Liter/ siswa/ hari	0,27	SNI 03-7065-2005
9.	SLTP	50	40	Liter/ siswa/ hari	0,33	SNI 03-7065-2005
10.	SLTA	80	64	Liter/ siswa/ hari	0,53	SNI 03-7065-2005
11.	Perguruan Tinggi	80	64	Liter/ mahasiswa/ hari	0,53	SNI 03-7065-2005

Sumber : Pengolahan Air Limbah Domestik Individual atau Semi Komunal

## 2.8 Erosi dan Sedimentasi

Erosi dan sedimentasi merupakan suatu proses yang terkait. Erosi pada daerah hulu daerah sungai bervariasi. Mulai erosi permukaan (*sheet erosion*), erosi jurang dan erosi tebing.

Sedimentasi merupakan akibat lebih lanjut dari erosi yang terdapat di daerah yang relatif lebih rendah. Material erosi yang dibawa dari hulu, pada saat memasuki daerah/ saluran yang landai tidak semuanya mampu hanyut ke sungai dimana sebagian akan terendapkan dalam perjalanannya, disaluran, sungai, muara dan badan air yang dilalui. Endapan ini menimbulkan penyempitan dan pendangkalan yang mengakibatkan pengurangan kapasitas sungai. (Suripin, Dr.M.Eng, 2004. Sistem Drainase yang berkelanjutan, Andy, Yogyakarta)

## 2.9 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika diperlukan untuk mengetahui kapasitas dari alur saluran terhadap banjir rencana dan untuk menggambarkan profil muka air sepanjang saluran yang ditinjau. Profil muka air yang dihasilkan merupakan dasar untuk menentukan ketinggian dari saluran untuk mengendalikan banjir/genangan.

Kapasitas saluran dihitung dengan persamaan Manning yaitu :

$$Q = A \times V$$

(2.26)

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

(2.27)

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

(2.28)

$$P = B + 2h$$

(2.29)

$$S = \frac{a - b}{L}$$

(2.30)

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/det).

Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/det).

n = Koefisien kekasaran Manning.

R = Jari-jari hidraulis (m).

S = Kemiringan dasar saluran.

A = Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>).

P = Keliling penampang basah saluran (m).

B = Lebar dasar saluran (m).

h = Kedalaman air (m).

b = Elevasi tanah asli hulu.

a = Elevasi tanah asli hilir.

L = Panjang saluran (m).

Nilai koefisien n manning untuk berbagai macam saluran secara lengkap dapat dilihat diberbagai referensi, dibawah ini beberapa yang dianggap paling

sering dipakai dalam perencanaan praktis. ([enprint.undip.ac.id/33846/7/1796-chapter-4.pdf](http://enprint.undip.ac.id/33846/7/1796-chapter-4.pdf)).

**Tabel 2.12** Harga Koefisien Kekasaran Manning

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
<b>SALURAN BUATAN</b>					
1.	Saluran tanah, lurus teratur.	0,017	$\frac{0,00}{2}$	0,023	0,025
2.	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator.	0,023	$\frac{0,02}{8}$	0,03	0,04
3.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, teratur.	0,02	0,03	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur.	0,035	0,04	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diletakkan, ada tumbuh-tumbuhan.	0,025	0,03	0,035	0,04
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu.	0,028	0,03	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung dengan kecepatan aliran rendah.	0,02	$\frac{0,02}{5}$	0,028	0,03
<b>SALURAN ALAM</b>					
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang.	0,025	$\frac{0,02}{8}$	0,03	0,033
9.	Seperti No.8 tetapi ada timbunan atau kerikil.	0,03	$\frac{0,03}{3}$	0,035	0,04
10.	Melengkung bersih, berlubang dan berding pasir.	0,033	$\frac{0,04}{5}$	0,05	0,055
11.	Seperti No.10 dangkal tidak teratur.	0,04	$\frac{0,04}{5}$	0,05	0,055

12.	Seperti No.10 berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan.	0,035	0,04	0,045	0,05
13.	Seperti No.11, sebagian berbatu.	0,045	0,05	0,055	0,05
14.	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang.	0,05	0,06	0,07	0,08
15.	Banyak tumbuh-tumbuhan.	0,075	0,01	0,0125	0,015
<b>SALURAN BUATAN, BETON atau BATU KALI</b>					
16.	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian.	0,025	0,03	0,033	0,035
17.	Seperti No.16 tapi dengan penyelesaian.	0,017	0,02	0,025	0,03
18.	Saluran beton.	0,014	0,01 6	0,019	0,21
19.	Saluran beton halus dan rata.	0,01	0,02 2	0,012	0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja.	0,013	0,01 4	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu.	0,015	0,16	0,016	0,018

Sumber : Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No.008/BNKT/1990

**Tabel 2.13** Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan pada Bahan Dinding dan Dasar Saluran.

No.	Jenis Material	V izin (m/detik)
1.	Pasir halus	0,45
2.	Lempung kepasiran	0,50
3.	Lanau aluvial	0,60
4.	Krikil halus	0,75
5.	Lempung kokoh	0,75
6.	Lempung padat	1,10
7.	Krikil kasar	1,20
8.	Batu-batu besar	1,50
9.	Pasangan batu	1,50
10.	Beton	1,50
11.	Beton bertulang	1,50

Sumber : Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No.008/BNKT/1990

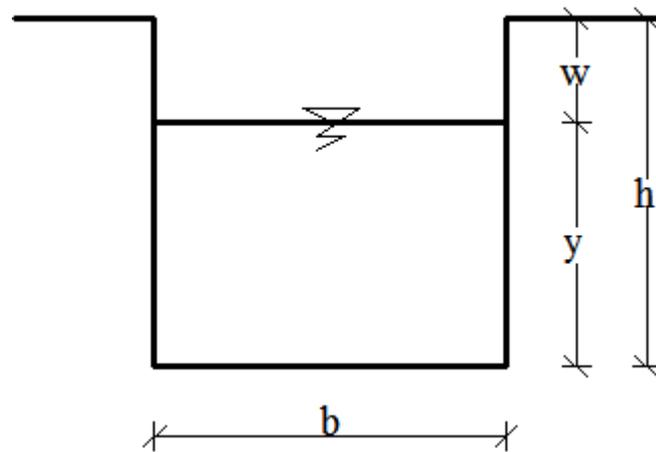
### 2.9.1 Penampang Melintang Saluran Ekonomis

Dalam perencanaan dimensi saluran, sebaiknya dipilih/ diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi yang terlalu kasar akan berdampak pada besarnya biaya yang akan dikeluarkan, sebaliknya apabila dimensi yang

direncanakan terlalu kecil maka akan menimbulkan permasalahan pada daya tampung yang nantinya tidak memadai. Bentuk drainase yang ditinjau dari studi eksisting jaringan drainase di kawasan JL Amphibi Kelurahan 20 Ilir D II Kota Palembang ini berbentuk penampang persegi.

- Persegi

Biasanya saluran ini terbuat dari pasangan batu bata dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan h (Gambar 2.11), luas penampang basah, A, dan keliling basah, P, dapat ditulis sebagai berikut :



Gambar 2.11 Bentuk Persegi

Rumus :

$$A = b \cdot h \quad (2.27)$$

$$R = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h} = \frac{A}{P} \quad (2.29)$$

$$P = b + 2 \cdot h \quad (2.30)$$

Dimana :

A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>).

- P = Keliling penampang basah (m).
- R = Jari-jari hidraulis (m).
- b = Lebar dasar saluran (m).
- h = Kedalaman saluran (m).

(Suripin, Dr. M. Eng, 2004. Sistem Drainase yang Berkelanjutan, Andy, Yogyakarta)

### 2.9.2 Tinggi Jagaan (*Free Board*)

Free board dikenal sebagai tinggi jagaan merupakan bagian dari penampang saluran di atas muka air tinggi. Free board untuk saluran terbuat dengan permukaan diperkeras ditentukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- a. Ukuran saluran
- b. Kecepatan aliran
- c. Arah dan lengkung (belokan)
- d. Debit banjir rancangan

Tinggi jagaan sendiri dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

W = Tinggi jagaan (m).

h = Tinggi muka air dari dasar saluran (m).