

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Drainase**

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, 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 fungsi kawasan tidak terganggu. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah (*Suripin:2004*)

#### **2.2 Maksud dan Tujuan Drainase**

Maksud dan tujuan drainase adalah pembuangan massa air alami dan buatan dari permukaan atau bawah permukaan suatu tempat.

Adapun tujuan pemberian drainase adalah :

1. Untuk meningkatkan kesehatan lingkungan pemakainya.
2. Pengendalian kelebihan air permukaan dapat dilakukan secara aman, lancar, dan efisien serta sejauh mungkin dapat mendukung kelestarian lingkungan.
3. Dapat mengurangi atau menghilangkan genangan air yang menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria dan penyakit lain seperti demam berdarah, disentri, serta penyakit lain yang disebabkan kurang sehatnya lingkungan.
4. Untuk memperpanjang umur ekonomis sarana-sarana fisik antara lain jalan, kawasan pemukiman, kawasan perdagangan, dari kerusakan serta gangguan kegiatan akibat tidak berfungsinya sarana drainase.
5. Menjamin kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.
6. Melindungi alam dan lingkungan seperti tanah, kualitas udara, dan kualitas air.

7. Menghindari bahaya, kerusakan materil, kerugian dan beban-beban lain yang disebabkan oleh limpasan banjir.
8. Memperbaiki kualitas lingkungan.
9. Konservasi sumber daya air.

#### Keuntungan dan Kerugian Drainase

##### Kelebihan

1. Untuk mengurangi kelebihan udara dari ruang atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.
2. Sebagai pengendali udara dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan udara/banjir.
3. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
4. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
5. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

##### Kekurangan

1. Peningkatan debit.
2. Peningkatan jumlah penduduk.
3. Ablesan tanah.
4. Penyempitan dan pendangkalan saluran.
5. Reklamasi.
6. Limbah sampah dan pasang surut.

### **2.3 Perencanaa Saluran Drainase**

Saluran drainase harus direncanakan untuk dapat melewati debit rencana dengan aman. Perencanaan teknis saluran drainase mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan debit rencana.
2. Menentukan jalur (trase) saluran.
3. Merencanakan profil memanjang saluran.

4. Merencanakan penampang melintang saluran.
5. Mengatur dan merencanakan bangunan-bangunan serta sistem drainase.

Dalam perencanaan perlu memperhatikan cara pelaksanaan, ketersediaan lahan dan bahan, biaya, serta operasi dan pemeliharaan setelah pembangunan selesai. Seluruh item-item pekerjaan yang disebutkan diatas tidak berdiri sendiri-sendiri, tetapi saling kait-mengait, sehingga dalam proses perencanaan perlu saling cek.

#### 1. Debit Rencana

Perhitungan debit rencana untuk saluran drainase di daerah perkotaan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus rasional, atau hidrograf satuan, dalam perhitungan waktu konsentrasi dan koefisien limpasan perlu memperhitungkan perkembangan tata guna lahan di masa mendatang. Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dll. Tabel berikut menyajikan standar desain saluran drainase berdasar "Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Design Teknis".

**Tabel 2.1 kriteria Desain Hidrologi Sistem Drainase Perkotaan**

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

(Suripin : 2004)

#### 2. Jalur Saluran

Jalur saluran sedapat mungkin mengikuti pola jaringan yang telah ada, kecuali untuk saluran tambahan, dan/atau saluran drainase di daerah perluasan kota. Penentuan jalur saluran harus memperhatikan jaringan dan/atau rencana

fasilitas (komponen infrastruktur) yang lain, misalnya rencana jalan, pipa air minum, jaringan kabel bawah tanah, dll.

### 3. Profil Memanjang

Dalam merencanakan profil memanjang pada saluran drainase perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Tinggi muka air di muara (*outlet*). Tinggi muka air di hilir saluran harus di desain berdasarkan pada tinggi muka air rencana di saluran buangan, dalam hal ini bisa berupa saluran induk, kolam penampungan, atau langsung ke laut. Dalam hal yang terakhir perlu memperhatikan fluktuasi air laut akibat adanya pasang surut.
- b. Profil memanjang rencana muka air tertinggi harus direncanakan kira-kira sama dengan kemiringan tanah sepanjang saluran sehingga air hujan dari semua titik di daerah tangkapan dapat mengalir ke saluran dengan lancar. Kemiringan muka air tertinggi harus berubah secara berangsur angsur dari terjal di hulu menjadi landai di hilir. Kemiringan dasar saluran didesain sama dengan kemiringan muka air tertinggi kecuali pada saluran yang terpengaruh oleh aliran balik. Elevasi dasar saluran didesain serendah mungkin selama masih praktis untuk menjamin terpenuhinya penampang basah. Hal ini dilakukan karena pelebaran sungai di daerah perkotaan sering mengalami kesulitan.

### 4. Penampang melintang saluran

Penampang melintang saluran cukup didesain dengan menggunakan rumus aliran seragam, kecuali pada bagian saluran yang terpengaruh aliran balik (pengembangan). pengambilan angka kekasaran manning perlu memperhatikan kondisi dan kemiringan dasar saluran, dinding saluran, dan pemeliharaan saluran.

### 5. Perkuatan dinding saluran

Mengingat bahwa lebar saluran drainase di daerah perkotaan sangat terbatas, maka kemiringan dinding saluran biasanya dibuat lebih tegak, sehingga

diperlukan perkuatan untuk menjamin supaya dinding tidak longsor. Perkuatan dinding saluran dapat berupa pasangan batu kali, atau lapisan beton.

## 2.4 Jenis-Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa bagian, antara lain sebagai berikut :

### 1. Menurut sejarah terbentuknya

#### a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah yaitu sistem drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada unsur campur tangan manusia.

#### b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan yaitu sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran.

### 2. Menurut Letak Saluran

#### a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

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

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

### 3. Menurut fungsi

#### a. *Single Purpose*

*Single Purpose* Yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

b. *Multy Purpose*

*Multy Purpose* yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut konstruksi

a. Saluran terbuka yaitu sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan (sistem terpijah), namun kebanyakan sistem saluran ini berfungsi sebagai saluran campuran. Pada pinggiran kota, saluran terbuka ini biasanya tidak diberi lining (lapisan pelindung). akan tetapi saluran terbuka di dalam kota harus diberi lining dengan beton, pasangan batu (masonry) ataupun dengan pasangan bata.

b. Saluran tertutup

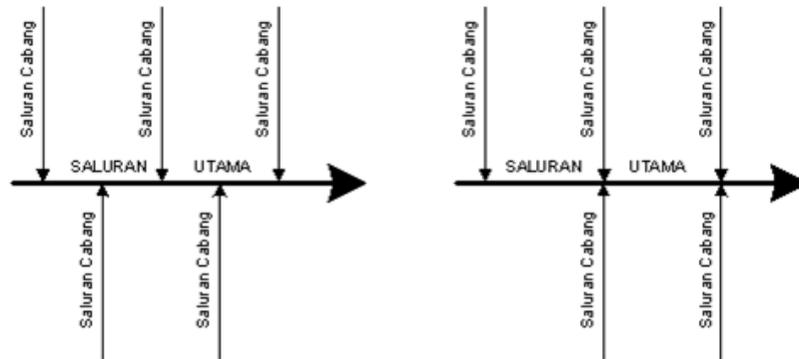
Saluran tertutup yaitu saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini cukup bagus di gunakan di daerah kesehatan lingkungan. Sistem ini cukup bagus di gunakan di daerah perkotaan terutama dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota metropolitan dan kota-kota besar lainnya.

## 2.5 Pola-Pola Drainase

Pembuatan saluran drainase disesuaikan dengan keadaan lahan dan lingkungan. Oleh karena itu dalam perencanaan drainase terdapat banyak pola drainase, yang antara lain sebagai berikut :

1. Siku

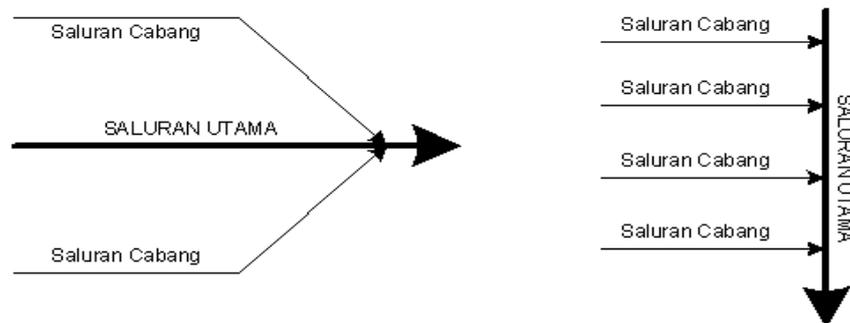
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada pada kota



**Gambar 2.1** Pola Siku

## 2. Jaringan Drainase Paralel

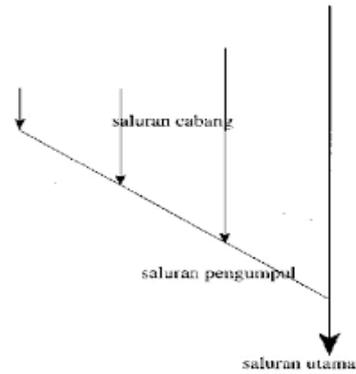
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



**Gambar 2.2** Pola Paralel

## 3. Jaringan Drainase Grid Iron

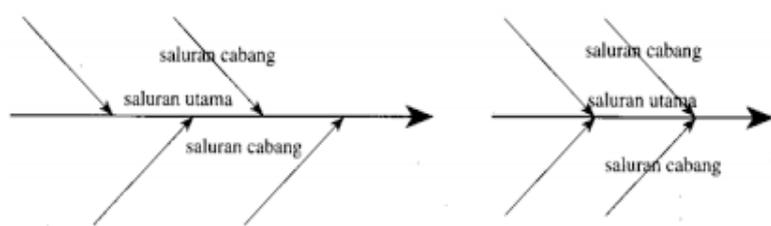
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



**Gambar 2.3** Grid Iron

#### 4. Jaringan Drainase Alamiah

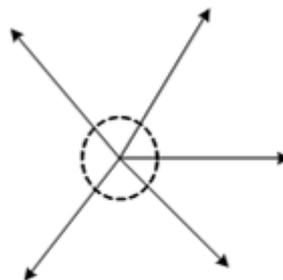
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar



**Gambar 2.4** Pola Alamiah

#### 5. Jaringan Drainase Radial

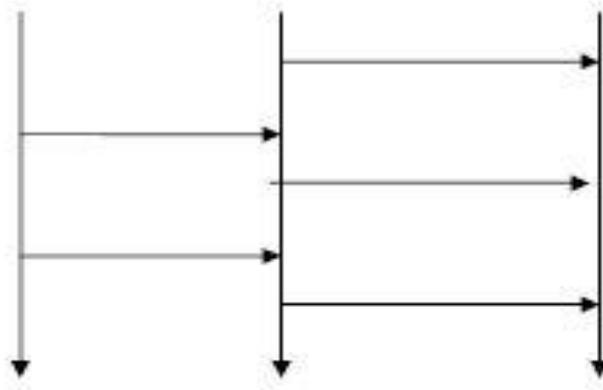
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



**Gambar 2.5** Pola Radial

## 6. Jaringan Drainase Jaring-jaring

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



**Gambar 2.6** Pola Jaring-jaring

## 2.6 Sistem Jaringan Drainase

### a. Sistem Campuran

Apabila saluran yang direncanakan untuk membawa air kotor dari rumah tangga, industri, rumah sakit, dan air hujan dibuat melalui satu saluran.

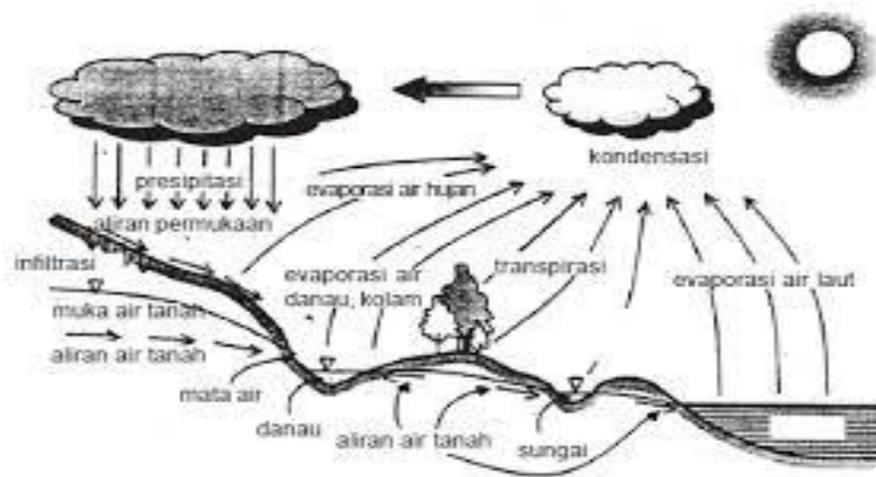
### b. Sistem Terpisah

Apabila saluran yang direncanakan, yaitu air kotor rumah tangga, industri, rumah sakit, dan air hujan dibuat melalui saluran-saluran tersendiri.

(Parahadi et al, 1996:2)

## 2.7 Siklus Hidrologi

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi relatif tetapi dari masa ke masa dan air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung secara terus-menerus, dimana kita tidak tahu kapan dan darimana berawalanya dan kapan pula berakhirnya. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (*hydrological cycle*)



**Gambar 2.7** Siklus Hidrologi

### 2.7.1 Pengukuran hujan

Di Indonesia, data curah hujan ditakar dan dikumpulkan oleh beberapa instansi, antara lain Dinas Pengairan, Dinas Pertanian, dan Badan Meteorologi dan Geofisika. Jenis dan tipe alat penakar hujan dibagi menjadi dua yaitu alat penakar hujan manual dan penakar hujan otomatis.

### 2.7.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah pengaliran sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana air meresap atau mengalir melalui sungai dan anak-anak sungai yang bersangkutan. Sering disebut dengan DAS (Daerah Aliran Sungai) atau DTA (Daerah Tangkapan Air). Menurut Sri Harto (1993), daerah aliran sungai merupakan daerah yang dimana semua airnya mengalir ke dalam sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan. DAS disebut juga sebagai *Water Shed* atau *Catchment area*. DAS ada yang kecil dan ada juga yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub-DAS dan sub-DAS dapat terdiri dari beberapa sub-sub-DAS, tergantung banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu sistem sungai utama (Asdak, 1995)

## 2.8 Limpasan (Runoff)

Air hujan yang turun dari atmosfer jika tidak ditangkap oleh vegetasi atau oleh permukaan-permukaan buatan seperti atap bangunan atau lapisan kedap air lainnya, maka akan jatuh ke permukaan bumi dan sebagian akan menguap, berinfiltrasi, atau tersimpan dalam cekungan-cekungan. Bila kehilangan seperti cara-cara tersebut telah terpenuhi, maka sisa air hujan akan langsung mengalir di atas permukaan tanah menuju alur aliran terdekat. Dalam perencanaan drainase, bagian air hujan yang menjadi pengendalian air banjir tidak hanya aliran permukaan (*Surface runoff*), sedangkan untuk pengendalian banjir tidak hanya aliran permukaan, tetapi limpasan (*runoff*). limpasan merupakan gabungan antara aliran permukaan antara aliran permukaan, aliran-aliran tertunda pada cekungan-cekungan dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*).

### 2.8.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Limpasan

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

#### 1. Faktor Meteorologi

Faktor-faktor meteorology yang berpengaruh pada limpasan terutama adalah karakteristik hujan, yang meliputi:

##### a. Intensitas Hujan

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

b. Durasi Hujan

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

c. Distribusi Curah Hujan

Laju dan volume limpasan dipengaruhi oleh distribusi dan intensitas hujan di seluruh DAS. Secara umum, laju dan volume limpasan maksimum terjadi jika seluruh DAS telah memberi kontribusi aliran. Namun demikian, hujan dengan intensitas tinggi pada sebagian DAS dapat menghasilkan limpasan yang lebih besar dibandingkan dengan hujan biasa yang meliputi seluruh DAS. Jika kondisi topografi, tanah dan lain-lain di seluruh DAS seragam, untuk jumlah hujan yang sama maka curah hujan yang distribusinya merata menghasilkan debit puncak yang paling minimum. Karakteristik distribusi hujan dinyatakan dalam koefisien distribusi, yaitu nisbah antara hujan tertinggi di suatu titik dengan hujan rata-rata DAS.

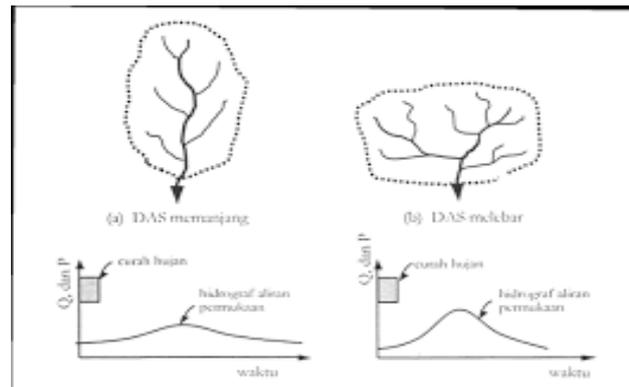
2. Karakteristik DAS

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi (1) luas dan bentuk DAS, (2) Topografi, dan (3) tata guna lahan

a. Luas dan Bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi, apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luas DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan. Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Pengaruh

bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf-hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama.



**Gambar 2.8** Pengaruh Bentuk DAS pada Aliran Permukaan

Bentuk DAS memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air di titik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak di seluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung yang lainnya, misalnya dari hilir ke hulu DAS. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terputus banyak, artinya air di hulu sudah tiba sebelum aliran dari air mengecil/habis.

b. Topografi

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

c. Tata guna lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS.

### 2.8.2 Distribusi Gumble

Gumble menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P(X) = e^{-e^{-a(X-b)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Jika diambil  $Y = a(X-b)$ , dengan Y disebut reduce varied, maka persamaannya dapat ditulis

$$P(X) = e^{-e^{-Y}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$e = \text{bilangan alam} = 2,7182818..$

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

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$X = \text{harga rata-rata sample}$

$S = \text{standar deviasi (simpangan buku) sample}$

Faktor probabilitas  $K$  untuk harga-harga ekstrim Gumble dapat dinyatakan dalam persamaan (Suripin, 2004):

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$Y_n = \text{reduce mean yang tergantung jumlah sample/data } n$

$S_n = \text{reduce standar deviation yang juga tergantung pada jumlah sampel/data } n$

$Y_{tr} = \text{reduce variate}$

**Tabel 2.2 Reduced Mean, Yn**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5485	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5508	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5538	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5592	0,5592	0,4493	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber: Suripin, 2004)

**Tabel 2.3 Reduced Standar Deviasi. Sn**

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	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1353	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1436	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
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	1,1770	1,1283	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1983	1,1945	1,1953	1,1969	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Sumber: Suripin, 2004)

**Tabel 2.4 Reduced Variate,  $Y_t$  sebagai fungsi periode ulang**

Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate $Y_t$	Periode Ulang (Tahun)	Reduced Variate $Y_t$
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	2,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

### 2.8.3 Distribusi Log Person III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi ke dalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi Log Normal. Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbabis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya.

Salah satu distribusi dari serangkaian yang dikembangkan person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log-Person Type III (LP.III). Tiga parameter penting dalam LP.III yaitu (i) harga rata-rata; (ii) simpangan baku; (iii) koefisien kemencangan. Yang menarik, jika koefisien kemencangan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

**Tabel 2.5 Nilai K untuk distribusi Log-Person III**

Koef.G	Periode Ulang (Tahun)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,301	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,558	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	-0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178

(Sumber: Suripin, 2004)

## 2.9 Perhitungan Curah Hujan

### 2.9.1 Hujan Kawasan (Daerah Tangkapan Air = DTA)

Data hujan yang diperoleh dari penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam atau disekitar kawasan tersebut.

Ada tiga macam cara umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan :

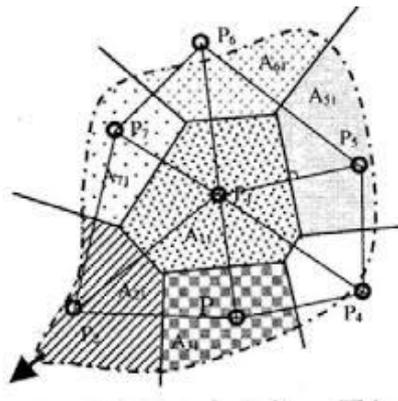
#### 1. Rata-rata Aljabar

Merupakan metode yang paling sederhana dalam perhitungan hujan kawasan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa semua penakar hujan mempunyai

pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata hampir/hampir merata, dan harga individual curah hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya.

## 2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos satu dengan lainnya adalah linear dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Metode Poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 2.3.



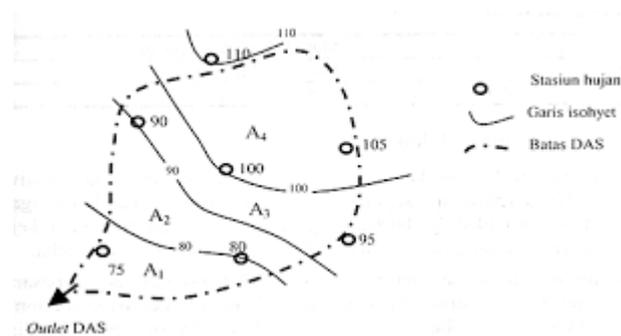
**Gambar 2.9** Metode Poligon Thiessen

## 3. Metode Isohyet

Metode ini merupakan metode yang paling akurat untuk menentukan hujan rata-rata, namun diperlukan keahlian dan pengalaman. Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan. Dengan kata lain, asumsi metode Thiessen yang membabi buta yang menganggap bahwa tiap-tiap pos penakar mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode Isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

- Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.

- Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10mm.
- Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan plainmeter, kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.



**Gambar 2.10** Metode Isohyet

## 2.10 Waktu Kosentrasi ( $T_c$ )

- Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air simultan (runoff) setelah melewati titik-titik tertentu.
- Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$t_c = t_1 + t_2 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$t_1 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{is} \right)^{0,167} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$t_2 = L/60v \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

$t_c$  = waktu kosentrasi (menit)

$t_1$  = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

$t_2$  = waktu aliran dalam saluran terpanjang L dari ujung saluran (menit)

$L_0$  = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

$L$  = panjang saluran (m)

$nd$  = koefisien hambatan

$iS$  = kemiringan saluran memanjang

$V$  = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

**Tabel 2.6 koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan**

NO	Kondisi Lapis Permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

(Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum, 2016)

## 2.11 Intensitas Hujan

Data curah hujan dalam satu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatis dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam. Umpannya untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan ini harus dilakukan dengan  $60/5$ . Demikian pula untuk hujan 10 menit dikalikan dengan  $60/10$ .

Menurut Mononobe intensitas hujan ( $I$ ) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus (Suripin, 2004):

$$I = \frac{R}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \text{ mm/jam} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$R$  = Curah hujan rancangan setempat dalam (mm)

$T_c$  = Lama waktu konsentrasi dalam jam

$I$  = Intensitas hujan dalam (mm/jam)

## 2.12 Debit

### 2.12.1 Debit Limpasan

Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah.

**Tabel 2.7 Harga koefisien pengaliran (C)**

No	Kondisi Permukaan Tanah	C
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40-0,70
3	Bahu jalan :	
4	Tanah berbutir halus	0,40-0,55
5	Tanah berbutir kasar	0,10-0,20
6	Batuan masih keras	0,70-0,85
7	Batuan masih lunak	0,60-0,75

(Sumber : *Kementrian Pekerjaan Umum, 2016*)

### 2.12.2 Debit Air Kotor (Limbah)

Aliran air akan menangkap/mengikat oksigen dari udara yang akan bermanfaat dalam penguraian zat-zat organik dalam proses oksidasi (proses aerobik). Tetapi kemampuan ini sangat terbatas, sehingga tidak dibenarkan membuang limbah khususnya yang bersifat B3 (bahan beracun dan berbahaya) dan limbah padat/sampah yang sukar terurai dan mengganggu kelancaran aliran.

Ada dua jenis limbah yang memasuki/terbawa aliran yaitu:

- Limbah padat yang terdiri dari ilmiah organik yang akan dapat mengalami dekomposisi/penguraian seperti daun, bangkai binatang.
- Limbah padat anorganik yang sukar/tidak dapat terurai seperti logam, kaca hasil industri seperti plastik.

Limbah ini dapat berasal dari (Mulyanto, 2013):

Limbah proses industri yang sangat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan masyarakat, berupa debu dari asap cerobong pabrik dari pembakaran bahan bakar fosil dan limbah cair dari hasil produksi hasil pencucian bahan dan lain lain.

- a. Limbah rumah tangga serta yang dihasilkan oleh aktivitas kehidupan lainnya seperti limbah pasar, restoran, usaha cuci mobil dan bengkel, usaha pencucian pakaian, limbah padatan asap mesin-mesin kendaraan dan lain-lain.
- b. Limbah padat berupa sampah-sampah rumah tangga, pasar, guguran daun pohon-pohon perindang kota sisa bahan baku dan kemasan industri.

Jenis-jenis limbah di atas masuk kedalam sistem drainase secara berlebihan proses aerobik akan tidak dapat berjalan dengan baik karena oksigen yang terikat oleh air tidak akan mencukupi bahkan pengikat oksigen akan sangat terhambat. Banyaknya limbah yang masuk ke dalam saluran-saluran drainase disebabkan oleh perlakuan masyarakat yang menganggap sistem drainase dan sungai-sungai sebagai tempat pembuangan sampah.

Limbah terutama limbah padat akan sangat mengganggu kecepatan aliran bahkan menyumbat alur-alur dan menghambat penyerapan oksigen dan menghambat proses aerobik. Terjadi dekomposisi oleh bakteri-bakteri aerobik tanpa bantuan oksigen. Proses aneorobik ini akan menimbulkan pencemaran lain yaitu dihasilkannya zat yang beracun bagi kehidupan akuatik dan manusia seperti nitrit, sulfat serta gas-gas berbau busuk yang sangat mengganggu seperti sulfur dioksida, amoniak.

Kehidupan akuatik di dalam air akan terhambat dan bahkan musnah, sumur-sumur tercemar oleh rembesan air kotor tersebut, serta mengikatnya penyebaran penyakit yang terbawa air (water borne disease seperti kolera, disentri, muntaber, gatal serta malaria dan demam dengue).

Karena fungsi kedua (2) mengangkut limbah harus disikapi dengan bijaksana bahwa sistem drainase sesungguhnya bukan tempat pembuangan sampah. Limbah cair yang terpaksa dialirkan ke dalam sistem drainase harus terlebih dahulu dilewatkan melalui suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL), untuk menurunkan kandungan zat-zat pencemar agar dapat mencapai kadar di bawah ambang batas maksimum sebelum dialirkan/dibuang kedalam perairan bebas.

### 2.12.3 Debit Kumulatif

Debit kumulatif adalah debit total yang di dapat dari penjumlahan debit limpasan dan debit air kotor

Debit kumulatif = debit limpasan + debit air kotor .....(2.9)

## 2.13 Analisa Saluran

### 2.13.1 Bentuk-Bentuk Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainnase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air irigasi pada umumnya

Dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tumpang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil, tingkat kerugian akan besar.

Bentuk saluran drainnase terdiri dari :

1. Bentuk trapesium
2. Bentuk empat persegi panjang
3. Bentuk lingkaran, parabol dan bulat telur
4. Bentuk tersusun

Efektivitas penggunaan dari berbagai bentuk tampang saluran drainnase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut :

#### 1. Bentuk trapesium

Saluran drainnase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

#### 2. Bentuk empat persi panjang

Saluran drainnase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhk ruang. Sebagai konsenkuensi dari saluran bentuk ini saluran harus dari pasangan ataupun beton.

### 3. Bentuk lingkaran parabol dan bulat telur

Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan dan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan atau limbah

### 4. Bentuk tersusun

Saluran berbentuk tersusun dapat berupa saluran dari tanah maupun dari pasangan.

## 2.14 Pengelolaan Proyek

### 2.14.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta 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 :

#### a. Persiapan 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 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.

#### b. Perhitungan volume

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

c. 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.

d. Perhitungan jumlah biaya pekerjaan

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

e. 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.

#### **2.14.2 Network Planning**

Network planning atau penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dalam mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (Callahan, 1992). Penjadwalan meliputi tenaga kerja, material, peralatan, keuangan dan waktu. Dengan penjadwalan yang tepat maka beberapa macam kerugian dapat dihindarkan seperti keterlambatan, pembengkakan biaya, dan perselisihan (Kementrian Pekerjaan Umum, 2016)

#### **2.14.3 Barchat**

*Barchat* atau diagram balok adalah jadwal yang paling banyak digunakan karena mudah dibuat dan dimengerti oleh pembacanya, diagram balok ini dikembangkan Henry L Gant sekitar awal abad 19. Karena pembuatan dan penampilan informasinya sederhana dahn hanya menyampaikan dimensi waktu dari masing-masing kegiatannya, maka barchat lebih tepat menjadi alat

komunikasi untuk menggambarkan kemajuan pelaksanaan proyek kepada manajemen senior. Barchat tidak menginformasikan ketergantungan antar kegiatan dan tidak mengindikasikan kegiatan mana saja yang berada dalam lintasan kritisnya. (Kementerian Pekerjaan Umum, 2016)

#### **2.14.4 Kurva S**

Kurva S dikembangkan oleh jenderal Warren Hannum, Perwira Zeni dari Amerika Serikat, atas pengamatan proyeknya sampai selesainya proyek yang bersangkutan. Kurva S atau Hannum Curve digunakan sebagai berikut :

- a. Pengarahan penilaian atas progress pekerjaan
- b. Pada permulaan menunjukkan progres yang sangat kecil. Maka rencana juga harus realitis sesuai dengan kemampuan dan kondisi persiapan pekerjaan.
- c. Sangat membantu perencanaan proyek. Suatu proyek umumnya dimulai dengan rencana program yang cukup kecil lalu meningkat pada beberapa waktu kemudian. Dengan demikian beberapa pekerjaan merupakan “*peak load*” yang harus dilaksanakan secara serentak. Kurva S berguna memberikan indikasi dan koreksi pertama pada jadwal yang pertama kita buat.

Kurva S adalah suatu kurve yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam orang (man hours) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada kurve S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek. Dengan membandingkan kurve tersebut dengan kurve serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan. Oleh karena itu kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan kurva-S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek (Kementerian Pekerjaan Umum, 2016).

