

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Analisis Hidrologi

##### 2.1.1 Hujan Wilayah (Metode Poligon Thiessen)

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Stasiun-stasiun pengamat hujan yang tersebar pada suatu daerah aliran dapat dianggap sebagai titik (*point*).

$$R_H = \frac{\sum_{i=1}^n H_i L_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

HI = hujan pada masing-masing stasiun 1,2,..., n

LI = luas poligon masing-masing stasiun 1,2,...,n

N = jumlah stasiun yang ditinjau

RH = rata-rata hujan

##### 2.1.2 Distribusi Hujan

###### 2.1.2.1 Metode Distribusi Normal

Merupakan fungsi distribusi kumulatif (CDF) Normal atau dikenal dengan distribusi Gauss (*Gaussian Distribution*). Distribusi normal memiliki fungsi kerapatan probabilitas yang dirumuskan :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < x < \infty \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$\mu$  dan  $\sigma$  adalah parameter statistik, yang masing-masing adalah nilai rata-rata dan standar deviasi dari varian.

**Tabel 2. 1 Harga KTr Perhitungan Distribusi Normal Gauss**

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	K <sub>T</sub>
1	1.001	0.999	-3.050
2	1.005	0.995	-2.580
3	1.010	0.990	-2.330
4	1.050	0.950	-1.640
5	1.110	0.900	-1.280
6	1.250	0.800	-0.840
7	1.330	0.750	-0,67
8	1.430	0.700	-0.520
9	1.670	0.600	-0.250
10	2.000	0.500	0.000
11	2.500	0.400	0.250
12	3.330	0.300	0.520
13	4.000	0.250	0.670
14	5.000	0.200	0.840
15	10.000	0,1	1.280
16	20.000	0.050	1.620
17	50.000	0.020	2.050
18	100.000	0.010	2.330
19	200.000	0.005	2.580
20	500.000	0.002	2.880
21	1.000.000	0,001	3.090

Sumber : Soewarno, 1995

**2.1.2.2 Metode Distribusi Log Normal 2 Parameter**

Fungsi kerapatan probabilitas Log Normal adalah sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{\xi \cdot x \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2} \cdot \frac{(\ln x - \lambda)^2}{\xi^2} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan :  $\log X_{TR} = \log \bar{x} + k \cdot S_{\log x}$

$$C_v = \frac{S_{\log x}}{\log \bar{x}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum(\log \bar{x} - \log x_i)^2}{(n - 1)}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\log \bar{x} = \frac{\sum \log x_i}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- XTR = Besarnya curah hujan dengan periode ulang t
- n = Jumlah data
- log  $\bar{x}$  = Curah hujan harian maksimum rata-rata dalam harga logaritmik
- k = Faktor frekuensi dari Log Normal 2 parameter, sebagai fungsi dari koefisien variasi, Cv dan periode ulang t
- Slogx = Standar deviasi dari rangkaian data dalam harga logaritmik
- Cv = Koefisien variasi dari log normal w parameter

Masing-masing adalah nilai rata-rata dan standar Deviasi dari ln x dan merupakan parameter- parameter dari distribusi. Langkah sederhana dilakukan sama dengan distribusi Log Pearson Type III , tetapi dengan mengambil harga koefisien asimetri Cs = 0 untuk mendapatkan nilai KT.

**Tabel 2. 2 Harga KTr Perhitungan Distribusi Log Normal 2 Parameter**

Variasi	PERIODE ULANG (TAHUN)						
	2	5	10	20	25	50	100
Coef. (CV)	EXCEEDENCE PROBABILITY						
	0,500	0,200	0,100	0,050	0,040	0,020	0,010
0,05	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	1,7609	2,1341	2,457
0,10	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	1,8061	2,2130	2,5489
0,15	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	1,8482	2,2899	2,2607
0,20	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	1,8866	2,3640	2,7716
0,25	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	1,9206	2,4318	2,8805
0,30	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	1,9514	2,5015	2,9866
0,35	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	1,9775	2,5638	3,0890
0,40	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	1,9990	2,6212	3,1870
0,45	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,0162	2,6731	3,2799
0,50	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,0291	2,7202	3,3670

<b>0,55</b>	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,0378	2,7613	3,4488
<b>0,60</b>	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,1475	2,7971	3,5211
<b>0,65</b>	-0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,0435	2,8279	3,3930
<b>0,70</b>	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,0410	2,8532	3,3663
<b>0,75</b>	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,0353	2,8735	3,7118
<b>0,80</b>	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,0268	2,8891	3,7617
<b>0,85</b>	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,0157	2,9002	3,8056
<b>0,90</b>	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,0012	2,9010	3,8137
<b>0,95</b>	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	1,9868	2,9103	3,8762
<b>1,00</b>	-0,2929	0,4254	1,0560	1,7815	1,9681	2,9010	3,9035

Sumber : Soewarno, 1995

### 2.1.2.3 Metode Distribusi Pearson Type III

Secara sederhana fungsi kerapatan distribusi Pearson Type III adalah sebagai berikut:

$$X_t = X_i + KT.S_i \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

$X_i$  = Data ke-i

$S_i$  = Standar deviasi

$C_s$  = Koefisien skewness

$KT$  = Faktor sifat distribusi Pearson Type III, yang merupakan fungsi dari besarnya  $C_s$  yang ditunjukkan pada tabel.

**Tabel 2. 3 Harga KTr Perhitungan Distribusi Pearson Type III**

No.	Koefisien Skewness	Periode Ulang (tahun)						
		2	5	10	20	25	50	100
1	3	-0.396	0.42	1.18	2.003	2.278	3.152	4.501
2	2.8	-0.384	0.46	1.21	2.009	2.275	3.114	3.973
3	2.6	-0.368	0.499	1.238	2.013	2.267	3.071	3.889
4	2.4	-0.351	0.537	1.262	2.011	2.256	3.023	3.8
5	2.2	-0.333	0.574	1.264	2.006	2.24	2.97	3.705
6	2	-0.307	0.609	1.302	1.996	2.219	2.912	3.605
7	1.8	-0.282	0.643	1.318	1.981	2.193	2.848	3.499
8	1.6	-0.254	0.675	1.329	1.962	2.163	2.78	3.388
9	1.4	-0.225	0.705	1.337	1.938	2.128	2.706	3.271
10	1.2	-0.195	0.732	1.34	1.91	2.087	2.626	3.149
11	1	-0.164	0.758	1.34	1.877	2.043	2.542	3.022

12	0.8	-0.132	0.78	1.336	1.839	1.993	2.453	2.891
13	0.6	-0.099	0.8	1.328	1.797	1.939	2.359	2.755
14	0.4	-0.066	0.816	1.317	1.75	1.88	2.261	2.615
15	0.2	-0.033	0.83	1.301	1.7	1.818	2.159	2.472
16	0	0	0.842	1.282	1.645	1.751	2.054	2.326
17	-0.2	0.033	0.85	1.258	1.586	1.68	1.945	2.178
18	-0.4	0.066	0.855	1.231	1.524	1.606	1.834	2.029
19	-0.6	0.099	0.857	1.2	1.458	1.528	1.72	1.88
20	-0.8	0.132	0.132	0.856	1.166	1.389	1.448	1.733
21	-1	0.164	0.852	1.128	1.317	1.366	1.492	1.588
22	-1.2	0.195	0.844	1.086	1.243	1.282	1.379	1.449
23	-1.4	0.225	0.832	1.041	1.168	1.198	1.27	1.318
24	-1.6	0.254	0.817	0.994	1.049	1.116	1.197	1.197
25	-1.8	0.282	0.799	0.945	1.019	1.035	1.069	1.087
26	-2	0.307	0.777	0.895	0.949	0.959	0.98	0.99
27	-2.2	0.333	0.725	0.884	0.882	0.888	0.9	0.905
28	-2.4	0.351	0.725	0.795	0.819	0.823	0.83	0.832
29	-2.6	0.368	0.969	0.747	0.762	0.764	0.768	0.769
30	-2.8	0.384	0.384	0.666	0.702	0.711	0.712	0.714
31	-3.0	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.666	0.667

Sumber : Soemarto, 1999

### 2.1.2.4 Metode Distribusi Gumbel

Metode distribusi Gumbel banyak digunakan dalam Analisis frekuensi hujan yang mempunyai rumus:

$$R_t = R + K \cdot S_x \dots\dots\dots(2.8)$$

$$K = (y_t - y_n)/S_n \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Y_t = - (0,834 + 2,303 \log T/T-1) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

$R_t$  = Curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm)

$R$  = Curah hujan maksimum rata-rata

$S_x$  = Standar deviasi

$K$  = Faktor frekuensi

$S_n, Y_n$  = Faktor pengurangan deviasi standar rata-rata sebagai fungsi dari jumlah data.

**Tabel 2. 4 Harga KTr Perhitungan Distribusi Gumbel**

n	Yn	Sn	n	Yn	Sn	n	Yn	Sn
10	0,4952	0,9496	31	0,5371	1,1159	52	0,5493	1,1638
11	0,4996	0,9676	32	0,5380	1,1193	53	0,5497	1,1658
12	0,5035	0,9833	33	0,5388	1,1226	54	0,5501	1,1667
13	0,5070	0,9971	34	0,5396	1,1255	55	0,5504	1,1681
14	0,5100	1,0095	35	0,5402	1,1286	56	0,5508	1,1960
15	0,5128	1,0206	36	0,5410	1,1313	57	0,5511	1,1708
16	0,5157	1,0316	37	0,5418	1,1339	58	0,5515	1,1721
17	0,5181	1,0411	38	0,5424	1,1363	59	0,5518	1,1734
18	0,5202	1,0493	39	0,5430	1,1388	60	0,5521	1,1747
19	0,5220	1,0565	40	0,5436	1,1413	61	0,5524	1,1759
20	0,5236	1,0628	41	0,5442	1,1436	62	0,5527	1,1770
21	0,5252	1,0696	42	0,5448	1,1458	63	0,5530	1,1782
22	0,5268	1,0754	43	0,5453	1,1480	64	0,5533	1,1793
23	0,5283	1,0811	44	0,5458	1,1499	65	0,5535	1,1803
24	0,5296	1,0864	45	0,5463	1,1519	66	0,5538	1,1814
25	0,5309	1,0915	46	0,5468	1,1538	67	0,5540	1,1824
26	0,5320	1,0861	47	0,5473	1,1557	68	0,5543	1,1834
27	0,5332	1,1004	48	0,5477	1,1547	69	0,5545	1,1844
28	0,5343	1,1047	49	0,5481	1,1590	70	0,5548	1,1854

29	0,5353	1,1086	50	0,5485	1,1607	71	0,5550	1,1864
30	0,5362	1,1124	51	0,5489	1,1623	72	0,5552	1,1873
<b>N</b>	<b>Yn</b>	<b>Sn</b>	<b>n</b>	<b>Yn</b>	<b>Sn</b>			
73	0,5555	1,1881	94	0,5592	1,2032			
74	0,5557	1,1890	95	0,5593	1,2038			
75	0,5559	1,1898	96	0,5595	1,2044			
76	0,5561	1,1906	97	0,5596	2,2049			
77	0,5563	1,1915	98	0,5598	1,2055			
78	0,5565	1,1923	99	0,5599	1,2060			
79	0,5567	1,1930	100	0,5600	1,2065			
80	0,5569	1,1938						
81	0,5570	1,1945						
82	0,5672	1,1953						
83	0,5574	1,1959						
84	0,5576	1,1967						
85	0,5578	1,1973						
86	0,5580	1,1987						
87	0,5581	1,1987						
88	0,5583	1,1994						
89	0,5585	1,2001						
90	0,5586	1,2007						
91	0,5587	1,2013						
92	0,5589	1,2020						
93	0,5591	1,2026						

Sumber : Soemarto, 1999

### 2.1.3 Intensitas Hujan

Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan Persamaan Mononobe sebagai berikut.

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$R_t$  = Intensitas hujan rerata dalam T jam

$R_{24}$  = Curah hujan efektif dalam 1 (satu) hari

t = Waktu konsentrasi hujan (jam)

$R_{24}$  didapat dari hasil analisis frekuensi pada perhitungan analisis frekuensi, sedangkan t dibuat berdasarkan durasi pendek untuk mendapatkan persamaan intensitas hujannya.

Intensitas hujan dihitung pada periode ulang 2, 5, 10, 20 dan 25 tahun. Hasil perhitungan Intensitas Hujan akan dibuat grafik atau kurva IDF yang akan diregresi agar menghasilkan suatu persamaan untuk menghitung intensitas hujan rencana dalam menghitung debit banjir rencana untuk mendesain saluran drainase. Berikut ini adalah hasil perhitungan intensitas hujan dengan persamaan mononobe.

### 2.1.4 Analisis Debit Banjir Rancangan

Model hidrologi biasanya digunakan untuk berbagai tujuan yang berkaitan dengan pengambilan keputusan teknik. Tujuan utama adalah untuk (1) mengkarakterisasi limpasan permukaan dalam hal ini adalah puncak limpasan dan volumenya, (2) memahami dampak dari perubahan daerah aliran sungai, (3) menentukan hasil dari pilihan kontrol, (4) melakukan desain hidrolis, (5) dan menghasilkan data masukan untuk model lainnya. Meskipun ketidakmampuan untuk melakukan kalibrasi secara tepat dan verifikasi aplikasi dimana data input yang kurang, model simulasi masih menyediakan pendekatan yang paling logis dan terdepan secara ilmiah untuk memahami perilaku hidrologi DAS dan sistem sumber daya air.

Model banjir rencana (*design flood*) pada dasarnya adalah model yang mensimulasikan curah hujan-limpasan dari peristiwa badai tunggal. Proses



konversi curah hujan menjadi limpasan langsung dapat dengan mudah disimulasikan baik untuk subbasins kecil atau DAS kompleks besar.

Untuk melakukannya, metode unit hidrograf digunakan di sini untuk menghasilkan hidrograf banjir. Pada umumnya, banjir rencana di Indonesia ditentukan berdasarkan analisis curah hujan harian maksimum yang tercatat. Frekuensi debit maksimum jarang diterapkan karena keterbatasan masa pengamatan. Maka analisisnya dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan empiris dengan memperhitungkan parameter-parameter alam yang terkait. Untuk menentukan debit banjir rencana dilakukan analisis debit puncak banjir dengan beberapa metode yang berbeda adalah sebagai berikut.

#### 2.1.4.1 Hidrograf Sintetik SCS

Hidrograf sintetik SCS adalah hidrograf sintetik yang tidak berdimensi dan dikembangkan dari unit hidrograf untuk berbagai ukuran DAS dan lokasi geografi. Berdasarkan Bedient (1992), persamaan yang digunakan adalah :

$$Q_p = \frac{484A}{T_R} \dots\dots\dots(2.12)$$

Di mana :

- A = luas DAS (mil<sup>2</sup>)
- T<sub>R</sub> = waktu naik (jam)
- = D/2 + t<sub>p</sub>

Di mana :

- D = durasi hujan (jam), untuk Indonesia diambil 6 jam
- t<sub>p</sub> = lag time dari tengah durasi sampai Q<sub>p</sub> (jam)

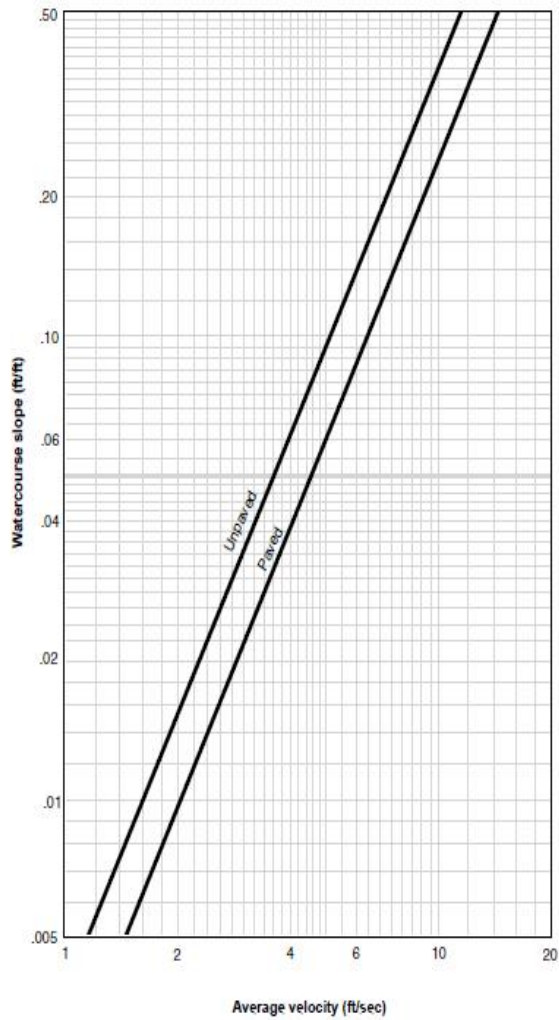
Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_c = t_{l1} + t_{l2} + t_{l3} + \dots + t_{lm} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$t_l = L/v \dots\dots\dots(2.14)$$

Di mana :

- L = jjarak tempuh aliran
- V = kecepatan rata-rata aliran (lihat Gambar 3.4)
- t<sub>l</sub> = waktu tempuh aliran
- t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi



**Gambar 2. 1 Kecepatan Rata-rata Aliran**

Sumber : USDA, 1986

Sedangkan *lag time* dihitung dengan salah satu persamaan empiris, yaitu :

$$T_{lag} = 0.6t_c \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

$$t_{lag} = \text{lag time (jam)}$$

curve number yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2. 5 Nilai CN untuk Perhitungan Hidrograf Sintetik SCS**

LAND USE DESCRIPTION	HYDROLOGIC SOIL GROUP			
	A	B	C	D
Cultivated land <sup>1</sup>				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land				
Poor condition	68	79	86	89
Good condition	39	61	74	80
Meadow				
Good condition	30	58	71	78
Wood or forest land				
Thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
Good cover <sup>2</sup>	25	55	70	77
Open spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
Good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50–75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential <sup>3</sup>				
Average lot size    Average % impervious <sup>4</sup>				
1/8 ac or less    65	77	85	90	92
1/4 ac            38	61	75	83	87
1/3 ac            30	57	72	81	86
1/2 ac            25	54	70	80	85
1 ac              20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Streets and roads				
Paved with curbs and storm sewers <sup>5</sup>	98	98	98	98
Gravel	76	85	89	91
Dirt	72	82	87	89

1. For a more detailed description of agricultural land use curve numbers, refer to *National Engineering Handbook*, Section 4, "Hydrology," Chapter 9, Aug. 1972.

2. Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.

3. Curve numbers are computed assuming that the runoff from the house and driveway is directed toward the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.

4. The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.

5. In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

**Sumber : Bedient, 1992**

## 2.2 Perencanaan Embung

Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro di lahan pertanian (*small farm reservoir*) yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan (Sumber : Diskominfo Kab. Bogor, 2018). Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budidaya komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi (*high added value crops*) di musim kemarau atau di saat curah hujan makin jarang. Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air (*water harvesting*) yang sangat sesuai di segala jenis agroekosistem. Di lahan rawa namanya pond yang berfungsi sebagai

tempat penampungan air drainase saat kelebihan air di musim hujan dan sebagai sumber air irigasi pada musim kemarau. (Sumber : Diskominfo Kab. Bogor, 2018)

Sementara pada ekosistem tadah hujan atau lahan kering dengan intensitas dan distribusi hujan yang tidak merata, embung dapat digunakan untuk menahan kelebihan air dan menjadi sumber air irigasi pada musim kemarau. Secara operasional sebenarnya embung berfungsi untuk mendistribusikan dan menjamin kontinuitas ketersediaan pasokan air untuk keperluan tanaman ataupun ternak di musim kemarau dan penghujan. (Sumber : Diskominfo Kab. Bogor, 2018)

Pembuatan embung untuk pertanian bertujuan antara lain untuk :

1. Menampung air hujan dan aliran permukaan (*runoff*) pada wilayah sekitarnya serta sumber air lainnya yang memungkinkan seperti mata air, parit, sungai-sungai kecil dan sebagainya.
2. Menyediakan sumber air sebagai suplesi irigasi di musim kemarau untuk tanaman palawija, hortikultura semusim, tanaman perkebunan semusim dan peternakan.

Tiga prasyarat dalam pembangunan embung, dam parit maupun *long storage* agar embung dan bangunan air lainnya tersebut bermanfaat dan berfungsi secara berkelanjutan, yaitu:

- 1) Harus ada sumber air sebagai suplesi utama;
- 2) Terdapat hamparan sawah/lahan yang akan diairi dan
- 3) Ada kelompok tani/gapoktan sebagai pelaku pembangunan embung dan pengelola embung agar bermanfaat dan tetap terpelihara.

Adapun Tipe embung yang dibangun dapat digolongkan menjadi 4 menurut kondisi/situasinya.

### **1) Tipe Embung Berdasar Tujuan Pembangunannya**

Berdasar tujuan pembangunannya dibagi menjadi 2 yaitu :

**a. Embung dengan tujuan tunggal** (*single purpose dams*) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya untuk pembangkit tenaga listrik atau irigasi (pengairan) atau pengendalian banjir atau perikanan darat atau tujuan lainnya tetapi hanya untuk satu tujuan saja.

**b. Embung serba guna** (*multipurpose dams*) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan misalnya : pembangkit tenaga listrik (PLTA) dan irigasi (pengairan), pengendalian banjir dan PLTA, air minum dan air industri, PLTA, pariwisata dan irigasi dan lain-lain.

## **2) Tipe Embung Berdasar Penggunaannya**

Berdasar penggunaannya dibagi menjadi 3 yaitu :

**a. Embung penampung air** (*storage dams*) adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan. Termasuk dalam embung penampung air adalah untuk tujuan rekreasi, perikanan, pengendalian banjir dan lain-lain.

**b. Embung pembelok** (*diversion dams*) adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk keperluan mengalirkan air kedalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan.

**c. Embung penahan** (*detention dams*) adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (*outlet*). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap didaerah sekitarnya.

## **3) Tipe Embung Berdasarkan Jalannya Air**

Berdasarkan jalannya air dibagi menjadi 2 yaitu :

**a) Embung untuk dilewati air** (*overflow dams*) adalah embung yang dibangun untuk dilimpasi air misalnya pada bangunan pelimpah (*spillway*).

**b) Embung untuk menahan air** (*non overflow dams*) adalah embung yang sama sekali tidak boleh dilimpasi air. Kedua tipe ini biasanya dibangun berbatasan dan dibuat dari beton, pasangan batu atau pasangan bata.

## **4) Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentuknya.**

Berdasarkan materialnya dibedakan menjadi 2 yaitu :

**a) Embung urugan** (*fill dams, embankment dams*) adalah embung yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material) tanpa tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimia, jadi betul-betul bahan pembentuk

embung asli. Embung ini masih dapat dibagi menjadi dua yaitu embung urugan serba sama (*homogeneous dams*) adalah embung apabila bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan gradasinya (susunan ukuran butirannya) hampir seragam. Yang kedua adalah embung zonal adalah embung apabila timbunan yang membentuk tubuh embung terdiri dari batuan dengan gradasi (susunan ukuran butiran) yang berbeda-beda dalam urutanurutan pelapisan tertentu.

**b) Embung beton** (*concrete dam*) adalah embung yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir tidak sama pada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya lebih ramping. Embung ini masih dibagi lagi menjadi : embung beton berdasar berat sendiri stabilitas tergantung pada massanya, embung beton dengan penyangga (*buttress dam*) permukaan hulu menerus dan dihilirnya pada jarak tertentu ditahan, embung beton berbentuk lengkung dan embung beton kombinasi.