

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Hidrologi

Hidrologi adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi dan kualitas air di seluruh bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Hidrolog sebutan untuk orang yang ahli dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan serta teknik sipil dan teknik lingkungan.

Siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Hidrologi merupakan bidang ilmu yang berkaitan dengan asal, distribusi dan sifat air. Ilmu yang berkaitan tentang siklus air disebut dengan hidrologi.

Menurut Triatmojo (2009), hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran, penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan terhadap lingkungannya melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Sementara itu, menurut buku Dinamika Hidrosfer (2018) siklus air adalah gerak perputaran air dengan perubahan air menjadi berbagai wujud dan kembali ke bentuk semula.

Siklus air atau siklus hidrologi dibagi menjadi tiga :

yakni

1. Siklus pendek

Proses kondensasi terjadi akibat semakin rendahnya temperatur di atmosfer pada jarak yang lebih jauh dari permukaan bumi. Pada proses kondensasi, uap air tersebut akan berubah menjadi awan. Selanjutnya, awan yang penuh dengan uap air tersebut akan berubah menjadi titik-titik air atau presipitasi (hujan) sehingga air tersebut kembali ke laut dan mengulangi lagi siklusnya.

2. Siklus sedang

Siklus yang terjadi ketika air laut yang menguap terkondensasi membentuk awan di atmosfer tetapi awan tersebut tidak langsung menurunkan hujannya kembali ke laut . Awan tersebut terbawa angin menuju daratan dan menurunkan hujannya di daratan. Air hujan di daratan akan meresap masuk ke sungai atau ke tanah terlebih dahulu sebelum kembali ke laut.

3. Siklus panjang

Siklus yang terjadi ketika air laut menguap mengalami proses kondensasi hingga menjadi awan

2.2 Pengertian Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas untuk mengurangi/membuang kelebihan air pada kawasan perkotaan maupun daerah guna memenuhi kebutuhan masyarakat. Menurut Dr. Ir. Suripin, M.Eng. (2004;7), drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek dan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.

2.3 Fungsi Drainase

1. Untuk mengurangi kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal
2. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal
3. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada
4. Mengurangi genangan-genangan air yang menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria
5. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah

2.4 Jenis-jenis dan Pola-pola Drainase

2.4.1 Jenis- jenis Drainase

A. Menurut Cara Terbentuknya

1) Drainase Alamiah (Natural Drainase)

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 grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

2) Drainase Buatan (Artificial Drainage)

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

B. Menurut Letak Saluran

1) Drainase Permukaan Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (Sub-Surface Drainage)

Saluran drainase yang berfungsi mengalirkan limpasan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa).

C. Menurut Fungsi

1) Single Purpose

Saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lainnya seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain – lain.

2) Multi Purpose

Saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

D. Menurut Konstruksi

1) Saluran Terbuka

Saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/ mengganggu lingkungan.

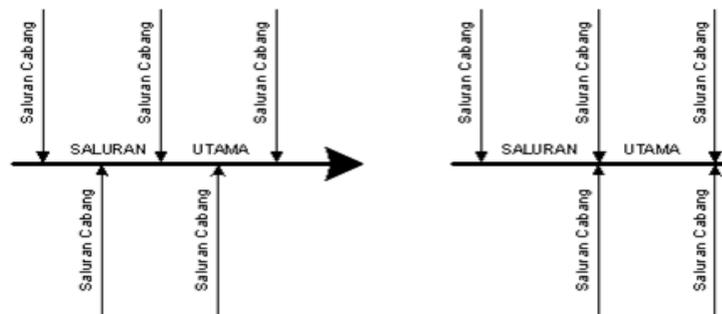
2) Saluran Tertutup

Saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di kota/permukiman.

2.4.2 Pola-pola Drainase

a) Siku

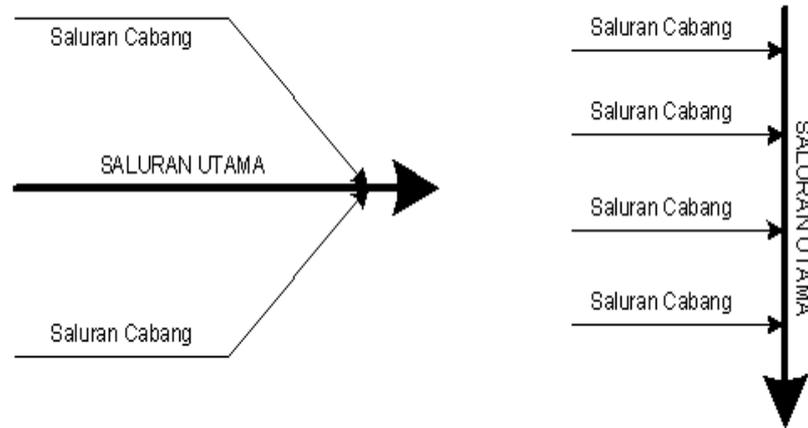
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.1 Pola Siku

b) Paralel

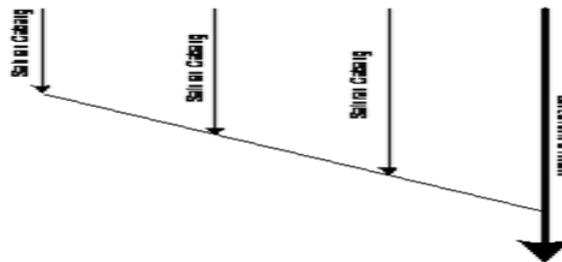
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.2 Pola Paralel

c) Grid Iron

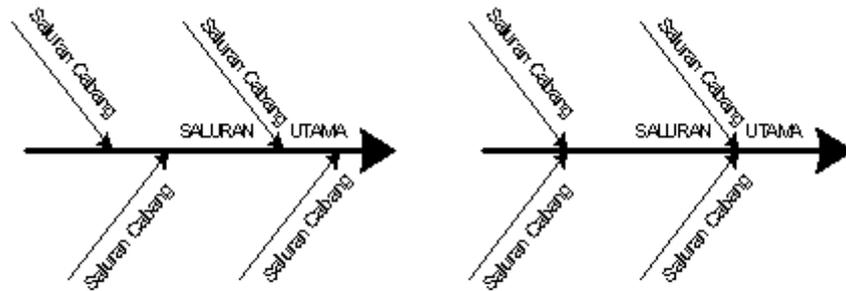
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpulan.



Gambar 2.3 Pola Grid Iron

d) Alamiah

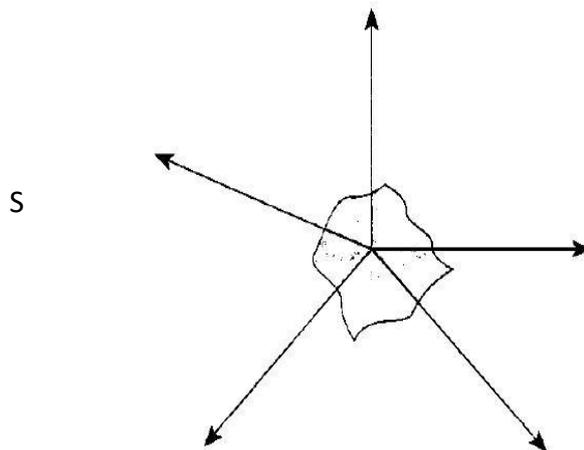
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.4 Pola Alamiah

e) Radial

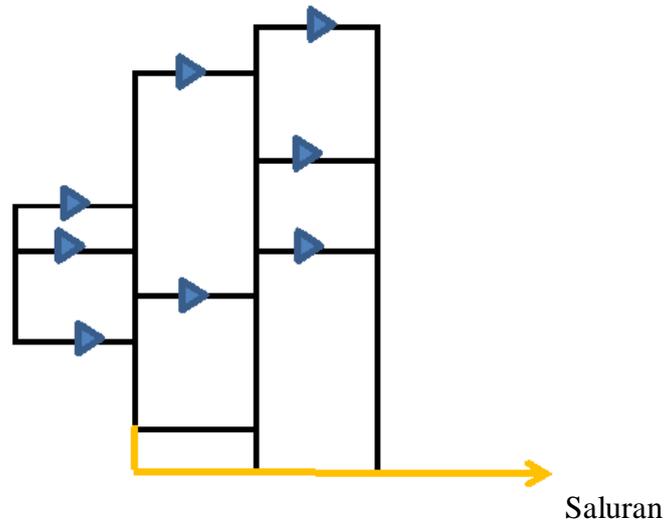
Pola radial ini digunakan pada daerah berbukit dimana pola saluran memencar ke segala arah saluran



Gambar 2.5 Pola Drainase Radial

f) Jaring-jaring

Pola jaring-jaring ini digunakan untuk daerah yang memiliki keadaan topografi rendah. Pola ini mempunyai saluran-saluran pembuangan yang mengikuti arah jalan raya. (Sidharta Karmawan : 1997)

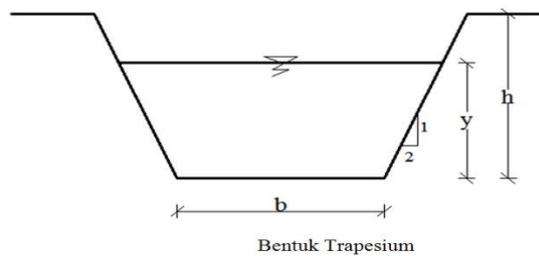


Gambar 2.6 Pola Drainase Jaring-Jaring

2.5 Bentuk Saluran Drainase

2.5.1 Trapesium

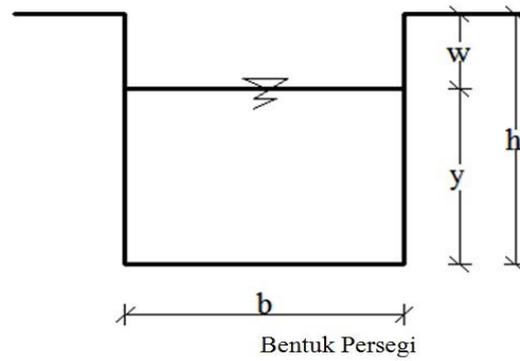
Pada umumnya saluran ini terbuat dari tanah namun bisa juga terbuat dari pasangan batu dan coran beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang dan berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.



Gambar 2.5 Saluran Trapesium

2.5.2 Persegi

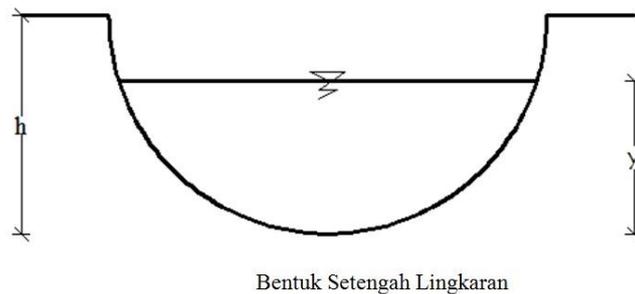
Saluran ini terbuat dari pasangan batu atau beton. Bentuk saluran ini tidak memerlukan banyak ruang.



Gambar 2.6 Saluran Persegi

2.5.3 Setengah Lingkaran

Saluran ini terbuat dari pasangan batu atau coran beton dengan cetakan yang tersedia dan berfungsi juga sebagai saluran air hujan serta buangan rumah tangga.



Gambar 2.6 Saluran Setengah Lingkaran

2.6 Sistem Jaringan Drainase

Dibagi menjadi 2 yaitu :

a. Sistem Drainase Mayor

Sistem saluran air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan. Pada umumnya disebut juga sistem drainase utama. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar seperti kanal-kanal dan sungai-sungai. Perencanaan drainase makro pada umumnya dipakai periode waktu-nya antara 5-10 tahun.

b. **Sistem Drainase Mikro**

Sistem saluran air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala kecil seperti selokan air hujan disekitar bangunan serta gorong-gorong. . Perencanaan drainase makro pada umumnya dipakai periode waktu-nya antara 2,5, dan 10 tahun.

2.7 Perhitungan Curah Hujan

Apabila data curah hujan sudah lengkap, maka data tersebut disusun atau diurutkan dari data dengan nilai curah hujan terbesar sampai dengan data nilai curah hujan terkecil. Data curah hujan yang didapat rata-rata 10 tahun terakhir. Pada perencanaan saluran drainase di SPU 2 PERTAMINA EP Jirak ini, perencana menggunakan metode rerata aljabar untuk mendapatkan curah hujan efektif, yaitu dengan persamaan :

$$R = 1/n (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

Dimana :

R = Curah Hujan (mm)

n = Jumlah Stasiun Pengamatan Hujan

R₁, R₂, R₃ = Curah Hujan di Stasiun 1, 2, 3, sampai ke- n

(Sumber : Hidrologi Terapan, Bambang Triadmodjo, 2008)

2.8 Analisa Hidrologi

Secara umum analisa hidrologi merupakan satu bagian analisa awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Analisa hidrologi digunakan untuk memprediksi debit air yang masuk pada kala ulang 5 tahun atau 10 tahun. Analisa hidrolika ini juga digunakan untuk menentukan kapasitas saluran dengan memperhatikan sifat-sifat hidrolika yang terjadi pada daerah aliran kali pacal tersebut.

2.8.1 Analisa Frekuensi

Analisa Frekuensi adalah kejadian yang terjadi rata-rata sekali setiap n tahun atau berulangannya n tahun. Kejadian pada waktu tertentu tidak akan terjadi setiap 10 tahun namun ada kemungkinan dalam 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian 10 tahunan mendatang.

Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 10 besaran hujan atau debit dengan harga maksimum 10 besaran hujan. Hal ini dapat dilihat dari koefisien "Reduce Mean".

Karena terbatasnya data debit maka perkiraan besarnya limpasan, khususnya untuk daerah yang tak terlampaui besar. Dihitung berdasarkan hubungan curah hujan terhadap larian dan analisa frekuensi curah hujan. Untuk daerah aliran yang mempunyai beberapa pos hujan berbagai pertimbangan harus ditinjau supaya didapat harga ekstrim dari rata-rata curah hujan didalam daerah tersebut.

Distribusi Metode Gumbel

Analisa frekuensi untuk curah hujan rancangan (x) dengan metode Gumbel, yaitu

$$X_t = \bar{x} + (y_t - y_n) \frac{\sigma_x}{\sigma_n}$$

Keterangan:

X_t = curah hujan rancangan dengan kala ulang T tahun

\bar{x} = nilai rata-rata aritmatik hujan kumulatif, $\bar{X} = \frac{\sum x_i}{i}$

N = banyaknya data curah hujan

x_i = banyaknya curah hujan dalam 1 tahun

T = periode ulang, $T = \frac{n+1}{m}$

Y_t = variasi yang merupakan fungsi dari kala ulang = $-\ln - \ln(1 - \frac{1}{T})$

m = ranking (urutan dari yang terbesar)

y_n = nilai yang tergantung pada "n"

σ_n = standar deviasi yang merupakan fungsi dari "n"

σ_n = standar deviasi

(SK SNI M-18-1989-F)

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Persamaan (A) dapat diubah menjadi;

$$X_t = \bar{x} + \frac{ax}{an}y - \frac{ax}{an}yn$$

$$X_t = (\bar{x} - \frac{ax}{an}yn) + \frac{ax}{an}yn$$

Bila persamaan (C) dapat diubah menjadi:

$$\bar{x} = \mu + \frac{1}{\alpha}y$$

Tabel 2.1 Reduced Variate Y_T sebagai fungsi kala ulang

Periode Ulang	Reduced Variate	Periode Ulang	Reduced Variate
(tahun)	Y_T	(tahun)	Y_T
2	0.3668	100	4.6012
5	1.5004	200	5.2969
10	2.2251	250	5.5206
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188

Sumber : Gunadarma 2011

Tabel 2.2 Reduced Standar Deviation (S_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9676	0.9833	0.9971	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0696	1.0754	1.0811	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.108
30	1.1124	1.1159	1.1159	1.1193	1.1226	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1436	1.1458	1.148	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1623	1.1638	1.1658	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1759	1.177	1.1782	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1863	1.1873	1.1881	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.193
80	1.1938	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1973	1.198	1.1987	1.1694	1.2001
90	1.2007	1.2007	1.2013	1.202	1.2026	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.206

100	1.2065	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2084	1.2087	1.209	1.2093	1.2096
-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	--------	--------

Sumber : Gunadarma 2011

Tabel 2.3 Reduced Mean (Yn)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5128	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.532	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.538	0.5388	0.5388	0.5403	0.541	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5422	0.5448	0.5448	0.5453	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5493	0.5497	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5527	0.553	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5552	0.5555	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5572	0.5574	0.5578	0.558	0.55811	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5589	0.5591	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.56	0.5602	0.5603	0.5603	0.5604	0.5607	0.5608	0.5609	0.561	0.5611

Sumber : Gunadarma 2011

Distribusi Log Pearson Type III

1. Nilai Rata – Rata (mean) Metode Log Pearsson

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{1}{n} \sum X_1 \quad (\text{mm})$$

2. Standar Deviasi Metode Log Pearsson

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

3. Koefisien Kemencengan Metode Log Pearsson

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

4. Curah Hujan Rancangan

$$\text{Log } X = X_{\text{rata-rata}} + (G \cdot Sd)$$

$$X = \text{ArcLog} \cdot (\text{Log } X)$$

Keterangan :

Log X = Logaritma dari variabel dengan jangka waktu ulang N tahun

$X_{\text{rata-rata}}$ = Nilai rata-rata arimatik hujan komulatif

G = Faktor Kurva asimetris

Sd = Standar Deviasi

Cs = Koefisien Kemencengan

X = Curah Hujan Rancangan

n = Jumlah Data

Tabel 2.4 Faktor Frekuensi G

Cs	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilitas Presentase						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
3	-0.396	0.420	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	2.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	3.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.230	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.754	4.515
2.2	0.330	0.574	1.284	2.240	2.97	3.705	4.454
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147

Cs	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilitas Presentase						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.165	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.689	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.17	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0	-0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

Sumber : I Made Kamiana 2011

Tabel 2.5 Faktor Frekuensi G

G	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilitas Presentase						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005

G	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilitas Presentase						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
0	0.00	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	0.017	0.846	1.27	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.241
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.995	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.24	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.97	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.059	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.92	0.996	1.023	1.037	1.044
-2	0.307	0.777	0.895	0.959	0.890	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.346	0.949
-2.2	0.33	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.752	0.795	0.823	0.826	0.832	0.833
-2.5	0.36	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741

G	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilitas Presentase						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.39	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667

Sumber : I Made Kamiana 2011

2.9 Intensitas Curah Hujan

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

Metode Mononobe

Rumus yang dipakai adalah :

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

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

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

tc = Waktu konsentrasi

Tabel 2.6 Angka Kekasaran Permukaan Lahan

Tata Guna Lahan	nd
Lapis Semen dan Aspal Beton	0.013
Kedap Air	0.020
Timbunan Tanah	0.100
Tanaman pangan/tegalan dengan sedikit rumput pada tanah gundul yang kasar dan lunak	0.200
Padang Rumput	0.400
Tanah gundul yang kasar dengan runtuhan dedaunan	0.600
Hutan dan sejumlah semak belukar	0.800

Sumber : I Made Kamiana 2011

2.10 Analisa 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) yang 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 Mononobe, sebagai berikut :

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

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

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

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

$$t_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left(\frac{2}{3} * 3,28 * L_o \frac{nd}{\sqrt{s}}\right)^{0,167}$$

$$t_2 = \frac{L}{60V}$$

Keterangan :

t_1 = Waktu inlet (menit)

t_2 = Waktu aliran (menit)

L_o = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

n_d = koefien hambatan (table 2, Dewan Standarisasi Nasional)

s = Kemiringan daerah pengaliran

v = Kecepatan air rata-rata disaluran (m/detik)

(table 6, Dewan Standarisasi Nasional)

(SK SNI M-18-1980-F)

2.11 Debit Rancangan

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

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

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Air Hujan}} + Q_{\text{Air Kotor}} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Keterangan :

$$Q_{\text{Total}} = \text{Debit air hujan} + \text{debit air kotor (m}^3\text{/det)}$$

$$Q_{\text{Air Hujan}} = \text{Debit air hujan atau limpasan (m}^3\text{/det)}$$

$$Q_{\text{Air Kotor}} = \text{Debit limbah buangan rumah tangga (m}^3\text{/det)}$$

Dimana dasar perhitungannya adalah sebagai berikut :

A. Debit limpahan air hujan

Debit limpahan air hujan disebut juga debit limpasan yaitu aliran air yang terjadi di permukaan tanah (*surface run off*) yang disebabkan oleh turunnya hujan dan terkumpul membentuk suatu aliran. Aliran tersebut akan terkumpul membentuk suatu aliran-aliran pada saluran alami yang disebut sungai. Debit aliran ini dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{\text{Air Hujan}} = 0.278 C.I.A$$

Keterangan :

0,278 = Konstanta

Q = Debit limpasan (m³/detik)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

C = Koefisien pengaliran (tabel)

Tabel 2.7 Koefisien Pengaliran (C)

Tipe Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
Perumahan tidak begitu rapat... (20 rumah/Ha)	0.25-0.40
Perumahan kerapatan sedang... (20-60 rumah/Ha)	0.40 – 0.70
Perumahan rapat..... (60-160 rumah/Ha)	0.70 - 0.80
Taman dan daerah rekreasi	0.20 – 0.30
Daerah industry	0.80 – 0.90
Daerah perniagaan	0.90 – 0.95

Sumber : Gunadarma 2011

B. Debit Limbah Rumah Tangga

Debit air limbah rumah tangga didapat dari 60% - 70% supply air bersih setiap orang, diambil debit air limbah rumah tangga 70% dan sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun, dan lain-lain, dengan rumus:

$$Q_{\text{Air Kotor}} = \text{Jumlah orang} \times \text{Konsumsi air bersih/orang} \times 70\%$$

Tabel 2.8 Konsumsi Air Bersih

No	Sumber	Satuan	Jumlah Aliran (1/unit/orang)	
			Antara	Rata-Rata
1	Rumah	Orang	200 - 280	220
2	Pondok	Orang	130 - 190	160
3	Kantin	Pengunjung	4 – 10	6

		Pekerja	30 - 50	40
4	Perkemahan	Orang	80 - 150	120
5	Penjual Minuman Buah	Tempat Duduk	50 - 100	75
6	Buffet (Coffee Shop)	Pengunjung Pekerja	15 - 30 30 - 50	20 40
7	Perkemahan Anak - Anak	Pekerja	250 - 500	400
8	Tempat Perkumpulan	Pekerjaa Orang	40 - 60 40 - 60	50 50
9	Rumah Makan	Pengunjung	15 - 40	30
10	Asrama / Perumahan	Orang	75 - 175	150
11	Hotel	Orang	150 - 240	200
12	Tempat Cuci Otomatis	Mesin	1800 - 2600	2200
13	Toko	Pengunjung Pekerja	5 - 20 30 - 50	10 40
14	Kolam Renang	Pengunjung Pekerja	20 - 50 30 - 50	40 40
15	Gedung Bioskop	Tempat Duduk	10 - 15	10
16	Pusat Keramaian	Pengunjung	15 - 30	20

Sumber : Gunadarma 2011

2.12 Analisa Hidrolika

Banyak debit air hujan dan air kotor yang ada dalam satu kawasan yang harus segera dialirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkannya diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke tempat penampungan. Penampungan tersebut dapat berupa sungai atau kolam penampungan. Kapasitas pengaliran dari saluran tergantung pada bentuk, kemiringan, dan kekasaran saluran.

2.12 Dimensi Saluran

2.12.1 Drainase Permukaan

Bentuk drainase permukaan yang direncanakan pada Perencanaan Saluran Drainase ini adalah berbentuk empat persegi panjang. Sama halnya dengan drainase bawah permukaan, memakai persamaan *manning*. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut

A. Penampang Persegi

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Luas Penampang (A)} &= B \times H \\
 &= 2H \times H \\
 &= 2H^2 \text{ (m)} \\
 \\
 2. \text{ Keliling Basah (P)} &= B + 2H \\
 &= 2H^2 + 2H \text{ (m)} \\
 \\
 3. \text{ Jari – Jari Hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{BH}{B+2H} \\
 &= \frac{2H^2}{2H+2H} \\
 &= \frac{2H^2}{4H} = \frac{H}{2} \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

B = Lebar dasar saluran (m)

H = Tinggi kedalaman (m)

A = Luas Penampang (m²)

P = Keliling basah penampang (m)

2.12.2 Kemiringan Saluran

Yang dimaksud kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran.

Kemiringan dasar saluran ini adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang dimana 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).

Untuk menghitung kemiringan saluran digunakan rumus :

$$\text{Kecepatan (V)} = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$\text{Kemiringan Saluran (I)} = \left[\frac{V}{\frac{1}{n} R^{2/3}} \right]^2$$

Keterangan :

- V = Kecepatan aliran air (m/det)
- n = Koefisien kekasaran manning (tabel)
- R = Radius Hidrolik
- I = Kemiringan saluran

Tabel 2.9 Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Jenis Material

Bahan Saluran	Kemiringan Dinding (m)
Batuan Cadas	0
Tanah Lumpur	0.25
Lempung Keras/Tanah	0.5 – 1
Tanah dengan pasangan batu	1
Lempung	1.5
Tanah berpasir lepas	2
Lumpur berpasir	3

Sumber : Gunadarma 2011

2.12.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapatkan dari tabel 2.12 maka dihitung dengan rumus Manning atau Chezy.

Tabel 2.10 Kecepatan Aliran Sesuai Jenis Material

Jenis Bahan	V_{izin} (m/det)
Pasir Halus	0.45
Lempung Kepasiran	0.50
Lanau Alvial	0.60
Kerikil Haluss	0.75
Lempung Kokoh	0.75
Lempung Padat	1.10
Kerikil Kasar	1.20
Batu- Batu Besar	1.50
Pasangan Batu	1.50
Beton	1.50
Beton Bertulang	1.50

Sumber : I Made Kamiana 2011

A. Rumus Manning : $V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$

B. Rumus Chezy : $V = C \sqrt{R \cdot I}$

Keterangan :

- V = Kecepatan aliran air (m/det)
- n = Koefisien kekasaran manning (tabel)
- R = Radius Hidrolik
- I = Kemiringan Saluran
- C = Koefisien pengaliran (tabel)

1. Koefisien Kekasaran Manning

Dari macam-macam jenis saluran, baik berupa saluran tanah maupun dengan pasangan, besarnya Koefisien Manning dapat mengacu pada tabel berikut ini :

Tabel 2.11 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Tipe Saluran	Kondisi		
	Baik	Cukup	Sedang
Saluran Buatan			
1. Saluran tanah, lurus beraturan	0.020	0.023	0.025
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 sisi batuan koral	0.030	0.035	0.040
7. Saluran berliku-liku kecepatan rendah	0.025	0.028	0.030
Saluran Alam :			
1. Bersih, lurus, tetapi tanpa pasir dan tanpa celah	0.028	0.030	0.033
2. Berliku, bersih, tetapi berpasir dan berlubang	0.035	0.040	0.045
3. Idem 3, tidak dalam, 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. Idem 1 dengan adukan semen	0.020	0.025	0.030
3. Lapisan beton sangat halus	0.011	0.012	0.030
4. Lapisan beton biasa dengan tulangan baja	0.014	0.014	0.013
5. Idem 4, tetapi tulangan kayu	0.016	0.016	0.018

Sumber : Gunadarma 2011

2.12.4 Tinggi Jagaan Saluran

Tinggi jagaan saluran adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rancang. Jarak ini harus cukup untuk mencegah gelombang atas kenaikan muka air yang melimpah ke tepi. Untuk menghitung sebuah tinggi jagaan biasa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = \sqrt{0.5 H} \quad (\text{m})$$

Keterangan :

W = Tinggi jagaan saluran (m)

H = Tinggi Kedalaman air (m)

2.13 Pengelolaan Proyek

2.13.1 Uraian Rencana Kerja (*Network Planning*)

A. *Network Planning*

Network 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 *Network Planning* atau sejenisnya, antara lain :

- CMD : *Chart Method Diagram*
- PEP : *Program Evaluation Prosedure*
- CPA : *Critical Path Analysis*
- CPM : *Critical Path Method*
- PERT : *Program Evaluation and Riview 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

- a. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga mendetail dari proyek.
- c. Mendokumen dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- d. 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*

- a. Urutan pekerjaan yang logis : harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan lebih dahulu sebelum pekerjaan yang lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan : Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman bekerja dalam proyek.
- c. 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.
- d. Sumber-sumber : tenaga, *equipment*, dan material yang diperlukan.

D. Simbol-Simbol Diagram *Network Planning*

- a. Event on The Node, peristiwa digambarkan dalam lingkaran.
- b. Activity on The Node, kegiatan digambarkan dalam lingkaran.

E. Simbol-Simbol Diagram *Network Planning*

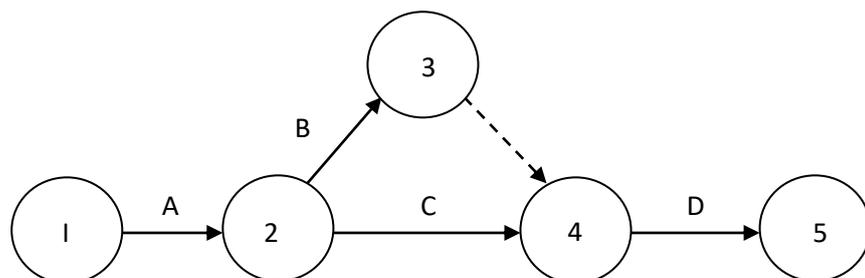
- a. *Arrow*, \longrightarrow bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatannya adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana dan *resources* (tenaga, *equipment*, material, dan biaya) tertentu.

- b. *Node*,  bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kegiatannya adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
- c. *Double Arrow*,  bentuk anak panah sejajar yang merupakan kegiatan di lintasan kritis.
- d. *Dummy*,  bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu/aktifitas semu, tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.

F. Hal yang Perlu diingat dalam Menggambar Diagram *Network Planning*

- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak kegiatan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
- b. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- c. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat bersama-sama dikerjakan.
- d. Aktifitas-aktifitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- e. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu.
- f. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
- g. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu kegiatan.

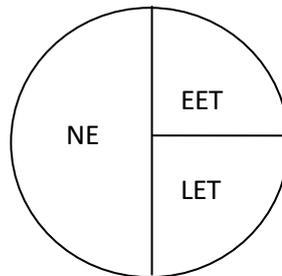
Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan waktu.



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

a. Penggambaran NE, EET, dan LET.

Event dengan symbol lingkaran, pertama-tama kita bagi 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 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 (*Latest 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.

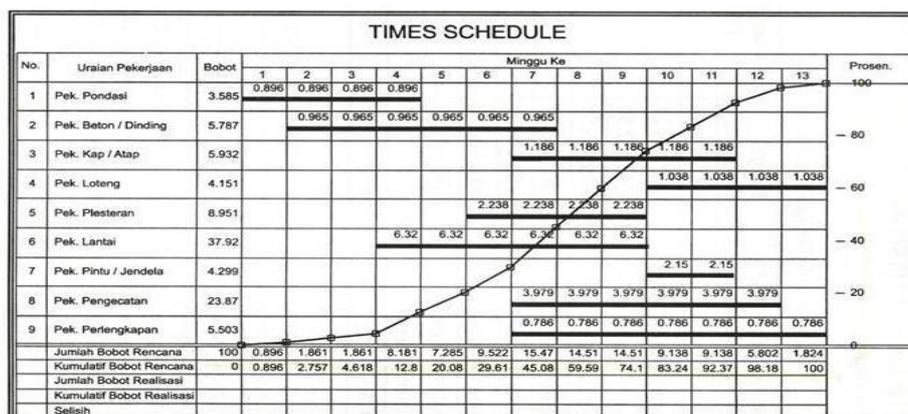
2.13.2 Kurva S

Kurva S merupakan salah satu metode perencanaan pengendalian biaya yang sangat lazim digunakan pada suatu proyek. Kurva S adalah gambaran diagram persen kumulatif biaya yang diplot pada suatu sumbu koordinat dimana sumbu absis (X) menyatakan waktu sepanjang masa proyek dan sumbu (Y) menyatakan nilai persen kumulatif biaya selama masa proyek tersebut. Pada diagram Kurva S, dapat diketahui pengeluaran biaya yang dikeluarkan satuan waktu, pengeluaran biaya kumulatif persatuan waktu dan progress pekerjaan yang didasarkan pada volume yang dihasilkan dilapangan.

Tujuan penggunaan Kurva S adalah :

1. Bagi kontraktor, sebagai dasar untuk membuat tagihan pembayaran ke pemilik proyek.
2. Bagi owner/ Pemilik proyek, sebagai dasar memantau progress pekerjaan fisik dilapangan yang selanjutnya sebagai dasar pembayaran ke kontraktor.

Tabel 2.12 Contoh Kurva S



Untuk menggambarkan Kurva S dapat diasumsikan biaya setiap item terdistribusi 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 terlaksanakan.

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 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, dijra dijumlah secara komulatif.
7. Angka komulatif pada setiap periode itu diplot pada sumbu Y (koordinat) dalam grafik dan waktu pada absis.
8. Dengan menghubungkan semua titik-titik didapat kurva S.

Cara membuat Kurvaa S aktual adalah kurva S diplot pada kurva S rencana, dengan cara pembuatan sama dengan pembuatan kurva S rencana. Perbedaannya adalah dalam perhitungan biaya pekerjaan per satuan waktu dihitung berdasarkan volume fisik yang dihasilkan dengan harga satuan pekerjaan tersebut (volume yang dihasilkan diedarkan dari opname pekerjaan yang dilakukan oleh owner / pemilik atau yang mewakili dan hasil opname yang sah dapat dipertanggungjawabkan).

2.13.3 Barchat

Barchat 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 berskala waktu (umumnya garis dipertebal sehingga menyerupai blok).

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 kegiatan yang dicapai atau yang telah dilaksanakan dalam waktu tertentu/aktual. Untuk selanjutnya dibandingkan dengan rencana waktu yang ditunjukkan dalam waktu Barchat.

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 barchat dapat dilengkapi dengan suatu kurva yang dikenal dengan “Kurva S”, yang merupakan fungsi waktu dan presentase 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 :

$$\text{Bobot Kegiatan} = \frac{\text{Biaya kegiatan}}{\text{Biaya total keseluruhan pekerjaan}} \times 100\%$$

Tab 12.13 Contoh Barchat

BAR CHART PEKERJAAN PONDASI											
ILMUSIFIL.COM											
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	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							
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64							
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36							
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09							
Jumlah		Rp 1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	