BAB II

LANDASAN TEORI

BAB 2
LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Pengendalian banjir merupakan bagian dari pengelolaan sumber daya air yang lebih spesifik untuk mengendalikan debit banjir umumnya melalui dam dam pengendali banjir, atau peningkatan sistem pembawa (sungai, drainase) dan pencegahan hal-hal yang berpotensi merusak dengan cara mengelola tata guna lahan dan daerah banjir/ *flood plans* (Kodoatie, "PSDA Terpadu")

2.1.1. Pengertian Drainase

Kata drainase berasal dari kata drainage yang artinya mengeringkan atau mengalirkan. Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air. baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama. Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan.

Kebutuhan terhadap drainase berawal dari kebutuhan air untuk kehidupan manusia dimana untuk kebutuhan tersebut manusia memanfaatkan sungai untuk kebutuhan rumah tangga, perikanan, peternakan dan lainnya. Untuk kebutuhan rumah tangga menghasilkan air kotor yang perlu dialirkan dan makin bertambahnya pengetahuan manusia mengenal industri yang juga mengeluarkan limbah yang perlu dialirkan. Pada musim hujan terjadi kelebihan air berupa limpasan permukaan yang seringkali menyebabkan banjir sehingga manusia mulai berfikir akan kebutuhan sistem saluran yang dapat mengalirkan air lebih terkendali dan terarah dan berkembang menjadi ilmu drainase.

Drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang khusus mengkaji kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota tersebut. Drainase perkotaan merupakaan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi kawasan pemukiman, industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit, lapangan olah raga, parkir dan lainnya. Desain drainase perkotaan memiliki keterkaitan dengan tata guna lahan, tata ruang kota, *masterplan* drainase kota dan kondisi sosial budaya masyarakat terhadap kedisiplinan dalam hal pembuangan sampah. (Wesli, 2008)

Sistem drainase perkotaan adalah prasarana yang terdiri dari kumpulan sistem saluran di dalam kota yang berfungsi mengeringkan lahan perkotaan dari banjir/genangan akibat hujan dengan cara mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air melalui sistem saluran-saluran tersebut. (Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP Ditjen Cipta Karya,2011).

2.1.2. Jenis Drainase

Untuk lebih memudahkan pemahaman tentang drainase,selanjutnya jenis drainase dapat dikelompokkan berdasarkan (Wesli,2008) :

1. Cara terbentuknya
2. Sistem Pengalirannya
3. Tujuan/Sasaran pembuatannya
4. Tata letaknya
5. Fungsinya
6. Konstruksinya.

2.1.3. Drainase berdasarkan cara terbentuknya

Drainase di bagi menjadi beberapa macam yaitu (Wesli,2008):

1. Menurut asalnya

   Menurut asalnya drainase dibedakan menjadi dua yaitu :

   a) Saluran alam *(Natural)*

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

Gambar 2.1 Drainase Saluran Alami.
(Wesli,2008)

b) Saluran buatan *(Artificial)*
Saluran buatan adalah sistem yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil hitung-hitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan sistem drainase alamiah. Pada sistem saluran buatan memerlukan biaya-biaya baik pada perencanaannya maupun pada pembuatannya.

Gambar 2.2 Drainasi Saluran Buatan
(Wesli,2008)

2.1.4. Drainase berdasarkan konstruksinya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari konstruksinya dapat dikelompokkan menjadi (Wesli,2008) :

1) Saluran Terbuka
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 atau menggagu lingkungan.

2) Saluran Tertutup

Drainase saluran terbuka adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar *(astmosfer)*. Saluran drainase saluran tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan. (Wesli,2008)

2.1.5. Drainase berdasarkan fungsinya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari fungsinya, dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu (Wesli,2008) :

1. Drainase *single purpose*

   Drainase *single purpose* adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau limbah atau lainnya.

2. Drainase *multi purpose*

   Drainase *multi purpose* adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian misalnya campuran air hujan atau limbah.

2.1.6. Drainase berdasarkan tata letaknya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari tata letaknya,dapat dikelompokkan menjadi (Wesli,2008) :

1) Drainase permukaan tanah *(suface drainage)*

   Drainase permukaan tanah adalah sistem drainase yang salurannya berada diatas permukaan tanah yang pengaliran airnya terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran *(slope)*

2) Drainase bawah permukaan tanah *(subsurface drainage)*

   Drainase bawah permukaan tanah adalah sistem drainase yang dialirkan di bawah tanah (ditanam) biasanya karena sisi *artistic* atau pada suatu area yang tidak memungkinkan untuk mengalirkan air di atas permukaan tanah seperti pada lapangan olahraga, lapangan terbang, taman dan lainnya.

2.1.7. Drainae berdasarkan sasaran/ tujuannya

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari konstruksinya, dapat dikelompokkan menjadi (Wesli,2008) :

1) Drainase perkotaan
   Drainase perkotaan adalah pengeringan atau pengaliran air dari wilayah perkotaan ke sungai yang melintasi wilayah perkotaan ke sungai yang melintasi wilayah perkotaan tersebut sehingga wilayah perkotaan tidak digenangi air.
2) Drainase daerah pertanian
   Drainase daerah pertanian adalah pengeringan atau pengaliran air didaerah pertanian baik di persawahan maupun daerah sekitarnya yang bertujuan untuk mencegah kelebihan air agar pertumbuhan tanaman tidak terganggu.
3) Drainase lapangan terbang
   Drainase lapangan terbang adalah pengeringan atau pengaliran air di kawasan lapangan terbang terutama pada *runaway* (landasan pacu) dan *taxiway* sehingga kegiatan penerbangan baik *takeoff* maupun *landing* tidak terhambat. Pada lapangan terbang drainase juga bertujuan untuk keselamatan terutama pada saat *landing* dan *take off* dan apabila tergenang air dapat mengakibatkan tergelincirnya pesawat.
4) Drainase jalan raya
   Drainase jalan raya adalah pengeringan atau pengaliran air di permukaan jalan yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada badan jalan dan menghindari kecelakaan lalulintas. Drainase jalan raya biasanya berupa saluran di kiri, kanan, serta gorong-gorong yang melintasi bawah badan jalan .

2.2 Pengertian Banjir

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air yang berlebih merendam daratan. Dalam arti “air mengalir “, kata ini juga dapat berarti masuknya pasang laut. Banjir diakibatkan oleh volume air di suatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap atau menjebol bendungan sehingga air keluar dari batasan alaminya. Macam-macam banjir antara lain :

1) Banjir Air
   Banjir yang biasa terjadi. Penyebab banjir air adalah meluapnya air di sungai, danau, atau diselokkan sehingga air akan naik menggenangi

daratan. Pada umunya banjir air disebabkan dari hujan terus menerus yang membuat sungai, danau, atau selokan tidak dapat menampung air.

2) Banjir Bandang
Banjir bandang mengangkut air dan lumpur. Banjir bandang sangat berbahaya karena tidak menyelamatkan diri. Banjir bandang dapat menghanyutkan apapun, karena itu daya rusaknya sangat tinggi. Banjir tersebut biasanya terjadi di daerah pegunungan yang tanah pegunungan seolah longsor karena air hujan ikut terbawa air ke daratan yang lebih rendah. Umumnya banjir bandang menghanyutkan pohon-pohon atau batu-batuan berukuran besar yang dapat merusak pemukiman warga yang berada di sekitar pegunungan.
3) Banjir Lumpur
Banjir yang mirip banjir bandang tetapi lumpur tersebut keluar dari dalam bumi dan menggenangi daratan. Lumpur tersebut juga mengandung bahan dan gas kimia yang berbahaya.
4) Banjir *Rob* (Laut pasang)
Banjir yang disebabkan oleh pasang air laut. Banjir rob biasanya melanda kota muara baru di Jakarta. Air laut yang pasang umumnya akan menahan air sungai yang sudah menumpuk, akhirnya mampu menjebol tanggul dan menggenangi daratan.
5) Banjir Cileunang
Banjir yang mirip dengan banjir air namun banjir cileunang disebabkan dari hujan yang sangat deras dengan debit air yang sangat banyak. Terjadinya banjir cileunang sangat cepat karena hujan yang sangat deras sehingga dalam waktu yang cepat, banjir cileunang akan tiba-tiba terjadi.

2.3 Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hidrologyc phenomena*). Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan *inventarius* 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, *temperature*, 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 dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan. (Wesli,2008)

Kesimpulan data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel. Sering pula daftar atau tabel tersebut disertai dengan gambar-gambar yang biasa disebut diagram atau grafik, dan dapat disajikan dalam bentuk peta tematik, seperti peta curah hujan dan peta tinggi muka air dengan maksud supaya lebih dapat menjelaskan tentang persoalan yang dipelajari.

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perencanaan bangunan *hidraulik*. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan *hidraulik* dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bending, bangunan berlimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Ukuran dan karakter dan bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menetapkan berbagai sifat dan besaran *hidraulik* nya. Demikian juga pada dasar saluran air tersebut harus dirancang berdasarkan suatu *standart* perancangan yang benar sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan. (Wesli,2008)

2.3.1 Data Curah Hujan Maksimum

Ada beberapa macam jenis data curah hujan, yaitu data curah hujan harian, data curah hujan bulanan, tahunan dan data curah hujan periode pendek. Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan data hujan harian dengan pencatatan selama 20 tahun dari 3 (tiga) stasiun pencatat hujan sekitar saluran Jaya Perzada yang ada di Sidoarjo. Sedangkan data curah hujan yang akan di analisis adalah curh hujan harian maksimum dan akan digunakan untuk menhitung besarnya debit banjir rencana.(Suripin,2003) Data curah hujan maksimum dapat di lihat pada **Table 2.1**

Tabel 2.1 Data Curah Hujan Harian Maksimum

Stasiun Hujan (mm)				
No	Tahun	ST.Ketegan (mm)	ST.Ngaban (mm)	ST.Kludan (mm)
1	2008	60	60	110
2	2009	64	85	93
3	2010	57	160	92
4	2011	55	141	75
5	2012	68,05	115	121
6	2013	96	135	83
7	2014	63	75	87
8	2015	89	117	75
9	2016	102	102	90
10	2017	75	60	60

(Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Sidoarjo, 2017)

2.3.2 Intensitas hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Intensitas hujan ialah ketinggian hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jamann. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. (Wesli,2008)

Di indonesia alat ini sangat sedikit dan jarang, yang banyak digunakan adalah alat pencatat hujan biasa yang mengukur hujan 24 jam atau disebut hujan harian. Apabila hujan dapat di estimasi dengan menggunakan rumus *Mononobe* sebagai berikut :

$$I = \frac{R24}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana :

I = Intensitas Curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = Durasi (lamanya) curah hujan (menit) atau (jam)

Karena intesitas hujan tidak dapat kita tentukan atau kita atur karena hujan terjadi secara alamiah namun kita dapat melakukan perkiraan berdasarkan pencatatan data-data hujan sebelumnya maka dalam mendesain bangunan-bangunan air kita dapat memperkirakan hujan rencana berdasarkan periode ulangnya.

2.3.3 Hujan Rencana

Hujan rencana yang dimaksud adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan, kemudian intensitas ini digunakan untuk mengestimasi debit rencana. Hujan rencana dapat dihitung secara statistic berdasarkan data curah hujan terdahulu dengan menggunakan rumus berikut (Wesli,2008) :

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

$Sx = \frac{\sqrt{\sum(xi- \ )^2}}{\mathrm{n}-1}$ .....(2.3)

$\bar{X} = \frac{\sum \mathrm{Xi}}{\mathrm{n}}$ .....(2.4)

(Wesli,2008)

X_T = Hujan rencana periode ulang T tahun (mm)

$\bar{X}$ = Hujan harian tahunan maksimum rata-rata (mm)

K = Faktor frekuensi untuk periode ulang T tahun sesuai dengan tipe sebaran data hujan.

Sd = Standar deviasi.

Xi = Hujan hari maksimum tahun ke i

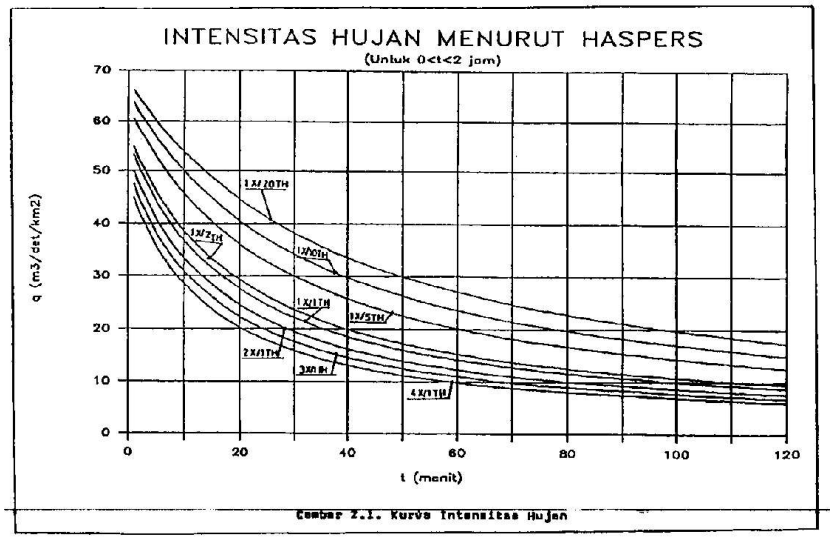
N = Jumlah data atau tahun

2.3.4 Durasi hujan

Durasi hujan lama kejadian hujan (menit,jam, harian)diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan diperlukan durasi yang *relative* pendek, mengingat akan toleransi terhadap lamanya genangan.

2.3.5 Lengkung intensitas hujan

Lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intesitas hujan dengan durasi hujan, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkung intensitas hujan dengan periode ulang hujan tertentu



Gambar 2.3 Kurva intensitas hujan
(Wesli,2008)

2.3.6 Curah hujan rerata harian

Hujan rata-rata untuk suatu daerah berdasarkan data hujan dapat dihitung dengan beberapa cara yaitu (Wesli,2008) :

a) Rata-rata Aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

(Wesli,2008)

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_{2.}R_{2+\cdots\ldots\ldots\ldots+A_{n.}R_n}}{A_{1+}A_{2+\cdots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+A_n}}$$

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_{2.}R_{2+\cdots\ldots\ldots\ldots+A_{n.}R_n}}{A}$$

$\bar{R}$ = W1.R1+ W2 + R2 +……+Wn.Rn..... (2.5)

Dimana :

$\bar{R}$ = Curah hujan daerah

R1,R2…..Rn = Curah hujan di tiap titik pengamatan

A1,A2,…..An = Bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.

$$W1, W2 \ldots\ldots W_n = \frac{A_1}{A}\frac{A_2}{A} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \frac{A_n}{A}$$

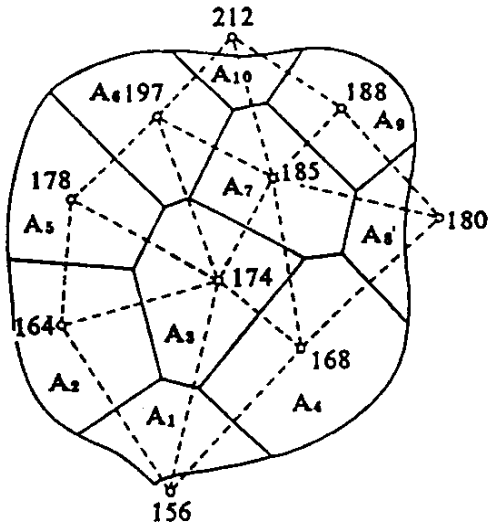
$$R = 1/n\,(R1 + R2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Rn \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.6)$$

Dimana :

R	= Curah hujan daerah
n	= Jumlah titik atau pos pengamatan
R1,R2….Rn	= Curah hujan di tiap titik pengamatan

b) Cara Thiessen

Jika titik-titik daerah pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.



Gambar 2.4 Poligon Thiessen
(Wesli,2008)

Bagian-bagian daerah A1,A2,……..An ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah itu pada peta topografi, kemudian dihubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Dengan demikian akan terlukis jaringan segitiga yang menutupi seluruh daerah.
- Daerah yang bersangkutan itu dibagi dalam poligon-poligon yang di dapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segitiga tersebut di atas. Curah hujan dalam setiap

polygon di anggap di wakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap polygon itu. Luas tiap polygon diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.

Cara Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada aljabar. Akan tetapi penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat. Kerugian yang lain umpamanya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan.

2.3.7 Melengkapi data

Hasil pengukuran hujan yang diterima oleh pusat Meteorologi dan Geofisika dari tempat-tempat pengamatan hujan kadang-kadang ada yang tak lengkap, sehingga di dalam daftar hujan yang disusun ada data hujan yang hilang. Tidak tercatatnya data hujan oleh petugas ditempat pengamatan mungkin karena alat penakarnya rusak atau kelupaan petugas untuk mencatat atau sebab lain. Untuk melengkapi data yang hilang itu kita dapat mengadakan perkiraan. Sebagai dasar untuk perkiraan ini digunakan. Data hujan dari tiga tempat pengamatan yang datanya tidak lengkap. Kalau titik-titik itu tadi ada selisih antara hujan-hujan tahunan normal dari tempat pengamatan yang datanya tak lengkap itu kurang dari 10% maka perkiraan data yang hilang boleh diambil harga rata-rata hitung dari data-data tempat-tempat pengamatan yang mengelilinginya. Kalau selisih itu melebihi 10% diambil cara menurut perbandingan biasa yaitu : *(Wesli,2008)*

$$r = 1/3 \left(\frac{R}{R_A} r_{A+} \frac{R}{R_B} r_B + \frac{R}{R_C} r_C \right) \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata ditempat pengamatan R lengkap

$r_{A\ r_B\ r_C}$ = Curah hujan ditempat pengamatan RA, RB, RC

RA RB RC = Curah hujan rata-rata setahun di A, B dan C

2.3.8 Periode ulang hujan

Suatu data hujan adalah (x) akanmencapai harga tertentu/ disamai (X1), atau kurang dari (X1) dan diperkirakan terjadi sekali dalam kurun waktu T tahun, maka T tahun ini dianggap sebagai periode ulang dari (X1).

Contoh : R2th = 115 mm

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang akan dikeringkan. Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan.

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

(Wesli,2008)

Penentuan periode ulang juga didasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip dalam penyelesaian masalah drainase perkotaan dari aspek hidrologi sebelum dilakukan analisis frekuensi untfuk mendapatkan besaran hujan dengan periode ulang tertentu harus dipersiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam-jaman atau menit. Analisis frekuensi terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbel type 1, Log Normal, Log Pearson III dan sebagainya.

2.3.9 Distribusi Metode Gumbel

Metode Gumbel menggunakan persamaan :

$$X_t = X_r + \frac{S_d}{S_n}(Yt - Yn \quad \text{.....(2.8)}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad \text{.....(2.9)}$$

Dimana :

Xr = Curah hujan rata-rata

Sd = Standar deviasi data hujan

Sn = *Reduced* standar deviasi

Yt = *Reduced variate* pada PUH t - tahun

Yn = *Reduced mean*

Tabel 2.2 Data hubungan reduced standar deviasi "Sn" dengan banyaknya data

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9833	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2207
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1544	92	1,2020
24	1,0811	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0864	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,0961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1607	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1623	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1623	76	1,1906	99	1,206
31	1,1159	54	1,1638	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1638	78	1,1923		

(Suripin,2003)

Tabel 2.3 Data hubungan reduced mean "Yn" dengn banyaknya data "n"

n	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn
10	0,4952	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5035	35	0,5402	58	0,5515	81	0,5570
13	0,5070	36	0,5410	59	0,5518	82	0,5572
14	0,5100	37	0,5418	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5530	86	0,5580
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,5540	90	0,5586
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5372	54	0,5501	77	0,5563	100	0,5600
32	0,5380	55	0,5504	78	0,5565		

(Suripin,2003)

Tabel 2.4 Reduced Variate (Yt) beberapa periode ulang

PUH	Reduced Variate
(Tahun)	(Yt)
2	0,3665
3	1,5004
10	2,2510
25	3,1993
50	3,9028

(Suripin,2003)

Rentang keyakinan untuk harga – harga Rk :

$Rk = \pm t\ (a) * Se$ .....(2.10)

Dimana:

Rk = Rentang keyakinan (mm/jam)

T(a) = Fungsi

Se = Probality error (deviasi)

K = Faktor probabilitas

$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$ .....(2.11)

Dimana :

n = Jumlah data tahun pengamatan

2.3.10 Log Pearson Type III

Didasarkan pada perubahan data yang ada ke dalam bentuk logaritma. Parameter statistik yang diperlukan untuk distribusi Log Pearson Type III melalui langkah – langkah perhitungan sebagai berikut (Suripin,2003) :

a) Menyusun data curah hujan disusun dari harga terbesar s/d terkecil.

b) Menghitung besarnya harga rata-rata tersebut :

$$Log\ \bar{X} = \frac{Log\ \sum Xi}{n}$$ .....(2.12)

c) Menghitung Besar deviasi logaritma tersebut :

$$S = \sqrt{\frac{Log\ \sum(Xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$ .....(2.13)

d) Menghitung koefisien simetri logaritma tersebut :

$$C_s = \frac{N * Log\ \sum(Xi - \bar{\bar{X}})^3}{(n-1)*(n-2)*(\sigma_x)^3}$$ .....(2.14)

e) Menghitung besar HHM untuk periode ulang (tahun) tersebut :

$$Log\ X_i = Log\ \bar{X} + k * S \quad \text{.....(2.15)}$$

f) Berdasarkan harga Cs dan harga periode ulang (tahun), dapat diketahui nilai kx dengan menggunakan **Tabel 2.5**

Tabel 2.5 Nilai KT untuk distribusi Log-Person III

Koef. G	**Interval Kejadian (Periode Ulang)**							
	1,101	**12,500**	**2**	**3**	**10**	**25**	**50**	**100**
	Presentase Peluang terlampaui							
	99	**80**	**50**	**20**	**10**	**4**	**2**	**1**
3,0	-0,776	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,501
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	2,144	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,210	2,892	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,240	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615

(Wesli,2008)

2.3.11 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi empiris dari sampel data terhadap fungsi distribusi frekuensi teoritis yang diperkirakan dapat mebnggambarkan / mewakili distribusi empiris tersebut, diperlukan pengujian secara statistik. Terdapat dua cara pengujian yaitu :

2.3.11.1 Uji Chi Kuadrat (Chi - Square Test)

Uji ini dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili distribusi statistic sample ini menggunakan parameter X^2, metode chi kuadrat diperoleh berdasarkan rumus :

$$X^2\ cal = \sum_i^k \frac{(Ef-Of)^2}{Ef} \quad \text{.....(2.16)}$$

Dimana :

X^2cal = Nilai kritis hasil perhitungan

K = Jumlah data

Ef = Nilai yang diharapkan

Of = Nilai yang diamati

Batas x yang tergantung pada derajat kebebasan dan α. Untuk kasus ini derajat kebebasan mempunyai nilai yang di dapat dari perhitungan :

$$dk = jk - (p + l) \quad \text{.....(2.17)}$$

Dimana :

Dk = Derajat kebebasan

Jk = Jumlah kelas

P = Faktor keterikatan

2.3.12 Debit rencana

Asumsi dasar yang ada selama ini adalah bahwa kala ulang debit ekuivalen dengan kala ulang hujan. Debit rencana untuk daerah perkotaan umumya dihendaki pembuangan air yang secepatnya, agar jangan ada genangan air yang berarti. Untuk memenuhi tujuan ini saluran-saluran harus dibuat cukup sesuai dengan debit rancangan.

Faktor-faktor yang menentukan sampai berapa tinggi genangan air yang diperbolehkan agar tidak menimbulkan kerugian yang berarti adalah :

1) Berapa luas daerah yang akan tergenang (sampai batas tinggi yang diperbolehkan)
2) Berapa lama waktu penggenangan itu.

Suatu daerah perkotaan pada umumya merupakan bagian dari suatu derah aliran yang lebih luas, dan di daerah aliran ini sudah ada sistem drainase alami. Perencanaan dan pengembangan sistem bagi suatu daerah perkotaan yang baru harus diselaraskan dengan sistem drainase alami yang sudah ada, agar keadaan aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin.

Besarnya debit rencana dihitung dengan memakai metode rasional kalau daerah alirannya kurang dari 80 Ha. Untuk daerah aliran yang lebih luas sampai dengan 5000 Ha digunakan hidrograf satuan atau metode rasional yang di ubah. (Suripin, 2004)

Rumus metode rasional :

$Q = 0{,}002778\ C.I.A$ ..... (2.18)

Dimana :

Q = Laju aliran permukaan (debit) puncak (m^3/detik) ,

C = Koefisien aliran permukaan ($0 \leq c \leq 1$)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

Asungai = Luas DAS (ha)

2.3.12.1 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini mempengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi lahannya. Besaran koefisien pengaliran (C) ditentukan kondisi berdasarkan **Tabel 2.6**

Tabel 2.6 Tabel Koefisien Pengaliran

Penggunaan Lahan		**Koefisien Pengaliran (C)**
Daerah Perdagangan		
-	Penting, padat	0,70-0,95
-	Kurang padat	0,50-0,70
Daerah Industri		
-	Ringan	0,50-0,78
-	Berat	0,60-0,90

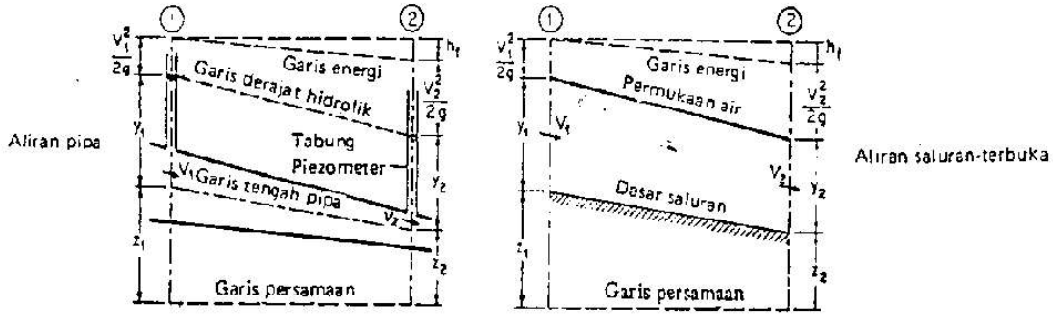
Daerah Pemukiman		
-	Perumahan tunggal	0,30-0,50
-	Perumahan ganda (tidak kopel) /aneka ragam	0,40-0,60
-	Perumahan ganda (kopel)	0,60-0,75
-	Perumahan pinggiran kota	0,25-0,40
-	Apartemen	0,50-0,70
Jalan		
-	Aspal	0,70-0,95
-	Beton	0,80-0,95
-	Bata	0,70-0,85
Taman, Kuburan, Hutan Lindung		0,10-0,30
Lapangan bermain		0,20-0,35
Lahan Kosong/ terlantar		0,10-0,30
Halaman parkir/ Pejalan kaki		0,75-0,85

(Dinas Pekerjaan Umum Sidoarjo, 2011)

2.4 Analisa Hidrolika

Dalam ilmu hidrolika, ilmu pengaliran dapat dibedakan dalam 2 jenis yaitu sistem pengaliran melalui saluran tertutup (*pipe flow*) dan sistem pengaliran melalui saluran terbuka (*open* channel *flow*).

Pada sistem pengaliran melalui saluran terbuka (*open channel flow*) terdapat permukaan air yang bebas (*free surface*) di mana permukaan bebas ini dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung. Pada sistem pengaliran melalui saluran tertutup (*pipa flow*) seluruh pipa di isi dengan air sehingga tidak terdapat permukaan yang bebas, oleh karena itu permukaan air secara langsung tidak dipengaruhi oleh tekanan udara luar, kecuali hanya oleh tekanan hidraulik yang ada dalam aliran saja. Jika sistem pengaliran melalui pipa (saluran tertutup) yang airnya tidak penuh (masih terdapat muka air bebas) maka dalam menyelesaikan masalahnya masih termasuk pada sistem pengaluran saluran terbuka.



Gambar 2.5 Sistem pengaliran saluran tertutup dan saluran terbuka (Wesli,2008)

Kedua jenis aliran hampir sama. Penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka jauh lebih sulit di bandingkan dengan aliran dalam pipa tekan, oleh karena kedudukan permukaan air bebas cenderung berubah sesuai dengan waktu dan ruang, dan juga bahwa kedalaman aliran, debit, kemiringan dasar saluran dan kedudukan permukaan bebas saling bergantung satu sama lain.

Aliran dalam suatu saluran tertutup tidak selalu bersifat aliran pipa. Apabila terdapat permukaan bebas, harus di golongkan sebagai aliran saluran terbuka. Sebagai contoh saluran drainase air hujan (parit) yang merupakan saluran tertutup, biasanya di rancang untuk aliran saluran terbuka sebab aliran saluran drainase di perkirakan hampir setiap saat, memiliki permukaan bebas.

2.4.1. Sistem Pengaliran Pada Saluran Terbuka

Aliran pada saluran terbuka terdiri dari saluran alam dan saluran buatan. Pada saluran alam (sungai), variabel aliran sangat tidak teratur baik terhadap fungsi ruang maupun fungsi waktu sehingga analisis dan untuk menyelesaikannya dilakukan secara empiris. Sementara itu pada saluran buatan seperti saluran irigasi atau saluran drainase variabel aliran lebih teratur dan cenderung seragam di sepanjang saluran drainase variabel aliran lebih teratur dan lebih sederhana.

2.4.2. Klasifikasi aliran

Untuk memudahkan pemahaman tentang aliran pada saluran terbuka dapat dilakukan klasifikasi berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan perubahan ruang dan waktu sebagai berikut :

1. Aliran tetap
2. Aliran tidak tetap

A. Aliran tetap (*Steady flow*)

Aliran tetap (*Steady flow*) adalah aliran yang mempunyai kedalaman konstan (tidak berubah) selama jangka waktu tertentu yang bermakna

fungsi waktu sebagai tolak ukur (indikator). Aliran tetap (*Steady flow*) dapat dibedakan dalam beberapa golongan yaitu :

a. Aliran seragam (*uniform flow*)

   Kecepatan dan debit pada setiap tampang aliran disebut seragam (*uniform flow*) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, disepanjang aliran tetap (konstan).

b. Aliran berubah (*varied flow*)

   Aliran disebut berubah (*varied flow*) apabila aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang disepanjang aliran tidak tetap (tidak konstan). Aliran berubah dapat dibedakan sebagai berikut :

   a) Aliran berubah lamabat laun (*gradually varied*)

   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah lambat laun apabila kedalaman aliran berubah secara lambat laun.

   b) Aliran berubah secara tiba-tiba (*rapidly varied*)

   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah tiba-tiba apabila kedalaman aliran berubah tiba-tiba.

B. Aliran tidak tetap (*Unsteady flow*)

Aliran tidak tetap (*Unsteady flow*) adalah aliran yang mempunyai kedalaman berubah-ubah selama jangka waktu yang bermakna waktu sebagai tolak ukur (indikator). Banjir merupakan salah satu tidak tetap (*Unsteady flow*) dapat dibedakan dalam beberapa golongan yaitu :

1. Aliran seragam tidak tetap (*unsteady uniform flow*)

   Aliran saluran terbuka di mana alirannya mempunyai permukaan yang berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dengan dasar saluran. Aliran ini jarang dijumpai dalam praktek.

2. Aliran berubah tidak tetap (*unsteady variead flow*)

   Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang. Aliran berubah tidak tetap dapat dibedakan menjadi :

   a. Aliran tidak tetap berubah lambat laun

      Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara lambat laun.

   b. Aliran tidak tetap berubah tiba-tiba

      Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara tiba-tiba.

2.4.3. Sifat-sifat aliran

Sifat-sifat aliran pada saluran tebuka ditentukan oleh kekentalan dan gravitasi.Tegangan permukaan air dalam keadaan tertentu dapat pula mempengaruhi perilaku aliran, tetapi pengaruh ini tidak terlalu besar.

a. Aliran laminar

Aliran saluran terbuka dikatakan lamier apabila gaya kekentalan (*viscosity*) relative sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus dan selapis cairan tipis seolah-olah menggelincir diatas lapisan lain.

b. Aliran turbulen

Aliran saluran terbuka dikatakan turbulen apabila gaya kekentalan relative lembah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap bergerak maju di dalam aliran secara keseluruhan. Pengaruh kekentalan terhadap kelembaban dapat dinyatakan dengan Angka Reynold yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Re = \frac{VL}{u} \quad \text{.....(2.19)}$$

Dimana :

Re	: Angka Reynold
V	: Kecepatan aliran
L	: Panjang karakteristik
u	: Kekentalan kinematik

aliran laminar akan terjadi dalam aliran saluran terbuka untuk harga-harga bilangan Reynold Re lebih kecil dari 500 dan aliran akan menjadi turbulen apabila Re lebih besar dari 1000. Panjang karakteristik yang ada pada angka reynold adalah jari-jari hidrolis yaitu berbandingan antara luas tampang basah dan keliling basah. Untuk aliran saluran terbuka Re=4 R V/v, dimana R adalah jari-jari hidraulik. (Wesli, 2008).

2.4.4. Penampang Saluran

Pada umumnya saluran drainase berbentuk persegi empat dan trapezium. Rumus yang digunakan dalam menghitung dimensi saluran adalah :

- **Saluran bentuk persegi**

  Luas penampang basah (A)

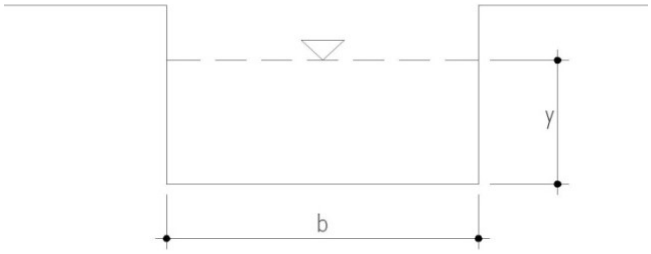
  A = y x b .....(2.20)

  Kelling Basah (P)

  P = B + 2h .....(2.21)

  Jari-jari hidrolik (R)

  $R = \frac{A}{P} = \frac{yb}{b+2y}$ .....(2.22)



Gambar 2.5 Saluran bentuk persegi
(Wesli,2008)

- **Saluran bentuk trapezium**

  Luas penampang basah (A)

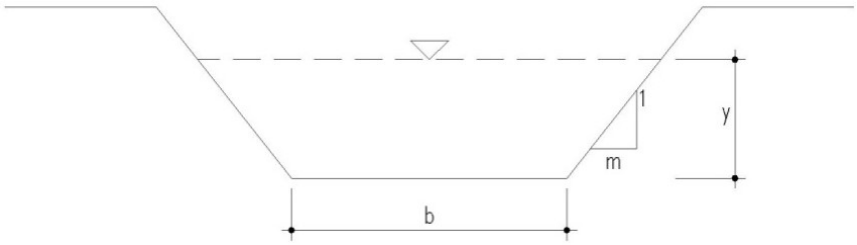
  A = (b + my) y .....(2.23)

  Keliling basah (P)

  $P = b + 2\,y\sqrt{(1+m^2)}$ .....(2.24)

  Jari – jari hidrolik (R)

  $R = \frac{A}{P} = \frac{yb+my^2}{b+2y\sqrt{1+m^2}}$ .....(2.25)



Gambar 2.7 Saluran bentuk trapesium
(Wesli,2008)

2.4.5. Beberapa rumus umum

A. Kecepatan aliran

a. Chezy (untuk lipatan tetap yang seragam)

$V = C\sqrt{RI}$ .....(2.26)

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata (m/det)

C = Koefisien Chezy

R = Jari-jari Hidrolik

I = Kemiringan dari permukaan air dari dasar saluran

b. Manning

$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_{1\ 1/2}$ .....(2.27)

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata

C = Koefisien Chezy

R = Jari-jari Hidrolik

S1 = Kemiringan dari permukaan air dari dasar saluran

Tabel 2.7 Nilai koefisien manning

Tipe saluran	Koefisien manning (n)
a. Baja	0,011-0,014
b. Baja permukaan gelombang	0,021-0,030
c. Semen	0,010-0,013
d. Beton	0,011-0,015
e. Pasangan batu	0,017-0,030
f. Kayu	0,010-0,014
g. Bata	0,011-0,015
h. Aspal	0,013

(B, Triatmodjo, 1993)

c. Strickler

$V = K_3 R^{2}/_{3} 1^{1}/_{2}$ .....(2.28)

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata (m/det)

Ks = Koefisiensi Strickler

d_{35} = diameter yang berhubungan dengan 35% berat material

C = Koefisien Chezy

R = Jari-jari Hidrolik

I = Kemiringan dan permukaan air dari dasar saluran

B. KOEFISIEN C

Koefisien C dapat diperoleh dengan menggunakan salah satu dari pernyataan berikut :

$$C=\sqrt{\frac{8g}{f}} \quad \text{.....(2.29)}$$

Dimana :

g = gravitasi

f = parameter tergantung R, kekerasan dinding dan Re

beberapa rumus koefisien C yang dapat digunakan untuk penyelesaian masalah kecepatan sebagai berikut :

Kutter (C) :

$$C = \frac{23+\frac{0,00155}{1}+\frac{1}{n}}{1+\frac{n}{\sqrt{R}}\frac{(23+0.00155)}{1}} \quad \text{.....(2.30)}$$

Manning :

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad \text{.....(2.31)}$$

Bazin :

$$C = 1 + \frac{87}{\frac{m}{\sqrt{R}}} \quad \text{.....(2.32)}$$

Powel :

$$C = \frac{(ft^{1/2})}{s} = -42\log\frac{(c+e)}{ReR} \quad \text{.....(2.33)}$$

C. Debit (Q)

Untuk aliran mantap (tetap) merata, dalam suku-suku rumus manning adalah :

$$Q = A.V = \frac{A}{n}R^{2/3}.S^{1/2} \quad \text{.....(2.34)}$$

Kondisi debit pembuangan berfluktuasi sehingga perlu memperhatikan perihal kecepatan aliran (V). diupayakan agar pada saat debit pembuangan kecil masih dapat mengangkut sedimen, dan pada keadaan debit besar aman dari bahaya

erosi. Syarat-syarat berhubungan dengan aliran mantap merata disebut sebagai aliran normal.

2.5 Pompa (Pump)

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus-menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk *(suction)* dengan bagian keluar *(discharge)*. Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

2.5.1 Pompa *Sentrifugal*

Salah satu jenis pompa pemindah non positif yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing.* (Sularso dan Tahara,1983)

Sesuai dengan data – data yang didapat, pompa *reboiler debutanizer* di *Hidrokracking Unibon* menggunakan pompa *sentrifugal single – stage double suction.* (Sularso dan Tahara,1983)

2.5.2 Klasifikasi Pompa *Sentrifugal*

Pompa Sentrifugal dapat diklasifikasikan, berdasarkan (Sularso dan Tahara,1983) :

1) Kapasitas :
    a. Kapasitas rendah < 20 m^3/menit
    b. Kapasitas menengah 20 m^3/menit – 100 m^3/menit
    c. Kapasitas tinggi 100 m^3/menit – 160 m^3/menit
2) Tekanan *Discharge*
3) Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkat
4) Posisi Poros
5) Jumlah *Suction*
6) Arah aliran keluar impeller