

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Drainase

2.1.1 Pengertian Drainase

Drainase (drainage) yang berasal dari kata kerja ‘to drain‘ yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, adalah terminologi yang digunakan untuk menyatakan sistem-sistem yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. (*Halim Hasmar (2012;1)*)

Serta sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat difungsikan secara optimal. drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. (*Dr. Ir. Suripin, M. Eng. (2004; 7)*)

Dari sudut pandang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat dalam rangka menuju lingkungan yang aman, nyaman, bersih dan sehat.

2.2 Jenis – Jenis dan Pola – Pola Drainase

2.2.1 Jenis – Jenis Drainase

Drainase dibedakan menjadi beberapa bagian, yaitu :

a. Menurut Konstruksinya

1. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran alami atau buatan yang memiliki permukaan bebas pada tekanan atmosfer. Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui suatu pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas) masih termasuk aliran melalui saluran terbuka. (*Triatmodjo, 2003*)

2. Saluran Tertutup

Drainase tertutup adalah saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfir). Saluran drainase tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu keindahan. Saluran ini untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini sangat bagus digunakan di daerah perkotaan terutama dengan tingkat kepadatan penduduk yang sangat tinggi seperti kota metropolitan dan kota – kota besar lainnya. (*Ir. H. A. Halim Hasmar M. T : 2004*)

b. Menurut Letak Saluran

1. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

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

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

Yaitu drainase yang dibuat untuk mengalirkan air yang meresap ke dalam permukaan tanah (bawah permukaan). Dikarenakan antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, tanam dan lain – lain.

c. Menurut Sejarah Terbentuknya

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

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

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

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

d. Menurut Fungsi

1. Single Purpose

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

2. Multi Purpose

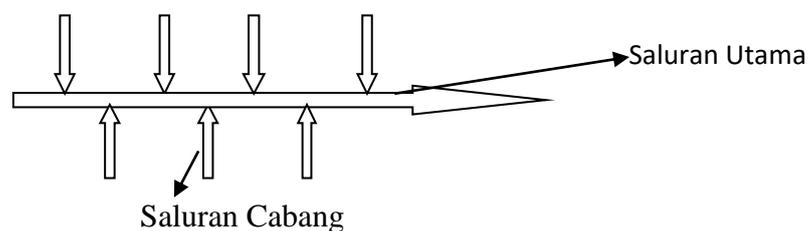
Yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air baik secara bercampur maupun bergantian.

2.2.2 Pola – Pola Drainase

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

a. Siku

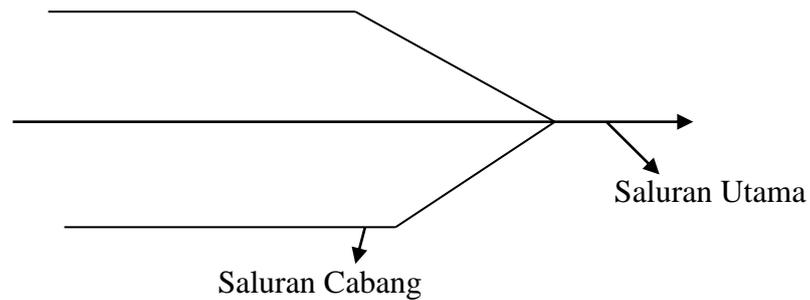
Pola ini dibuat pada daerah yang mempunyai topografi yang sedikit lebih tinggi dari sungai, sungai sebagai saluran pembuangan akhir berada pada kota.



Gambar 2.1 Pola Siku

b. Paralel

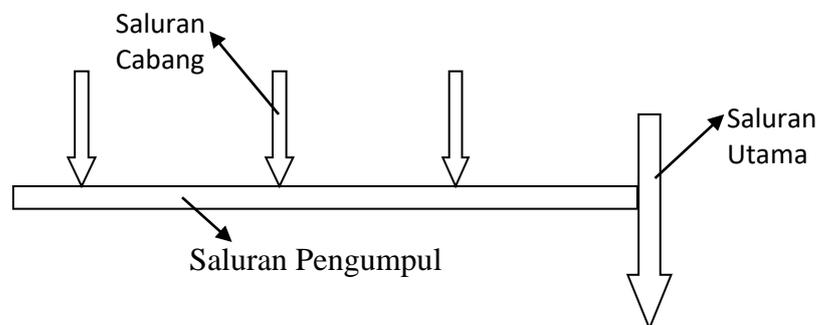
Pola tersebut saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak, apabila terjadi perkembangan kota saluran dapat menyesuaikan.



Gambar 2.2 Pola Paralel

c. Grid Iron

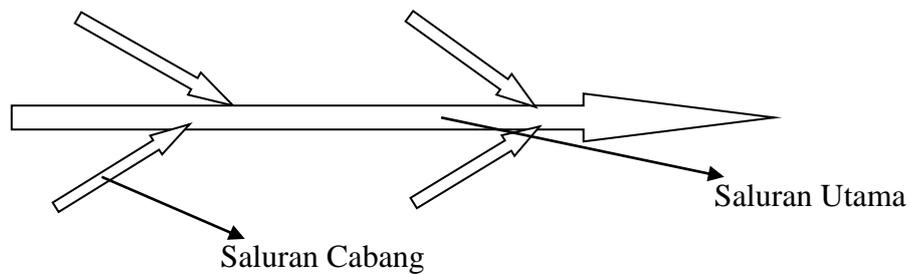
Daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran – saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.3 Pola Grid Iron

d. Alamiah

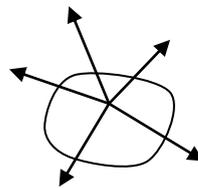
Pola ini sama seperti pola siku, hanya saja beban sungai pola ini lebih besar.



Gambar 2.4 Pola Alamiah

e. Radial

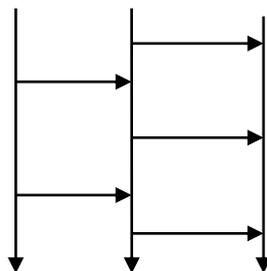
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.5 Pola Radial

f. Jaring – Jaring

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



Gambar 2.6 Pola Jaring – Jaring

2.3 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.

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 aliran – aliran yang tergabung antara aliran permukaan, aliran tertunda pada cekungan – cekungan dan aliran bawah permukaan (*sub surface flow*).

2.3.1 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 meteorology dan karakteristik daerah tangkapan saluran atau daerah aliran sungai (DAS).

a. Faktor Meteorologi

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

1. Intensitas Hujan

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

2. Durasi Hujan

Total limpasan dari suatu hujan berkaitan langsung dengan durasi hujan dengan intensitas tertentu. Setiap DAS mempunyai satuan durasi hujan atau lama hujan kritis. Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari

lamanya hujan kritis, maka lamanya limpasan akan sama dan tidak tergantung pada intensitas hujan.

3. Distribusi Curah Hujan

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

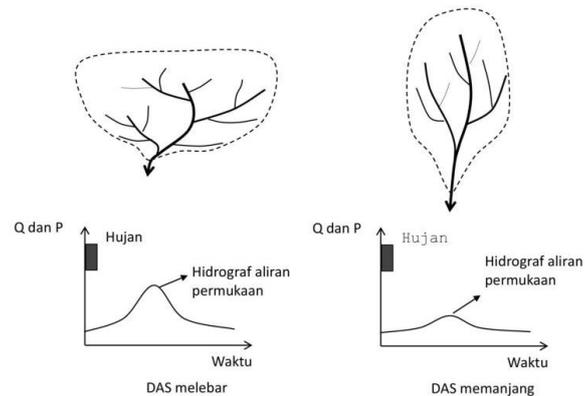
b. Karakteristik DAS

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

1. Luas dan bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi, apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luas DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik control (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.



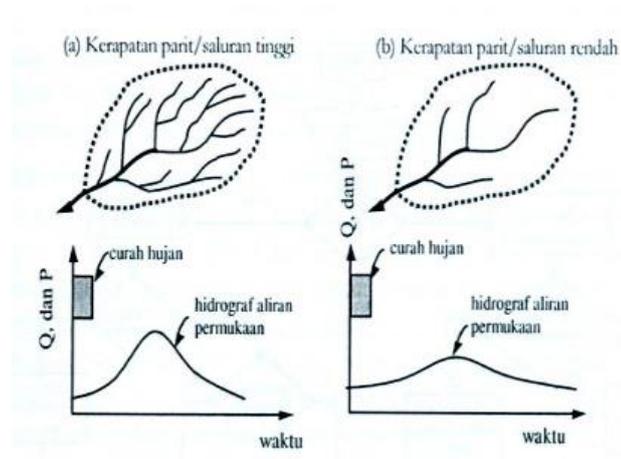
Gambar 2.7 Pengaruh bentuk DAS pada aliran permukaan

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 control 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 control ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air di hulu sudah tiba sebelum aliran dari air mengecil/habis.

2. 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 cekung – cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga membesar laju aliran permukaan.



Gambar 2.8 Pengaruh kerapatan parit/saluran pada hidrograf aliran permukaan.

3. Tata Guna Lahan

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

Tabel 2.1 Koefisien Limpasan

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,7 – 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,4 – 0,7
3.	Bahu jalan	
	Tanah berbutir halus	0,4 – 0,65
	Tanah berbutir kasar	0,1 – 0,2
	Batuan massif keras	0,7 – 0,85
	Batuan massif lunak	0,6 – 0,75
4.	Daerah perkotaan	0,7 – 0,95
5.	Daerah pinggir kota	0,6 – 0,7

6.	Daerah industry	0,6 – 0,9
7.	Pemukiman padat	0,4 – 0,6
8.	Pemukiman tidak padat	0,4 – 0,6
9.	Tanam dan kebun	0,2 – 0,4
10.	Persawahan	0,45 – 0,6
11.	Perbukitan	0,7 – 0,8
12.	Pegunungan	0,75 – 0,9

(Suripin : 2004)

2.4 Analisis Hidrologi

2.4.1 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa ekstrem berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi probabilitas. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang merupakan waktu hipotetik dimana suatu hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak tergantung bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

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

- 1) Distribusi Normal
- 2) Distribusi Log Normal
- 3) Distribusi Log Person III
- 4) Distribusi Gumbel

2.4.2 Distribusi Gumble

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya analisis frekuensi banjir. Rumus – rumus yang digunakan dalam menghitung curah hujan rancangan dengan metode Gumble adalah sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + \frac{Yt - Yn}{\sigma n} S$$

Dimana :

X = Curah hujan rancangan dengan kala ulang T tahun

\bar{X} = Nilai rata aritmatik hujan kumulatif

S = Standar deviasi

Yt = Variasi yang merupakan fungsi dari kala ulang

Yn = Nilai yang tergantung pada “n”

σn = Standar deviasi yang merupakan fungsi dari “n”

Tabel 2.2 Reduced Standard Deviation (σn)

N	Σn	N	Σn						
10	0,9497	31	1,1159	52	1,1638	73	1,1881	94	1,2023
11	0,9676	32	1,1193	53	1,1653	74	1,1890	95	1,2038
12	0,9833	33	1,1226	54	1,1667	75	1,1898	96	1,2044
13	0,9972	34	1,1255	55	1,1681	76	1,1906	97	1,2049
14	1,0098	35	1,1285	56	1,1696	77	1,1915	98	1,2055
15	1,0206	36	1,1313	57	1,1708	78	1,1923	99	1,2060
16	1,0316	37	1,1339	58	1,1721	79	1,1930	100	1,2065
17	1,0411	38	1,1363	59	1,1734	80	1,1938		
18	1,0493	39	1,1388	60	1,1747	81	1,1945		
19	1,0566	40	1,1413	61	1,1759	82	1,1953		
20	1,0629	41	1,1436	62	1,1770	83	1,1959		
21	1,0696	42	1,1458	63	1,1782	84	1,1967		
22	1,0754	43	1,1480	64	1,1793	85	1,1973		
23	1,0811	44	1,1490	65	1,1803	86	1,1980		
24	1,0864	45	1,1518	66	1,1814	87	1,1987		
25	1,0914	46	1,1538	67	1,1824	88	1,1994		

26	1,0961	47	1,1557	68	1,1834	89	1,2001		
27	1,1004	48	1,1574	69	1,1844	90	1,2007		
28	1,1047	49	1,1590	70	1,1854	91	1,2013		
29	1,1086	50	1,1607	71	1,1863	92	1,2020		
30	1,1124	51	1,1623	72	1,1873	93	1,2026		

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.3 Reduced Mean (Yn)

N	Σn	N	Σn						
10	0,4952	31	0,5371	52	0,5493	73	0,5555	94	0,5592
11	0,4996	32	0,538	53	0,5497	74	0,5557	95	0,5593
12	0,5035	33	0,5388	54	0,5501	75	0,5559	96	0,5595
13	0,507	34	0,5396	55	0,5504	76	0,5561	97	0,5596
14	0,51	35	0,54	56	0,5508	77	0,5563	98	0,8898
15	0,5128	36	0,541	57	0,5511	78	0,5565	99	0,5599
16	0,5157	37	0,5418	58	0,5515	79	0,5567	100	0,56
17	0,5181	38	0,5424	59	0,5518	80	0,5569		
18	0,5202	39	0,543	60	0,5521	81	0,557		
19	0,522	40	0,5463	61	0,5524	82	0,5572		
20	0,5236	41	0,5442	62	0,5527	83	0,5574		
21	0,5252	42	0,5448	63	0,553	84	0,5576		
22	0,5268	43	0,5453	64	0,5533	85	0,5578		
23	0,5283	44	0,5458	65	0,5535	86	0,558		
24	0,5296	45	0,5468	66	0,5538	87	0,5581		
25	0,53	46	0,5468	67	0,554	88	0,5583		
26	0,582	47	0,5473	68	0,5543	89	0,5585		
27	0,5882	48	0,5477	69	0,5545	90	0,5586		
28	0,5343	49	0,5481	70	0,5548	91	0,5587		
29	0,5353	50	0,5485	71	0,555	92	0,5589		
30	0,5363	51	0,5489	72	0,5552	93	0,5592		

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

Tabel 2.4 Reduced Variate (Yt)

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

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

2.5 Perencanaan Saluran Drainase

Saluran drainase harus direncanakan untuk dapat melewati debit rencana dengan aman. Perencanaan teknis saluran drainase mengikuti tahap – 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 di atas tidak berdiri sendiri – sendiri, tetapi saling kait – mengkait, 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, dan lain – lain. Tabel berikut menyajikan standar desain saluran berdasarkan “Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis”.

Tabel 2.5 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 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, dan lain – lain.

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 didesain 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.
- c. 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.

2.6 Distribusi Log Pearson Tipe III

Parameter penting dalam Log Pearson Type III ada, tiga yaitu :

1. Harga rata – rata (*Mean*)
2. Simpangan Baku (*Standard Deviation*)
3. Koefisien Kemiringan (*Skewness*)

Prosedur Perhitungan :

Mengubah data debit / hujan sebanyak n buah ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) menjadi **Log X_1 , Log X_2 , Log X_3, \dots , Log X_n**

Menghitung Harga Rata – Rata :

$$\overline{\log x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log} x_i$$

Menghitung Harga Simpangan Baku (log) :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{log} x_i - \overline{\log x})^2}$$

Menghitung Koefisien Kemiringan (log) :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (\text{log} x_i - \overline{\log x})^3$$

Menghitung Nilai Ekstrem :

$$\text{Log} x = \overline{\log x} + G \cdot S$$

Mencari antilog dari LogX untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang dikehendaki.

Tabel 2.6 Nilai G Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

Koef.	Kala Ulang											
	1.0101	1.0525	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
Cs	Kemungkinan Terjadinya Banjir (%)											
	99.00	95.00	90.00	80.00	50.00	20.00	10.00	4.00	2.00	1.00	0.50	0.10
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.824	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670	3.325
0.2	-2.175	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.060	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.6	-1.880	-1.258	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.7	-1.806	-1.427	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.250
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.006	2.585	3.087	3.575	4.680
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.3	-1.388	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745	4.965
1.4	-1.318	-1.163	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910	5.250
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069	5.525
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223	5.785
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910

2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372	6.055
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454	6.200
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515	6.333
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.467
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.6	0.769	-0.762	0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.730
2.7	0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	3.932	4.783	6.860
2.8	0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.990
2.9	0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	2.195	2.277	3.134	4.013	4.909	7.120
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250

(Soemarto, 1999)

2.7 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Curah hujan wilayah yang diperhitungkan dengan :

a. Cara rata – rata aljabar

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

Rumus yang digunakan :

$$R = \frac{R_1}{n} + \frac{R_2}{n} + \frac{R_3}{n} + \dots + \frac{R_n}{n}$$

Dimana :

R = Tinggi curah hujan rata – rata

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,..., n

n = Banyaknya pos penakar

b. Analisis Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Dalam menentukan debit banjir rencana (design flood), perlu didapatkan harga sesuatu intensitas curah hujan terutama bila dipergunakan metode ratio. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan (mm/ jam), artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam. Intensitas curah hujan dapat dihitung dari

data curah hujan harian dengan menggunakan rumus Dr. Mononobe, sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^n$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 1 hari (mm/jam)

tc = Waktu konsentrasi (jam)

n = Tetapan (n = 2/3)

Catatan : faktor kala ulang dimasukkan pada R_{24}

Tabel 2.7 Nilai Koefisien Hambatan (nd)

Kondisi Lapisan Permukaan	nd
Lapisan semen dan aspal beton.	0,013
Permukaan licin dan kedap air.	0,020
Permukaan licin dan kokoh.	0,1
Tanah dengan rumput tipis dan gundul Dengan permukaan sedikit kasar.	0,2
Padang rumput.	0,4
Hutan gundul.	0,6
Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat.	0,8

(Sumber :Tata Cara Perencanaan Drainase, Standard Nasional Indonesia (SNI 03 – 3424 – 1994)

Tabel 2.8 Nilai Kecepatan Izin Berdasarkan Jenis Saluran

No	Jenis Bahan	Vizin (m/det)
1	Pasir halus	0,45
2	Lempung kepasiran	0,5
3	Lahan alluvial	0,6
4	Kerikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	1,1
6	Lempung padat	1,2
7	Batu – batu besar	1,5
8	Pasangan bata	1,5
9	Beton	1,5

(Sumber :Tata Cara Perencanaan Drainase, Standard Nasional Indonesia (SNI 03 – 3424 – 1994)

2.8 Debit Rancangan

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

Debit air yang disalurkan diambil pada rencana debit banjir yang besar, sebagai dasar untuk perhitungan ukuran bangunan yang direncanakan. Ini untuk menghindari terjadinya kerusakan bangunan akibat debit air yang berlebihan, juga perencanaan bangunan yang bersifat ekonomis. Debit banjir yang terjadi pada suatu area tergantung dari kondisi area tersebut. Pada area yang masih alami besarnya debit banjir cenderung lebih kecil dibandingkan area yang sudah dikembangkan pada kondisi kemiringan lahan yang sama.

Debit aliran yang akan digunakan untuk menghitung dimensi saluran didapatkan dari debit yang berasal dari limpahan air hujan dan debit air limbah rumah tangga, dengan rumus :

$$Q_{total} = Q_{air\ hujan} + Q_{air\ limbah\ rumah\ tangga} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

2.9 Debit Air Hujan

Perhitungan debit banjir rancangan dihitung pada setiap sub daerah tangkapan. Untuk tiap segmen dihitung dengan metode rasional. Penggunaan metode rasional untuk menentukan debit banjir rancangan dengan A (luas area) dalam satuan Km.

Rumus debit banjir metode rasional :

$$Q = 0,278 CIA$$

Keterangan :

Q = Debit limpasan (m³/detik)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

C = Koefisien limpasan

Tabel 2.9 Koefisien Pengaliran C

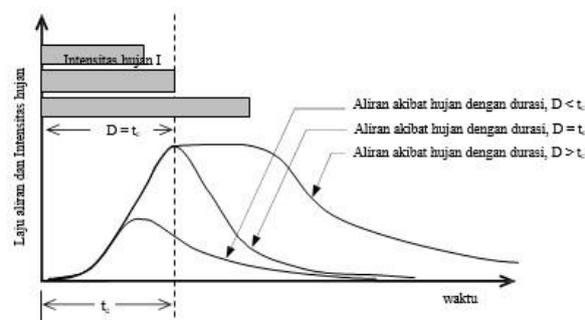
No	Kondisi Permukaan Tanah	C
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3.	Bahu jalan dari tanah berbutir halus	0,40 – 0,55
4.	Bahu jalan dari tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
5.	Bahu jalan dari tanah berbutir keras	0,70 – 0,85
6.	Bahu jalan dari tanah berbutir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

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

Metode rasional dikembangkan dengan asumsi bahwa :

- 1) Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam jangka waktu tertentu, setidaknya sama dengan waktu konsentrasi.
- 2) Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas tetap, sama dengan waktu konsentrasi.
- 3) Koefisien run off dianggap tetap selama durasi hujan.
- 4) Luas DAS tidak berubah selama durasi hujan.

Jika asumsi terpenuhi maka hujan dan aliran permukaan DAS dapat digambarkan pada grafik berikut :



Gambar 2.9 Hubungan curah hujan dengan aliran air permukaan untuk durasi yang berbeda.

Bila daerah pengaliran terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai c yang berbeda, harga c rata – rata ditentukan dengan persamaan sebagai berikut : (Suripin : 2004)

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n CiAi}{\sum_{i=1}^n Ai}$$

Dimana :

C_i = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan jenis permukaan i

A_i = Luas daerah pengaliran sesuai dengan kondisi permukaan i

n = Jumlah kondisi permukaan

Tabel 2.10 Nilai Faktor Maksimum dan Faktor Puncak

Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Faktor Maksimum (Fm)	Faktor Puncak (Fp)
Metro	> 1000000	1,1	1,5
Besar	500000 – 1000000	1,1	1,5
Sedang	100000 – 500000	1,1	1,5
Kecil	20000 – 100000	1,1	1,5
Desa	< 20000	1,1	1,5

(Sumber : (Ditjen PU, 1998)

2.10 Debit Air Kotor

Debit air kotor adalah debit yang berasal dari hubungan aktivitas penduduk seperti amndi, cuci dan lain – lain baik dari lingkungan rumah tangga, bangunan (fasilitas) umum atau instansi, bangunan komersial dan sebagainya.

Tabel 2.11 Pembuangan Limbah Cair Rata – rata Orang Per Hari

Jenis Bangunan	Volume Limbah Cair (liter/orang/hari)	Beban BOD (gram/orang /hari)
Daerah Perumahan :		
Rumah besar untuk keluarga tunggal.	400	100
Rumah tipe tertentu untuk keluarga tunggal.	300	80
Rumah untuk keluarga ganda (rumah susun).	240 – 300	80
Rumah kecil (cottage).	200	80
(Jika dipasang penggilingan sampah, kalikan BOD dengan faktor 1,5)		
Perkemahan dan Motel :		
Tempat peristirahatan mewah.	400 – 600	100

Tempat parker rumah berjalan (mobile home).	200	80
Kemah wisata dan tempat parker trailer.	140	70
Hotel dan motel.	200	50
Sekolah :		
Sekolah dengan asrama.	300	80
Sekolah siang hari dengan kafetaria.	80	30
Sekolah siang hari tanpa kafetaria.	60	20
Restoran :		
Tiap pegawai.	120	50
Tiap langganan.	25 – 40	20
Tiap makanan yang disajikan.	15	12
Terminal Transportasi :		
Tiap pegawai.	60	25
Tiap penumpang.	20	10
Rumah Sakit.	600 – 1200	30
Kantor.	60	25
Teater mobil (drive in theatre), per empat duduk.	20	10
Bioskop per tempat duduk.	10 – 20	10
Pabrik, tidak termasuk limbah cair industri dan kafetaria.	60 – 120	25

(Soeparman dan Suparmin, 2001)

2.11 Perencanaan Hidrolika

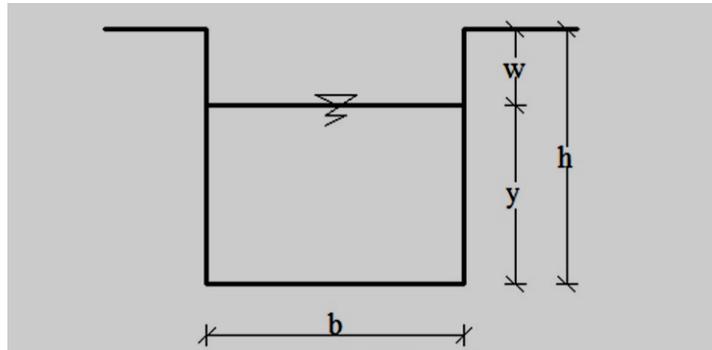
Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Jika pada aliran tidak terdapat permukaan bebas dan aliran dalam saluran penuh, maka aliran yang terjadi disebut aliran dalam pipa (*pipe flow*) atau aliran tertekan (*pressurized flow*).

2.11.1 Bentuk / Desain Saluran Drainase

Bentuk drainase permukaan yang direncanakan pada Perencanaan saluran drainase ini adalah berbentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berdampak dengan biaya yang lebih mahal, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tampung yang tidak memadai. Adapun Saluran yang memadai :

(Sumber ; <http://repository.lppm.unila.ac.id>)

a. Saluran Persegi



Gambar 2.10 Saluran Persegi

Rumus :

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= b \times h \\ &= 2h \times h \\ &= 2h^2 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling basah (P)} &= b + 2h \\ &= 2h^2 + 2h \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari – jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{bh}{b+2h} \\ &= \frac{2h^2}{2h+2h} \end{aligned}$$

Keterangan :

W = Tinggi jagaan (m)

A = Luas penampang basah (m²)

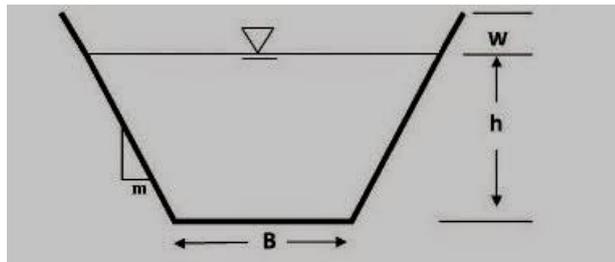
b = Lebar dasar saluran (m)

y = Tinggi air dari dasar saluran (m)

h = Kedalaman saluran (m)

b. Saluran Trapesium

Pada umumnya saluran terbuat dari galian tanah saja, akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu cor beton. Saluran ini dapat menampung dan menyalurkan limpasan air dengan debit yang besar.



Gambar 2.11 Saluran Trapesium

Rumus :

Penampang untuk menghitung luas penampang basah (A)

$$A = (B + mh) h$$

Persamaan untuk menghitung keliling basah (P)

$$P = B + 2h (m^2 + 1)^{0,5}$$

Persamaan untuk menghitung jari – jari hidrolis (R)

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

Keterangan :

W = Tinggi jagaan (m)

h = Tinggi muka air (m)

B = Lebar dasar saluran (m)

m = Kemiringan dinding saluran (%)

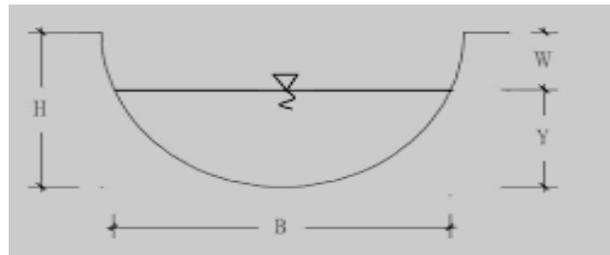
A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari – jari hidrolis (m)

P = Keliling basah saluran

c. Saluran Lingkaran

Saluran ini berfungsi sebagai saluran air hujan dan buangan rumah tangga. Saluran ini dapat dibuat dari cor beton atau cor bertulang dengan cetakan yang telah tersedia.



Gambar 2.12 Saluran Lingkaran

Rumus :

$$A = \frac{1}{2} \pi r^2$$

$$P = \pi r$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{2} \pi r^2}{\pi r} = \frac{r}{2}$$

Keterangan :

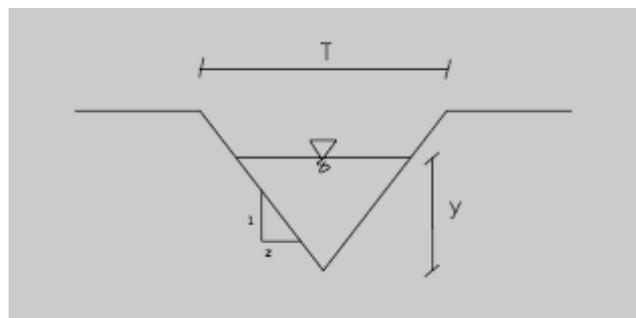
W = Tinggi jagaan (m)

H = Tinggi kedalaman saluran (m)

y = Tinggi air dasar saluran (m)

B = Lebar saluran (m)

d. Saluran Segitiga



Gambar Saluran Segitiga

Rumus :

$$A = \frac{1}{2} \times T \times y$$

Keterangan :

T = Lebar Saluran (m)

A = Luas Penampang Saluran (m²)

y = Tinggi air didalam saluran (m)

$\frac{1}{2}$ = Kemiringan dinding saluran (%)

Tabel 2.12 Desain Saluran Berdasarkan Kecepatan Izin

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

(Sumber : H. M. Halim Hasmar, 2011)

2.11.2 Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran ialah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran. Kemiringan dasar saluran adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi, serta tinggi tekanan diperlukan untuk adanya pengaliran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Kemiringan dasar saluran maksimum yang diperbolehkan adalah 0.005 – 0.008 tergantung pada saluran yang digunakan. Kemiringan yang lebih curam dari 0.002 bagi tanah lepas sampai dengan 0.005 untuk tanah padat akan menyebabkan erosi (penggerusan).

Tabel 2.13 Hubungan Kemiringan Berdasarkan Jenis Material

Jenis Material	Kemiringan Saluran I(%)
Tanah asli	0 – 5
Kerikil	5 – 7,5
Pasangan	7,5

(Sumber : H. M. Halim Hasmar, 2011)

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

Tabel 2.14 Hubungan Debit Air Dengan Kemiringan Saluran

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

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

Tabel 2.15 Hubungan Kemiringan Saluran Dengan Kecepatan Rata – Rata Aliran

Kemiringan Saluran I (%)	Kecepatan Rata – Rata V (m/s)
< 1	0,4
1 – 2	0,6
2 – 4	0,9
4 – 6	1,2
6 – 10	1,5
10 – 15	2,4

(Sumber : H. M. Halim Hasamar, 2011)

Tabel 2.16 Koefisien Kekasaran Manning

Type Saluran	Kondisi		
	Baik	Cukup	Buruk
Saluran Buatan :			
1. Saluran tanah lurus beraturan	0,020	0,023	0,25
2. Saluran tanah digali biasanya	0,028	0,030	0,025
3. Saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan	0,040	0,045	0,045
4. Saluran batuan, lurus beraturan	0,030	0,035	0,035
5. Saluran batuan, vegetasi pada sisinya	0,030	0,035	0,040
6. Dasar tanah, sisa batuan koral	0,030	0,030	0,040
7. Saluran berliku – liku, kecepatan rendah	0,025	0,028	0,030
Saluran Alam :			
1. Bersih, lurus tetapi tanpa pasif dan tanpa celah	0,028	0,030	0,033
2. Berliku, bersih tetapi berpasif dan berlubang	0,035	0,040	0,045
3. Tidak dalam dan kurang beraturan	0,045	0,050	0,065
4. Aliran lambat, banyak tanaman dan lubang dalam.	0,060	0,070	0,080
5. Tumbuh tinggi dan padat	0,100	0,125	0,150
Saluran Dilapisi :			
1. Batu kosong tanpa adukan semen	0,030	0,033	0,035
2. Dengan adukan semen	0,020	0,025	0,030
3. Lapisan beton sangat halus	0,011	0,012	0,013
4. Lapisan beton biasa dengan tulangan	0,014	0,014	0,015

baja	0,016	0,016	0,018
5. Tetapi tulangan kayu			

(Sumber : Drainase Perkotaan Gunadarma : 1997)

2.11.3 Manning

Persamaan Manning merupakan rumus yang banyak digunakan untuk menghitung kapasitas aliran saluran terbuka dengan mengukur kecepatan aliran dan menghitung koefisien kekasaran Manning. Dengan Rumus :

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

2.12 Pengelolahan Proyek

2.12.1 Uraian Rencana Kerja (*Network Planning*)

A. *Network Planning*

Networking planning prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian, diketahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu lembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi. Banyak nama digunakan Networking Planning atau sejenisnya, antara lain :

- a) CMD : *Chart Method Diagram*
- b) PEP : *Program Evaluation Prosedure*
- c) CPA : *Critical Path Analysis*
- d) CPM : *Critical Path Method*
- e) PERT : *Program Evaluation and Review Technique*

Penggunaan nama di atas tergantung dibidang mana hal tadi digunakan, umumnya yang sering dipakai CPM dan PERT, misalnya CPM digunakan kontraktor – kontraktor, sedangkan PERT dibidang Research dan Design. Walaupun demikian keduanya mempunyai konsep yang hampir sama.

B. Keuntungan Penggunaan *Network Planning* dalam Tata Laksana Proyek

1. Merencanakan, scheduling dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga mendetail dari proyek.
3. Mendokumen dan mengkomunikasikan rencana scheduling (waktu) dan alternatif – alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur – jalur kritis saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

C. Data – Data yang Diperlukan dalam Menyusun *Network Planning*

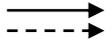
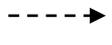
1. Urutan pekerjaan yang logis : harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan lebih dahulu sebelum pekerjaan yang lain dimulai dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.
2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan : Biasanya memakai waktu rata – rata berdasarkan pengalaman bekerja dalam proyek.
3. Biaya untuk mempercepat setiap pekerjaan : ini berguna bila pekerjaan – pekerjaan yang ada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai. Misalnya; biaya – biaya lembur, biaya menambah tenaga dan sebagainya.
4. Sumber – sumber : tenaga, equipment, dan material yang diperlukan.

D. Simbol – Simbol Dengan *Network Planning*

1. *Event on The Node*, peristiwa digambarkan dalam lingkaran.
2. *Activity on The Node*, kegiatan digambarkan dalam lingkaran.

E. Simbol – Simbol Diagram *Network Planning*

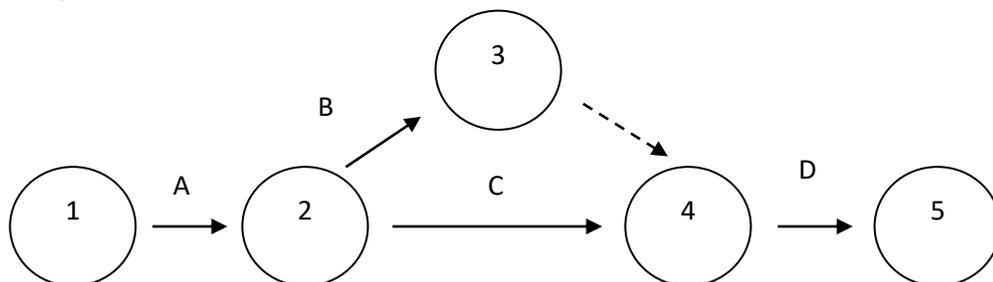
1. *Arrow* \longrightarrow : Bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatannya adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana dan resources (tenaga, *equipment*, *material* dan biaya) tertentu.
2. *Node* \bigcirc : Bentuknya merupakan lingkaran bulat artinya saat, peristiwa atau kegiatannya adalah permulaan atau akhir dari semua atau lebih kegiatan.

3. *Double Arrow*  :Bentuk anak panah sejajar yang merupakan kegiatan di lintasan kritis.
4. *Dummy*  :Bentuknya merupakan anak panah terputus – putus yang artinya kegiatan semu / aktivitas semu, tidak membutuhkan duration dan resources tertentu.

F. Hal yang perlu diingat dalam Menggambarkan Diagram Network Planning

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak kegiatan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
2. Aktifitas – aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas – aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas – aktifitas apa yang dapat bersama – sama dikerjakan.
4. Aktifitas – aktifitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
5. Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktifitas – aktifitas itu.
6. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
7. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu kegiatan.

Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan – urutan waktu.

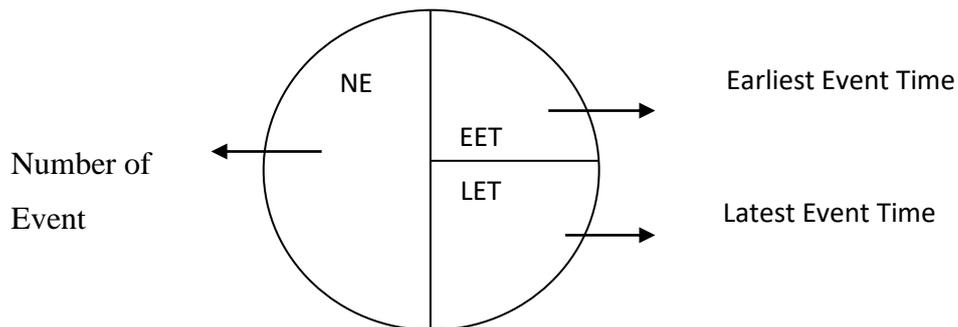


Gambar 2.14 Network Planning

G. Penanggunaan EET dan LET pada Network Planning untuk Menentukan Lintasan Kritis (Critical Path)

a. Penggambaran NE, EET dan LET

Event dengan simbol lingkaran, pertama – tama kita menjadi 3 bagian seperti terlihat dalam gambar, dibawah ini :



1. NE (Number of Event) adalah indeks urut dari tiap peristiwa sejak mula sampai dengan akhir dalam satuan diagram Network. Pembagian nomor kejadian dimulai dari angka 0 atau 1, kemudian diikuti pemberian nomor event yang lain pada dasarnya sejalan dengan arah panah yang dimulai angka terkecil ke angka lebih besar dan diakhiri nomor terbesar untuk kejadian terakhir.
2. EET (Earliest Event Time) adalah waktu yang paling awal peristiwa itu dapat dikerjakan. Cara mencarinya (metode algoritma) : Mulai dari awal bergerak ke kegiatan akhir dengan jalan menjumlahkan yaitu EET ditambah durasi. Bila pada suatu kegiatan bertemu 2 atau lebih kegiatan, EET yang dipakai waktu.
3. LET (Lastest Event Time) adalah waktu yang paling akhir peristiwa itu dikerjakan. Cara mencarinya (metode algoritma) : Mulai dari kejadian akhir bergerak mundur ke kejadian nomor 1 dengan jalan mengurangi, yaitu antara LET dikurangi durasi. Bila pada suatu kegiatan berasal 2 atau lebih kegiatan, LET yang dipakai waktu yang terkecil.

(Sumber :<http://repository.untag-sby.ac.id>)

Untuk menggambarkan Kurva S dapat diasumsikan biaya setiap item terdistribusi secara merata selama durasinya. Kondisi ini tidak selamanya benar, karena secara merata selama durasinya. Kondisi ini tidak selamanya benar, karena dimungkinkan suatu item pekerjaan dengan biaya pembelian material yang besar (menyerap lebih dari 50% dari total harga pekerjaan tersebut) akan diserap diawal pekerjaan tersebut dan sisa durasi dilakukan untuk biaya pemasangannya. Namun hal ini tidak sepenuhnya dapat dijadikan dasar untuk membuat tagihan kontraktor dikarenakan proses fisik pengerjaannya belum terlaksana.

Cara membuat Kurva S rencana adalah sebagai berikut :

1. Membuat CPM.
2. Membuat Barchat.
3. Melakukan pembobotan pada setiap item pekerjaan.
4. Bobot item pekerjaan itu dihitung berdasarkan biaya setiap item pekerjaan itu dihitung berdasarkan biaya setiap item pekerjaan dibagi biaya total pekerjaan dikalikan 100.
5. Setelah bobot masing – masing item dihitung, pada masing – masing didistribusikan bobot pekerjaan selama durasi masing – masing pekerjaan.
6. Setelah itu jumlah bobot pekerjaan tiap periode waktu tertentu, dijumlah secara komuatif.
7. Angka komulatif pada setiap periode itu di plot pada sumbu Y (koordinat) dalam grafik dan waktu pada absis.
8. Dengan menghubungkan semua titik – titik di dapat kurva S.

Cara membuat Kurva S actual adalah kurva diplot pada kurva S rencana, dengan cara pembuatan sama dengan pembuatan kurva S rencana. Perbedaannya adalah dalam perhitungan biaya pekerjaan per satuan waktu di hitung berdasarkan volume fisik yang dihasilkan dengan harga satuan pekerjaan tersebut (volume yang dihasilkan diadarkan dari opname pekerjaan yang dilakukan oleh owner / pemilik atau yang mewakili dari hasil opname yang sah dapat dipertanggungjawabkan.

(Sumber : <https://www.pengadaan.web.id/2016/08>)

2.12.3 Barchart

Barchart merupakan bagan yang memuat suatu bagan daftar kegiatan – kegiatan yang akan dilaksanakan, disusun secara berbaris ke bawah dimana masing – masing kegiatan memiliki waktu pelaksanaan yang diperlukan (durasi) yang ditunjukkan dalam bentuk garis berkala waktu (umumnya garis dipertebal sehingga menyerupai balok).

Panjang setiap garis/balok menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan untuk masing – masing kegiatan serta saat untuk memulai dan mengakhiri kegiatan tersebut (*soeharto, 1999*). Sedangkan satuan waktu dapat berupa, hari, minggu, bulan, atau interval waktu tertentu.

Selanjutnya pengendalian waktu pelaksanaan dilaksanakan dengan menghitung prestasi yang dicapai atau yang telah dilaksanakan dalam waktu tertentu/actual. Untuk selanjutnya dibandingkan dengan rencana waktu yang ditunjukkan dalam waktu Barchart.

Untuk menghitung presentase kegiatan yang telah dicapai atau yang telah dilaksanakan dapat dilakukan melalui pendekatan volume atau melalui bobot terhadap biaya dari masing – masing jenis pekerjaan. Dalam hal perhitungan melalui bobot masing – masing jenis kegiatan maka barchart dapat dilengkapi dengan suatu kurva yang dikenal “Kurva S” yang merupakan fungsi waktu dari persentase bobot pekerjaan.

Untuk menghitung presentase bobot masing – masing jenis kegiatan haruslah diketahui baik biaya masing – masing kegiatan maupun jumlah biaya keseluruhan kegiatan. Perhitungan presentase bobot masing – masing jenis kegiatan adalah sebagai berikut :

$$\text{Bobot Kegiatan} = \frac{\text{Biaya Kegiatan}}{\text{Biaya Total Keseluruhan pekerjaan}} \times 100\%$$

BAR CHART PEKERJAAN PONDASI											
ILMUSIPIL.COM											
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bebot (%)	hari						keterangan
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09							
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64							
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18	9.09	9.09					
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36							
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09						9.09	
Jumlah		Rp 1,100,000.00	100.00		1.52	17.42	48.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

Gambar 2.16 Contoh Barchart

(Sumber : <https://sinta.unud.ac.id>)

2.12.4 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya yang nantinya akan digunakan untuk pelaksanaan suatu kegiatan baik bisnis maupun proyek. Dalam beberapa bisnis, proyek atau event, perencanaan anggaran merupakan dokumen yang wajib ada untuk melihat besaran biaya yang akan digunakan. Perencanaan perlu dilakukan untuk mengetahui biaya yang akan dikeluarkan sehingga keuangan lebih terarah.

Pada pelaksanaan proyek misalnya, rencana anggaran biaya ini menjadi dasar apakah kontraktor bisa memberikan penawaran atau tidak. Semakin menjanjikan rencana yang dibuat maka kontraktor tentu akan semakin tertarik untuk memberikan penawarannya. Rencana anggaran sudah meliputi tahap perencanaan, pemilihan material, dan berbagai pembiayaan lainnya seperti upah pekerja dan biaya pengerjaan.

Proyek bahkan bisnis atau event yang dijalankan tanpa adanya perencanaan anggaran yang rinci akan menyebabkan pembengkakan biaya. Ini karena pembelian atau pengadaan alat dan bahan serta operasionalnya tidak terkontrol dengan baik sehingga pengeluaran tidak terarah. Ini juga yang membuat proyek atau bisnis sering menghadapi kegagalan karena perencanaan anggaran yang tidak baik.

a) Item Rincian yang Wajib Ada di dalam RAB

RAB memiliki beberapa komponen di dalamnya. Berikut di bawah ini item rincian yang harus ada dalam RAB:

1. Uraian pekerjaan. Jika pekerjaan konstruksi biasanya terdapat sub jenis pekerjaan misalnya pekerjaan persiapan, galian, urugan dan pekerjaan pondasi beton.
2. Volume pekerjaan (Unit). Jika di dalam pengadaan barang biasanya digunakan satuan unit. Sedangkan untuk pekerjaan konstruksi kebanyakan dihitung dalam satuan meter persegi (m²), meter kubik (m³), atau unit.
3. Harga satuan. Jika pengadaan barang cukup mengalikan harga satuan dengan unit barang sehingga ditemukan biaya belanja modal. Sedangkan untuk pekerjaan konstruksi dipisah menjadi dua bagian, yaitu harga jasa atau harga jasa berikut materialnya. Kemudian, kalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan.
4. Total upah pekerja. Upah pekerja ini umumnya hanya untuk pekerjaan jasa konstruksi saja, yaitu didapatkan dari biaya per jam x estimasi waktu pekerjaan x total pekerja.
5. Total material bahan bangunan.
6. Grand Total, yaitu jumlah harga yang didapatkan dari penjumlahan total upah dengan total material atau perkalian volume dengan total upah.

b) Langkah-langkah Penyusunan RAB

Menyusun RAB memang susah-susah gampang. Dikatakan mudah karena pembuatan RAB sebenarnya hanya merupakan perkalian antara volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Dikatakan sulit karena ada jenis pekerjaan (misalkan jasa konstruksi) yang mengharuskan untuk mendaftar item pekerjaan/sub jenis pekerjaan meliputi upah pekerja, bahan material dan sewa alat untuk disertakan di dalam RAB. Oleh karena itu, dalam pembuatan RAB diperlukan ketelitian dalam pembuatannya.

Mengacu pada penjelasan mengenai komponen item pekerjaan yang harus ada di dalam RAB, ada lima langkah yang harus Penyedia barang/jasa perhatikan dalam menyusun RAB.

Berikut langkah-langkah yang harus diperhatikan dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya. :

1. Mempelajari Gambar Kerja Detail (DED) dan Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Sebelum menyusun RAB pengadaan jasa konstruksi seorang Quantity of Surveyor tentunya harus mempelajari Gambar Kerja Detail (DED) yang disediakan oleh Pemilik Proyek. Mempelajari DED bertujuan untuk mengetahui item-item pekerjaan apa saja yang akan dikerjakan beserta tahapannya.

Kemudian, Penyedia menentukan metode apa yang tepat dan efisien untuk digunakan dalam pekerjaan tersebut, tentunya dengan mempertimbangkan RKS yang telah ditetapkan oleh Panitia. Pada akhirnya tujuan dari mempelajari DED dan RKS ini untuk mendapatkan harga satuan yang murah dan efisien.

Jika sudah dinyatakan sebagai pemenang tender, DED ini nantinya juga bisa digunakan untuk mengurus keperluan untuk pengajuan Izin Mendirikan Bangunan (IMB) dan pembuatan Surat Perjanjian Kontrak Kerja (SPK).

Penggunaan DED pada RAB untuk proyek konstruksi diperlukan untuk menentukan berbagai jenis pekerjaan, spesifikasi dan ukuran material bangunan. Berbeda jika pelaksanaan proyek pengadaan barang, tidak dibutuhkan gambar kerja detail. Dengan mempersiapkan DED pada pengadaan jasa konstruksi akan memudahkan untuk menghitung volume pekerjaan.

2. Menyusun Item Pekerjaan dan Menghitung Volume Pekerjaan.

Tahapan yang selanjutnya dilakukan oleh Penyedia adalah menguraikan item-item pekerjaan yang akan dikerjakan. Setelah semua item yang diperlukan didaftar dengan baik, maka langkah selanjutnya adalah menghitung volume pekerjaan.

Perhitungan ini dilakukan dengan cara menghitung banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan, misalkan per m², m³, atau per unit. Volume pekerjaan nantinya dikalikan dengan harga satuan pekerjaan, sehingga didapatkan jumlah biaya pekerjaan.

Setelah item pekerjaan diuraikan, barulah dihitung volume masing-masing item pekerjaan. Uraian pekerjaan disajikan dalam bentuk pokok-pokok pekerjaan yang menjelaskan mengenai lingkup besar pekerjaan.

3. Membuat dan Menentukan Daftar Harga Satuan Pekerjaan (H1)

Untuk pekerjaan konstruksi, harga satuan pekerjaan dapat dipisahkan menjadi harga upah, material dan alat. Harga satuan pekerjaan merupakan item yang harus hati-hati dalam menentukannya, karena dalam tahapan ini seorang Quantity of Surveyor harus mempertimbangkan banyak faktor.

Dalam menentukan harga satuan diperlukan penggunaan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK). Jika semua penyedia jasa menggunakan HSPK yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah maupun Pusat akan terjadi penawaran harga yang sama.

Sementara itu untuk sebuah tender yang dilelang melalui situs LPSE, penyedia jasa cukup mengisi harga satuan karena item pekerjaan dan volume pekerjaan sudah disiapkan oleh Pemilik Kerja.

Sebelum menentukan H1 terlebih dahulu tentukan Harga Satuan diluar keuntungan (H0). H0 ini dalam dunia kontraktor sering disebut RAP. RAP yaitu rencana anggaran biaya proyek pembangunan yang dibuat kontraktor untuk memperkirakan berapa sebenarnya biaya sesungguhnya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kontrak kerja proyek konstruksi. Jadi dari pengertian RAP tersebut bisa kita lihat bahwa

selisih antara RAP dan RAB merupakan gambaran awal untuk memperkirakan laba rugi perusahaan kontraktor.

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan H0, adalah :

- 1) Biaya Asuransi Ketenagakerjaan dan Perlengkapan K3. Jika tidak ada biaya asuransi ketenagakerjaan dan perlengkapan K3, maka biaya-biaya tersebut dimasukkan kedalam setiap Harga Satuan.
- 2) Pastikan mendapatkan harga bahan material, sewa alat dan jasa aplikasi langsung lainnya dari supplier atau subcontractor dengan ketentuan harga sudah termasuk PPN dan PPh serta berapa besar diskon yang diberikan.
- 3) Biaya tidak langsung (Overhead) merupakan biaya lain-lain yang tidak tertera dalam RAB, seperti gaji staff, biaya transportasi staff, mesh karyawan, pembelian barang kecil-kecilan misal jajan untuk rapat, air minum karyawan proyek, alat tulis kantor dll. (Sumber : <https://www.pengadaanbarang.co.id/2019/08>)

RAB					
No	Uraian Pekerjaan	Volume	sat	Harga sat	Jumlah Harga
1	Pekerjaan pengukuran	1	ls	150.000	150.000
2	Pekerjaan Bowplank	30	m'	12.500	375.000
3	Pekerjaan Galian	35	m3	35.000	1.225.000
4	Urugan bekas galian	14	m3	20.000	280.000
5	Pek. Pasangan Fondasi Batu kali	25	m3	525.000	13.125.000
6	Pekerjaan Sloof	1,2	m3	2.500.000	3.000.000
7	Pekerjaan Kolom	0,5	m3	2.500.000	1.250.000
8	Pek. pemasangan Bata	125	m2	250.000	31.250.000
9	Pek. ring balk	0,4	m3	2.500.000	1.000.000
10	pek. pasang kusen	1	m3	7.500.000	7.500.000
11	pek. daun pintu dan jendela	7	bh	750.000	5.250.000
12	Pek. plesteran dan acian	250	m2	75.000	18.750.000
13	Pekerjaan rangka atap	150	m2	200.000	30.000.000
14	pekerjaan penutup atap	150	m2	55.000	8.250.000
15	pekerjaan keramik lantai	100	m2	75.000	7.500.000
16	pekerjaan keramik dinding wc	8	m2	75.000	600.000
17	Instalasi listrik	20	ttk	175.000	3.500.000
18	Instalasi air bersih	35	m'	65.000	2.275.000
19	Instalasi air kotor	23	m	125.000	2.875.000
20	Pek. pasang plafond	100	m2	65.000	6.500.000
21	Pek. Pengecatan	250	m2	25.000	6.250.000
22	pek. akhir	1	ls	1.500.000	1.500.000
				Grand total	152.405.000

Gambar 2.17 RAB