

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Drainase

Drainase berasal dari bahasa Inggris yaitu *drainage* yang berarti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan maupun kelebihan air irigasi di suatu kawasan / lahan sehingga fungsinya tidak terganggu dan dapat difungsikan secara optimal. (Dr. Ir. Suripin, M. Eng 2004)

2.1.1. Jenis-jenis Drainase

1. Drainase Berdasarkan Penempatannya

a. Drainase Permukaan

Drainase Permukaan adalah drainase yang dibuat untuk mengendalikan air limpasan permukaan akibat air hujan dari permukaan tanah ke pembuangan air sehingga kondisi permukaan tanah tidak tergenang oleh air hujan dan tetap dalam kondisi kering.

b. Drainase Bawah Permukaan

Drainase Bawah Permukaan yaitu Drainase yang dibuat untuk mengalirkan air yang meresap ke dalam permukaan tanah (bawah permukaan).

2. Drainase Berdasarkan Sejarah Terbentuknya

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu bata atau beton, gorong-gorong, dan lain-lain. Saluran ini

terbentuk oleh goresan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

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

3. Drainase Menurut Fungsinya

a. *Single Purpose*

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

b. *Multi Purposer*

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

4. Drainase Menurut Konstruksi

a. Drainase Permukaan (*Surface Drainage*)

Yaitu saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan limpasan permukaan

b. Drainase Bawah Permukaan (*Sub Surface Drainage*)

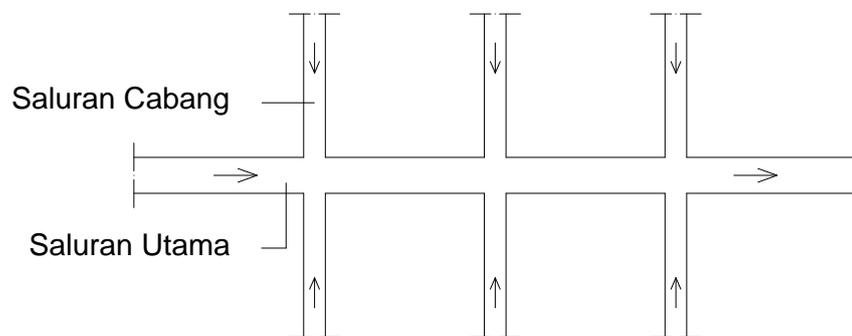
Yaitu saluran yang bertujuan mengalirkan limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) dikarenakan alasan-alasan tertentu seperti saluran listrik, dan juga tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak memperbolehkan adanya saluran dipermukaan seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang (*airport*), taman, dan lain-lain (Dr. Ir. Suripin, M. Eng 2004).

2.1.2. Pola Drainase

Saluran drainase dibuat sesuai dengan kondisi lahan dan lingkungan sekitarnya, oleh karena itu dalam drainase dikenal beberapa pola jaringan drainase yaitu antara lain :

a. Siku

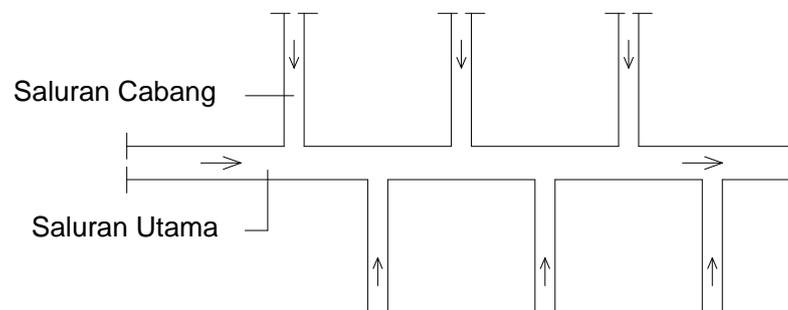
Pola ini dibuat pada daerah yang mempunyai topografi yang sedikit lebih tinggi dari sungai, sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada ditengah kota



Gambar 2.1 Saluran Pola Siku

b. Paralel

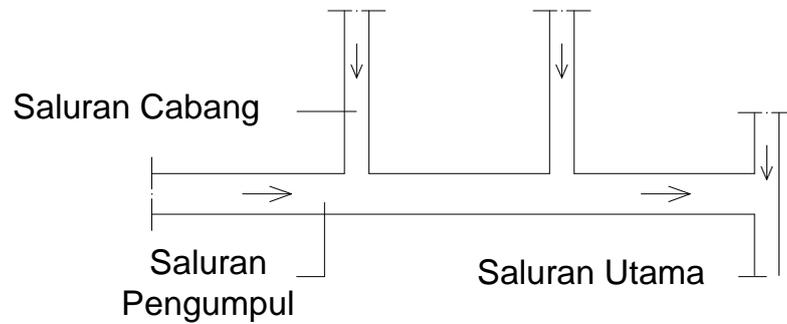
Pola ini dimana saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak, apabila terjadi perkembangan kota saluran dapat menyesuaikan



Gambar 2.2 Saluran Pola Paralel

c. Grid Iron

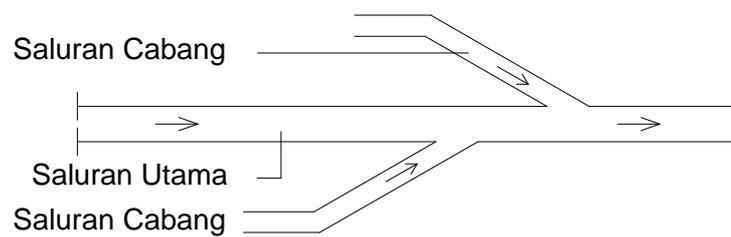
Pola ini untuk daerah dimana sungainya terletak ditengah kota, sehingga saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul



Gambar 2.3 Saluran Pola *Grid Iron*

d. Alamiah

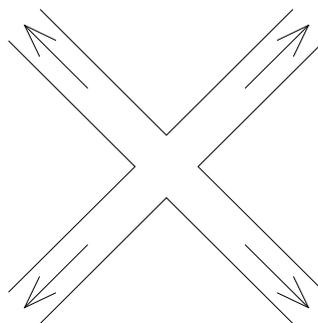
Pola ini sama seperti pola siku, hanya saja beban sungai pola ini lebih besar



Gambar 2.4 Saluran Pola Alamiah

e. Radial

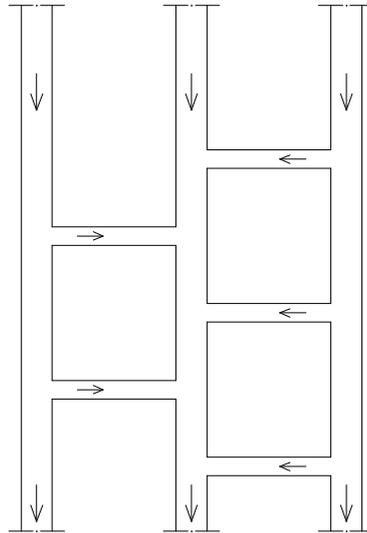
Pola ini pada daerah berbukit dimana pola saluran memancar kesegala arah



Gambar 2.5 Saluran Pola Radial

f. Jaring-Jaring

Pola ini mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi rendah



Gambar 2.6 Saluran Pola Jaring-Jaring

2.1.3. Bentuk Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya, dalam perencanaan dimensi saluran diusahakan dapat membentuk saluran yang ekonomis, dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai.

Adapun menurut Soewarno (1981) Bentuk saluran drainase antara lain :

a. Trapesium

Pada umumnya saluran terbuat dari tanah tetapi tidak menutup kemungkinan dari pasangan batu, saluran ini memerlukan cukup ruang. Fungsi saluran ini untuk mengalirkan air hujan, limbah rumah tangga, dan lain-lain.

b. Persegi Panjang

Saluran terbuat dari pasangan batu atau beton, bentuk saluran ini tidak memerlukan banyak ruang atau area

c. Setengah Lingkaran

Saluran ini berfungsi sebagai saluran air hujan dan limbah rumah tangga, saluran ini dapat dibuat dari pasangan batu atau dari pipa-pipa baton

d. Tersusun

Saluran ini biasanya digunakan untuk ruang yang cukup besar. Saluran ini dapat terbuat dari pasangan batu maupun dari tanah yang dipadatkan. Fungsi saluran ini yaitu sebagai aliran limbah rumah tangga, air hujan atau irigasi, apabila terjadi hujan maka air yang berlebihan ditampung dibagian atas.

2.2. Air Limbah

Air Limbah yaitu semua air campuran yang dibuang dan mengandung kotoran seperti limbah rumah tangga, hewan, dan sisa-sisa proses industry

2.2.1 Jenis-jenis Air Limbah

1. Air Kotor

Air kotor yaitu Air buangan yang berasal dari limbah rumah tangga dan hewan, serta air buangan limbah industry.

2. Air Bekas

Air Bekas yaitu air buangan yang berasal dari limbah rumah tangga seperti sisa pencucian, mandi dan lain-lain

3. Air Hujan

Air Hujan yaitu air buangan yang berasal dari atap-atap bangunan, halaman rumah, jalan, dan kawasan terbuka.

2.2.2 Sistem Penyaluran Air Limbah

Ada dua jenis system penyaluran air limbah, yaitu :

1. Penyaluran Pada Permukaan Tanah

Penyaluran pada permukaan tanah ini antara lain berupa saluran drainase, saluran ini biasa digunakan untuk mengalirkan air hujan, air tadi disalurkan ke saluran pengolahan terlebih dahulu, setelah itu air yang sudah diolah tadi dialirkan melalui sungai terdekat dengan lokasi air yang akan dibuang.

2. Penyaluran dibawah permukaan tanah

Penyaluran dibawah permukaan tanah ini antara lain berupa pipa, saluran ini biasanya digunakan untuk menyalurkan air limbah yang berasal dari rumah tangga atau gedung-gedung ke saluran pengumpul, setelah itu air tadi disalurkan ke saluran umum atau sungai.

(Sumber: <http://www.ilmusipil.com/hidrologi/airbuangan/>)

2.3. Curah Hujan

Curah hujan yaitu banyaknya hujan yang terjadi pada suatu kawasan atau daerah tertentu. Curah hujan merupakan factor penting dalam perencanaan drainase, besar kecilnya curah hujan pada suatu kawasan atau daerah akan mempengaruhi besar kecilnya air yang harus ditanggulangi. Setelah diperoleh data-data curah hujan disuatu kawasan atau daerah yang akan dibuat perencanaan saluran drainase, data-data tersebut harus dianalisa terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang akurat.

Data-data curah hujan didapatkan dengan cara melakukan pengamatan disuatu kawasan atau daerah dengan menggunakan alat pengukur curah hujan. Alat ukur curah hujan ini ada dua jenis, yaitu alat ukur normal dan alat ukur otomatis, alat ini diletakan ditempat terbuka agar air hujan yang jatuh tidak terhalang oleh bangunan atau pepohonan.

2.4. Debit Rancangan

Dalam perencanaan bangunan air besarnya debit air yang harus disalurkan melalui bangunan menjadi suatu masalah. Jika yang disalurkan adalah debit suatu saluran pembuang atau sungai, maka besarnya debit tidak tentu dan berubah-ubah sesuai dengan volume debit yang mengalir. Debit air yang dialirkan diambil pada rencana debit banjir yang besar, sebagai dasar untuk perhitungan ukuran bangunan yang direncanakan. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan bangunan dan daerah sekitar akibat dari debit air yang berlebihan.

Debit rencana sangat berpengaruh dalam perencanaan system drainase, apabila dalam menentukan debit rencana terjadi kesalahan maka system drainase tidak akan berfungsi sebagaimana mestinya. Debit banjir yang terjadi pada suatu kawasan atau daerah tergantung dari lokasi peruntukan area tersebut. Area yang masih alami besarnya debit banjir cenderung lebih kecil dibandingkan dengan area yang sudah dikembangkan pada kondisi kemiringan lahan yang sama.

2.5. Dimensi saluran

Perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis, karena dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai.

Tabel 2.1 Pedoman Menentukan Dimensi Saluran

Debit (m ³ /det)	b : h	Kecepatan air untuk tanah lempung biasa (v) (m/det)	Serong untuk tanah lempung biasa 1 : m	Keterangan
0,00 - 0,05	-	Min 0,25	1 : 1	Min 30 cm
0,05 - 0,15	1	0,25 - 0,30	1 : 1	
0,15 - 0,30	1	0,030 - 0,035	1 : 1	
0,30 - 0,40	1,5	0,035 - 0,40	1 : 1	
0,40 - 0,50	1,5	0,40 - 0,45	1 : 1	
0,50 - 0,75	2	0,45 - 0,50	1 : 1	
0,75 - 1,50	2	0,50 - 0,55	1 : 1,5	
1,50 - 3,00	2,5	0,55 - 0,60	1 : 1,5	
3,00 - 4,50	3	0,60 - 0,65	1 : 1,5	
4,50 - 6,00	3,5	0,65 - 0,70	1 : 1,5	
6,00 - 7,50	4	0,70	1 : 1,5	
7,50 - 9,00	4,5	0,70	1 : 1,5	
9,00 - 11,00	5	0,70	1 : 1,5	
11,00 - 15,00	6	0,70	1 : 1,5	
15,00 - 25,00	8	0,70	1 : 2	
25,00 - 40,00	10	0,70	1 : 2	
40,00 - 80,00	12	0,70	1 : 2	

(Sumber : Standar perencanaan bagian 2, 2002)

Tabel 2.2 Desain Saluran Berdasarkan Kecepatan Izin

No	Jenis bahan	V _{izin} (m/det)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lahan aluvial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	1,1
6	Lempung padat	1,2
7	Batu-batu besar	1,5
8	Pasangan bata	1,5
9	Beton	1,5

(Sumber : Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan , SNI 0,3-3424-1994)

2.5.1 Kemiringan Saluran

Lapisan dasar saluran dan dindingnya terbuat dari beton, pasangan batu kali, pasangan batu bata, aspal, kayu, besi cor, baja plastik atau dari tanah saja.

Tabel 2.3 Hubungan kemiringan berdasarkan jenis material

Jenis material	Kemiringan saluran i (%)
Tanah asli	0 - 5
Kerikil	5- 7,5
Pasangan	7,5

(Sumber : *Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994*)

Kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran. Kemiringan dasar saluran maksimum yang diizinkan adalah 0,005-0,0075, tergantung pada bahan yang digunakan. Sedangkan kemiringan dasar minimum yang diperbolehkan adalah 0,001 kemiringan yang lebih curam dari 0,005 untuk tanah padat kan menyebabkan erosi (penggerusan).

Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhnya tanaman aquatic dan lumut.

Tabel 2.4 Hubungan debit air dengan kemiringan saluran

Debit air Q (m ³ /det)	Kemiringan saluran
0,00 - 0,75	1 : 1
0,75 – 15	1 : 1,5
15 -18	1 : 2

(Sumber : *Tata cara perencanaan drainase permukaan jalan, SNI 03-3424-1994*)

2.5.2 Saluran Primer

Saluran primer atau saluran induk yaitu saluran yang mengalirkan air yang berasal dari sarluran sekunder menuju ke sungai. Dimensi saluran ini dibuat sedemikian rupa berdasarkan debit air.

2.5.3 Saluran Sekunder

Saluran sekunder yaitu merupakan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air ke saluran primer yang akan menuju kolam retensi.

2.6 Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam. Kolam retensi dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu kolam alami dan kolam non alami.

Kolam alami yaitu kolam retensi yang berupa cekungan atau lahan resapan yang sudah terdapat secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Pada umumnya perencanaan kolam jenis ini memadukan fungsi sebagai kolam penyimpanan air dan penggunaan oleh masyarakat dan kondisi lingkungan sekitarnya. Kolam jenis alami ini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan, juga dapat meresapkan pada lahan, misalnya lapangan sepak bola (yang tertutup oleh rumput), danau alami, yang terdapat di taman rekreasi dan kolam rawa.

Kolam non alami yaitu kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan bahan material yang kaku, seperti beton. Pada kolam jenis ini air yang masuk ke dalam *inlet* harus dapat menampung air sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan sehingga dapat mengurangi debit banjir (*peak flow*) pada saat *over flow*, sehingga kolam retensi berfungsi sebagai tempat mengurangi debit banjir dikarenakan adanya penambahan waktu konsentrasi air untuk mengalir dipermukaan. (Sumber: <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesis/Bab2/2007-3-00388-SP%20BAB%20II.pdf>)

2.6.1 Fungsi Kolam Retensi

Kolam retensi berfungsi sebagai tampungan sementara sehingga puncak banjir dapat dikurangi. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan outlet. Wilayah yang digunakan untuk kolam penampungan biasanya didaerah dataran rendah atau rawa. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam retensi dapat digunakan sebagai penampung air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air. Untuk strategi pengendalian yang andal diperlukan :

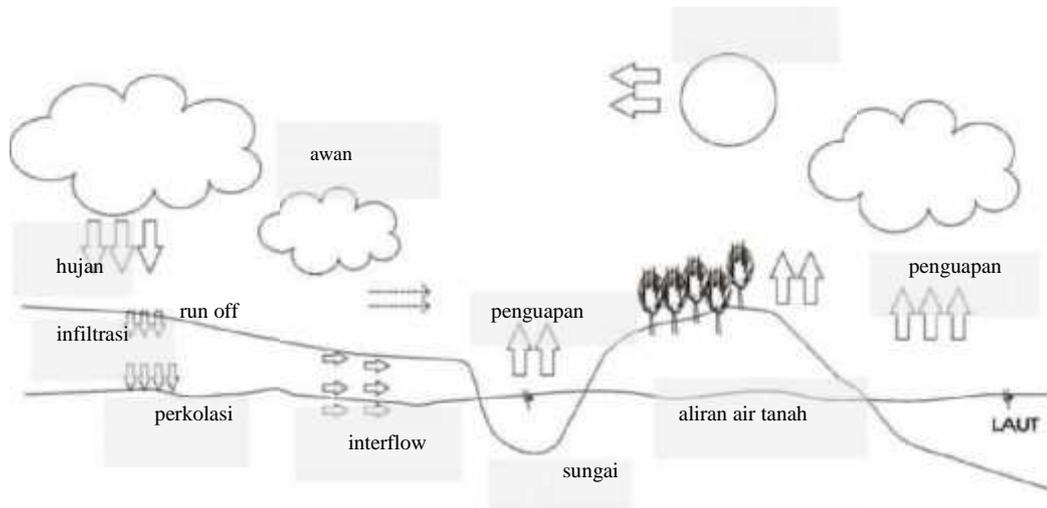
1. Pengontrolan yang memadai untuk menjamin ketepatan peramalan banjir.
2. Peramalan banjir yang andal dan tepat waktu untuk perlindungan atau evakuasi.
3. Sistem drainase yang baik untuk mengosongkan air dari daerah tampungan secepatnya setelah banjir reda.

2.7 Siklus hidrologi

Konsep siklus hidrologi merupakan hal yang sangat penting, karena air (baik air permukaan maupun air tanah) bagian dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi dimulai dengan terjadinya panas matahari yang sampai pada permukaan bumi, sehingga menyebabkan penguapan. Akibat penguapan ini terkumpul massa uap air, yang dalam kondisi atmosfer tertentu dapat membentuk awan. Akibat dari berbagai sebab *klimatologis* awan tersebut dapat menjadi awan yang potensial menimbulkan hujan.

Sebagian air hujan tersebut akan tertahan oleh butiran-butiran tanah, sebagian akan bergerak dengan arah horisontal sebagai limpasan (*run off*), sebagian akan bergerak dengan vertikal ke bawah sebagai infiltrasi, sebagian kecil akan kembali ke atmosfer melalui penguapan.

Air yang terinfiltrasi ke tanah mula-mula akan mengisi pori-pori tanah sampai mencapai kadar air jenuh. Apabila kondisi tersebut telah tercapai, maka air tersebut akan bergerak dalam dua arah, arah horisontal sebagai *interflow* dan arah vertikal sebagai perkolasi.



Gambar 2.7 Siklus hidrologi
(Sumber : Sri harto, 1994)

2.7.1 Analisis hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas pada permukaan dan didalam tanah (Soemarto, 1995). Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh adalah curah hujan (*presipitasi*).

Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya (Sosrodarsono, 1993).

2.7.2 Curah hujan wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993). Curah hujan wilayah ini diperhitungkan dengan :

1. Cara rata-rata aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal.

Rumus yang digunakan:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

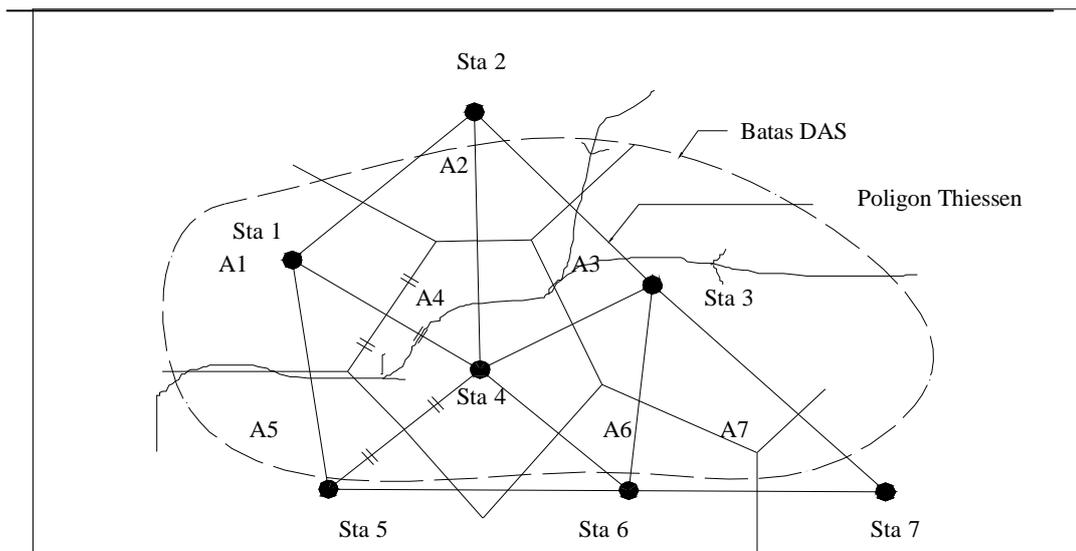
d = tinggi curah hujan rata-rata

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos penakar

2. Cara poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambar garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar. (Soemarto, 1995).



Gambar 2.8 Metode Thiessen

(Sumber : Soemarto, 1995)

Misal A_1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A_2 luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya. Jumlah $A_1 + A_2 + \dots + A_n = A$ adalah jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujan rata-ratanya. Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan d_1 , pos penakar 2 menakar d_2 , dan pos penakar n menakar d_n , maka :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} d_i \dots \dots \dots (2.2)$$

Jika $\frac{A_i}{A} = P_i$ merupakan *persentase* luas pada pos *i* yang jumlahnya untuk seluruh luas adalah 100%, maka :

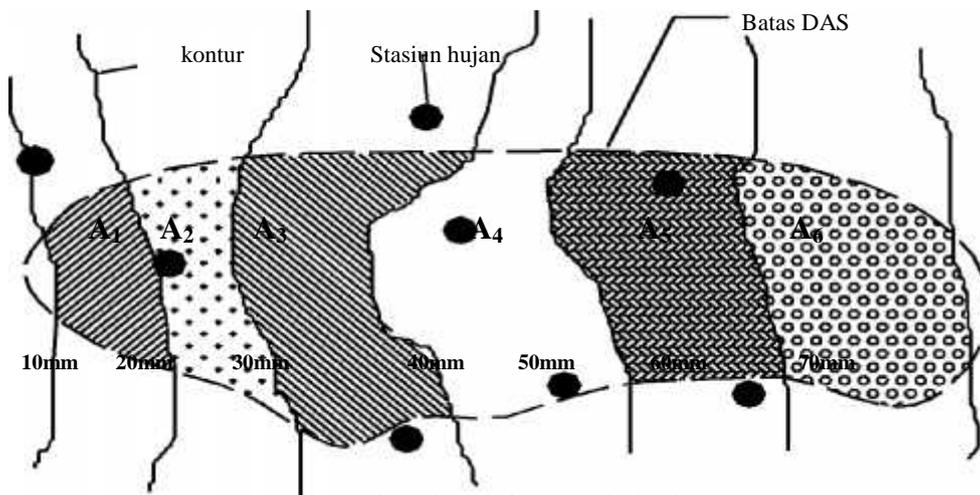
$$d = \sum_{i=1}^n p_i d_i \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

- A = luas areal
- d = tinggi curah hujan di pos 1, 2, 3,.....n
- $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2,n
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2,n
- $\sum_{i=1}^n p_i d_i$ = jumlah *persentase* luas = 100%

3. Cara Isohyet

Dengan cara ini, kita dapat menggambarkan dulu kontur tinggi hujan yang sama (*isohyet*), seperti terlihat gambar 2.2.



Gambar 2.8 Metode isohyet
(sumber : Soemarto, 1995)

kemudian luas bagian di antara *isohyet-isohyet* yang berdekatan diukur, dan nilai rata-rata dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur sebagai berikut:

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} A_i}{A} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

A = $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$ = luas areal total

D = tinggi curah hujan rata-rata areal

d_0, d_1, \dots, d_n = curah hujan pada isohyet 0, 1, 2, 3, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = luas bagian areal yang dibatasi oleh *isohyet-isohyet* yang bersangkutan.

Ini adalah cara yang paling teliti untuk mendapatkan hujan areal rata-rata, tetapi memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat yang memungkinkan untuk membuat isohyet. Pada waktu menggambar garis-garis isohyet sebaiknya juga memperhatikan pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (D.C Soemarto, 1995).

2.8 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (*ekstrim*), seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa *ekstrim* berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang luar biasa *ekstrim* kejadiannya sangat langka.

Analisis frekuensi merupakan prakiraan, dalam arti *probabilitas* untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi.

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa *ekstrim* yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui distribusi kemungkinan. 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. Sedangkan, kala ulang adalah waktu *hipotetik* dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang (*return period*) adalah waktu *hipotetik* dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka waktu 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan. Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali.

Analisis frekuensi diperlukan data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh *probabilitas* besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Ada 2 macam seri data yang dipergunakan dalam analisis frekuensi, yaitu:

1. Data maksimum tahunan

Data ini tiap tahun diambil hanya satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya. Seri data ini dikenal dengan seri data maksimum (*maximum annual series*). Jumlah data dalam seri akan sama dengan panjang data yang tersedia, dalam cara ini besaran data maksimum dalam suatu tahun yang mungkin lebih besar dari besaran data maksimum dalam tahunan yang lain tidak diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis. Hal ini oleh beberapa pihak dianggap kurang *realistis*, apalagi jika diingat bahwa perhitungan permulaan tahun hidrologi tidak selalu seragam, ada yang berdasar

musim ada pula yang mengikuti kalender masehi. Oleh karena itu, beberapa ahli menyarankan menggunakan cara seri persial.

2. Seri parsial

Dengan menetapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian seri data untuk kemudian dianalisis.

Pengambilan batas bawah dapat dilakukan dengan sistem peringkat, dimana semua besaran data yang cukup besar diambil, kemudian diurutkan dari besar ke kecil. Data yang diambil untuk analisis selanjutnya adalah sesuai dengan panjang data dan diambil dari besaran data yang paling besar. Dalam hal ini dimungkinkan dalam satu tahun data yang diambil lebih dari satu data, sementara tahun yang lain tidak ada data yang diambil.

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah :

- 1) Distribusi Normal
- 2) Distribusi Log Normal
- 3) Distribusi Gumbel
- 4) Distribusi *Log Pearson Type III*

2.8.1 Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan:

$$X_t = \bar{X} + z S_x \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

X_t = curah hujan rencana

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

Z = faktor frekuensi (tabel 2.1)

$$S_x = \text{standar deviasi} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (X_1 - \bar{X})^2}$$

Tabel 2.5 Faktor Frekuensi Normal

p (z)	Z	p (z)	z
0,001	-3,09	0,6	0,24
0,005	-2,58	0,7	0,52
0,01	-2,33	0,8	0,84
0,02	-2,05	0,85	1,04
0,03	-1,88	0,9	1,28
0,04	-1,75	0,95	1,64
0,05	-1,64	0,96	1,75
0,1	-1,28	0,97	1,88
0,15	-1,04	0,98	2,05
0,2	-0,84	0,99	2,33
0,3	-0,52	0,995	2,58
0,4	-0,25	0,999	3,09
0,5	0		

(Sumber : http://eprints.undip.ac.id/34647/5/2054_chapter_II.pdf)

Distribusi tipe normal, mempunyai koefisien kemencengan (cs) = 0

2.8.2 Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal, merupakan hasil tranformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + K_t \cdot S_x \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

X_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun

$$S_x = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (X_1 - \bar{X})^2}$$

\bar{X} = Curah hujan rata-rata
 K_t = Standar variabel untuk periode ulang tahun

Tabel 2.6 Standar Variabel (K_t)

T	K_t	T	K_t	T	K_t
1	-1,86	20	1,89	96	3,34
2	-0,22	25	2,1	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,7
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	5,09
12	1,43	75	3,6	200	4,14
13	1,5	80	3,21	220	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33
15	1,63	90	3,33	260	4,42

(Sumber : http://eprints.undip.ac.id/34647/5/2054_chapter_II.pdf)

Distribusi tipe Log Normal, mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $C_s = 3 C_v + C_v^3$. Syarat lain distribusi sebaran Log Normal $C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$

2.8.3 Distribusi Gumbel

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya analisis frekuensi banjir. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{\sigma n} \times S \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

X_t = Curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun (mm)
 \bar{X} = Curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm)
 Y_t = *Recuded variabel*, parameter gumbel untuk periode T tahun
 Y_n = *Recuded mean*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n)
 S_n = *Recuded standar deviasi*, merupakan fungsi dari banyaknya data

$$S_x = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum (X_1 - \bar{X})^2}$$

Tabel 2.7 *Reduced Mean (Yn)*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,507	0,51	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,522
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,53	0,582	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,538	0,5388	0,5396	0,54	0,541	0,5418	0,5424	0,543
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,553	0,5533	0,5535	0,5538	0,554	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,555	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,558	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5592	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,8898	0,5599
100	0,56									

(Sumber :Dr, Suripin, M. Eng, 2004)

Tabel 2.8 *Reduced Standard Deviation (σ_n)*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,108
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,159
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,177	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,189	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,193
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,198	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2004	1,2046	1,2049	1,2055	1,206
100	1,2065									

(Sumber :Dr, Suripin, M. Eng, 2004)

Tabel 2.9 *Reduced Variate (Yt)*

Periode Ulang	Yt
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,296
500	6,214
1000	6,919
5000	8,539
10000	9,921

(Sumber :Dr, Suripin, M. Eng, 2004)

Distribusi Gumbel, mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $Cs = 1,139$.

2.8.4 Distribusi Log Pearson Type III

Distribusi *log pearson type III* digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan varian minimum misalnya, analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flow*).

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log (X_1), \log (X_2), \log (X_3), \dots, \log (X_n)$.
2. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

- \bar{X} = harga rata-rata logaritmik
- n = jumlah data
- X_i = nilai curah hujan tiap-tiap tahun (R_{24} maks)

3. Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

4. Menghitung koefisien skewness (Cs) dengan rumus:

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^3 \dots\dots\dots (2.10)$$

5. Menghitung aritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus:

$$\log(X_T) = \overline{\log X} + K \cdot Sd \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- $\log(X_T)$ = Logaritma curah hujan dalam periode ulang T tahun (mm)
- $\overline{\log X}$ = Rata-rata logX
- K = Faktor frekuensi sebaran *log pearson type III* (tabel 2.6)
- n = Jumlah pengamatan
- Cs = Koefisien kemencengan

6. Menghitung koefisien kurtosis (Ck) dengan rumus :

$$Ck = \frac{\sum \{[\log(Xi) - \overline{\log(X)}]^4\}}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots (2.12)$$

7. Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan rumus :

$$Cv = \frac{Sd}{\log(X)} \dots\dots\dots (2.13)$$

Distribusi *Log Pearson* Tipe III, mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $Cs \neq 0$.

Tabel 2.10 Harga K untuk Metode Sebaran *Log-Pearson Type III*

Koefisien kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,36	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,05	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,325
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,285	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,885	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,36	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : SK SNI M-18-1989-F)

2.9 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi dan besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang berlangsung di daerah yang luas jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang.

Analisis intensitas hujan digunakan untuk menentukan tinggi atau kedalaman air hujan per satu satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, maka makin besar pula intensitasnya dan semakin besar periode ulangnya, maka makin tinggi pula intensitas hujan yang terjadi (Suripin, 2004).

Analisa pada tahap ini dimulai dari data curah hujan harian maksimum yang kemudian diubah ke dalam bentuk intensitas hujan. Pengolahan data dilakukan dengan metoda statistik yang umum digunakan dalam aplikasi hidrologi. Data yang digunakan sebaiknya adalah data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan jam-jaman. Bila tidak diketahui data untuk durasi hujan maka diperlukan pendekatan empiris dengan berpedoman pada durasi enam puluh menit dan pada curah hujan harian maksimum yang terjadi setiap tahun. Cara lain yang lazim digunakan adalah mengambil pola intensitas hujan dari kota lain yang mempunyai kondisi yang hampir sama. Metode-metode yang dapat digunakan untuk menganalisis intensitas hujan adalah Metode Mononobe.

➤ Metode Mononobe

Rumus yang dipakai adalah :

$$I = \frac{R_{24}}{24} * \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

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

t_c = Waktu konsentrasi

2.10 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu ditinjau pada daerah pengaliran. Umumnya waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir pada permukaan tanah menuju saluran terdekat (t_o) dan waktu untuk mengalir dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau (t_d).

$$t_c = t_o + t_d \dots \dots \dots (2.15)$$

keterangan :

t_c = waktu konsentrasi

t_o = waktu yang dibutuhkan oleh air menuju saluran terdekat

t_d = waktu untuk mengalir dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau

Untuk t_o dan t_d dapat dicari menggunakan rumus :

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$t_d = L/60V \dots \dots \dots (2.17)$$

keterangan :

t_o = waktu inlet (menit)

t_d = waktu aliran dalam saluran (menit)

L_o = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (meter)

L = panjang saluran (meter)

nd = Koefisien hambatan (tabel 2.7)

S = Kemiringan daerah pengaliran /kemiringan tanah

V = Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran

Tabel 2.11 Koefisien Hambatan

Kondisi lapisan permukaan	Nd
Lapisan semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,6
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan Hambaran rumput jarang sampai padat	0,8

(sumber : Standar Nasional Indonesia *SNI 03-3424-1994*)

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan rumus :

1. Rumus Kirpich

$$t_c = \frac{0,06628 L^{0,77}}{S^{0,385}} \dots\dots\dots(2.18)$$

keterangan :

- t_c = Waktu konsentrasi (jam)
- L = Panjang lintasan air dari titik terjauh ke titik yang ditinjau (Km)
- S = Kemiringan tanah

2. Rumus Hathway

$$t_c = \frac{0,606 (L.n)^{0,467}}{S^{0,234}} \dots\dots\dots(2.19)$$

keterangan :

- S = Kemiringan tanah
- L = Panjang lintasan air dari titik terjauh ke titik yang ditinjau (Km)
- n = Koefisien kekasaran lahan (tabel 2.8)

Tabel 2.12 Nilai Koefisien Kekasaran Lahan

Tata guna lahan	Nilai n
Kedap air	0,02
Timbunan tanah	0,1
Tanaman pangan/tegalan dengan sedikit rumput pada tanah gundul yang kasar dan lunak	0,2
Padang rumput	0,4
Tanah gundul yang kasar dengan runtunan Dedaunan	0,6
Hutan dan sejumlah semak belukar	0,8

(Sumber : Standar Nasional Indonesia SNI 03-3424-1994)

2.10.1 Koefisien Limpasan

Limpasan permukaan (*surface runoff*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit/selokan-selokan yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai.

Berkurangnya air yang berhasil melewati muara daerah aliran disebabkan oleh aliran tertahan oleh akar dan daun dari tanaman, dan tertahan diantara rerumputan atau semak belukar yang lebat.

Air meresap ke dalam lapisan tanah tertahan dalam bentuk genangan air, bilamana permukaan daerah aliran tidak rata dan banyak cekungan tersimpan dalam sumur peresapan yang dibangun oleh penduduk kota, sehingga air hujan akhirnya meresap ke dalam tanah.

Dalam prakteknya terdapat berbagai tipe guna lahan bercampur baur dalam sebuah daerah aliran. Oleh karena itu, bila daerah terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai *c* yang berbeda, nilai *c* rata-rata (gabungan) dihitung dengan rumus berikut :

$$C_{gab} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 + C_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + A_n} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

- C_{gab} = Koefisien pengaliran gabungan
 C_1, C_2, C_3, C_n = Koefisien pengaliran daerah aliran sebanyak n buah, dengan tata guna lahan yang berbeda
 A_1, A_2, A_3 = Bagian luasan daerah aliran sebanyak n buah, dengan tata guna lahan yang berbeda-beda

Tabel 2.13 Koefisien Pengaliran C

No	Kondisi Permukaan Tanah	C
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan dari tanah berbutir halus	0,40 - 0,55
4	Bahu jalan dari tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
5	Bahu jalan dari batuan masih keras	0,70 - 0,85
6	Bahu jalan dari batuan masih lunak	0,60 - 0,75
7	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
8	Daerah pinggiran kota	0,60 - 0,70
9	Daerah industri	0,60 - 0,90
10	Pemukiman padat	0,40 - 0,60
11	Pemukiman tidak padat	0,40 - 0,60
12	Taman dan kebun	0,45 - 0,60
13	Persawahan	0,70 - 0,80
14	Perbukitan	0,70 - 0,80
15	Pegunungan	0,75 - 0,90

(Sumber : Standar Nasional Indonesia SNI 03-3424-1994)

2.10.2 Debit Banjir Rencana

Pada perencanaan bangunan air yang menjadi masalah adalah besarnya debit air yang harus disalurkan melalui bangunannya. Jika yang disalurkan adalah debit suatu saluran pembuang atau sungai, maka besarnya debit tidak tentu dan berubah-ubah sesuai dengan volume debit yang mengalir.

Debit rencana sangat penting dalam perencanaan sistem drainase, apabila salah dalam menentukan debit rencana, maka sistem drainase yang terpakai tidak akan berfungsi dengan semestinya.

Dalam perencanaan bangunan air pada suatu daerah pengaliran ada menyangkut masalah hidrologi didalamnya, sehingga sering dijumpai dalam perkiraan puncak banjir dengan metode sederhana dan praktis.

Rumus metode rasional :

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

Dimana :

Q = Debit maksimum (m^3/det)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km)

2.10.3 Debit Air Buangan

Besarnya debit air buangan yang dihasilkan dari pola pemanfaatan lahan suatu kawasan ditentukan berdasarkan tingkat kepadatan penduduk yang ada ($orang/m$) serta didukung dengan data tentang fasilitas-fasilitas yang ada pada area tersebut. Perencanaan debit air buangan dihitung berdasarkan metode pendekatan jumlah aliran buangan yang dihitung berdasarkan tabel di bawah ini.

Tabel 2.14 Pendekatan jumlah aliran buangan untuk beberapa tipe bangunan tetap dan bangunan umum

Tipe	Liter/orang/hari
A. Buangan domestik dari daerah perumahan	
- Rumah besar untuk satu keluarga	400
- Rumah untuk satu keluarga	<u>150</u>
- Rumah untuk banyak keluarga	240 - 300
- Rumah kecil	200
B. Buangan domestik dari hotel dan barak	
- Daerah-daerah mewah	400 – 600
- Barak turis dan bungalow	220
- Hotel	200
- Rumah besar untuk satu keluarga	170
C. Sekolah	
- Asrama	300
- Sekolah dengan kantin	80
- Sekolah tanpa kantin	60
D. Rumah Makan	
- Masing-masing pekerja	120
- Setiap pelayan makanan	5
E. Terminal bis atau kereta	
- Setiap pekerja	60
- Setiap penumpang	20
F. Rumah Sakit	
- Pekerja	120
- Setiap tempat tidur	400
G. Kantor	
- Setiap pekerja	60
H. Bioskop	
- Setiap tempat duduk	10 – 20
I. Perusahaan	
- Setiap pekerja	60

(Sumber : *Pembuangan air limbah , PEDC Bandung*)

2.10.4 Analisis Saluran

Banyaknya debit air hujan dan air kotor yang ada dalam suatu kawasan harus segera dialirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkan diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. penampungan tersebut berupa sungai dan kolam penampungan. kapasitas pengaliran dari saluran tergantung pada bentuk, kemiringan dan kekerasan saluran. Sehingga penentuan kapasitas penampung harus berdasarakan besaran debit hujan dan debit air buangan. Untuk menghitung aliran didalam saluran digunakan persamaan *manning*.

$$Q = V \cdot A$$

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

Dengan :

n = koefisien kekasaran saluran (*manning*)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan hidrolis

Q = Debit air (m³/det)

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)

penampang basah saluran dan gorong-gorong dihitung berdasarkan penampang basah yang paling ekonomis untuk menampung debit maksimum (Fe), yaitu:

$$F_d = \frac{Q}{V}$$

$$F_e = F_d$$

Keterangan :

F_d = Penampang basah saluran berdasarkan debit aliran

Q = debit air (m³/det)

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)

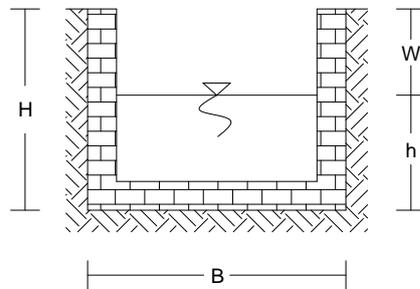
Untuk penampang saluran berbentuk persegi empat digunakan :

$$A = b \cdot h$$

$$P = b + 2h$$

Syarat penampang ekonomis berbentuk persegi:

$$b = 2h$$



Gambar 2.10 Penampang Persegi Panjang

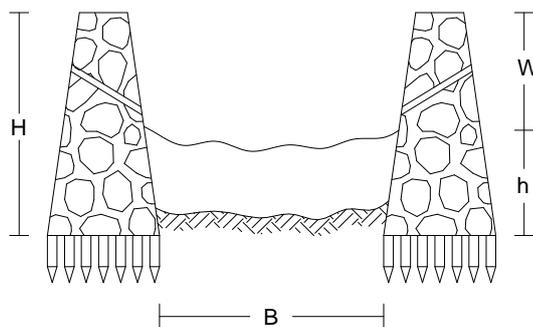
Untuk penampang saluran berbentuk trapesium digunakan:

$$A = (b + m) \cdot h$$

$$P = b + 2h \sqrt{h + m^2}$$

Syarat penampang ekonomis untuk saluran berbentuk trapesium:

$$\frac{b+2mh}{2} = h \sqrt{m^2 + 1}$$



Gambar 2.11 Penampang Trapesium

Dengan : P = Keliling Penampang basah (m)

A = Luas Penampang Basah (m)

b = Lebar dasar saluran (m)

h = tinggi air dari dasar saluran (m)

m = Kemiringan dinding saluran

Dimana arah aliran dapat diketahui dari peta topografi dengan melihat letak dan posisi daratan rendah atau kolam penampungan yang akan dapat menampung dan meresapkan air.

Tinggi jagaan saluran:

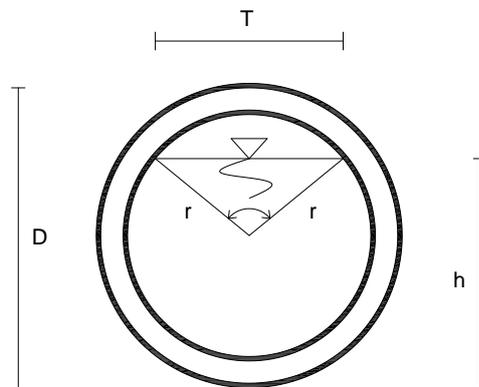
$$W = \sqrt{0.5 h}$$

Syarat penampang ekonomis untuk lingkaran berbeda dengan penampang trapesium dan persegi, Q maksimum berbeda dengan V maksimum, jika :

1. untuk memperoleh debit maksimum, tinggi aliran pada saluran adalah 0,95 D
2. untuk memperoleh kecepatan maksimum, tinggi aliran pada saluran adalah 0,81 D

$$Q \text{ maks} = h = 0,95 D \dots\dots\dots (2.22)$$

$$V \text{ maks} = h = 0,81 D \dots\dots\dots (2.23)$$



Gambar 2.12 Penampang Lingkaran

- Dengan :
- P = keliling Penampang basah (m)
 - D = diameter saluran (m)
 - r = jari- jari saluran (m)
 - A = luas Penampang Basah (m²)
 - b = lebar dasar saluran (m)
 - h = tinggi air dari dasar saluran (m)
 - m = kemiringan saluran
 - H = tinggi saluran (m)

Dimana arah aliran dapat diketahui dari peta topografi dengan melihat letak dan posisi daratan rendah atau kolam penampungan yang akan dapat menampung dan meresapkan air.

Tinggi jagaan saluran:

$$W = \sqrt{0.5 h} \dots\dots\dots (2.24)$$

2.11 Dimensi Kolam Retensi

Kolam Retensi yaitu Kolam Penampungan sementara limbah dari rumah tangga dan air hujan sebelum dialirkan ke saluran primer dan dibuang ke sungai. Dimensi kolam retensi dihitung berdasarkan debit saluran sekunder yang sudah dihitung sebelumnya.

$$\text{Kapasitas Volume} = \frac{\text{Sisi sejajar (A+B)}}{2} \times t \dots\dots\dots (2.25)$$

2.11.1 Evaporasi

Evaporasi adalah proses menguapnya air dari dalam tanah, baik tanah gundul maupun tanah yang tertutup tanaman dan pepohonan, besarnya factor meteorology yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut :

a. Radiasi Matahari

Evaporasi merupakan konversi air kedalam uap air. Proses ini berjalan terus hamper tanpa berhenti baik pada siang hari dan kadang kala dimalam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energy berupa panas. Proses tersebut akan sangat aktif pada saat proses penyinaran dari matahari

b. Angin

Jika air menguap ke atmosfir maka batas antara permukaan tanah dan udara menjadi menjadi jenuh oleh uap air sehingga sehingga proses penguapan berhenti. Agar proses tersebut dapat berjalan terus, lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu hanya mungkin

kalau ada angin, yang akan menggeser komponen uap air. Jadi, kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses Evaporasi.

c. Kelembaban Relatif

Faktor lain yang mempengaruhi Evaporasi adalah kelembaban relative udara. Jika kelembaban relative ini naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasinya menurun. Penggantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong dalam memperbesar laju evaporasinya.

d. Suhu

Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah dengan adanya energy panas yang tersedia. Kemampuan udara untuk menyerap uap air naik jika suhunya naik, maka suhu udara mempunyai efek ganda terhadap besarnya Evaporasi dengan mempengaruhi kemampuan udara menyerap uap air dan mempengaruhi suhu tanah yang akan mempercepat penguapan. Sedangkan suhu tanah dan air hanya mempunyai efek tunggal. (C.D. Soemarto 1995).

Adapun rumus Dalton sebagai berikut :

$$E = C f(u) (e_s - e_d) \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :

E : evaporasi (mm/hari)

C : koefisien

f(u) : fungsi kecepatan angin

u : kecepatan angin pada jarak 2 m diatas permukaan air (m/d)

e_s : tekanan uap jenuh (mm Hg)

e_d : tekanan uap udara (mm Hg)

Peneliti Seyhan (1990) mengusulkan nilai C dan $f(u)$ dengan memasukkan persamaan berikut :

$$E = 0,35 (0,5 + 0,54 u_2) (e_s - e_d)$$

Dengan nilai u_2 merupakan kecepatan angin pada jarak 2 m diatas permukaan air (m/d)

2.12 Pengelolaan Proyek

2.12.1 Pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek.

Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda –beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Adapun langkah-langkah untuk menghitung rencana anggaran biaya (RAB) yaitu :

1. Persiapan dan pengecekan gambar kerja

Gambar kerja adalah dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja yang ada dalam komponen bangunan yang akan dikerjakan. Dari gambar akan didapatkan ukuran, bentuk dan spesifikasi pekerjaan. Pastikan gambar mengandung semua ukuran dan spesifikasi material yang akan digunakan untuk mempermudah perhitungan volume pekerjaan. Dalam tahap persiapan ini perlu juga dilakukan pengecekan harga-harga material dan upah yang ada disekitar atau lokasi paling dekat dengan tempat bangunan yang akan dikerjakan.

2. Perhitungan volume

Langkah awal untuk menghitung volume pekerjaan, yang perlu dilakukan adalah mengurutkan seluruh item dan komponen pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan gambar kerja yang ada.

3. Membuat harga satuan pekerjaan

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, yang perlu dipersiapkan adalah indeks koefisien analisa pekerjaan, harga material atau bahan sesuai satuan dan harga upah kerja per-hari termasuk mandor, kepala tukang, tukang dan pekerja.

4. Perhitungan jumlah biaya pekerjaan

Setelah didapatkan volume dan harga satuan pekerjaan, kemudian kita tinggal mengalikannya sehingga didapat harga biaya pekerjaan dari masing-masing item pekerjaan.

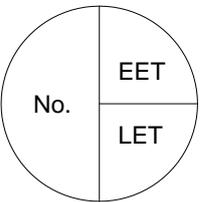
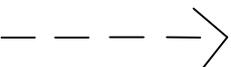
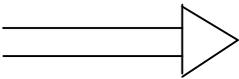
5. Rekapitulasi

Rekapitulasi adalah jumlah masing-masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan. Dalam rekapitulasi ini bila mana diperlukan juga ditambahkan biaya *overhead* dan biaya pajak.

2.12.2 Network Planning

Network planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk ke dalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan *software* komputer. Selain *network planning* kita kenal juga jenis jadwal lain yang digunakan dalam melaksanakan proyek seperti *Kurva "S"*, *Barchart*, *Schedule* harian mingguan bulanan dan lain-lain. Adapun bentuk simbol-simbol Diagram *Network Planning*.

Tabel 2.15 Simbol-simbol diagram *network planning*

No	Simbol	Keterangan
1		<i>Arrow</i> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas atau kegiatan adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan <i>duration</i> (jangka waktu tertentu) dan <i>resources</i> (tenaga, <i>equiment</i> , material dan biaya) tertentu.
2		<i>Node/event</i> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian adalah permulaan atau lebih kegiatan-kegiatan. No. adalah nomor kegiatan EET (earliest event time) adalah waktu kejadian paling awal LET (latest event time) adalah kejadian paling akhir
3		<i>Dummy</i> , bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu adalah bukan kegiatan atau aktivitas tetapi dianggap kegiatan atau aktivitas, hanya saja membutuhkan <i>duration</i> dan <i>resource</i> tertentu.
4		<i>Double arrow</i> , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis (<i>critical path</i>)

2.11.3 Barchart

Barchart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memajemen proyek dengan baik perlu diketahui sebelumnya dimana posisi waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar

di pantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek. Hal-hal yang ditampilkan dalam *barchart* adalah :

- Jenis pekerjaan
- Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
- Alur pekerjaan

Barchart dibuat untuk mengetahui waktu penyelesaian pekerjaan, sehingga proyek dapat diselesaikan tepat waktu, pekerjaan proyek terlambat, akan tetapi tidak tahu mana item pekerjaan yang harus di pantau untuk segera diselesaikan, dan untuk mengetahui alternatif jalur penyelesaian pekerjaan dan waktu penyelesaian jika melalui jalur tersebut.

2.11.4 Kurva S

Kurva S adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Kemajuan kegiatan biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Perbandingan *kurva s* rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan. Bobot kegiatan adalah nilai persentase proyek dimana penggunaannya dipakai untuk mengetahui kemajuan proyek tersebut.

$$\text{Bobot kegiatan} = \frac{\text{Harga Kegiatan}}{\text{Harga total kegiatan}} \times 100 \%$$

(sumber:<http://www.ilmusipil.com/2012/03/manajemenproyek/>)