BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Drainase

Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Drainase perkotaan adalah ilmu yang diterapkan mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan sosial yang ada di kawasan kota.

Drainase perkotaan / terapan merupakan sistem pengiringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi :

1. Pemukiman
2. Kawasan Industri
3. Kampus dan Sekolah
4. Rumah Sakit & Fasilitas Umum
5. Lapangan Olahraga
6. Lapangan Parkir
7. Pelabuhan Udara

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variable desain seperti :

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan
2. Keterkaitan dengan masterplan drainasi kota
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya

(H.A. Halim Hasmar : 2012)

2.2 Tujuan Drainase

a. Untuk meningkatkan kesehatan lingkungan permukiman.

b. Pengendalian kelebihan air permukaan dapat dilakukan secara aman, lancar dan efisien serta sejauh mungkin dapat mendukung kelestarian lingkungan.

c. Dapat mengurangi/menghilangkan genangan-genangan air yang menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria dan penyakit-penyakit lain, seperti : demam berdarah, disentri serta penyakit lain yang disebabkan kurang sehatnya lingkungan permukiman.

d. Untuk memperpanjang umur ekonomis sarana-sarana fisik antara lain : jalan, kawasan permukiman, kawasan perdagangan dari kerusakan serta gangguan kegiatan akibat tidak berfungsinya sarana drainase.

2.3 Fungsi Drainase

a. Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaan lahannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negative berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.

b. Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri/menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda masyarakat juga infrastruktur perkotaan.

c. Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.

d. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

(H.A. Halim Hasmar 2012 : 1)

2.4 Jenis - Jenis dan Pola – Pola Drainase

2.4.1 Jenis – Jenis Drainase

A. Menurut Cara Terbentuknya

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Terbentuk secara alami, tidak ada unsur campur tangan manusia serta tidak terdapat bangunan-bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain.

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainasi, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam tanah dan dimensi saluran serta memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.

B. Menurut Letak Saluran

1. Drainase Muka Tanah (*Surface Drainage*)

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

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

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain : tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan

adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepakbola, lapangan terbang, taman dan lain-lain

C. Menurut Fungsi

1. *Single Purpose*

Saluran berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja, misalnya air hujan atau jenis air buangan lain seperti air limbah domestik, air limbah industry dan lain-lain.

2. *Multy Purpose*

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

D. Menurut Konstruksi

1. Saluran Terbuka

Saluran untuk air hujan yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan.

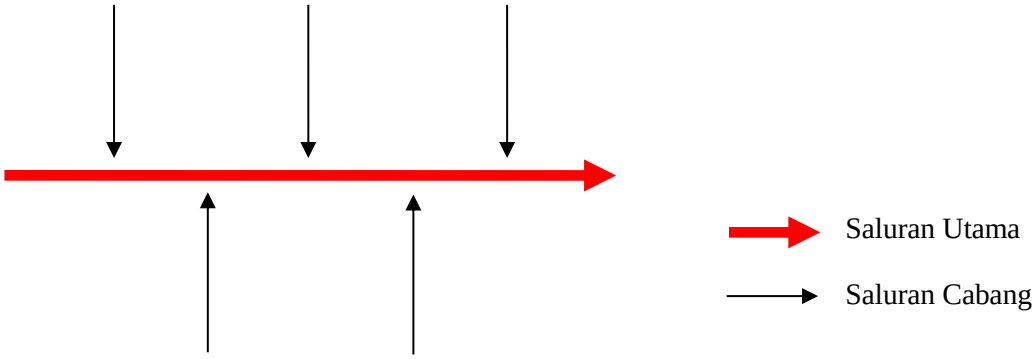
2. Saluran Tertutup

Saluran air untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Juga untuk saluran dalam kota.

2.4.2 Pola - Pola Drainasi

a. Siku

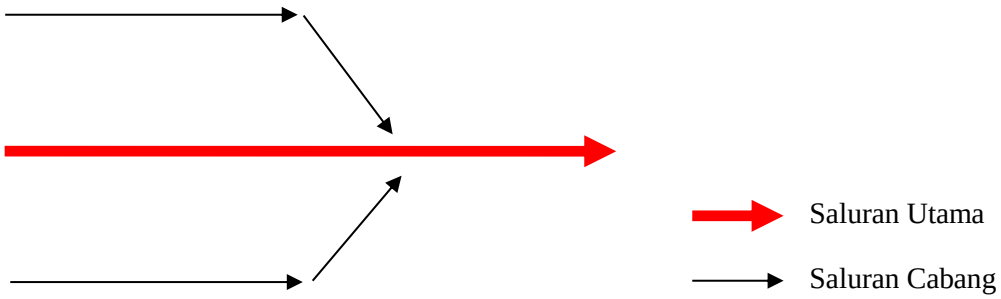
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



Gambar 2.1 Jaringan Drainase Siku

b. Paralel

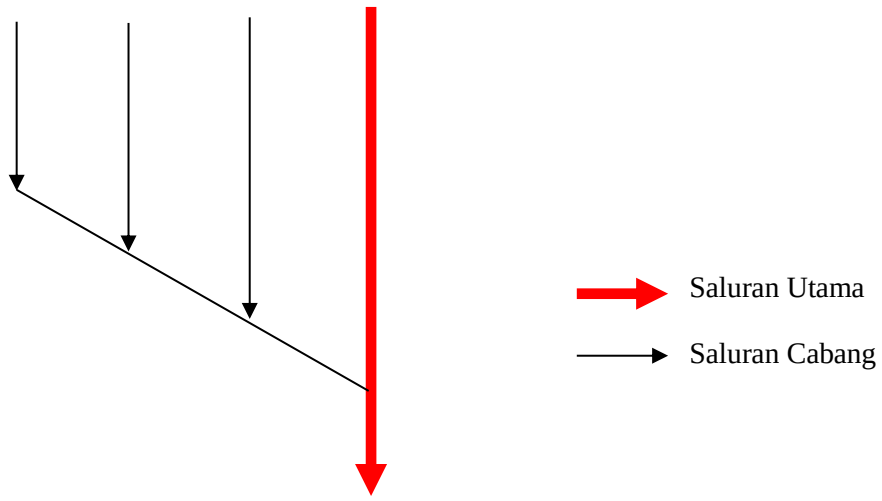
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kot, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 2.2 Jaringan Drainase Paralel

c. *Grid Iron*

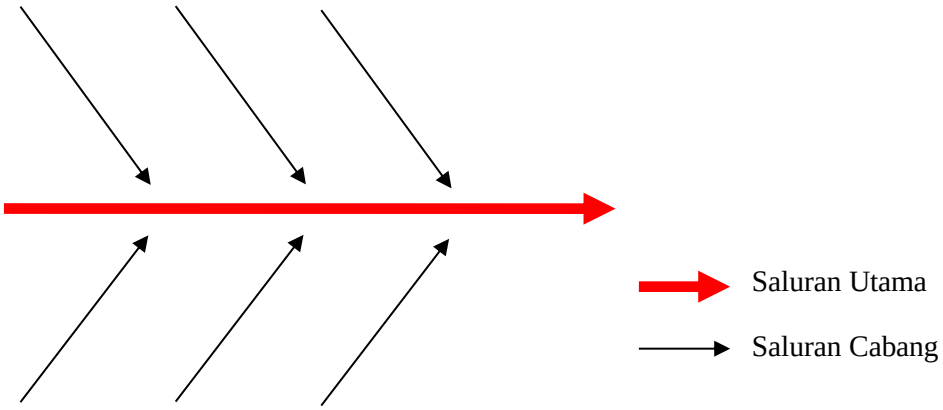
Untuk daerah dimana sungainya terleteak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2.3 Jaringan Drainase *Grid Iron*

d. Alamiah

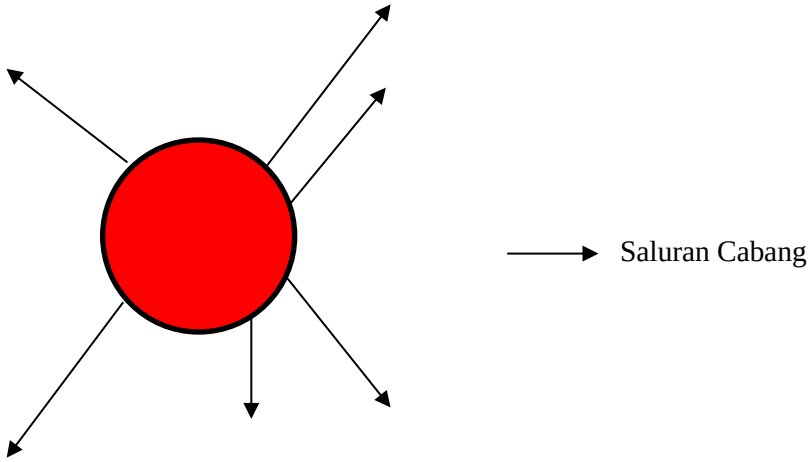
Sama seperti pola siku, hanya sungai pada pola alamiah lebih besar.



Gambar 2.4 Jaringan Drainase Alamiah

e. *Radial*

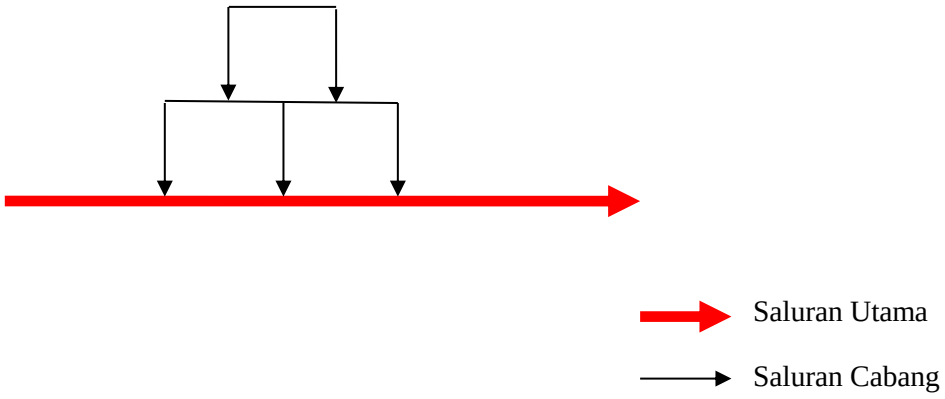
Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2.5 Jaringan Drainase Radial

f. Jaring-Jaring

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



Gambar 2.6 Jaringan Drainase Jaring-Jaring

- Saluran Cabang adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperolah dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya dibuang ke saluran utama.

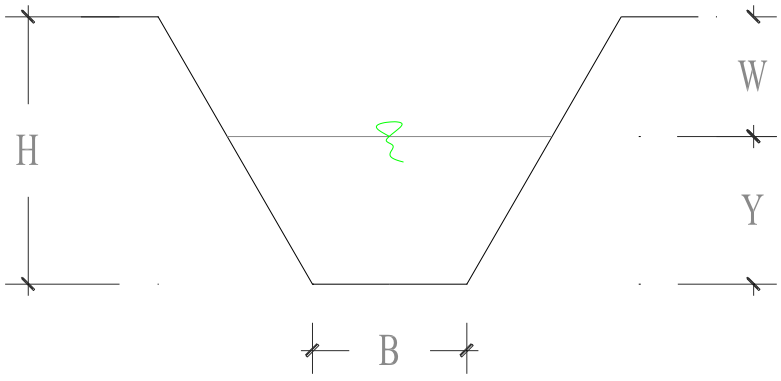
- Saluran Utama adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus membahayakan daerah yang dilaluinya.

2.5 Bentuk Penampang Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak jauh berbeda dengan saluran irigasi pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis, sebaliknya dimensi yang terlalu kecil akan menimbulkan permasalahan karena daya tamping yang tidak memedai. Adapun bentuk-bentuk saluran antara lain :

A. Trapesium

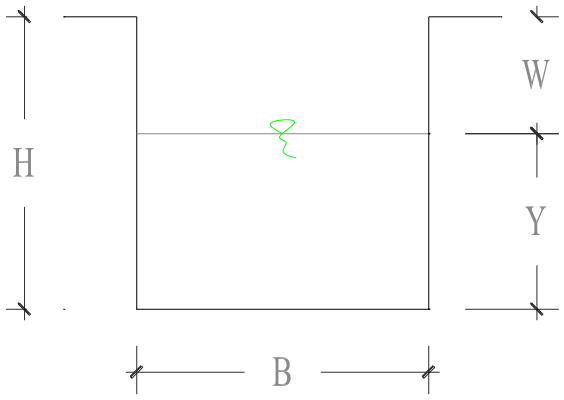
Pada umumnya saluran ini terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2.7 Penampang Trapesium

B. Persegi

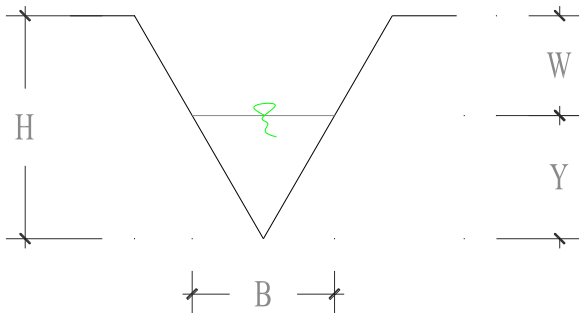
Saluran ini terbuat dari pasangan batu dan beton. Bentuk saluran ini tidak memerlukan banyak ruang dan areal. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2.8 Penampang Persegi

C. Segitiga

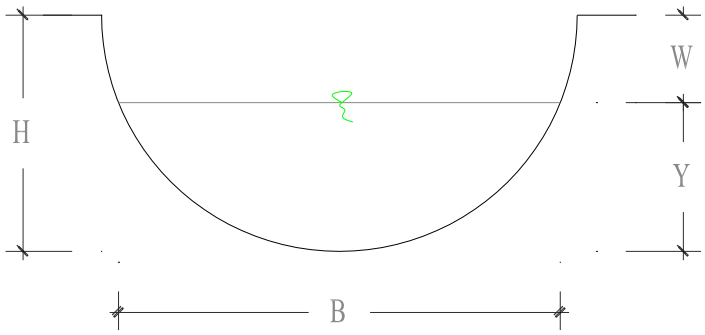
Saluran ini sangat jarang digunakan tetap mungkin digunakan dalam kondisi tertentu.



Gambar 2.9 Penampang Segitiga

D. Setengah Lingkaran

Saluran ini terbuat dari pasangan batu atau dari beton dengan cetakan yang telah tersedia. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 2.10 Penampang Setengah Lingkaran

Dari keempat penampang drainase yang ada dijelaskan, pada laporan kami hanya penampang persegi yang digunakan untuk sistem drainase perumahan Graha Bukit Rafflesia Kenten Sukamaju Palembang.

2.6 Sistem Jaringan Drainase

2.6.1 Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran

yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanal-kanal dan sungai-sungai. Perencanaan drainase mayor ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5-10 tahun dan pengukuran topografi yang detail diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

2.6.2 Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran atau selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran drainase kota dan lain sebagainya dimana debit yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar.

(Allafa : 2008)

2.7 Kuantitas Air Hujan

Kuantitas air hujan atau curah hujan (CH) adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) diatas permukaan horizontal bila tidak terjai evaporasi, aliran run off, dan infiltrasi.

2.7.1 Pengukuran Hujan

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisa hirologi pada perencanaan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam dengan cara ini bearti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama 1 hari. Untuk berbagai kepentingan perencanaan drainase

tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekuensi dalam pemilihan data dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis.

2.7.2 Alat Ukur Hujan

Dalam praktek pengukuran hujan terdapat 2 jenis alat ukur hujan, yaitu :

1. Alat Ukur Hujan Biasa (*Manual Raingauge*)

   Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini berupa data hasil pencatatan oleh petugas pada setiap periode tertentu. Alat pengukur hujan ini berupa corong dan sebuah gelas ukur yang masing-masing berfungsi untuk menampung jumlah air hujan dalam 1 hari (hujan harian)

2. Alat Ukur Hujan Otomatis (*Automatic Raingauge*)

   Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dangan menggunakan alat ini berupa data pencatatan secara terus menerus pada kertas pencatat yang dipasan pada alat ukur. Berdasarkan data ini akan dapat dilakukan analisa untuk memperoleh besaran intensitas hujan.

   Tipe alat ukur hujan otomatis ada 3, yaitu :

   - *Weighting Bucket Raingauge*
   - *Float Type Raingauge*
   - *Tipping Bucket Raingauge*

2.8 Analisa Hidrologi

Untuk melakukan perencanaan drainase diperlukan penggunaan metode yang tepat. Ketidaksesuaian dalam penggunaan metode dapat mengakibatkan hasil perhitungan tidak dapat diterapkan pada kondisi yang sebenarnya. Analisis hidrologi merupakan faktor yang paling berpengaruh untuk merencanakan besarnya sarana penampungan dan pengaliran air. Hal ini diperlukan untuk dapat mengatasi terjadinya genangan air.

2.8.1 Analisa Frekuensi

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang luar biasa ekstrim kejadiannya sangat langka. Dalam menghitung analisa frekuensi hujan ini menggunakan 2 metode antara lain :

A. Metode Gumbell

- Nilai Rata – Rata (*mean*) Metode Gumbell

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

- Standar Deviasi Metode Gumbell

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (X_1 - X)^2}$$

- Curah Hujan Rancangan

$$X = X_{rata\text{-}rata} \cdot \frac{Yt - Yn}{Sn} \cdot Sd \qquad (mm)$$

Keterangan :

X = Curah hujan rancangan

X_{rata2} = Nilai rata-rata arimatik hujan komulatif

Sd = Standar deviasi

Yt = *Reduced variate*

Yn = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample / data n

Sn = *Reduced standar deviation* yang tergantung pada jumlah sample atau data n

n = Jumlah data

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	2.251	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* (Sn)

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	0.5581	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

B. Metode Log Pearsson

- Nilai Rata – Rata (*mean*) Metode Log Pearsson

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

- Standar Deviasi Metode Log Pearsson

$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\text{Log } X_1 - X)^2}$

- Koefisien Kemencengan Metode log Pearsson

$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)(Sd_{log}{}^3)}\sum(\text{Log } X_1 - X)^3$

- Curah Hujan Rancangan

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

X = Arc Log . (Log X)

Keterangan :

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

X_{rata2} = 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
	Probabiltas Pensentase						
	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	3.753	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
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	2.686	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	-0.017	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

G	Tahun Periode						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabiltas Pensentase						
	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
-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

2.8.2 Curah Hujan Regional

Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat.

A. Metode Rerata Aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan didalam dan disekitar daerah yang bersangkutan.

$$R = \frac{1}{n}(R_A + R_B + R_C + \ldots + R_n)$$

Keterangan :

R = Tinggi curah hujan daerah

$R_A, R_B, R_c,$ = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, … , n

n = banyaknya pos penakar

B. Cara Poligon Thiessen

Jika titik-titik di daerah pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

$$R = \frac{(R_A . A_A)+(R_B . A_B)+(R_C . A_C) + \ldots + (R_n . A_n)}{A_A + A_B + A_C \ldots A_n}$$

$$R = \frac{(R_A . A_A)+(R_B . A_B)+(R_C . A_C) + \ldots + (R_n . A_n)}{A}$$

$$R = W_1.R_1 + W_2.R_2 + \ldots + W_n.R_n$$

Keterangan :

R = Tinggi curah hujan daerah

R_A, R_B, R_c, = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, … , n

A = Luas Areal

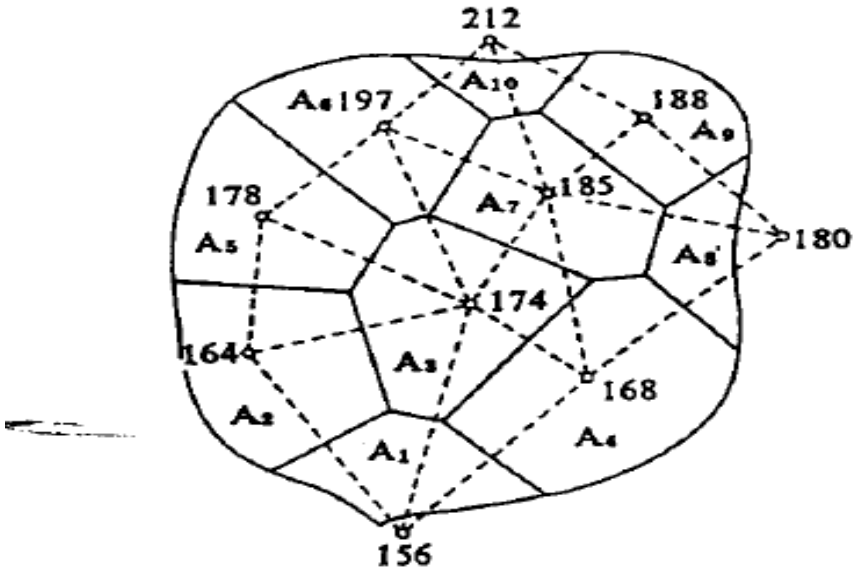
A_A, A_B, A_c = Luas daerah pengaruh pada pos penakar 1, 2, …, n

$W_1, W_2, ..W_n = \frac{A_1}{A} \frac{A_1}{A} \ldots \frac{A_n}{A}$

Bagian-bagian daerah A_A, A_B, … A_n ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar daerah itu pada peta topografi, kemudian dihubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Dengan demikian akan tertulis jaringan segitiga yang menutupi seluruh daerah
- Daerah yang bersangkutan itu dibagi dalam poligon-poligon yang di dapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segitiga tersebut di atas. Curah hujan dalam setiap poligon di anggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap polygon itu. Luas tiap poligon diukur dengan planimeter atau cara lain.

Cara Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti dari pada cara aljabar. Akan tetapi penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat. Kerugian yang lain umpananya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan.



Gambar 2.11 Poligon Thiessen

C. Cara Isohiet

Peta isohiet di gambar pada pera topografi dengan perbedaan 10 mm – 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah yang dimaksud.

Luas bagian daerah antara 2 garis isohiet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohiet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{A_A + .A_C + \ldots + (R_n .A_n)}{A_A + A_B + A_C \ldots A_n}$$

Keterangan :

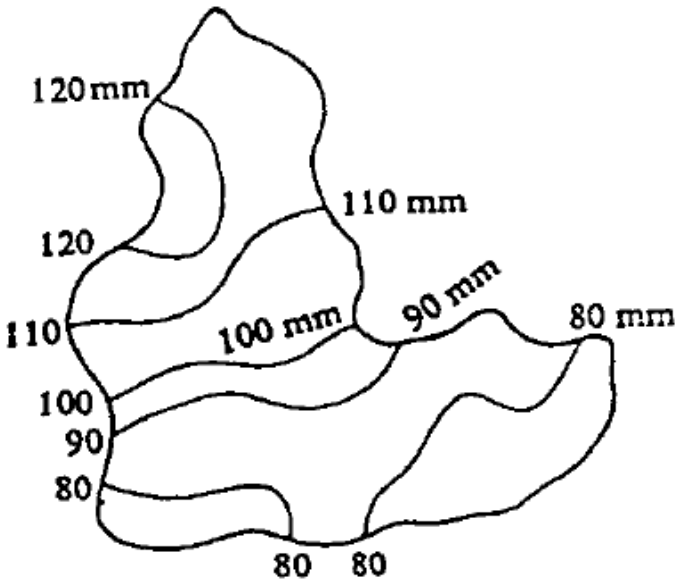
R = Tinggi curah hujan rata-rata

R_A, R_B, R_c, = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, … , n

A = Luas Areal

A_A, A_B, A_c = Luas daerah pengaruh pada pos penakar 1, 2, …, n

Cara ini adalah cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohiet dapat digambar dengan teliti. Akan tetapi jika titik-titik pengamatn itu banyak dan variasi curah hujan di daerah bersangkutan besar, maka pada pembuatan peta isohiet ini akan terdapat kesalahan pribadi si pembuat data.



Gambar 2.12 Peta Isohiet

Dari 3 macam cara menentukan curah hujan regional, pada laporan ini yang kami gunakan metode rerata aljabar untuk menentukan curah hujan regional pada perumahan Graha Bukit Rafflesi Kenten Sukamaju Palembang.

2.8.3 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. (*Sumber : Wesli 2008*)

Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit.(*Sumber : Suroso 2006*)

(http://mtnugraha.wordpress.com/2009/04/02/metode-intensitas-curah-hujan/)

Biasanya dalam perencanaan bangunan pengairan (misalnya drainase), debit rencana sangat diperlukan untuk mengetahui kapasitas yang seharusnya dapat ditampung oleh sebuah drainase, agar semua debit air dapat ditampung dan teralirkan. Rumus yang biasa digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan adalah sebagai berikut :

A. Rumus Mononobe :

$$I = \frac{R24}{24} \times \left(\frac{24}{Tc}\right)^{\frac{2}{3}} \text{ (mm/jam)}$$

$$T_C = T_O - T_D$$

$$T_O = \left(\frac{2}{3} \times 3{,}28 \times Lo \times \frac{nd}{\sqrt{S}}\right)^{0{,}167}$$

$$T_D = \frac{L}{60\ v}$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T_C = Lamanya atau durasi curah hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang (mm)

T_O = Waktu in-let (menit)

T_D = Waktu aliran dalam saluran (menit)

L_O = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

nd = Angka kekasaran permukaan lahan (tabel)

S = Kemiringan daerah pengaliran atau kemiringan tanah

v = Kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Tabel 2.5 Angka Kekasaran Permukaan Lahan

Tata Guna Lahan	nd
Lapisan 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

2.8.4 Debit Rancangan

Debit rencana sangat penting dalam perencanaan sistem drainase, apabila dalam menentukan debit rencana, maka sistem drainase yang digunakan tidak akan berfungsi dengan semestnya. Debit aliran adalah yang akan digunakan untuk menghitung dimensi saluran, didapat dari debit yang berasal dari limpasan air hujan dan debit air buangan limbah rumah tangga dengan rumus :

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

Keterangan :

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

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

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

A. Debit Limpasan (Air Hujan)

Debit air hujan (limpasan) adalah volume aliran yang terjadi di permukaan tanah yang disebabkan oleh turunnya hujan dan terkumpulnya membentuk suatu

aliran. Aliran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling mempengaruhi yaitu jenis permukaan tanah, luas daerah limpasan, dan intensitas curah hujan. Debit air hujan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

Q = Debit limpasan (m^3/det)

C = Koefesien pengaliran (tabel)

I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitugkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari.

Tabel 2.6 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 industri	0.80 – 0.90

Daerah perniagaan	0.90 – 0.95

Sumber : Gunadarma 2011

B. Debit Air Limbah Buangan (Air Kotor)

Debit Air Limbah Buangan adalah semua cairan yang dibuang, baik yang mengandung kotoran manusia maupun yang mengandung sisa-sisa proses industri.

Air Buangan dapat dibagi menjadi 4 golongan, yaitu :

- Air Kotor :
  : Air buangan yang berasal dari kloset, peturasan, bidet dan air buangan yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari alat-alat plambing.
- Air Bekas
  : Air buangan yang berasal dari alat-alat plambing lainnya seperti bak mandi, baik cuci tangan, bak dapur dan lain-lain.
- Air Hujan
  : Air buangan yang berasal dari atap bangunan, halaman dan sebagainya.
- Air Buangan Khusus
  : Air buangan yang mengandung gas, racun atau bahan-bahan berbahaya seperti berasal dari pabrik, air buangan laboratorium, tempat pengobatan, tempat pemeriksaan di rumah sakit, rumah pemotongan hewan, air buangan yang bersifat radioaktif yang dibuang dari pusat Listrik Tenaga Nuklir.

Debit air limbah rumah tangga didapat dari 60% - 70% suplai air bersih setiap orang, diambil debit limbah rumah tangga 70% dan sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun-kebun dal lain-lain. Debit air kotor ini dapat dihitung menggunakan rumus :

Besarnya air limbah buangan dipengaruhi oleh :

- Asumsi jumlah orang setiap rumah 6 orang
- Asumsi kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang untuk perumahan 100 – 200 l/orang/hari = 150 l/org/hari
- Asumsi kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang untuk sarana ibadah (masjid) = 20 l/orang/hari
- Faktor puncak (Fp) diperoleh berdasarkan jumlah penduduk yang ada di perumahan Graha Bukit Rafflesia Palembang, yaitu sebesar 2.5

Air limbah rumah tangga didapat berdasarkan kebutuhan air bersih dan diambil 70%, sisanya dipakai pada proses industri, penyiraman kebun, dan lain-lain.

$Q_{rata\text{-}rata}$ = (70% x Konsumsi Air Bersih/orang x Jumlah Penduduk x Fp) liter/hari

$$Q_{air\ kotor} = \frac{\text{Qair kotor Liter/detik}}{1000\ \frac{m3}{liter}\ .\ (24jam.60menit.60detik)\ \frac{detik}{hari}}\ (m^3/detik)$$

Tabel 2.7 Konsumsi Air Bersih

No	Sumber	Satuan	Jumlah Aliran (l/unit/orng)	
			Antara	Rata-Rata
1	Rumah	Orang	200 – 280	220
2	Pondok	Orang	130 - 190	160
3	Kantin	Pengunjung Pekerja	4 – 10 30 – 50	6 40
4	Perkemahan	Orang	80 – 150	120

5	Penjuaal 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	Pekerja Orang	40 – 60 40 – 60	50 50
9	Ruang 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

2.9 Desain Saluran

Debit aliran yang sama dengan debit akibat hujan, harus dialirkan pada saluran bentuk persegi, segitiga, trapesium, dan setengah lingkaran untuk drainase muka tanah (*surface drainage*).

2.9.1 Dimensi Saluran

A. Penampang Persegi

- Luas Penampang (A) = B x H

$= 2H \times H$

$= 2H^2$ (m)

- Keliling Basah (P) $= B + 2H$

  $= 2H^2 + 2H$ (m)

- Jari-Jari Hidrolis (R) $= \frac{A}{P}$

  $= \frac{BH}{B + 2H}$

  $= \frac{2H^2}{2H + 2H}$

  $= \frac{2H^2}{4H}$

  $= \frac{H}{2}$ (m)

Keterangan :

B	= Lebar dasar saluran	(m)
H	= Tinggi kedalaman air	(m)
A	= Luas penampang	(m^2)
P	= Keliling basah penampang	(m)

2.9.2 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 :

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

Keterangan :

V = Kecepatan aliran air (m/det)

n = Koefisien kekasaran manning (tabel)

R = Radius Hidrolik

I = Kemiringan saluran

Tabel 2.8 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

2.9.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah kecepatan aliran air pada saluran drainase, yang didapatkan dati tabel 2.9 atau dihitung dengan rumus Manning atau Chezy.

Tabel 2.9 Kecepatan Aliran Sesuai Jenis Material

Jenis Bahan	V_{izin} (m/det)
Pasir Halus	0.45
Lempung Kepasiran	0.50
Lanau Aluvial	0.60
Kerikil Halus	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 2010*)

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

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

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 jens saluran, baik berupa saluran tana maupun dengan pasangan, besarnya koefisien Manning dapat mengacu pada teble berikut.

Tabel 2.10 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Tipe Saluran	Kondisi		
	Baik	Cukup	Kurang
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

2.9.4 Tinggi Jagaan Saluran

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

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

Keterangan :

W = Jagaan saluran (m)

H = Tinggi kedalaman air (m)

2.9.5 Bangunan Pelengkap (Gorong-Gorong)

Gorong-gorong adalah saluran tertutup yang digunakan untuk mengalirkan air melewati jalan raya, rel kereta api, atau timbunan lainnya. Gorong-gorong biasanya dibuat dari beton, alumunium gelombang, baja gelombang dan lainnya. Penampang

gorong-gorong berbentuk bulat, persegi, oval, tapal kuda, dan segitiga. Untuk menghitung sebuah gorong-gorong biasa mengunakan rumus sebagai berikut :

$d = 0.81\ D$

$d = r\ (1 - \cos \frac{1}{2}\theta)$

$0.81\ D = \frac{D}{2}\ (1 - \cos \frac{1}{2}\theta)$

$1.62\ D = D\ (1 - \cos \frac{1}{2}\theta)$

$1.62 = (1 - \cos \frac{1}{2}\theta)$

$1.62 - 1 = (- \cos \frac{1}{2}\theta)$

$0.62 = (- \cos \frac{1}{2}\theta)$

$(\cos \frac{1}{2}\theta) = - 0.62$

$\frac{1}{2}\theta = \cos^{-1} (-0.62)$

$\frac{1}{2}\theta = 128.316°$

$\theta = 256.632°$

$\theta = \frac{256.632°}{180/\pi}$

= 4.479 rad

$$A = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)\, D^2$$

$$= \frac{1}{8}(4.479 - \sin 256.632°)\, D^2$$

$$= 0.681\, D^2$$

Keterangan :

A = Luas penampang gorong-gorong (m^2)

D = Diameter gorong-gorong (m)

2.9.6 Kolam Retensi

Fungsi dari kolam retensi adalah unteuk mennggantikan peran lahan resapan yang dijadikan lahan tertutup/perumahan/perkantoran maka fungsi resapan dapat digantikan dengan kolam retensi. Fungsi kola mini adalah menampung air hujan langsung dan aliran dari sistem untuk diresapkan ke dalam tanah. Sehingga kolam retensi ini perlu ditempatkan pada bagian yang terenndah dari lahan. Jumlah, volume, luas dan kedalaman kola mini sangat tergantung dari beberapa lahan yang dialihfungsikan menjadi kawasan permukiman.

Fungsi lain dari kolam retensi sebagai pengendali banjirdan penyalur air; pengolahan limbah kolam retensi dibangun untuk menampung dan mentreatment limbah sebelum dibuang; dan pendukung waduk/bendungan, kolam retensi dibangun untuk mempermudah pemeliharaan dan penjernihan air waduk karena jauh lebih mudah dan murah menjernikan air di kolam retensi yang kecilsebelum dialirkan ke waduk disbanding dengan menguras/menjernikan air waduk itu sendiri.

2.10 Pengelolaan Proyek

2.10.1 Uraian Rencana Kerja (*Network Planning)*

A. *Network Planning*

Network Planning prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagain 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 pengertian *Network Planning* atau sejenisnya, antara lain :

– CMD	:	*Chart Method Diagram*
– NMT	:	*Network Management Technique*
– PEP	:	*Program Evaluation Prosedure*
– CPA	:	*Critical Path Analysis*
– CPM	:	*Critical Path Method*
– PERT	:	*Program Evaluation and Riview Technique*

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

B. Keuntungan Penggunan *Network Planning* dalam Tatalaksana 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. Biata untuk mempercepat setiap pekerjaan : ini berguna bila pekerjaan-pekerjaan yang ada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek lekas 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*

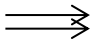
Pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 simbol :

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 aktivitas atau kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, *equipment*, material dan biaya) tertentu.

b. *Node/,* bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu lebih kegiatan-kegiatan.

c. *Double Arrow,*  anak panah sejajar, merupakan kegiatan di Lintasan Kristis (*Critical Path*)

d. *Dummy,* bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu/aktivitas semu : adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.

F. Yang Perlu Diingat Dalam Menggambarkan Diagram *Network Planning*

a. Panjang, pendek meupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.

b. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.

c. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat bersama-sama.

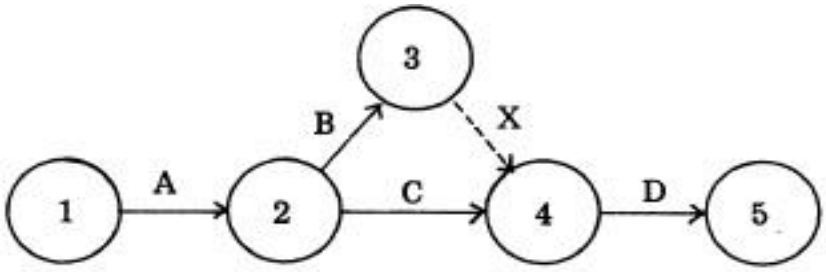
d. Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.

e. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari Aktivitas-aktivitas itu.

f. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.

g. Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Anak panah selalu menghubungkan du buah *nodes,* arah dari anak panah menunjukan urut-urutan waktu.

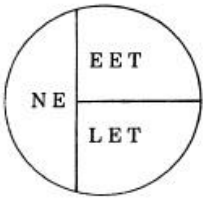


Gambar 2.13 Diagram *Network Planning*

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

a. Penggambaran NE, EET dan LET

Event dengan simbol lingkaran tadi, 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 suatu 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 kejadian akhir dengan jalan menjumlahkan yaitu antara EET ditambah durasi. Bila pada suatu kejadian bertemu 2 atau lebih kegiatan, EET yang dipakai waktu yang terbesar.

3. LET (*Latest Event Time*) adalah waktu paling akhir peristiwa itu harus dikerjakan. Cara mencarinya (metode algoritma) : Mulai dari kejadian akhir bergerak mendur ke kejadian nomor 1 dengan jalan mengurangi, yaitu antara LET dikurangi durasi. Bila pada suatu kejadian berasal 2 atau lebih kegiatan, LET yang dipakai waktu yang terkecil.

2.11 Kurva S

Kurva S merupakan salah satu metode perencenaan pengendalian biaya yang sangat lazim digunakan pada suatu proyek. Kurva S merupakan gambaran diagram persen komulatid biaya yang diplot pada suatu sumbu koordinat dimana sumbu absis (X) menyatakan waktu sepanjang masa proyelk dan sumbu (Y) menyatakan nilai persen komulatif biaya selama masa proyek tersebut. pada diagram Kurva S, dapat diketahui pengeluaran biaya yang dikeluarkan satuan waktu, pengeluaran biaya komulatif per satuan 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 2.10 Contoh Kurva S

KURVA S PEKERJAAN PONDASI

ILMUSIPIL.COM

NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	100
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64		6.82	6.82				80
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18		9.09	9.09				60
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				40
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36			12.12	12.12	12.12		20
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09					9.09		0
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	

(sumber : http//www.ilmusipil.com//cara-membuat-Kurva-S//)

Untuk menggambaran 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 bar chat (yang benar adalah membuat CPM terlebih dahulu kemudian dibuat bar chat).
2. Melakukan pembobotan pada setiap item pekerjaan.
3. Bobot item pekerjaan itu dihitung bedasarkan biaya item pekerjaan dibagi biaya total pekerjaan dikalikan100.

4. Setelah bobot masing-masing item dihitung pada masing-masing didistribusikan bobot pekerjaan selama durasi masing-masing aktivitas.
5. Setelah itu jumlah bobot aktivitas tiap periode waktu tertentu, dijumlah secara kumulatif.
6. Angka kumulatif pada setiap periode ini diplot pada sumbu Y (ordinat) dalam grafik da waktu pada absis.
7. Dengan menghubungkan semua titik-titik didapat kurva S.

Cara membuat Kurva S actual adalah kurva S actual di plot pad kurva S rencana, dengan cara pembuatan sama dengan pembuatan kurva S rencana. Perbedaan adalah dalam perhitungan biaya pekerjaa per satuan waktu dihitung beradasarkan volume fisik yang dihasilkan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan tersebut (volumr yang dihasilkan diedarkan dari opname pekerjaan yang dilakukan oleh owner/ pemilik atau yang mewakili dan hasil opname yang sah da dapat dipertanggungjawabkan.

2.12 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 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 kegiatan yang dicapai atau yeng telah dilaksanakan dalam waktu tertentu/*actual*. Untuk selanjutnya dibandingkan dengan rencana waktu yang ditunjukkan dalam bagan 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.

Tabel 2.11 Contoh Barchat

BAR CHART PEKERJAAN PONDASI

ILMUSIPIL.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	

Untuk memperhitungkan presentase bobot masing-masing jenis kegiatan haruslah diketahui baik biaya masing-masing kegiatan maupun jumlah biaya keseluruhan pekerjaan. Perhitungan presentase bobot masing-masing jenis kegiatan adlah sebagai berikut :

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

(*sumber: ejournal.unud.ac.id/abstrak)*