

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris “*drainage*” yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Dalam bidang Teknik Sipil, drainase dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tetapi juga air tanah.

Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir.

2.1.1 Drainase Perkotaan

Sebagai salah satu sistem dalam perencanaan perkotaan, maka sistem drainase yang ada dikenal dengan istilah sistem drainase perkotaan. Berikut definisi drainase perkotaan (Hasmar, 2002) :

1. Drainase perkotaan yaitu ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial-budaya yang ada di kawasan kota.

2. Drainase Perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi :
 - a. Permukiman
 - b. Kawasan industri dan perdagangan
 - c. Kampus dan sekolah
 - d. Rumah sakit dan fasilitas umum
 - e. Lapangan olahraga
 - f. Lapangan parkir
 - g. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi
 - h. Pelabuhan udara.

2.1.2 Sistem Drainase Perkotaan

Standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, yaitu (Hasmar, 2002) :

1. Sistem drainase utama merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
2. Sistem drainase lokal merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.
3. Sistem drainase terpisah merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan atau air limpasan.
4. Sistem gabungan merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan atau air limpasan yang telah diolah.

2.1.3 Sarana Drainase Perkotaan

Sarana penyediaan sistem drainase dan pengendalian banjir adalah (Hasmar, 2002) :

1. Penataan sistem jaringan drainase primer, sekunder dan tersier melalui normalisasi maupun rehabilitasi saluran guna menciptakan lingkungan yang aman dan baik terhadap genangan, luapan sungai, banjir kiriman, maupun hujan lokal. Berdasarkan masing-masing jaringan dapat didefinisikan sebagai berikut:
 - a. Jaringan primer merupakan saluran yang memanfaatkan sungai dan anak sungai.
 - b. Jaringan sekunder merupakan saluran yang menghubungkan saluran tersier dengan saluran primer (dibangun dengan beton/plesteran semen).
 - c. Jaringan tersier merupakan saluran untuk mengalirkan limbah rumah tangga ke saluran sekunder, berupa plesteran, pipa dan tanah.
2. Memenuhi kebutuhan dasar (*basic need*) drainase bagi kawasan hunian dan kota.
3. Menunjang kebutuhan pembangunan (*development need*) dalam menunjang terciptanya skenario pengembangan kota untuk kawasan andalan dan menunjang sektor unggulan yang berpedoman pada Rencana Umum Tata Ruang Kota.

Sedangkan arahan dalam pelaksanaannya adalah :

- a. Harus dapat diatasi dengan biaya ekonomis.
- b. Pelaksanaannya tidak menimbulkan dampak sosial yang berat.
- c. Dapat dilaksanakan dengan teknologi sederhana.
- d. Memanfaatkan semaksimal mungkin saluran yang ada.

2.1.4 Sistem Jaringan Drainase Perkotaan

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

1. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran atau badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

2. Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar. Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.

2.2 Jenis Drainase

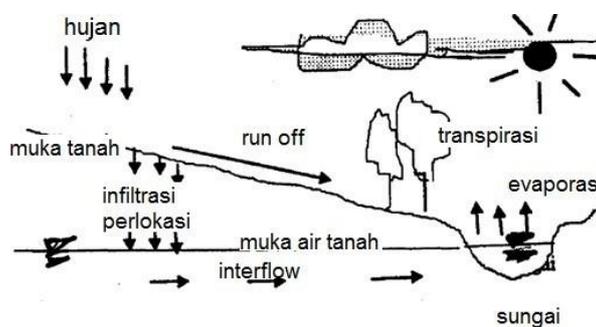
Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar, 2002:3) :

2.2.1 Menurut Sejarah Terbentuknya

Drainase menurut sejarahnya terbentuk dalam berbagai cara berikut ini cara terbentuknya drainase :

1. Drainase alamiah (*natural drainage*)

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

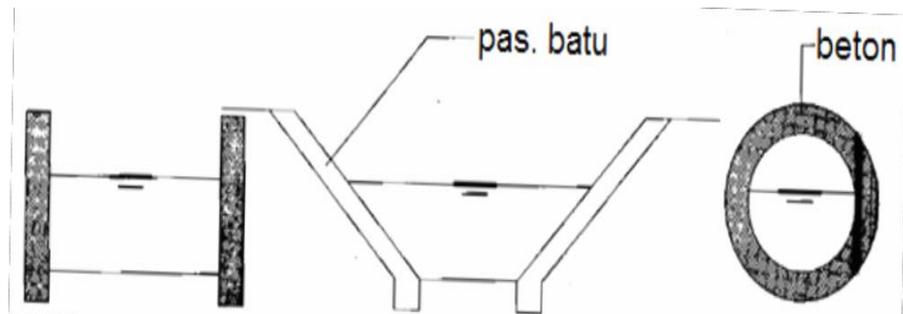


Gambar 2.1 Drainase Alamiah pada Saluran Air

(Sumber : ISBN 979-8382-49-8)

2. Drainase buatan (*artificial drainage*)

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



Gambar 2.2 Drainase Buatan

Sumber : ISBN 979-8382-49-8

1. Menurut letak saluran

Saluran drainase menurut letak bangunannya terbagi dalam beberapa bentuk, berikut ini bentuk drainase menurut letak bangunannya:

Yakni saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open chanel flow*.

a. Drainase bawah permukaan tanah (*sub surface drainage*)

Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa) karena alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain Tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

2. Menurut fungsi drainase

Drainase berfungsi mengalirkan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, berikut ini jenis drainase menurut fungsinya :

a. *Single purpose*

Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.

b. *Multi purpose*

Yakni saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian, misalnya mengalirkan air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.

3. Menurut konstruksi

Dalam merancang sebuah drainase terlebih dahulu harus tahu jenis konstruksi apa drainase dibuat, berikut ini drainase menurut konstruksi :

a. Saluran terbuka

Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang

cukup, ataupun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

b. Saluran tertutup

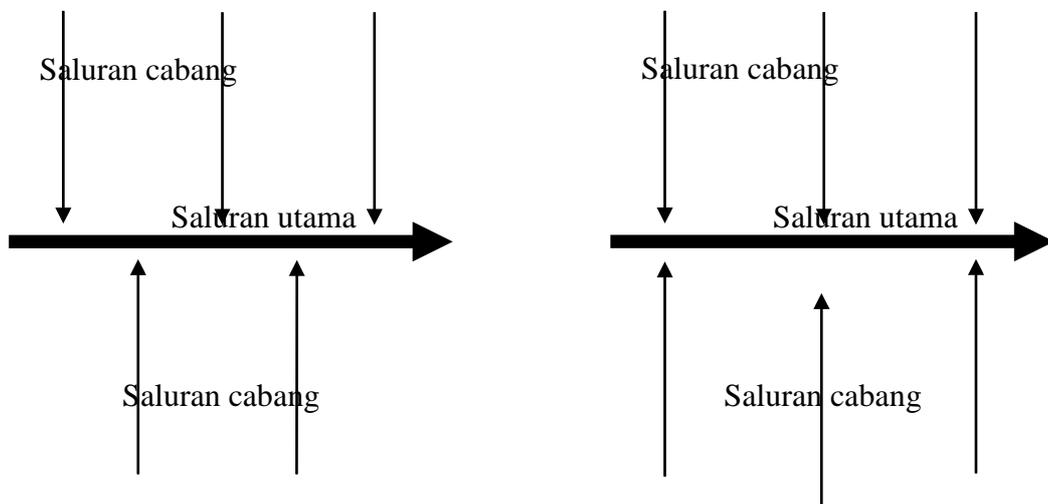
Yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

2.3 Pola Jaringan Drainase

Jaringan drainase memiliki beberapa pola, yaitu (Hasmar, 2002:5)

2.3.1 Siku

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

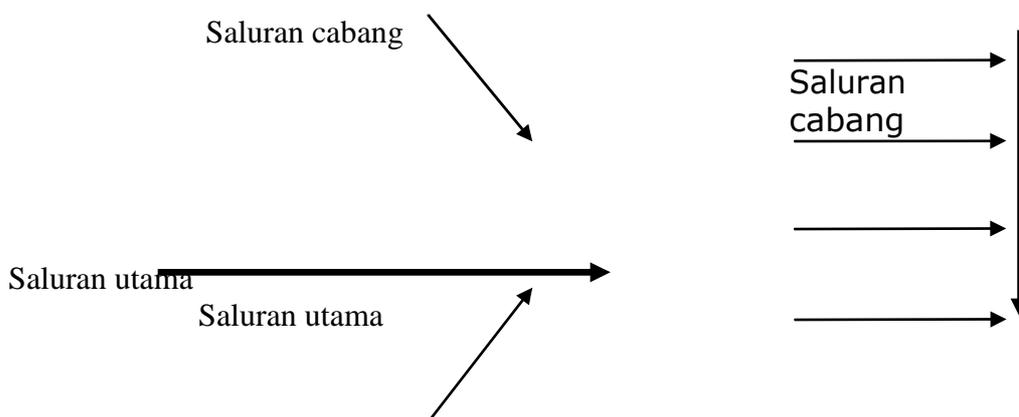


Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Siku

Sumber : ISBN 979-8382-49-8

2.3.2 Pararel

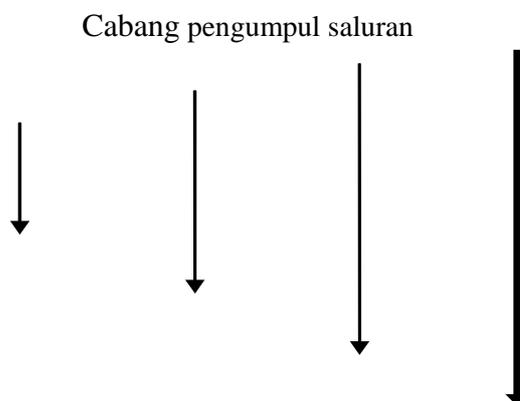
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Pararel
Sumber : ISBN 979-8382-49-8

2.3.3 *Grid Iron*

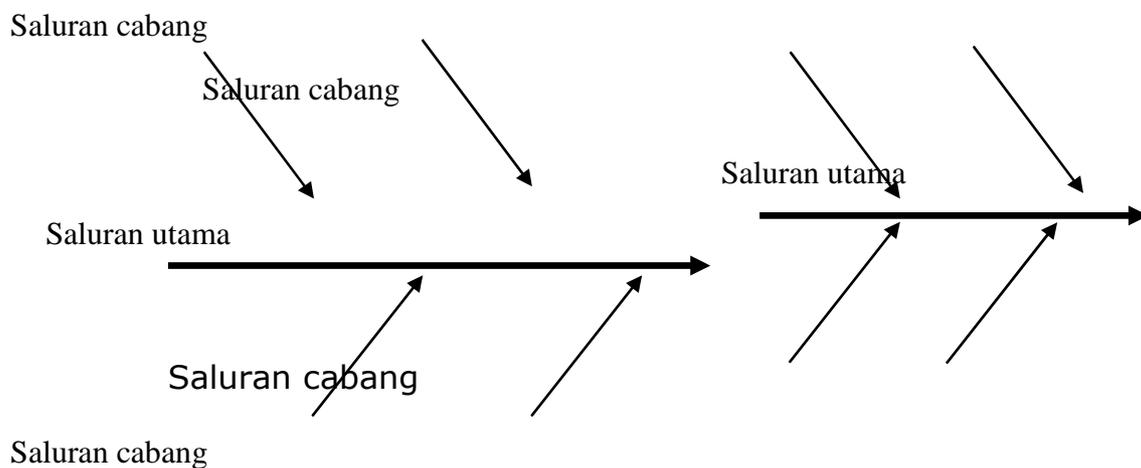
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpulan.



Gambar 2.5 Pola Jaringan Drainase *Grid Iron*
Sumber:ISBN979-8382-49-8

2.3.4 Alamiah

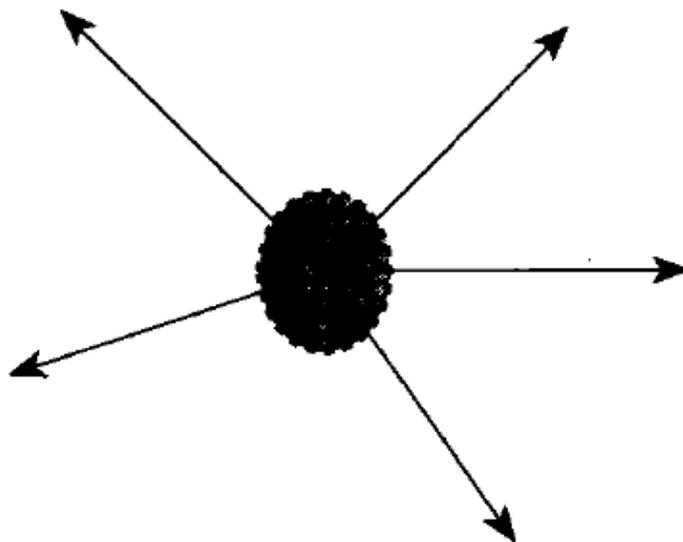
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.6 Pola Jaringan Drainase Alamiah
Sumber : ISBN 979-8382-49-8

2.3.5 Radial

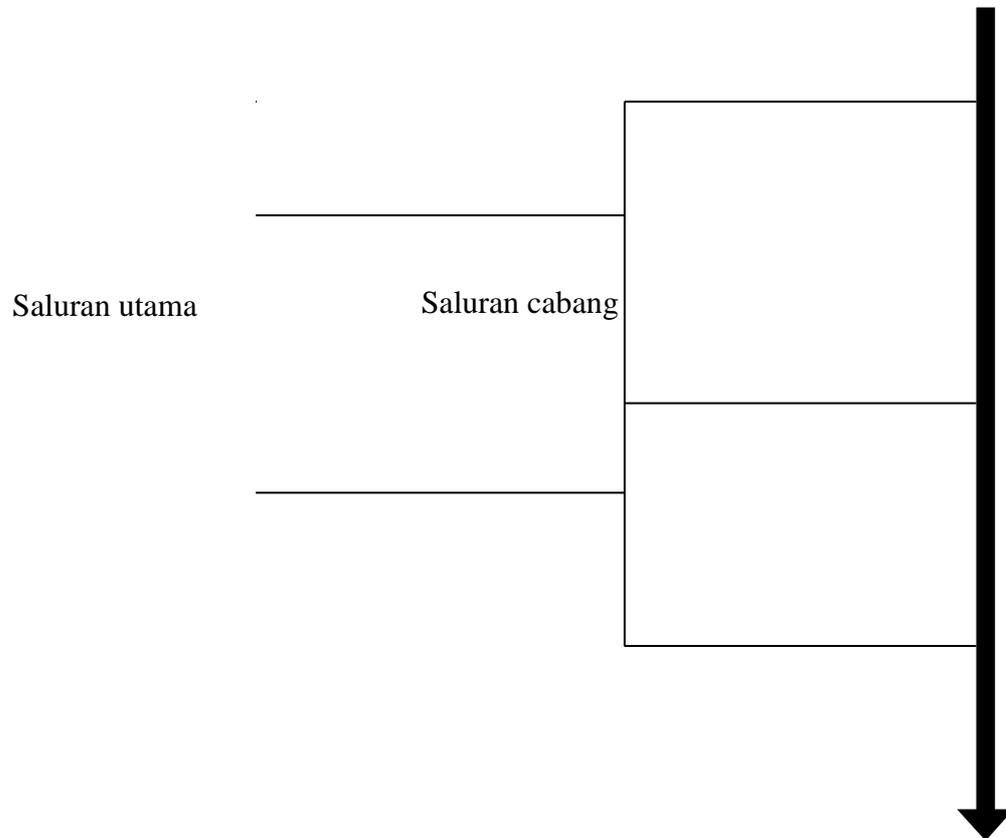
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.7 Pola Jaringan Drainase Radial
Sumber : ISBN 979-8382-49-8

2.3.6 Jaring-jaring

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



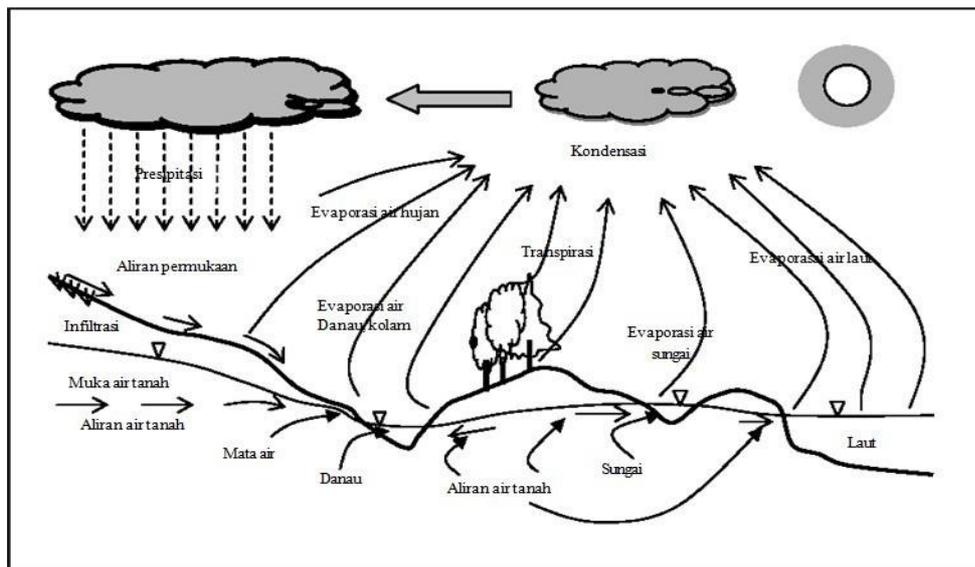
Gambar 2.8 Pola Jaringan-Jaring-Jaring
Sumber : ISBN 979-8382-49-8

2.4 Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan- perubahannya antara lain : keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Tanpa kita sadari bahwa sebagian besar perencanaan bangunan sipil memerlukan analisis hidrologi.

2.4.1 Siklus Hidrologi

Dalam perencanaan suatu bangunan air yang berfungsi untuk pengendalian penggunaan air antara lain yang mengatur aliran sungai, pembuatan waduk-waduk dan saluran-saluran yang sangat diperlukan untuk mengetahui perilaku siklus yang disebut dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi / penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju atau hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air *run off* atau aliran permukaan dan sebagian (infiltrasi) meresap kedalam lapisan tanah. Besarnya *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Air *run off* mengalir di permukaan muka tanah kemudian ke permukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes didalam tanah kearah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai dilaut, danau, sungai. .



Gambar 2.9 Siklus Hidrologi
Sumber : ISBN 979-8382-49-8

2.4.2 Analisis Hidrologi

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya.

Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menetapkan berbagai sifat dan besaran hidrauliknya. Demikian juga pada dasarnya bangunan-bangunan tersebut harus dirancang berdasarkan suatu standar perancangan yang benar sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan.

2.4.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi atau distribusi frekuensi digunakan untuk memperoleh probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness* (kecondongan atau kemiringan).

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Berdasarkan ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Log Normal
- c. Distribusi Log Person III
- d. Distribusi Gumbel.

Berikut ini empat jenis distribusi frekuensi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi:

- a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$X_T = X + K_T S \dots\dots\dots(2.1)$$

$$K_T = \frac{X_T - \text{Xrata-rata}}{S} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahunan,
- Xrata-rata = Nilai rata-rata
- hitung variat, S = Deviasi standar nilai variat,
- K_T = Faktor frekuensi

Untuk mempermudah perhitungan, nilai faktor frekuensi (K_T) umumnya sudah tersedia didalam tabel, disebut sebagai tabel nilai variable reduksi gauss (Variable reduced Gauss), seperti ditunjukkan dalam tabel 2.2

Tabel 2.1 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode ulang	T (tahun)	Peluang K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1000,000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin ,2004)

b. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal data X diubah kedalam bentuk logaritmik $Y = \log X$. Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti Distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal perhitungan curah hujan rencana menggunakan persamaan berikut ini :

$$Y_T = Y_{rata-rata} + K_T S \dots\dots\dots(2.3)$$

$$K_T = \frac{X_T - X_{rata-rata}}{S} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

$Y_{rata-rata}$ = nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

K_T = faktor frekuensi

a. Distribusi Gumbel

Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

1. Besarnya Curah hujan Rata-Rata dengan Rumus :

$$X_{rata-rata} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Hitung Standar Deviasi Dengan Rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{rata-rata})^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Hitung besarnya Curah hujan Untuk periode ulang t tahun dengan Rumus :

$$X_T = X_{rata-rata} + \frac{Y_T - Y_n}{\sigma n} Sd \dots\dots\dots(2.7)$$

X_t	= Besarnya curah hujan untuk t tahun (mm)
Y_t	= Besarnya curah hujan rata-rata untuk t tahun (mm)
Y_n	= <i>Reduce mean deviasi</i> berdasarkan sampel n
σ_n	= <i>Reduce standar deviasi</i> berdasarkan sampel n
n	= Jumlah tahun yang ditinjau
S_d	= Standar Deviasi (mm)
X	= Curah Hujan rata-rata (mm)
X_i	= Curah hujan maximum (mm)

Harga Y_n berdasarkan banyaknya sampel n dapat dilihat pada tabel

2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Hubungan *reduce mean* (Y_n) dengan banyaknya sampel (n)

n.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,449	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,518	0,520	0,522
20	0,523	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,538	0,539	0,540	0,541	0,541	0,542	0,543
40	0,543	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548
50	0,548	0,549	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,551	0,551	0,551
60	0,552	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554
70	0,554	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556
80	0,556	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,558	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
100	0,560									

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

Tabel 2.3 Periode ulang untuk Tahun

Kala ulang (tahun)	Faktor reduksi (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2504
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

Harga *reduce* standar deviasi (σ_n) dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Hubungan *reduce* standar deviasi (σ_n) dengan banyaknya sampel (n)

n.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,96	0,98	0,99	1	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
20	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,1
30	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
50	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
60	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
70	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
80	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
90	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
100	1,2									

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

a. Distribusi Log Person III

1. Hitung rata-rata logaritma dengan rumus :

$$\log X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log Xi$$

2. Hitung simpangan baku dengan rumus :

$$\log Xi - \log X^2$$

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n}$$

$$G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n$$

1. Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu :

$$\text{Log } X_r = \log X + K \cdot Sd$$

Keterangan:

$\text{Log } X$ = Rata-rata logaritma data

N = Banyaknya tahun pengamatan

Sd = Standar deviasi

G = Koefisien kemencengan

K = Variabel standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemiringan G (Tabel 2.4)

Besarnya harga K berdasarkan nilai G dan tingkat probabilitasnya dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5. Distribusi Log Pearson Type III untuk Koefisien Kemencengan G

Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)							
1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100

Koef, G Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)								
	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	-0,307	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	-1,588	-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
-0,4	2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber : Suripin, 2004:43)

2.4.4 Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk mengetahui profil muka air sungai dan rancangan suatu drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam milimeter (mm).

Menentukan curah hujan rerata harian maksimum daerah dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa stasiun pencatat hujan. Perhitungan curah hujan rata-rata maksimum ini dapat menggunakan beberapa metode, diantaranya menggunakan metode rata-rata aljabar, garis Isohiet, dan poligon Thiessen.

A. Cara rata-rata Aljabar

Cara ini menggunakan perhitungan rata-rata secara aljabar, tinggi curah hujan diambil dari harga rata-rata dari stasiun pengamatan di dalam daerah yang ditinjau.

Persamaan rata-rata aljabar:

$$R = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

R = Curah hujan rata-rata rendah.

N = Jumlah titik atau pos pengamatan.

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = curah hujan ditiap titik pengamatan.

B. Cara garis Isohiet

Peta isohiet digambarkan pada peta topografi dengan perbedaan (*interval*) 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan didalam dan di sekitar daerah yang dimaksud. Luas daerah antara dua garis isohiet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohiet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian daerah itu dapat dihitung.

Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

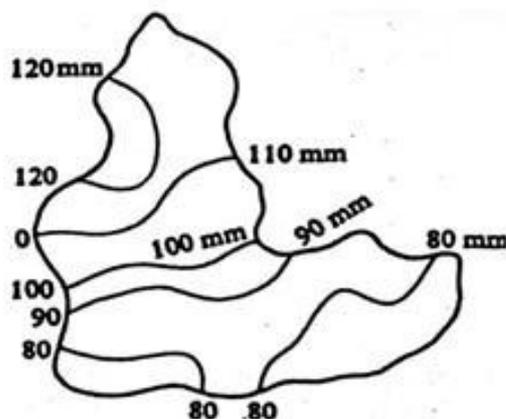
$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

R = Curah hujan daerah

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan setiap titik pengamatan.



Gambar 2.10 Garis Isohiet

Sumber : ISBN 979-8382-49-8

C. Metode Poligon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini dan diilustrasikan pada Gambar 2.10

Rumus yang digunakan :

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

A = luas areal

R = tinggi curah hujan di pos 1,2,3,...n

R₁,R₂,R₃,... R_n = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...n

A₁,A₂,A₃,... A_n = luas daerah di areal 1,2,3,...n

2.4.5 Cara Memilih Metoda

Pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor, terlepas dari kelebihan dan kelemahan kedua metoda yang tersebut di atas. Faktor – faktor tersebut adalah sebagai berikut (Suripin ,2004:31):

- a) Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS
- b) Luas DAS
- c) Topografi DAS

No	Faktor-Faktor	Syarat-Syarat	Jenis Metode
1	Jaringan-Jaringan Pos Penakar Hujan Dalam DAS	Jumlah Pos Penakar Hujan Cukup	Metode Isohiet, Thiessen atau Rata-Rata Aljabar dapat dipakai
		Jumlah Pos Penakar Hujan Terbatas	Metode Rata-Rata Aljabar atau Thiessen
		Pos Penakar Hujan Tunggal	Metode Hujan Titik
2	Luas DAS	DAS Besar (>5000 km ²)	Metode Isohiet
		DAS Sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
		DAS Kecil (<500 km ²)	Metode Rata-Rata Aljabar
3	Topografi DAS	Dataran	Metode Rata-Rata Aljabar
		Pegunungan	Metode Thiessen
		Berbukit tidak Beraturan	Metode Isohiet

(Sumber : Suripin, 2004)

2.4.6 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Catchment area adalah suatu daerah tadah hujan dimana air yang mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan yang jatuh di suatu daerah harus segera dapat dibuang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama.

Untuk menentukan daerah tangkapan hujan tergantung kepada kondisi lapangan suatu daerah dan situasi topografinya / elevasi permukaan tanah suatu wilayah disekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkapan hujan dan mengalirkan air hujan kesaluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkapan hujan (*Cathment area*) sekitar drainase dapat diasumsikan dengan membagi luas daerah yang akan ditinjau.

2.4.7 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran. Waktu konsentrasi dibagi atas 2 bagian :

- a. *Inlet time* (t_o) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
- b. *Conduit time* (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir. (Hasmar 2009:11)

Sehingga waktu konsentrasi dapat dihitung dengan (Suripin, 2004):

Keterangan :

S = Kemiringansaluran,

L = panjang saluran(m),

L_o = jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m),

V = kecepatan rata-rata didalam saluran (m/det) berdasarkan tabel2.7

n_d = Koefisien hambatan berdasarkan tabel 2.6

Tabel 2.6 Kemiringan Saluran Memanjang (S) Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Material	Kemiringan Saluran (S) (%)
1	Tanah Asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan

No. 008/T/BNKT/1990, BINA MARGA)

Tabel 2.7 Koefisien Manning

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Jelek
	Saluran Buatan			
1	Saluran tanah,lurus teratur	0,017	0,020	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,040
3	Saluran pada dinding batuan,lurus dan teratur	0,020	0,030	0,035
4	Saluran pada dinding batuan tidak lurus dan tidak teratur	0,035	0,040	0,045
5	Saluran batuan yang diledakkan ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,040

Tabel 2.8 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan

Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air Yang Diizinkan (m/detik)
Pasir Halus	0,45
Lempung Kepasiran	0,5
Lanau Alluvial	0,6
Kerikil Halus	0,75
Lempung Kokoh	0,75
Lempung Padat	1,1
Kerikil Kasar	1,3
Batu-Batu Besar	1,5
Pasangan Batu	1,5
Beton	1,5
Beton Bertulang	1,5

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan, Nomor 12/Prt/M/2014)

2.4.8 Analisa Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = lamanya hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm).

2.4.9 Debit Air Hujan / Limpasan

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

Koefisien yang digunakan untuk menunjukkan berapa banyak bagian dari air hujan yang harus dialirkan melalui saluran drainase karena tidak mengalami penyerapan ke dalam tanah (infiltrasi). Koefisien ini berkisar antara 0-1 yang disesuaikan dengan kepadatan penduduk di daerah tersebut. Semakin padat penduduknya maka koefisien *run-offnya* akan semakin besar sehingga debit air yang harus dialirkan oleh saluran drainase tersebut akan semakin besar pula.

Rumus debit air hujan / limpasan:

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

- Q = Debit aliran air limpasan (m³/detik)
 C = Koefisien *run off* (berdasarkan standar baku)
 I = Intensitas hujan (mm/jam)
 A = Luas daerah pengaliran (km²)
 0,278 = Konstanta

Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dan lain-lain. Tabel 2.9 berikut merupakan kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota yang akan direncanakan sistem drainasinya.

Tabel 2.9 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (ha)			
	< 10	10 - 100	101 - 500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 - 5 Th	2 - 5 Th	5 - 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 - 5 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th
Kotak Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2-5 Th

Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien Impasan, C
Business	
Perkotaan	0,70 - 0,95
Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	
Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
Multiunit , Terpisah	0,40 - 0,60
Multiunit , Tergabung	0,60 - 0,75
Perkampungan	0,25 - 0,40
Apartemen	0,50 - 0,70
Industri	
Ringan	0,50 - 0,80
Berat	0,60 - 0,90
Perkerasan	
Aspal dan Beton	0,70 - 0,65
Batu bata , Paving	0,50 - 0,70
Atap	0,75 - -0,95
Halaman, Tanah Berpasir	
Datar 2%	0,05 - 0,10
Rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
Curam, 7%	0,15 - 0,20
Halaman, Tanah Berat	
Datar 2%	0,13 - 0,17
Rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
Curam, 7%	0,25 - 0,35
Halaman Kereta Api	
Taman tempat bermain	0,10 - 0,35
Taman, Perkebunan	0,20 - 0,35
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10 - 0,40
Bergelombang, 5-10%	0,25 - 0,50
Berbukit, 10-30%	0,30 - 0,60

(Sumber : Suripin ,2004)

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga, yang lebih dikenal sebagai sampah), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.

Sumber air limbah dari kegiatan rumah tangga seperti dari urine, kegiatan mandi, mencuci peralatan rumah tangga, mencuci pakaian serta kegiatan dapur lainnya. Idealnya sebelum air limbah dibuang ke saluran air harus diolah terlebih dahulu dalam tangki peresapan. Prinsip dasarnya adalah bahwa air limbah yang dilepas ke lingkungan sudah tidak berbahaya lagi bagi kesehatan lingkungan. Air Limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat berdampak sangat luas, misalnya dapat meracuni air minum, meracuni makanan hewan, menjadi penyebab ketidakseimbangan ekosistem sungai dan sebagainya.

Pada umumnya air limbah dapat menimbulkan dampak, yaitu dampak terhadap kehidupan biota air, dampak terhadap kualitas air tanah, dampak terhadap kesehatan, dampak terhadap estetika lingkungan. Pada wilayah perkotaan mudah terlihat adanya sarana air limbah yang dialirkan melalui saluran-saluran, dimana air limbah dari rumah tangga tersebut segera dialirkan ke saluran-saluran yang ada di sekitar wilayah permukiman sampai ke badan air anak sungai dan sungai terdekat. Selain dialirkan ke saluran-saluran yang ada, terdapat satu pendekatan dalam usaha pengolahan air limbah rumah tangga adalah dengan menggunakan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) Komunal.

Untuk menentukan jumlah air limbah dapat dilakukan dengan mengacu pada besaran *People Equivalent* (PE) yaitu untuk rumah biasa perkiraan jumlah air limbah adalah 120 liter/orang.hari.

2.4.10 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk merupakan perhitungan ilmiah jumlah penduduk yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian dan perpindahan (migrasi). Ketiga komponen inilah yang menentukan besarnya jumlah penduduk dan struktur umur penduduk di masa yang akan datang. Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk dapat menggunakan metode -metode di bawah ini :

1. Metode Aritmatika

$$P_n = P_0 + n r \dots\dots\dots (2.20)$$

$$R = \frac{P_0 - P_t}{t} \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

P_n = Jumlah Penduduk tahun ke - n (jiwa)

P_0 = Jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)

P_t = Jumlah penduduk akhir tahun proyeksi (jiwa)

n = Periode waktu yang ditinjau (tahun)

r = Angka pertumbuhan penduduk / tahun (%)

t = Banyaknya tahun sebelum analisis (tahun)

2. Metode Geometrik

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

P_n = Jumlah Penduduk tahun ke - n (jiwa)

P_0 = Jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)

r = Presentase pertumbuhan geometrical penduduk tiap tahun (%)

n = Periode waktu yang ditinjau (tahun)

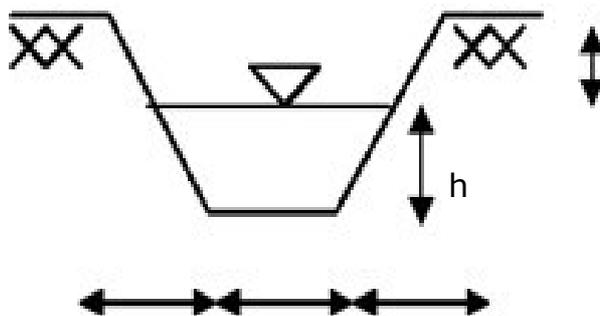
2.5 Analisa Hidrolika

Banyaknya debit air hujan yang ada dalam suatu kawasan harus segera di alirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkannya diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. Sehingga penentuan kapasitas tampung harus berdasarkan atas besarnya debit air hujan.

2.5.1 Penampang Melintang Saluran

Penampang melintang saluran perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang efisien berarti dengan memperhatikan ketersediaan lahan yang ada. Hal ini perlu diperhatikan karena pada daerah pemukiman padat lahan yang dapat dipergunakan sangat terbatas. Penampang saluran yang ideal sangat dipengaruhi oleh faktor bentuk penampang. Dengan Q banjir rencana yang ada, kapasitas penampang akan tetap walaupun bentuk penampang diubah- ubah, sehingga perlu diperhatikan bentuk penampang saluran yang stabil. Bentuk penampang saluran berdasarkan kapasitas saluran yaitu :

- a. Penampang tunggal trapesium



Gambar 2.11 Saluran bentuk trapesium (SNI 03-3424-1990).

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

m/detik.....

$$A = H (B + mH) \dots\dots\dots$$

$$P = B + 2H \sqrt{1+m^2} \dots\dots\dots$$

Q = Debit aliran (m³/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

m = Kemiringan penampang

n = Koefisien kekasaran manning

P = Keliling penampang basah (m)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

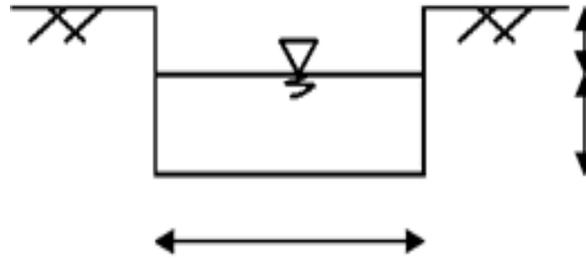
I = Kemiringan saluran

Menurut Suripin (2004:189) dalam bukunya yang berjudul Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, menyarankan kemiringan dinding saluran berdasarkan tanah seperti tabel 2.10 Di bawah ini :

Tabel 2.10 Kemiringan Dinding Saluran Berdasarkan Tipe Tanah

No	Tipe Tanah	Nilai m	
		Kedalaman Saluran Sampai 1,2 m	Kedalaman Saluran > 1,2 m
1	Turf	0	
2	Lempung keras	0,5	1
3	Geluh kelepungan dan geluh keliatan	1	1,5
4	Geluh kepasiran	1,5	2
5	Pasir	2	3

b. Penampang tunggal segi empat



Gambar 2.12 Saluran bentuk empat persegi panjang (SNI 03-3424-1990).

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.28)$$

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

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \text{ m/detik} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$A = B \times H \dots\dots\dots(2.31)$$

$$P = 2H + B \dots\dots\dots (2.32)$$

Keterangan :

Q	= Debit aliran (m ³ /dt)
V	= Kecepatan aliran (m/dt)
m	= Kemiringan penampang
n	= Koefisien kekasaran manning
P	= Keliling penampang basah (m)
A	= Luas penampang basah (m ²)
R	= Jari-jari hidrolis (m)
I	= Kemiringan saluran

2.5.2 Desain Saluran

Prosedur pelaksanaan dalam mendesain saluran drainase adalah sebagai berikut :

- Tentukan jenis penampang saluran yang akan digunakan, kemudian tentukan juga bahan material dari saluran yang akan dibuat
- Tetapkan kecepatan izin yang tergantung dari bahan saluran berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2.11 Kecepatan aliran yang diizinkan pada bahan dinding dan dasar saluran

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Ijin (m/dt)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung keras/kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Kerikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Beton-beton bertulang	1,50

(Sumber : SNI 03-3424-1994)

- Hitung luas penampang desain (A_d) dengan rumus :

$$A_d = \frac{Q}{V_{izin}}$$

- Hitung luas penampang ekonomis (A_e) berdasarkan kriteria penampang ekonomis dan menggunakan rumus yang sesuai dengan bentuk penampang.
Contoh : Untuk Penampang Persegi

$$A = b \times y \rightarrow b = 2y$$

$$A = 2y \times y = 2y^2$$

$$A_e = A_d$$

$$2y^2 = A_d$$

- c. Hitung Free Board (w)

$$W = \sqrt{0,5 \times y}$$

- d. Hitung kemiringan kemiringan saluran dengan menggunakan rumus :

1. Rumus Chezy

$$V = C \times \sqrt{R \times I}$$

Dengan :

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

C = Koefisien Chezy

R = Jari-jari Hidrolik

I = Kemiringan dasar saluran

Koefisien Chezy dapat dihitung melalui :

saluran N = Koefisien Kutter

- a. Rumus Bazin

$$C = \frac{157,6}{1,81} + \frac{m}{\sqrt{R}}$$

R = Jari- jari Hidrolik

I = Kemiringan dasar saluran

m = Koefisien Bazin

2. Rumus Manning – Gaukler – Strikler

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

Dengan :

n = Koefisien manning, berdasarkan tabel berikut

Tabel 2.12 Nilai Koefisien Manning

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
1	Saluran Buatan Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan Excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diledakan, ada tumbuh – tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran Berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
8	Saluran Alam Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak bergelombang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 tetapi ada timbunan atau Kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,033	0,045	0,050	0,055
11	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10 berbatu dan ada tumbuh - Tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no. 11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuh – tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080

15	Banyak tumbuh - tumbuhan	0,075	0,0100	0,0125	0,0150
16	Saluran Buatan, Beton atau Batu kali Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16 tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber : SNI 03-3424-1994)

2.6 Pengelolaan Proyek

Menurut H.Kurzner (1982), pengelolaan proyek atau manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisasikan, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk sasaran yang telah ditentukan.

2.6.1 Dokumen Tender

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan klien. Dokumen tender akan memberikan penjelasan kepada peserta lelang, karena terdiri dari sistem tender yaitu suatu cara yang dilakukan pemilik proyek untuk menjual pelaksanaan proyek tersebut agar dapat dilakukan dengan harga yang serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu sesingkat-singkatnya melalui sistem kompetisi. Adapun proyek tersebut dilaksanakan dengan sistem kontrak. Syarat-syarat atau ketentuan-ketentuan yang akan memberikan informasi dengan jelas. Oleh karena itu, setiap kontraktor yang mengikuti pelelangan harus memiliki dokumen proyek tersebut, karena hal ini akan mempengaruhi harga penawaran.

Dokumen proyek ini juga penting bagi semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek. Dokumen tender ini terdiri dari gambar kerja atau hal-hal lain yang harus diikuti dan dikerjakan dalam RKS. Adapun dokumen proyek ini, yaitu:

a) Rencana Kerja dan Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat administrasi berupa instruksi kepada penyedia jasa dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Instruksi ini berisi tentang informasi yang diperlukan oleh pelaksana-pelaksana kontraktor untuk menyiapkan penawarannya sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pengguna jasa. Informasi tersebut berkaitan dengan penyusunan, penyampaian, pembukaan, evaluasi penawaran dan penunjukan penyedia jasa.
- 2) Hal-hal berkaitan dengan pelaksanaan kontrak oleh penyedia jasa, termasuk hak, kewajiban, dan resiko dimuat dalam syarat-syarat umum kontrak. Apabila terjadi perbedaan penafsiran / pengaturan pada dokumen lelang, penyedia jasa harus mempelajari dengan seksama untuk menghindari pertentangan pengertian.
- 3) Data proyek memuat ketentuan, informasi tambahan, atau perubahan atas instruksi kepada pelaksana – kontraktor sesuai dengan kebutuhan paket pekerjaan yang akan dikerjakan.

RKS sebagai kelengkapan gambar kerja yang didalamnya memuat uraian tentang:

a. Syarat-syarat umum

Berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas dan pengawas bangunan.

- b. Syarat-syarat administrasi
 - Jangka waktu pelaksanaan
 - Tanggal penyerahan pekerjaan
 - Syarat-syarat pembayaran
 - Denda keterlambatan
 - Besarnya jaminan penawaran
 - Besarnya jaminan pelaksanaan
- c. Syarat-syarat teknis
 - Syarat dan jenis uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
 - Jenis dan mutu bahan yang digunakan

b) Gambar Kerja

Gambar kerja adalah gambaran acuan yang digunakan untuk merealisasikan antar ide ke dalam wujud fisik. Gambar kerja harus dipahami oleh semua personel yang terlibat dalam proses pembangunan fisik. Gambar kerja pun terdiri dari berbagai unsur, yang memuat informasi mengenai dimensi, bahan, dan warna.

c) Rencana Anggaran Biaya (*Bill of Quantity*)

Anggaran biaya merupakan salah satu unsur fungsi perencanaan proyek konstruksi. Penyusunan anggaran merupakan perencanaan secara detail perkiraan biaya bagian atau keseluruhan kegiatan proyek, yang selanjutnya digunakan untuk menerapkan fungsi pengawasan dan pengendalian biaya dan waktu pelaksanaan. Anggaran biaya proyek dapat didefinisikan sebagai perencanaan biaya yang akan dikeluarkan sehubungan adanya suatu proyek dengan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) tertentu, yang dihitung oleh *cost estimator* dan disetujui oleh pemberi tugas (pemilik).

Pada tahap perencanaan selain gambar rencana dan spesifikasi, konsultan perencana juga menghitung rencana anggaran biaya bangunan demikian juga kontraktor akan membuat rencana anggaran biaya (RAB) konstruksi untuk penawaran.

2.6.2 *Network Planning*

Metode Network Planning atau metode jaringan kerja di perkenalkan pada tahun 50 an oleh tim perusahaan dupont dan rand corporation untuk mengembangkan sistem kontrol manajemen. Badri (1983) menyatakan jaringan kerja (network planning) adalah satu model yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek, yang produknya berupa informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja yang bersangkutan. Dengan perencanaan jaringan kerja dapat dilakukan analisis terhadap jadwal waktu probabilitas selesainya proyek, biaya yang diperlukan dalam rangka mempercepat penyelesaian proyek, dan sebagainya

Metode ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan yang kompleks dalam masalah desain engineering, konstruksi, dan pemeliharaan. Metode ini relatif lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja di pandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode barchart, karena dapat memberikan jawaban atas pertanyaan pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode tersebut. Jaringan kerja merupakan metode yang mampu menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan proyek, dan selanjutnya dapat memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Soeharto, 1999)

Dalam penyusunan suatu jaringan kerja proyek, terdapat tiga unsur penting

1. Inventarisasi kegiatan proses inventarisasi kegiatan ini adalah pemecahan suatu proyek menjadi beberapa komponen utama proyek. Komponen utama ini selanjutnya dipecah lagi menjadi beberapa komponen, sehingga pada akhirnya di peroleh paket-paket pekerjaan. Proses ini dikenal dengannama work breakdown structure (WBS).
2. Logika ketergantungan pemecahan proyek menjadi paket – paket pekerjaan, harus memperhatikan urutan pekerjaan yang akan dilakukan. Pekerjaan yang mana yang mendahului, pekerjaan mana yang mengikuti dan pekerjaan mana yang dapat dilakukan bersamaan (tidak tergantung pd kegiatan lainnya)

3. Perkiraan waktu perkiraan waktu ini merupakan jangka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan. Waktu ini berhubungan dengan biaya proyek. Pada umumnya bila waktu pelaksanaan bertambah panjang, maka biaya proyek bertambah besar, hal ini disebabkan oleh biaya overhead yang bergantung pada waktu pelaksanaan.

Beberapa faktor yang menentukan lamanya kegiatan yaitu:

a. Volume pekerjaan

Suatu pekerjaan yang volumenya besar membutuhkan waktu pekerjaan yang lebih lama. Apabila ingin mempercepat pelaksanaan, biasanya diadakan penambahan tenaga kerja, waktu dan peralatan atau bisa juga dengan merubah metode pelaksanaan.

b. Tenaga kerja

Tenaga kerja sangat berpengaruh terhadap lamanya penyelesaian setiap kegiatan. Hal ini dikaitkan dengan produktifitas kerja para pekerja tersebut, yang dipengaruhi oleh :

1. Kualitas pengawasan
2. Kondisi alam disekitar proyek
3. Efisiensi rencana kerja
4. Kualitas tenaga kerja
5. Jumlah jam kerja per hari

c. Cuaca, cuaca yang buruk dapat mempengaruhi kecepatan penyelesaian proyek, juga dapat menurunkan kualitas hasil kerja.

d. Lokasi proyek berhubungan dengan kemudahan dan kesukaran dalam mendapatkan dan mentransformasikan sumber daya. Hal ini secara langsung mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek.

e. Prosedur perkiraan waktu

1. Setiap pekerjaan di evaluasi secara terpisah untuk setiap kegiatan. Perkiraan jumlah material, tenaga kerja, dan peralatan yang dipakai dapat diperkirakan berdasarkan pengalaman

2. Hitung durasi kegiatan dengan membagi volume kegiatan dengan produktifitas tenaga kerja dan peralatan. Biasanya durasi kegiatan dinyatakan dalam hari kerja.
3. Tambahan faktor ketidak pastian waktu terhadap durasi yang diperoleh. Fsktor ketidakpastian ini disebabkan oleh keterlambatan pelaksanaan.

Ada beberapa macam metode analisis jaringan kerja yang dapat digunakan dalam penjadwalan waktu proyek, antara lain (Soeharto, 1999) :

- a. Critical path method (CPM)
- b. Precedence diagraph method (PDM)
- c. Project evaluation and review technique (PERT)

Adapun istilah istilah yang digunakan dalam network diagram adalah sebagai berikut :

- a. Earliest Star Time (ES) adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat dimulai, dengan memperhitungkan waktu kegiatan yang diharapkan dan persyaratan urutan kegiatan
- b. Latest Star Time (LS) adalah waktu paling lambat untuk dapat memulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan proyek.
- c. Earlist Finish Time (EF) adalah waktu paling awal suatu kegiatan dapat diselesaikan.
- d. Latest Finish Time (LF) adalah waktu paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan.
- e. Duration (D) adalah kurun waktu kegiatan

2.3.1 Keuntungan Metode Network Planning

Menurut Drs. Sofwan Badri (1983) menyatakan secara umum langkah yang perlu ditempuh dalam pembuatan diagram jaringan kerja (network planning) adalah sebagai berikut :

1. Merumuskan visi (vision) dan tujuan (goals) dari proyek, visi dan tujuan proyek akan menjadi dasar perumusan kegiatan.

2. Mengidentifikasi pekerjaan yang harus diselesaikan pada proyek yang bersangkutan.
3. Mengidentifikasi urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengerjaan berlangsung secara sistematis.
4. Mengidentifikasi waktu pengerjaan setiap pekerjaan yang ada.
5. Membuat diagram pengerjaan proyek.
6. Menetapkan jalur kritis proyek.
7. Menghitung standar deviasi jalur kritis proyek.
8. Menghitung probabilitas penyelesaian proyek sesuai yang diminta oleh pemilik proyek.
9. Menghitung biaya nyata proyek.
10. Mengevaluasi alternatif percepatan yang mungkin

Adapun diagram network planning merupakan sebuah bagan yang sistematis dari kegiatan kegiatan serta kejadian kejadian di dalam melaksanakan proses produksi, dan dalam penggambarannya menggunakan simbol simbol.

a. Simbol anak panah (➔)

Simbol anak panah ini menunjukkan sebuah kegiatan atau aktifitas. Yang dimaksud kegiatan disini adalah segala tindakan yang memakan waktu tertentu dalam pemakaian atau penggunaan sejumlah material, tenaga kerja, serta peralatan produksi (resources) yang ada.

Perlu diketahui panjang pendeknya garis anak panah tersebut tidaklah menunjukkan atau tidak identik dengan jangka waktu yang dipergunakan oleh kegiatan tersebut. Oleh karena itu maka tidaklah perlu menggunakan skala dalam menggambarkan garis anak panah tersebut. Kepala anak panah menunjukkan arah jalur atau urutan proses produksi.

b. Simbol lingkatan (○)

Simbol lingkaran menunjukkan suatu kejadian (event), baik kejadian atas berakhir atau selesainya suatu kegiatan tertentu atau kejadian dimulainya kejadian yang lain jadi dalam hal ini berarti bahwa satu simbol lingkaran itu sekaligus menunjukkan dua buah kejadian yaitu, kejadian selesainya kegiatan yang satu serta dimulainya kegiatan yang lain.

c. Simbol anak panah terputus-putus / dummy (←—→)

Simbol anak panah yang terputus-putus menunjukkan kegiatan semu (dummy activity), yang di gunakan untuk memperbaiki logika ketergantungan dari gambar diagram network, jadi sebenarnya kegiatan tersebut tidak ada, akan tetapi hanya digunakan untuk mengalihkan arus abak panah guna memperbaiki kebenaran logika urutan kegiatan proses produksi. Jadi kegiatan semua memiliki 3 buah sifat, yaitu :

1. Waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan tersebut adalah relative sangat pendek dibandingkan dengan kegiatan biasa. Oleh karena itu maka kegiatan semu ini dianggap tidak memerlukan waktu.
2. Menentukan boleh tidaknya kegiatan selanjutnya dilakukan. Hal ini berarti bahwa apabila kegiatan semu itu belum selesai dikerjakan maka kegiatan selanjutnya belum boleh dimulai
3. Dapat mengubah jalur kritis.

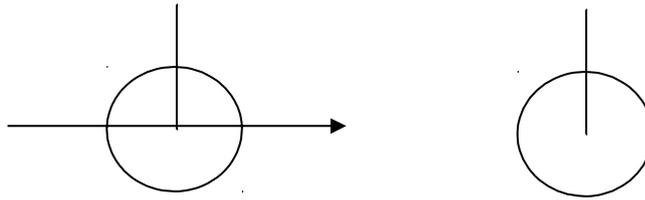
2.7 CPM (Critical Path Method)

CPM dikembangkan pada tahun 1957 oleh J.E.Kelly dari Remington rand dan M.R Walker dan dupont untuk membantu pembangunan dan pemeliharaan pabrik kimia di dupont. Solusi CPM yang di adopsi oleh kelly pada dasarnya berasal dari “Linear Programming” dan menggunakan notasi “I-J” untuk menggambarkan hubungan antar kegiatan. Sekarang ini penjadwalannya dengan menggunakan CPM sudah jarang dijumpai, dan pada umumnya hanya ditemukan di paper-paper akademik yang perhitungannya dilakukan secara manual.

2.7.1 Teknik Perhitungan CPM

Activity on arrow atau sering disebut dengan CPM (*Critical Path Method*) terdiri atas anak panah dan lingkaran /segi empat. Anak panah menggambarkan kegiatan atau aktifitas, sedangkan lingkaran / segi empat menggambarkan kejadian (event). Kejadian (event) diawal anak panah disebut “I”, sedangkan kejadian (event) di akhir anak panah disebut “J” (Badri, 1983).

Setiap activity on arrow merupakan satu kesatuan dari seluruh kegiatan sehingga kejadian (event) ‘J’ kegiatan sebelumnya juga merupakan kejadian (event) ‘I’ kegiatan berikutnya.



(Sumber : Husen, 2008 : 139)

Dimana :

i, j = Nomor peristiwa

X = Nama kegiatan

EET = Earliest Event time (Saat paling Awal kegiatan)

LET = Latest Event Time (Saat paling lambat kegiatan)

Y = Durasi kegiatan

E = Earliest start Time (Saat paling cepat untuk mulai kegiatan)

EF = Earliest Finish Time (Saat paling cepat untuk akhir kegiatan)

LS = Latest Start Time (Saat paling lambat untuk mulai kegiatan)

LF = Latest finish Time (Saat paling lambat Untuk akhir kegiatan)

Metode ini mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Diagram network dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambar kegiatan dan node-nya menggambarkan peristiwanya/event. Node pada permulaan anak panah di tentukan sebagai I-Node, sedangkan pada akhir anak panah ditentukan sebagai J-Node
- b. Menggunakan perhitungan maju untuk memperoleh waktu mulai paling awal (EET_i) pada I-Node dan waktu mulai paling awal (EET_j) pada J-Node dari seluruh kegiatan bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi adalah = 0. Adapun perhitungannya adalah : $EET_j = EET_i + \text{Durasi } X$.

Menggunakan perhitungan mundur untuk memperoleh waktu selesai paling lambat (LET_i) pada I-Node dan waktu selesai paling lambat

(LET_j) pada J-Node dari seluruh kegiatan dengan mengambil nilai minimumnya. Adapun perhitungannya adalah : $LET_i = LET_j - \text{Durasi } X$

- c. Diantara dua peristiwa tidak boleh ada 2 kegiatan, sehingga untuk menghindarinya digunakan kegiatan semu atau dummy yang tidak mempunyai durasi.
- d. Menggunakan CPM (Critical path method) atau metode lintasan kritis, di mana pendekatan yang dilakukan deterministik hanya menggunakan satu jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan kumpulan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai Total Float) $TF = 0$
- e. Float : batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat di manfaatkan untuk optimisi waktu dan alokasi sumber daya.