

## **BAB II PEMBELAJARAN**

### **A. Rencana Belajar**

Kompetensi : Setelah mengikuti perkuliahan ini mahasiswa mampu memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep pengembangan dan pengelolaan sumber daya air.  
Jenis kegiatan : Ceramah, diskusi dan pelaporan  
Tanggal : -  
Tempat belajar : Prodi Pendidikan Teknik Sipil FPTK UPI

### **B. Kegiatan Belajar**

- a. Tujuan kegiatan pembelajaran
  1. Mahasiswa mampu memahami pengertian dan definisi tentang pengembangan dan pengelolaan sumber daya air dan memahami siklus hidrologi sebagai faktor dalam upaya pengembangan sumber daya air.
  2. Mahasiswa mampu memahami air sebagai benda yang memiliki nilai ekonomi dan sosial dan mampu menerapkan pola pemakaian air yang efektif dan efisien.
  3. Mahasiswa dapat mengetahui sumber-sumber air yang terdapat di atmosfer dan permukaan bumi.
  4. Mahasiswa dapat menganalisis kuantitas dan kualitas air dari masing-masing sumber air yang ada.
  5. Mahasiswa mampu memahami pengertian, fungsi dan usaha konservasi daerah aliran sungai (DAS).
  6. Mahasiswa mampu memahami pengendalian banjir dan kekeringan.
  7. Mahasiswa mampu mengenal infrastruktur keairan dan dapat menerapkannya dalam perencanaan pengembangan sumber daya air.
  8. Mahasiswa mampu memahami dan menerapkan pola dan rencana pengelolaan sumber daya air.
  9. Mahasiswa mampu memahami konsep pengelolaan sumber daya air yang terpadu.
  10. Mahasiswa mampu memahami kebijakan pemerintah daerah (propinsi dan kabupaten/kota) dengan konsep otonomi daerah dalam pengelolaan sumber daya air.
  11. Mahasiswa mampu membuat model Manajemen sumber daya air.

b. Uraian materi

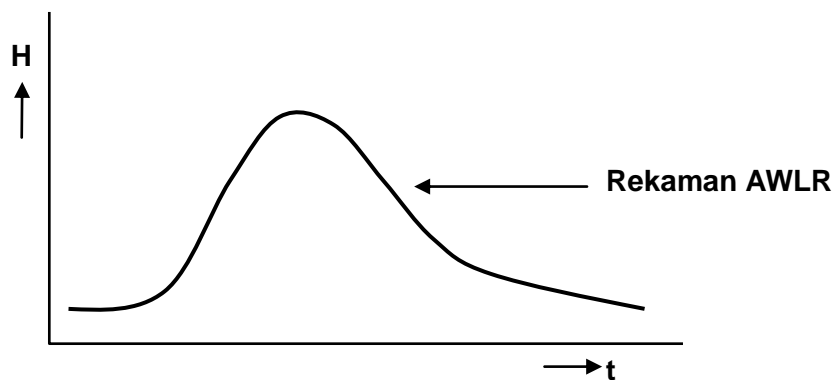
## 1. Kegiatan Belajar 1 : Pengantar dan Hidrograf Banjir

### Pengertian Umum

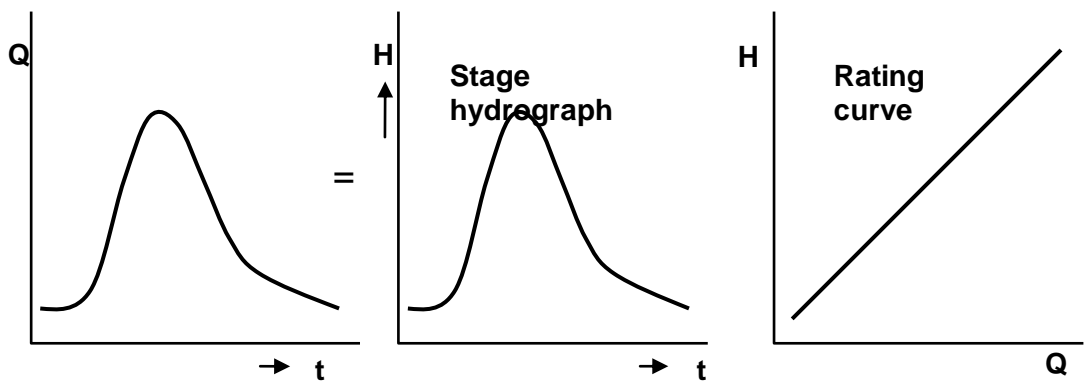
Hidrograf merupakan penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu.

Unsur aliran terdiri dari ketinggian air (H), debit (Q) dan debit sedimen ( $Q_s$ ).

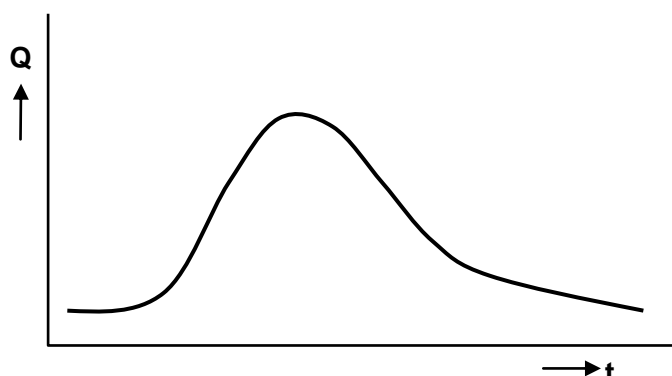
#### 1. Hidrograf muka air (Stage hydrograph)



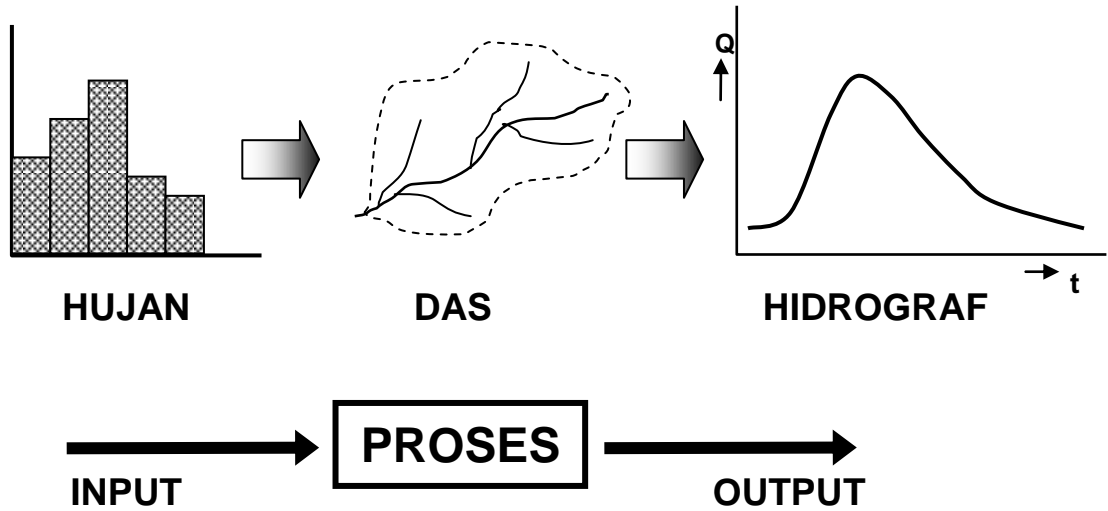
#### 2. Hidrograf debit (Discharge hydrograph)



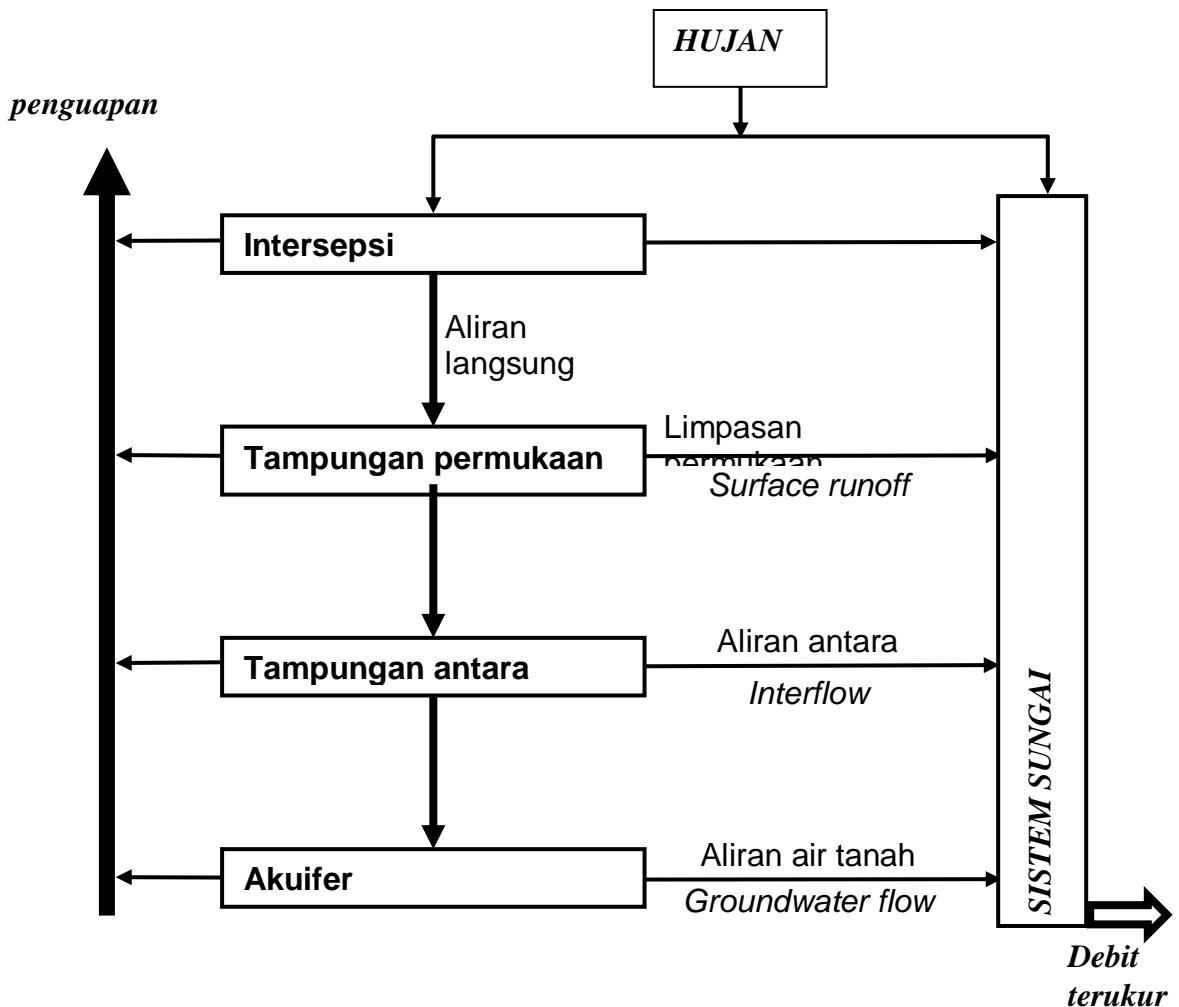
#### 3. Hidrograf sedimen (Sediment hydrograph)

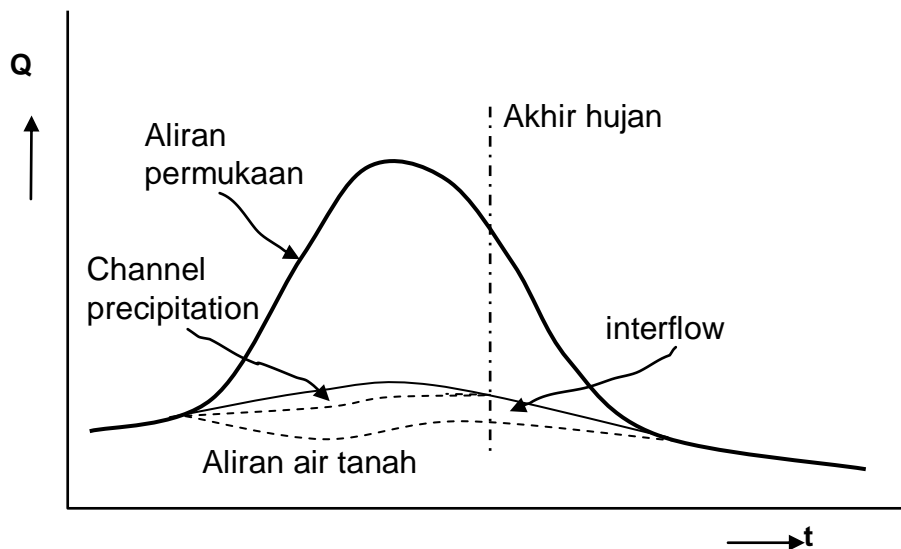


Hidrograf merupakan tanggapan menyeluruh DAS terhadap masukan tertentu (hujan, karakteristik DAS)



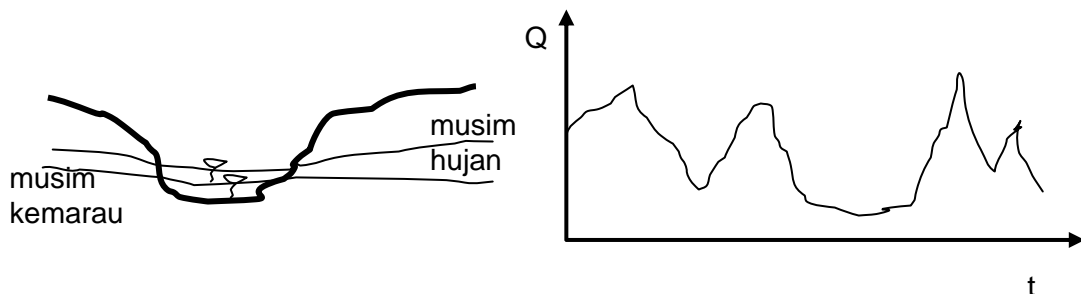
### Komponen Hidrograf



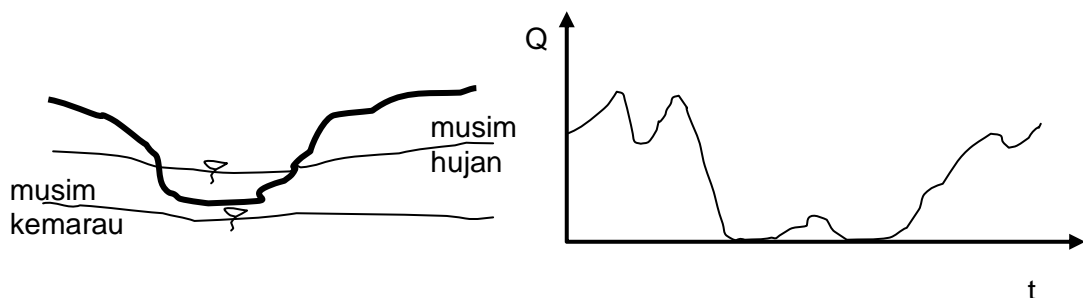


## Hidrograf untuk berbagai keadaan sungai

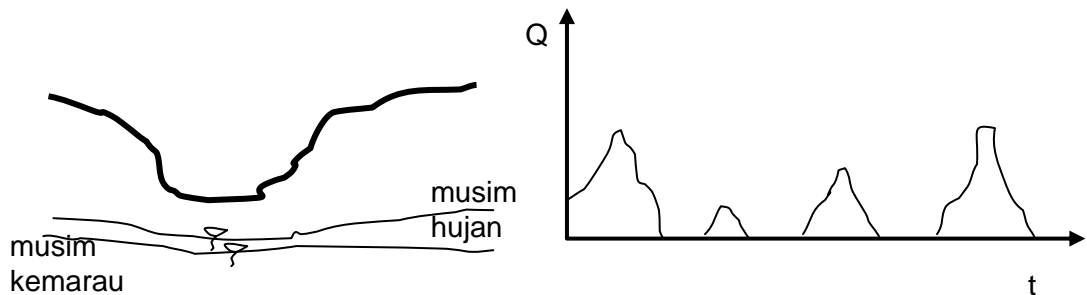
Sungai “*perennial*” sungai yang selalu mengalir sepanjang tahun  
Keaddan akuifer disekitarnya cukup baik



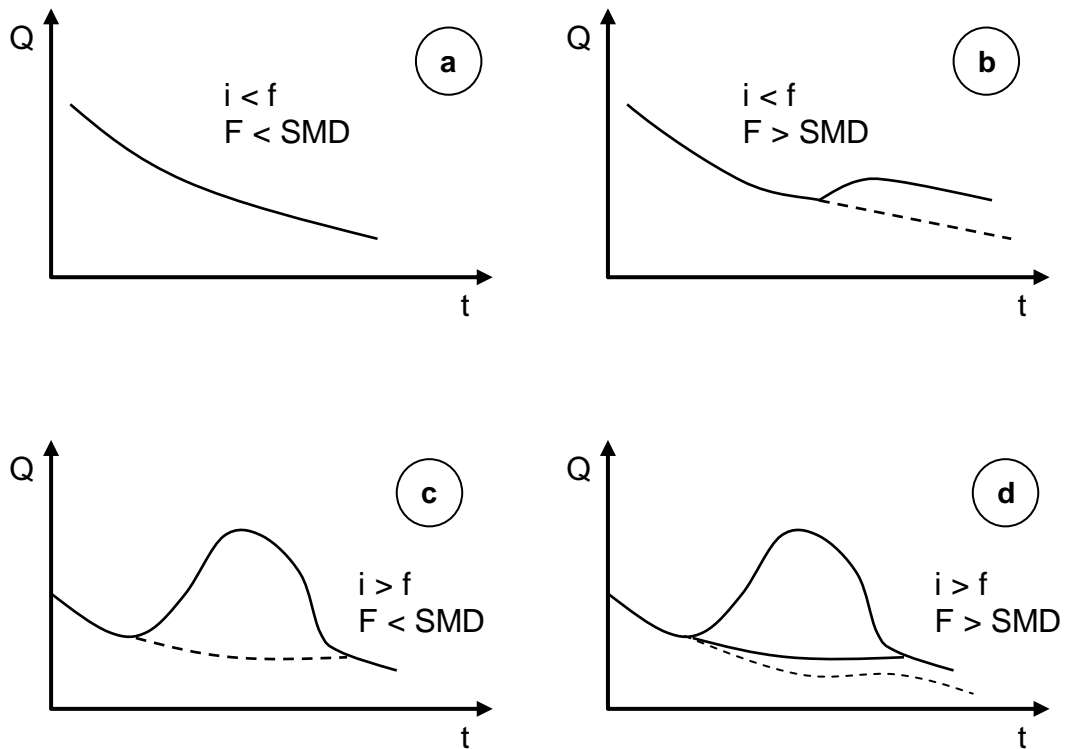
Sungai “*intermittent*” sungai yang mengalir selama musim hujan, muka air tanah berada di bawah dasar sungai selama musim kering



Sungai “*ephemerial*” sungai yang mengalir hanya saat ada hujan, muka air tanah selalu di bawah dasar sungai



*Pengaruh hujan (intensitas) terhadap bentuk hidrograf*



Keterangan :

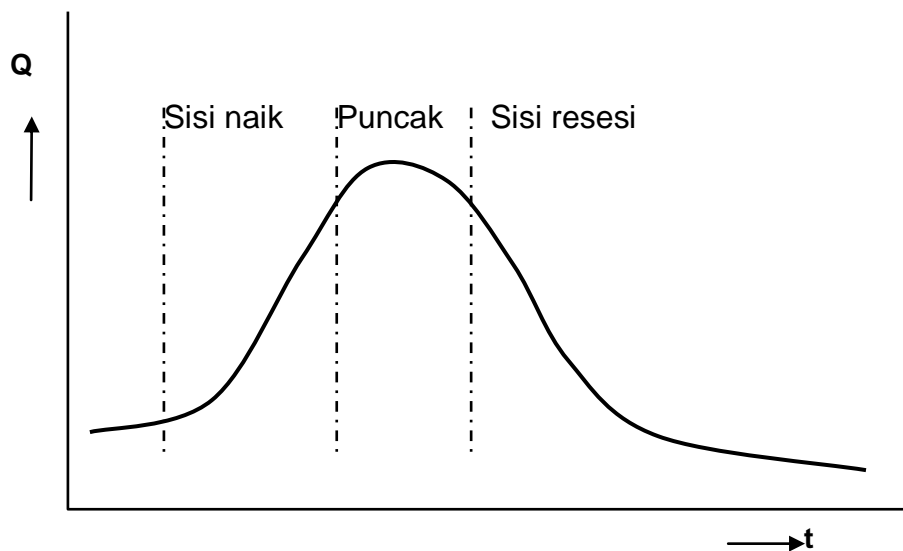
$i$  = intensitas hujan

$f$  = laju infiltrasi

SMD = soil moisture deficit

$F$  = kapasitas infiltrasi lapangan (field capacity)

## Bagian-bagian hidrograf



Sisi naik (rising limb) → Intensitas hujan  
Lama hujan  
Arah gerak hujan  
Kondisi sebelumnya

Sisi resesi (recession limb) → masuk sebagai air tanah  
 $Q_t = Q_0 K^t$

Bentuk hidrograf dapat ditandai dengan tiga sifat pokok :

- Waktu naik (*time of rise*)
- Debit puncak (*peak discharge*)
- Waktu dasar (*base time*)

## HIDROGRAF SATUAN

### Pengertian :

Hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan (efektif) yang terjadi merata diseluruh DAS dan dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan (mm/jam).

### Andaian pokok dalam Hidrograf Satuan:

1. Hujan yang merata (*spatially evenly distributed*)
2. Intensitas hujan tetap (*constant intensity*)

### Landasan pikir Hidrograf Satuan:

1. Linier System (ordinat HS sebanding dengan volume hujan)
2. Time Invariant (tanggapan DAS tidak tergantung waktu)

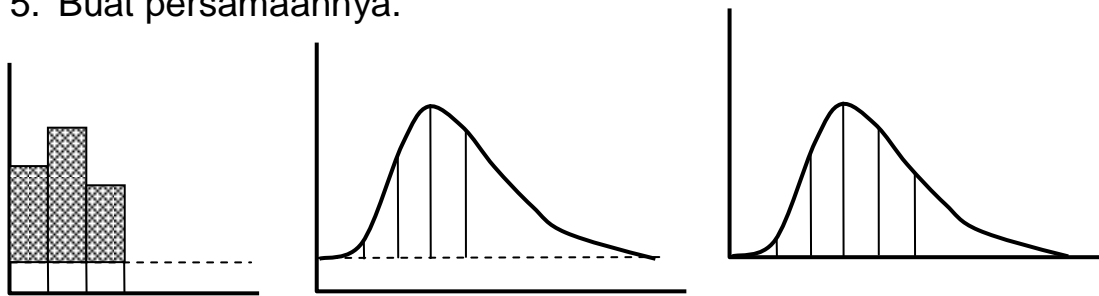
3. Waktu dari puncak sampai akhir HLL selalu tetap

**Data yang diperlukan untuk memperoleh HS dari kasus banjir:**

1. Rekaman AWLR
2. Pengukuran debit yang cukup
3. Data hujan biasa (manual)
4. Data hujan otomatis

**Analisis HS dengan cara : penyelesaian persamaan Polinomial**

1. Mengalihragamkan stage hydrograf (AWLR) ke hidrograf debit dengan liku kalibrasi
2. Pisahkan base flow
3. Andaikan HS  $\rightarrow U_1, U_2, \dots, U_n$
4. Kalikan (3) dengan hujan netto (efektif)
5. Buat persamaannya.



Misalkan :

- $R_1, R_2, \dots, R_n$  = hujan efektif  
 $X_1, X_2, \dots, X_n$  = hidrograf limpasan langsung  
 $U_1, U_2, \dots, U_n$  = hidrograf satuan

$$\begin{array}{l}
 R_1 \rightarrow R_1U_1 \quad R_1U_2 \quad R_1U_3 \quad R_1U_4 \quad R_1U_5 \quad R_1U_6 \quad R_1U_7 \quad \dots \quad R_1U_n \\
 R_2 \rightarrow \quad R_2U_1 \quad R_2U_2 \quad R_2U_3 \quad R_2U_4 \quad R_2U_5 \quad R_2U_6 \quad R_2U_7 \quad \dots \quad R_2U_n \\
 R_3 \rightarrow \quad \quad R_3U_1 \quad R_3U_2 \quad R_3U_3 \quad R_3U_4 \quad R_3U_5 \quad R_3U_6 \quad R_3U_7 \quad \dots \\
 R_3U_n
 \end{array}$$

---

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_n$
A	: $R_1U_1 = X_1$								$U_1 = \dots\dots\dots$
B	: $R_1U_2 + R_2U_1 = X_2$								$U_2 = \dots\dots\dots$
C	: $R_1U_3 + R_2U_2 + R_3U_1 = X_3$								$U_3 = \dots\dots\dots$
D	: $R_1U_4 + R_2U_3 + R_3U_2 = X_4$								$U_4 = \dots\dots\dots$
E	: $R_1U_5 + R_2U_4 + R_3U_3 = X_5$								$U_5 = \dots\dots\dots$

Contoh perhitungan :

Hujan efektif berturut-turut 40, 0 dan 10 mm dengan interval waktu 1 jam, menghasilkan limpasan langsung sebagai berikut:

Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HLL	0	111	389	306	264	181	97	28	14	0
	m <sup>3</sup> /det									

## 2. Kegiatan Belajar 2 : Hidrograf Banjir (Metoda Snyder dan Metoda Nakayasu)

Perhitungan parameter hidrograf Snyder

$$\begin{aligned}t_i &= 0,75 \cdot Ct (L \cdot Lc)^n \\ &= 1,22 (92 \times 44)^{0,2} \\ &= 6,42 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Tp1 &= t_i + Tr/2 \\ &= 6,42 + 1/2 \\ &= 6,92 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_r &= t_i/5,5 \\ &= 6,42/5,5 \\ &= 1,17 \text{ jam}\end{aligned}$$

karena  $t_r > Tr$ , maka harus dikoreksi

$$\begin{aligned}Tp' &= Tp + 0,25 (t_r - Tr) \\ &= 6,92 + 0,25 (1,17 - 1) \\ &= 6,97 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Tp2 &= Tp' + Tr/2 \\ &= 6,97 + 1/2 \\ &= 7,47 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_p &= 0,275 \times (C_p/Tp2) \\ &= 0,275 \times (1,26/7,47) \\ &= 0,046 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2/\text{mm}\end{aligned}$$



Debit puncak hidrograf:

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A \\ &= 0,046 \times 290 \\ &= 13,46 \text{ m}^3/\text{det}/\text{mm} \end{aligned}$$

Grafik hidrograf Snyder dengan persamaan Alexeyev

$$\begin{aligned} Y &= Q/Q_p \\ Q &= Y \times Q_p \\ X &= t/T_p \end{aligned}$$

$$Y = \frac{10^{-a} (1-X)^2}{X}$$

$$a = 1,32 (l)^2 + 0,151 (l) + 0,045$$

$$l = \frac{Q_p \times T_p}{h \times A}$$
$$l = \frac{13,46 \times 7,47}{1 \times 290}$$

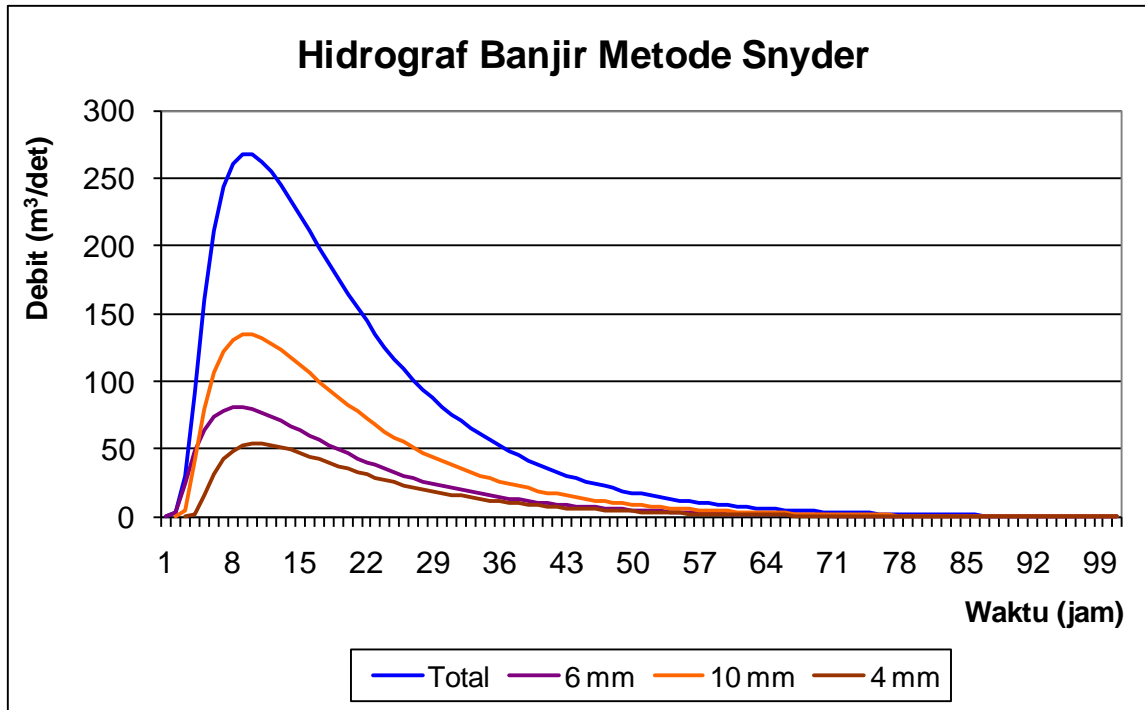
$$= 0,347$$

$$\begin{aligned} a &= 1,32 (0,347)^2 + 0,151 (0,347) + 0,045 \\ &= 0,256 \end{aligned}$$

Tabel Perhitungan Hidrograf dengan Metode Snyder

t	X	Y	Q	Akibat hujan (mm)			Total
				6	10	4	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,13	0,04	0,58	2,98	0,00	0,00	2,98
2	0,27	0,31	4,14	24,85	4,97	0,00	29,82
3	0,40	0,59	7,97	47,79	41,42	1,99	91,20
4	0,54	0,79	10,62	63,72	79,66	16,57	159,94
5	0,67	0,91	12,23	73,37	106,20	31,86	211,42
6	0,80	0,97	13,08	78,50	122,28	42,48	243,26
7	0,94	1,00	13,43	80,56	130,84	48,91	260,31
8	1,07	1,00	13,42	80,53	134,26	52,34	267,12
9	1,21	0,98	13,18	79,11	134,21	53,70	267,02
10	1,34	0,95	12,79	76,76	131,84	53,68	262,29
11	1,47	0,91	12,31	73,84	127,94	52,74	254,51
12	1,61	0,87	11,76	70,55	123,06	51,18	244,78
13	1,74	0,83	11,18	67,06	117,58	49,22	233,86
14	1,88	0,79	10,58	63,49	111,76	47,03	222,28
15	2,01	0,74	9,99	59,91	105,81	44,71	210,43
16	2,14	0,70	9,40	56,39	99,85	42,32	198,57
17	2,28	0,66	8,83	52,96	93,98	39,94	186,89
18	2,41	0,61	8,28	49,65	88,27	37,59	175,52
19	2,54	0,58	7,75	46,48	82,76	35,31	164,54
20	2,68	0,54	7,24	43,45	77,47	33,10	154,02
21	2,81	0,50	6,76	40,58	72,42	30,99	143,99
22	2,95	0,47	6,31	37,86	67,63	28,97	134,46
23	3,08	0,44	5,88	35,29	63,10	27,05	125,45
24	3,21	0,41	5,48	32,88	58,82	25,24	116,94
25	3,35	0,38	5,10	30,61	54,80	23,53	108,93
26	3,48	0,35	4,75	28,48	51,01	21,92	101,41
27	3,62	0,33	4,41	26,48	47,46	20,40	94,35
28	3,75	0,30	4,10	24,62	44,14	18,98	87,74
29	3,88	0,28	3,81	22,87	41,03	17,65	81,55
30	4,02	0,26	3,54	21,24	38,12	16,41	75,77
31	4,15	0,24	3,29	19,73	35,41	15,25	70,38
32	4,29	0,23	3,05	18,31	32,88	14,16	65,35
33	4,42	0,21	2,83	16,99	30,52	13,15	60,66
34	4,55	0,20	2,63	15,76	28,32	12,21	56,29
35	4,69	0,18	2,44	14,62	26,27	11,33	52,22
36	4,82	0,17	2,26	13,56	24,37	10,51	48,44
37	4,96	0,16	2,10	12,57	22,60	9,75	44,92
38	5,09	0,14	1,94	11,66	20,96	9,04	41,65
39	5,22	0,13	1,80	10,80	19,43	8,38	38,61
40	5,36	0,12	1,67	10,01	18,01	7,77	35,79
41	5,49	0,11	1,55	9,28	16,69	7,20	33,17
42	5,63	0,11	1,43	8,60	15,46	6,67	30,73
43	5,76	0,10	1,33	7,96	14,33	6,19	28,47
44	5,89	0,09	1,23	7,38	13,27	5,73	26,38
45	6,03	0,08	1,14	6,83	12,29	5,31	24,43

t	X	Y	Q	Akibat hujan (mm)			Total
				5	10	4	
46	6,16	0,08	1,05	6,33	11,39	4,92	22,63
47	6,30	0,07	0,98	5,86	10,54	4,55	20,96
48	6,43	0,07	0,90	5,42	9,76	4,22	19,41
49	6,56	0,06	0,84	5,02	9,04	3,91	17,97
50	6,70	0,06	0,78	4,65	8,37	3,62	16,64
51	6,83	0,05	0,72	4,30	7,75	3,35	15,40
52	6,96	0,05	0,66	3,98	7,17	3,10	14,26
53	7,10	0,05	0,61	3,69	6,64	2,87	13,20
54	7,23	0,04	0,57	3,41	6,15	2,66	12,22
55	7,37	0,04	0,53	3,16	5,69	2,46	11,31
56	7,50	0,04	0,49	2,92	5,27	2,28	10,47
57	7,63	0,03	0,45	2,71	4,87	2,11	9,69
58	7,77	0,03	0,42	2,50	4,51	1,95	8,96
59	7,90	0,03	0,39	2,32	4,17	1,80	8,29
60	8,04	0,03	0,36	2,14	3,86	1,67	7,67
61	8,17	0,02	0,33	1,98	3,57	1,54	7,10
62	8,30	0,02	0,31	1,84	3,31	1,43	6,57
63	8,44	0,02	0,28	1,70	3,06	1,32	6,08
64	8,57	0,02	0,26	1,57	2,83	1,22	5,62
65	8,71	0,02	0,24	1,45	2,62	1,13	5,20
66	8,84	0,02	0,22	1,34	2,42	1,05	4,81
67	8,97	0,02	0,21	1,24	2,24	0,97	4,45
68	9,11	0,01	0,19	1,15	2,07	0,90	4,12
69	9,24	0,01	0,18	1,06	1,92	0,83	3,81
70	9,38	0,01	0,16	0,98	1,77	0,77	3,52
71	9,51	0,01	0,15	0,91	1,64	0,71	3,26
72	9,64	0,01	0,14	0,84	1,52	0,66	3,02
73	9,78	0,01	0,13	0,78	1,40	0,61	2,79
74	9,91	0,01	0,12	0,72	1,30	0,56	2,58
75	10,05	0,01	0,11	0,67	1,20	0,52	2,39
76	10,18	0,01	0,10	0,62	1,11	0,48	2,21
77	10,31	0,01	0,09	0,57	1,03	0,44	2,04
78	10,45	0,01	0,09	0,53	0,95	0,41	1,89
79	10,58	0,01	0,08	0,49	0,88	0,38	1,75
80	10,72	0,01	0,08	0,45	0,81	0,35	1,61
81	10,85	0,01	0,07	0,42	0,75	0,32	1,49
82	10,98	0,00	0,06	0,39	0,69	0,30	1,38
83	11,12	0,00	0,06	0,36	0,64	0,28	1,28
84	11,25	0,00	0,05	0,33	0,59	0,26	1,18
85	11,38	0,00	0,05	0,30	0,55	0,24	1,09
86	11,52	0,00	0,05	0,28	0,51	0,22	1,01
87	11,65	0,00	0,04	0,26	0,47	0,20	0,93
88	11,79	0,00	0,04	0,24	0,43	0,19	0,86
89	11,92	0,00	0,04	0,22	0,40	0,17	0,80
90	12,05	0,00	0,03	0,21	0,37	0,16	0,74
91	12,19	0,00	0,03	0,19	0,34	0,15	0,68
92	12,32	0,00	0,03	0,18	0,32	0,14	0,63
93	12,46	0,00	0,03	0,16	0,29	0,13	0,58
94	12,59	0,00	0,03	0,15	0,27	0,12	0,54
95	12,72	0,00	0,02	0,14	0,25	0,11	0,50
96	12,86	0,00	0,02	0,13	0,23	0,10	0,46
97	12,99	0,00	0,02	0,12	0,21	0,09	0,43
98	13,13	0,00	0,02	0,11	0,20	0,09	0,39
99	13,26	0,00	0,02	0,10	0,18	0,08	0,36
100	13,39	0,00	0,02	0,09	0,17	0,07	0,34



Perhitungan parameter hidrograf Snyder

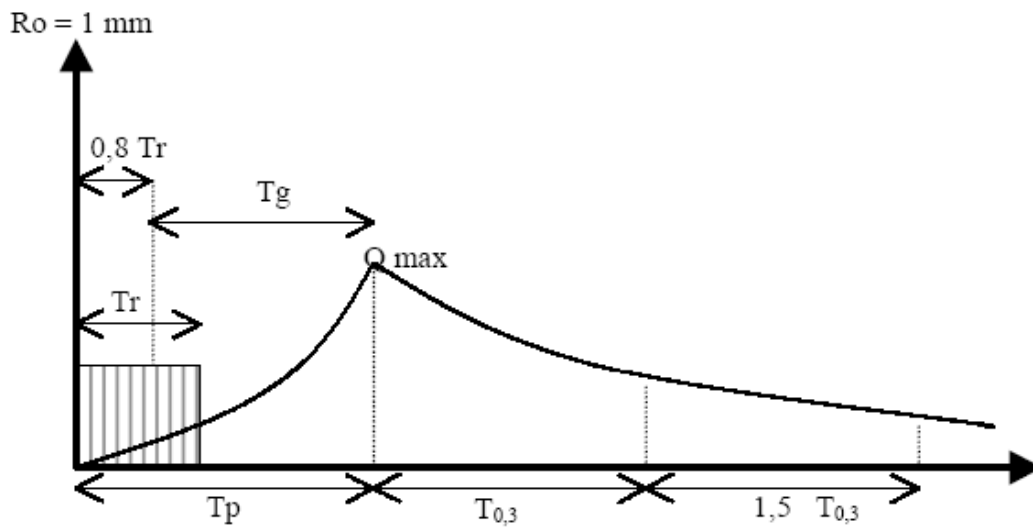
Diketahui data Daerah Aliran Sungai sebagai berikut:

A	=	240	km <sup>2</sup>
L	=	75	km
Hujan	=	Waktu	1    2    3
		Intensitas	20   40   10

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0,21 * L^{0,7} \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$t_{0,3} = \alpha \cdot t_g$$



$$t_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$t_r = \text{satuan lama hujan, } 0,5 t_g - t_g$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \cdot A \cdot R_0 \frac{1}{(0,3 t_p + t_{0,3})}$$

- □ Bagian lengkung naik ( $0 < t < t_p$ )

$$Q = Q_p \cdot \left(\frac{t}{t_p}\right)^{2,4}$$

dimana :

$$Q = \text{debit sebelum mencapai debit puncak pada saat } t \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$t = \text{waktu (jam)}$$

- □ Bagian lengkung turun

$$\text{untuk } 1 > \frac{Q}{Q_p} > 0,3 \quad Q = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t - t_p}{t_{0,3}}\right)$$

$$\text{untuk } 0,3 > \frac{Q}{Q_p} > 0,09 \quad Q = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t - t_p + 0,5 t_{0,3}}{1,5 t_{0,3}}\right)$$

$$\text{untuk } \frac{Q}{Q_p} < 0,09 \quad Q = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t - t_p + 1,5 t_{0,3}}{2 t_{0,3}}\right)$$

L	:	75 km	L < 15 km
tg	:	4,31 jam	
tr	:	3,23 jam	

tp : 6,90 jam  
 $t_{0,3}$  : 8,63 jam  
 $Q_p$  : 6,72 m<sup>3</sup>/det

Bentuk hidrograf Nakayasu

tp : 6,90  
 $t_{0,3}$  : 8,63  
 $1,5t_{0,3}$  : 12,938

1 :  $0 < t < t_p$   
:  $0 < t < 6,9$  Q =  
:  $t_p < t < (t_p +$   
2 :  $t_{0,3})$   
:  $6,9 < t < (6,9 + 8,63)$  Q =

3 :  $(t_p + t_{0,3}) < t < (t_p + t_{0,3}) + 1,5t_{0,3}$   
:  $15,53 < t < (15,53 +$   
:  $12,93)$  Q =

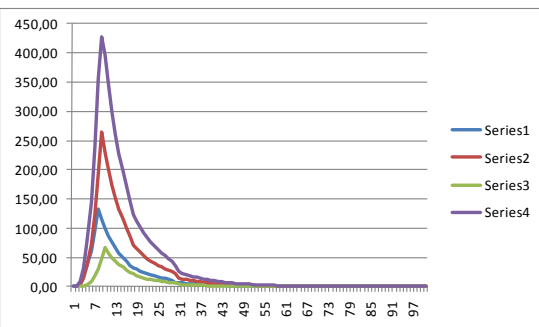
4 :  $(t_p + t_{0,3}) + 1,5t_{0,3} < t$   
:  $28,46 < t$  Q =

Tabel Perhitungan Hidrograf dengan Metode Nakayasu

No	t	Q	Akibat hujan (mm)			Total
			20	40	10	
1	0,00	0,00	0,00			0,00
2	1,00	0,07	1,30	0,00		1,30
3	2,00	0,34	6,88	2,61	0,00	9,49
4	3,00	0,91	18,21	13,76	0,65	32,62
5	4,00	1,82	36,31	36,41	3,44	76,17
6	5,00	3,10	62,04	72,63	9,10	143,77
7	6,00	4,80	96,09	124,08	18,16	238,33
8	7,00	6,63	132,56	192,19	31,02	355,77
9	8,00	5,76	115,29	265,12	48,05	428,46
10	9,00	5,01	100,27	230,58	66,28	397,14
11	10,00	4,36	87,21	200,54	57,65	345,40
12	11,00	3,79	75,85	174,42	50,14	300,40
13	12,00	3,30	65,97	151,70	43,60	261,27
14	13,00	2,87	57,37	131,93	37,92	227,23
15	14,00	2,49	49,90	114,75	32,98	197,63
16	15,00	2,17	43,40	99,80	28,69	171,88
17	16,00	1,76	35,16	86,80	24,95	146,91
18	17,00	1,60	32,04	70,33	21,70	124,07
19	18,00	1,46	29,19	64,08	17,58	110,85
20	19,00	1,33	26,60	58,39	16,02	101,00
21	20,00	1,21	24,24	53,20	14,60	92,03
22	21,00	1,10	22,08	48,47	13,30	83,85
23	22,00	1,01	20,12	44,16	12,12	76,40
24	23,00	0,92	18,33	40,24	11,04	69,61
25	24,00	0,84	16,70	36,66	10,06	63,43
26	25,00	0,76	15,22	33,41	9,17	57,79

MODUL:  
**Hidrologi II (TS533)**

No	t	Q	Akibat hujan (mm)			Total
			20	40	10	
27	26,00	0,69	13,87	30,44	8,35	52,66
28	27,00	0,63	12,63	27,73	7,61	47,98
29	28,00	0,58	11,51	25,27	6,93	43,71
30	29,00	0,52	7,23	23,02	6,32	36,57
31	30,00	0,48	6,59	14,46	5,76	26,80
32	31,00	0,44	6,00	13,17	3,61	22,79
33	32,00	0,40	5,47	12,00	3,29	20,76
34	33,00	0,36	4,98	10,94	3,00	18,92
35	34,00	0,33	4,54	9,96	2,73	17,24
36	35,00	0,30	4,14	9,08	2,49	15,71
37	36,00	0,27	3,77	8,27	2,27	14,31
38	37,00	0,25	3,43	7,54	2,07	13,04
39	38,00	0,23	3,13	6,87	1,88	11,88
40	39,00	0,21	2,85	6,26	1,72	10,83
41	40,00	0,19	2,60	5,70	1,56	9,86
42	41,00	0,17	2,37	5,19	1,43	8,99
43	42,00	0,16	2,16	4,73	1,30	8,19
44	43,00	0,14	1,96	4,31	1,18	7,46
45	44,00	0,13	1,79	3,93	1,08	6,80
46	45,00	0,12	1,63	3,58	0,98	6,19
47	46,00	0,11	1,49	3,26	0,90	5,64
48	47,00	0,10	1,35	2,97	0,82	5,14
49	48,00	0,09	1,23	2,71	0,74	4,69
50	49,00	0,08	1,12	2,47	0,68	4,27
51	50,00	0,07	1,02	2,25	0,62	3,89
52	51,00	0,07	0,93	2,05	0,56	3,54
53	52,00	0,06	0,85	1,87	0,51	3,23
54	53,00	0,06	0,77	1,70	0,47	2,94
55	54,00	0,05	0,71	1,55	0,43	2,68
56	55,00	0,05	0,64	1,41	0,39	2,44
57	56,00	0,04	0,59	1,29	0,35	2,23
58	57,00	0,04	0,53	1,17	0,32	2,03
59	58,00	0,04	0,49	1,07	0,29	1,85
60	59,00	0,03	0,44	0,97	0,27	1,68
61	60,00	0,03	0,40	0,89	0,24	1,53
62	61,00	0,03	0,37	0,81	0,22	1,40
63	62,00	0,02	0,34	0,74	0,20	1,27
64	63,00	0,02	0,31	0,67	0,18	1,16
65	64,00	0,02	0,28	0,61	0,17	1,06
66	65,00	0,02	0,25	0,56	0,15	0,96
67	66,00	0,02	0,23	0,51	0,14	0,88
68	67,00	0,02	0,21	0,46	0,13	0,80
69	68,00	0,01	0,19	0,42	0,12	0,73
70	69,00	0,01	0,17	0,38	0,11	0,66
71	70,00	0,01	0,16	0,35	0,10	0,60
72	71,00	0,01	0,15	0,32	0,09	0,55
73	72,00	0,01	0,13	0,29	0,08	0,50
74	73,00	0,01	0,12	0,26	0,07	0,46
75	74,00	0,01	0,11	0,24	0,07	0,42
76	75,00	0,01	0,10	0,22	0,06	0,38
77	76,00	0,01	0,09	0,20	0,05	0,35
78	77,00	0,01	0,08	0,18	0,05	0,32
79	78,00	0,01	0,08	0,17	0,05	0,29
80	79,00	0,01	0,07	0,15	0,04	0,26
81	80,00	0,00	0,06	0,14	0,04	0,24
82	81,00	0,00	0,06	0,13	0,03	0,22
83	82,00	0,00	0,05	0,11	0,03	0,20
84	83,00	0,00	0,05	0,10	0,03	0,18
85	84,00	0,00	0,04	0,10	0,03	0,16
86	85,00	0,00	0,04	0,09	0,02	0,15
87	86,00	0,00	0,04	0,08	0,02	0,14
88	87,00	0,00	0,03	0,07	0,02	0,12
89	88,00	0,00	0,03	0,07	0,02	0,11
90	89,00	0,00	0,03	0,06	0,02	0,10
91	90,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,09
92	91,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,09
93	92,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,08
94	93,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,07
95	94,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,06
96	95,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,06
97	96,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,05
98	97,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04
99	98,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
100	99,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
101	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



### 3. Kegiatan Belajar 3 : Hidrograf Banjir (Metoda Metoda SCS (*Soil Conservation Service*) dan Metoda Metoda HSS Gama I

#### Metoda Metoda HSS Gama I

A = 86,700  
L = 17,700  
JN = 22,000  
SN = 0,738  
SF = 0,660  
D = 1,045  
RUA = 0,432  
WF = 0,634  
SIM = 0,274  
S = 0,00678

TR = 1,578  
QP = 4,414  
TB = 30,899  
Qt =  $QP \cdot e^{-t/K}$   
QB = 8,784  
P = 10,461  
K = 4,065

#### UNIT HIGROGRAF GAMA I

JAM	UH	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	P4 (mm)	Q (m <sup>3</sup> /det)
0	0	13,96	55,85	41,89	27,93	0,000
1	2,207	30,815				30,815
2	4,414	61,631	123,262			184,892
3	3,451	48,191	246,523	92,446		387,160
4	2,699	37,681	192,763	184,892	61,631	476,967
5	2,110	29,464	150,726	144,572	123,262	448,024
6	1,650	23,039	117,856	113,044	96,381	350,321
7	1,290	18,015	92,155	88,392	75,363	273,925
8	1,009	14,086	72,058	69,116	58,928	214,189
9	0,789	11,014	56,344	54,044	46,077	167,480
10	0,617	8,612	44,057	42,258	36,029	130,956
11	0,482					



		6,734	34,449	33,043	28,172	102,398
12	0,377	5,266	26,937	25,837	22,028	80,068
13	0,295	4,117	21,062	20,203	17,225	62,607
14	0,231	3,219	16,469	15,797	13,468	48,954
15	0,180	2,517	12,878	12,352	10,531	38,278
16	0,141	1,968	10,069	9,658	8,235	29,931
17	0,110	1,539	7,874	7,552	6,439	23,404
18	0,086	1,203	6,157	5,905	5,035	18,300
19	0,067	0,941	4,814	4,617	3,937	14,309
20	0,053	0,736	3,764	3,610	3,078	11,189
21	0,041	0,575	2,943	2,823	2,407	8,749
22	0,032	0,450	2,301	2,207	1,882	6,841
23	0,025	0,352	1,800	1,726	1,472	5,349
24	0,020	0,275	1,407	1,350	1,151	4,183
25	0,015	0,215	1,100	1,055	0,900	3,270
26	0,012	0,168	0,860	0,825	0,704	2,557
27	0,009	0,132	0,673	0,645	0,550	2,000
28	0,007	0,103	0,526	0,505	0,430	1,564
29	0,006	0,080	0,411	0,395	0,336	1,223
30	0,005	0,063	0,322	0,308	0,263	0,956
31	0,004	0,049	0,251	0,241	0,206	0,747
32	0,000	-	-	-	-	-

#### 4. Kegiatan Belajar 4 : Perhitungan ketersediaan air (*water availability*) Debit Andalan dan Metoda Mock

##### KETERSEDIAAN AIR

Merupakan jumlah air tersedia yang diperhitungkan pada suatu titik kontrol tertentu di suatu DAS berdasarkan pada analisis data aliran minimum (*lowflow*)

##### DATA YANG DIPERLUKAN

- Data debit (seri yang panjang min. 10 th)

- Data hujan (jika data debit terbatas)
- Data regional (morfometri DAS)

**5. Kegiatan Belajar 5 : Perhitungan kebutuhan air (water requirement) untuk Pertanian (Padi – Palawija)**

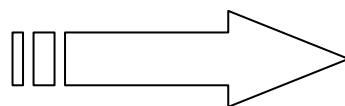
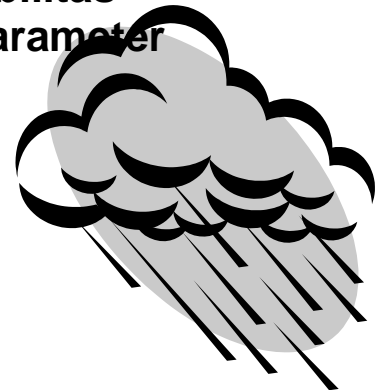
**6. Kegiatan Belajar 6 : Perhitungan kebutuhan air (water requirement) untuk domestik dan industry**

**7. Kegiatan Belajar 7 : Penelusuran banjir hidrologi**

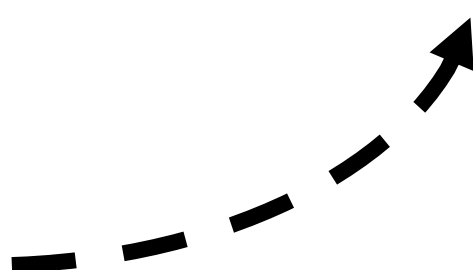
**8. Kegiatan Belajar 8 : Penelusuran banjir hidraulik**

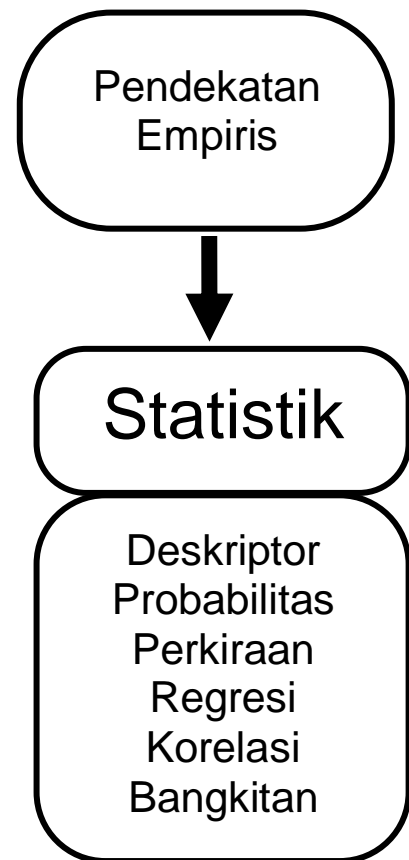
**9. Kegiatan Belajar 10 : Statistik dan probabilitas dalam Hidrologi (Parameter Statistik)**

# Statistik dalam Hidrologi



Ketidakpastian  
Keacakan  
Kesalahan sistematis





## Istilah-istilah statistik

- ❖ **Populasi**  
Seluruh kemungkinan pengamatan yang dapat dikumpulkan lengkap dari seluruh besaran yang mewakili sesuatu proses acak (random) tertentu.
- ❖ **Sampel**  
Sejumlah pengamatan yang terbatas yang merupakan bagian dari sebuah populasi.
- ❖ **Variabel**  
Karakter suatu sistem yang dapat diukur dan besarnya dapat berbeda apabila diukur pada saat yang berbeda (fungsi waktu).  
*Continuos variable* → variabel yang dapat diukur secara menerus (waktu)  
*Discrete variable* → variabel yang dapat diukur secara stasioner
- ❖ **Parameter**  
Besaran yang menandai suatu sistem dan tidak berubah dengan waktu.
- ❖ **Variat**  
Besaran variabel yang diukur pada satu saat.

Deskriptor dalam analisis statistik adalah rerata (*mean*), variansi, deviasi standar, median, modus, koefisien kemencengan (*skewness*), dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*).

### 1. Rerata (mean)

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Tidak dikelompokkan

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i X_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

dikelompokkan

dimana :

$\bar{X}$  = rerata hitung

$f_i$  = jumlah frekuensi ke-i untuk setiap interval kelas

$X_i$  = nilai data ke-i

$n$  = jumlah data

### 2. Variansi dan Deviasi Standar

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad \text{pengujian populasi}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad \text{pengujian sampel}$$

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

dimana :

$\bar{X}$  = rerata hitung

$X_i$  = nilai data ke-i

$n$  = jumlah data

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

### 3. Koefisien Kemencengan (skewness) dan Kepuncakan (kurtosis)

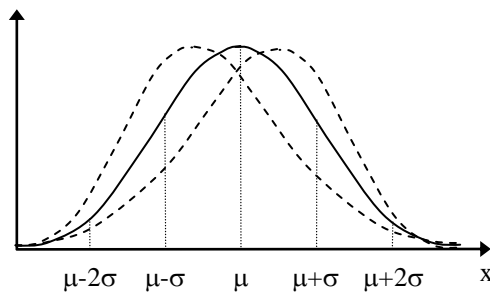
$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad \text{Koefisien kemencengan}$$

$$C_k = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad \text{Koefisien kurtosis}$$

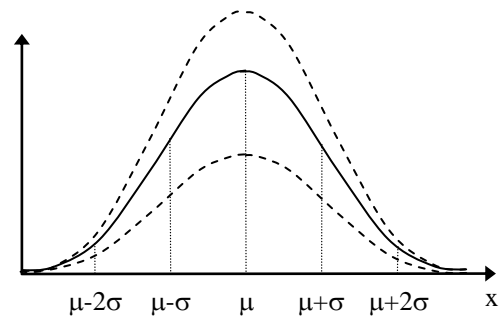
dimana :

$C_s$  = koefisien kemencengan

$C_k$  = koefisien kurtosis



koefisien kemencengan



koefisien kurtosis

### 4. Koefisien Autokorelasi

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} (X_i - \bar{X}_i) (X_{i+j} - \bar{X}_{i+j})}{\left[ \sum_{i=1}^{n-j} (X_i - \bar{X}_i)^2 \sum_{i=1}^{n-j} (X_{i+j} - \bar{X}_{i+j})^2 \right]^{1/2}}$$

dengan:

$r_j$  = koefisien autokorelasi antar hari/bulan/tahun pengamatan

$X_i$  = data ke-i  
 $\bar{X}_i$  = rerata hitung  
 $\bar{X}_{i+j}$  = rerata hitung hari/bulan/tahun ke  
i+j  
N = jumlah data  
j = bulan ke j

**Mempercepat perhitungan :**

Manual → Tabelaris  
Komputer → Excel, SPSS,  
Software lain, program

**Cara tabelaris :**

No.	Tahun	
1		
2		
3		
n		
<b>Jumlah</b>		

**Contoh Latihan :**

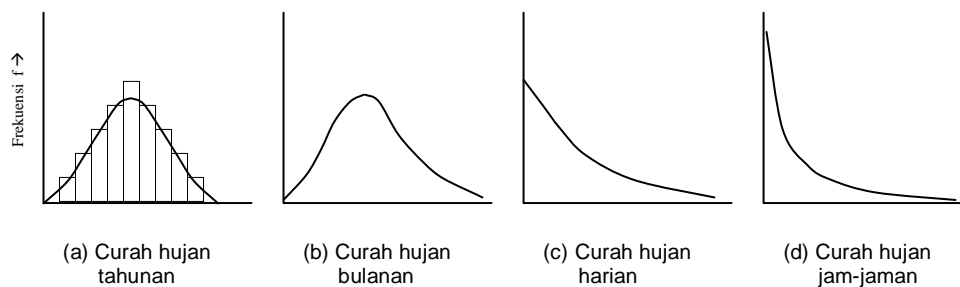
1  
9  
8  
4  
1  
9  
8  
5  
1  
9

8  
6  
1  
9  
8  
7  
1  
9  
8  
8

## DISTRIBUSI Probabilitas

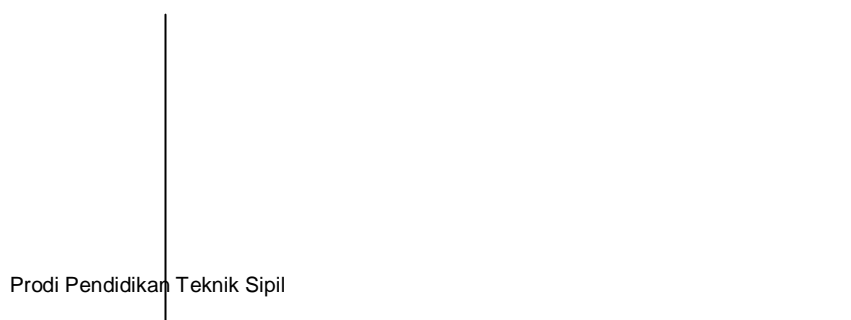
- Distribusi seragam
- Distribusi normal
- Distribusi eksponensial
- Distribusi gamma
- Distribusi log normal
- Distribusi nilai ekstrim (Gumbel)

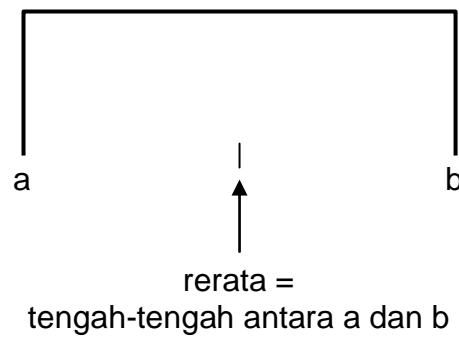
Beberapa distribusi dapat digambarkan seperti di bawah ini.



Gambar 2.3 Distribusi frekuensi curah hujan  
(Sumber: Suyono Sosrodarsono, 1987)

## Distribusi seragam





$$p_x(X) = \frac{1}{b-a}, a \leq x \leq b$$

## Distribusi normal

Distribusi normal dapat dirumuskan sebagai berikut (Haan, 1979):

$$p_x(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Rumus di atas biasa disebut dengan distribusi normal standar dengan nilai  $\mu = 0$  dan  $\sigma = 1$ . Sedangkan untuk kumulatif distribusi normal standarnya dapat dituliskan dengan :

$$P_x(x) = \int_0^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

dimana:

$p_x$  = fungsi kerapatan probabilitas kurva normal

$P_x$  = fungsi distribusi kumulatif kurva normal

$X$  = data ke- $i$

$\mu$  = parameter rerata (rerata  $X$ )

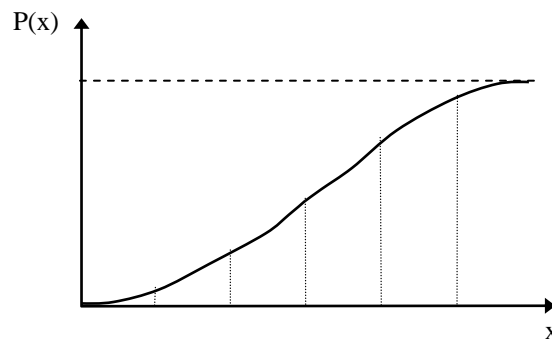
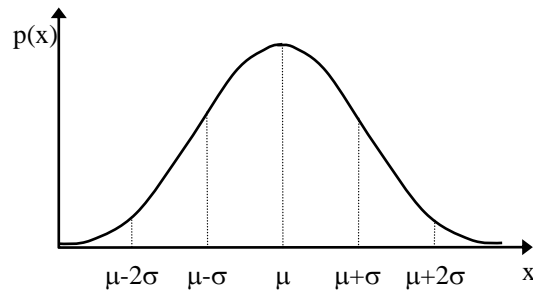
$\sigma$  = parameter deviasi standar (deviasi standar  $X$ )

$e$  = 2,71828

$\pi$  = 3,14156

Secara umum grafik dari distribusi normal dapat digambarkan pada Gambar 3.1 di bawah ini.





Gambar 3.1 Grafik Distribusi Normal  
(Sumber: Haan, 1977)

## Distribusi eksponensial

Suatu data yang diilustrasikan sebagai hubungan antara waktu dan kejadian hujan dapat digambarkan mengikuti garis eksponensial. Penyebaran data tersebut apabila dibuat distribusinya maka akan mengikuti bentuk distribusi eksponensial. Rumus probability density function dari distribusinya dituliskan dengan:

$$p_x(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

dan distribusi kumulatifnya dapat dirumuskan sebagai :

$$P_x(x) = \int_0^x \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda x} \quad x > 0$$

Nilai rata-rata dan variansi distribusi eksponensial adalah :

$$\begin{aligned} E(x) &= 1/\lambda \\ \text{Var}(x) &= 1/\lambda^2 \end{aligned}$$

dimana:

$p_x$  = fungsi kerapatan probabilitas kurva eksponensial

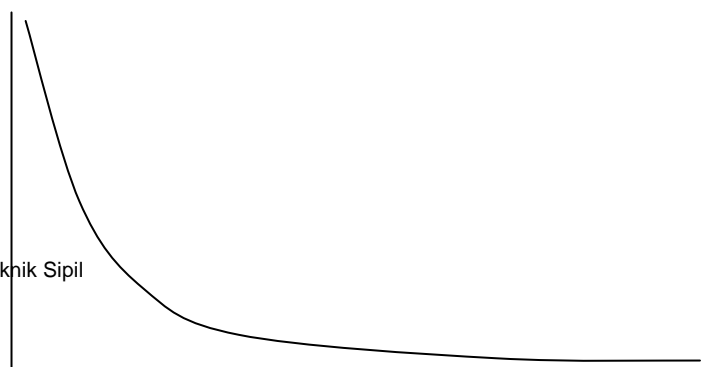
$P_x$  = fungsi distribusi kumulatif kurva eksponensial

$X$  = data ke-i

$\lambda$  = parameter skala

$E(x)$  = rerata populasi

$\text{Var}(x)$  = variansi populasi



## Distribusi gamma

Distribusi gamma merupakan distribusi yang dapat diatur bentuk dan skalanya, disebabkan distribusi ini mempunyai parameter bentuk dan parameter skala (Sudjarwadi, 1999). Fungsi kerapatan probabilitasnya dapat ditulis sebagai berikut :

$$p_x(x) = \frac{\lambda^\eta X^{\eta-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(\eta)}$$

sedangkan untuk kumulatif distribusinya adalah:

$$P_x(x) = 1 - e^{-\lambda x} \sum_{j=0}^{\eta-1} \frac{(\lambda X)^j}{j!}$$

Distribusi gamma memiliki parameter-parameter dengan hubungan sebagai berikut ini :

$$E(X) = \frac{\eta}{\lambda}$$

$$\text{Var}(X) = \frac{\eta}{\lambda^2}$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\eta}}$$

dimana:

$p_x$  = fungsi kerapatan probabilitas kurva gamma

$P_x$  = fungsi distribusi kumulatif kurva gamma

$X$  = data ke-i

$\lambda$  = parameter skala

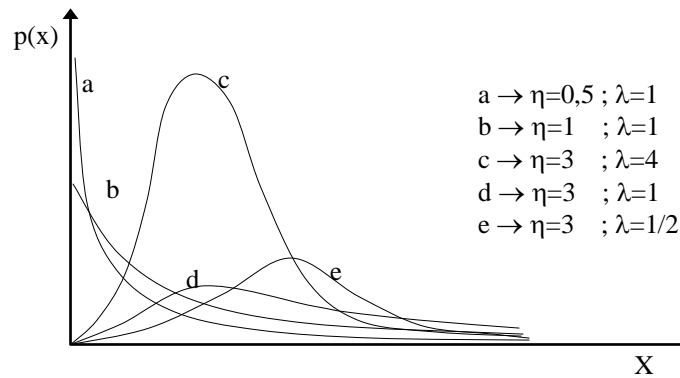
$\eta$  = parameter bentuk

$E(x)$  = rerata populasi

$\text{Var}(x)$  = variansi populasi

$\gamma$  = koefisien kemencengan untuk distribusi gamma

Secara umum grafik dari distribusi gamma dapat digambarkan pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Grafik distribusi gamma  
(Sumber: Sudjarwadi, 1999)

Setiap jenis distribusi menunjukkan sifat hubungan dengan pola tetap antara *pdf* dan *cdf*. Walaupun demikian sifat distribusi umumnya memiliki watak dasar yang tetap yaitu luas di bawah kurva distribusi probabilitas (*pdf*) selalu sama dengan satu dan nilai kumulatif distribusi (*cdf*) selalu antara 0 dan 1.

### Distribusi Spesifik yang Cocok

Untuk mengetahui kecocokan distribusi yang dipakai maka perlu dilakukan uji terhadap distribusi tersebut, yaitu dengan mengetahui penyimpangan kumulatif distribusinya antara data observasi dan teoritis.

Cara pengujian yang umum digunakan untuk hal tersebut adalah cara Chi-Kuadrat ( $\chi^2$ ) dan cara Kolmogorov Smirnov. Walaupun demikian langkah awal yang harus dilakukan sebelum menggunakan kedua cara tersebut adalah perlu diketahui fungsi distribusi teoritisnya. Rumusan uji Chi-kuadrat dapat ditulis sebagai:

$$\chi_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dengan :

k = jumlah kelas interval

$O_i$  = data hasil observasi

$E_i$  = expected berdasarkan distribusi teoritis yang diasumsikan

$\chi_c^2$  = distribusi Chi-kuadrat, dengan derajat kebebasan k-p-1

p = angka perkiraan dari jumlah data

Beranggapan bahwa distribusi teoritis berbentuk eksponensial, maka frekuensi relatif ( $f_{Xi}$ ) dapat dirumuskan seperti berikut:

$$f_{Xi} = \Delta Xi \cdot P_A (Xi)$$

dengan

$$P_A(X_i) = \hat{\lambda} e^{-\hat{\lambda} X_i}$$

dan

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\bar{X}}$$

dimana :

$f_{X_i}$  = frekuensi relatif distribusi eksponensial teoritis

$\Delta X_i$  =  $\frac{1}{2}$

$X_i$  = titik tengah kelas interval

$P_A(X_i)$  = luasan

$\hat{\lambda}$  = distribusi teoritis

$\bar{X}$  = data rerata

Sedangkan untuk pengujian distribusi probabilitas dengan Kolmogorov Smirnov digunakan rumusan seperti berikut:

$$D = \text{maks} [P_x(x) - S_n(x)]$$

dengan :

$D$  = simpangan maksimum

$P_x(x)$  = distribusi kumulatif dari data observasi

$S_n(x)$  = distribusi kumulatif dari fungsi teoritis

**10. Kegiatan Belajar 11 : Statistik dan probabilitas dalam Hidrologi (Probabilitas, regresi dan korelasi)**

**11. Kegiatan Belajar 12 : Bangkitan Data Metoda Rantai Marcov**

**12. Kegiatan Belajar 13 : Bangkitan Data Metoda Metoda Thomas-Fierring dan probabilitas**

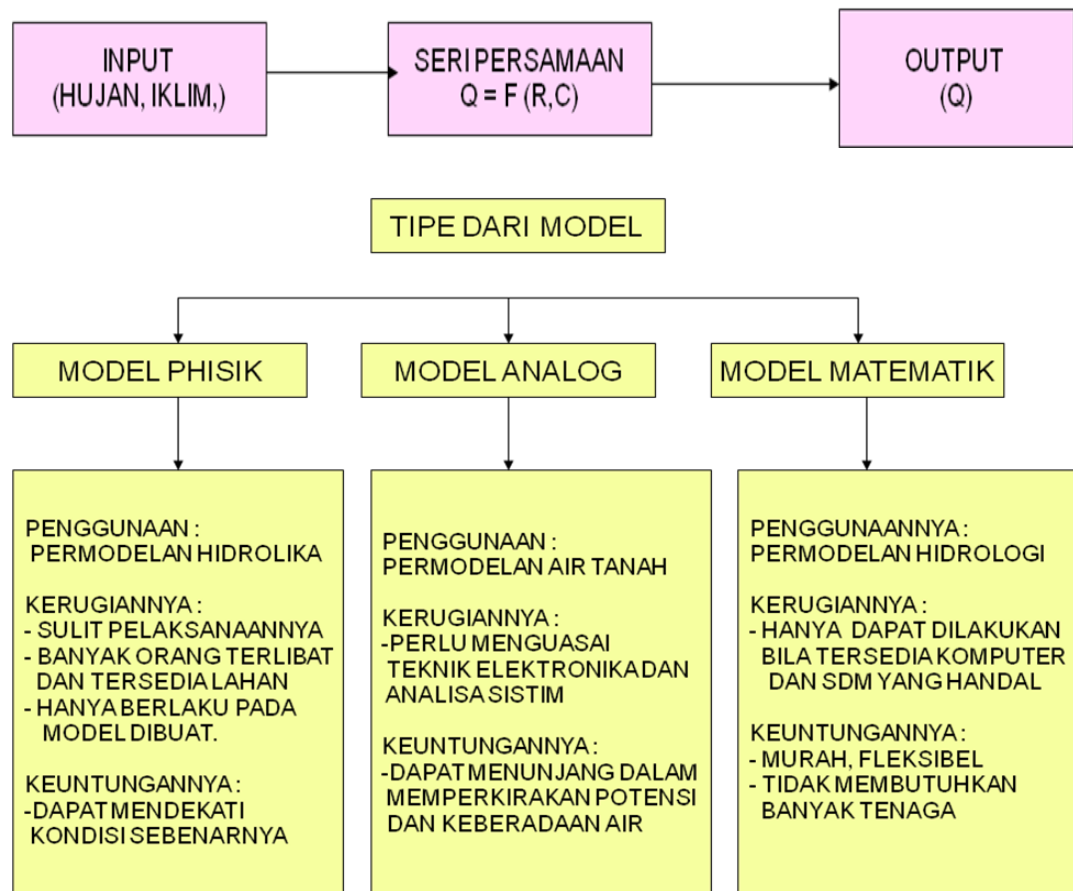
**13. Kegiatan Belajar 14 : Model hidrologi: Jenis, Komponen dan Struktur Model**

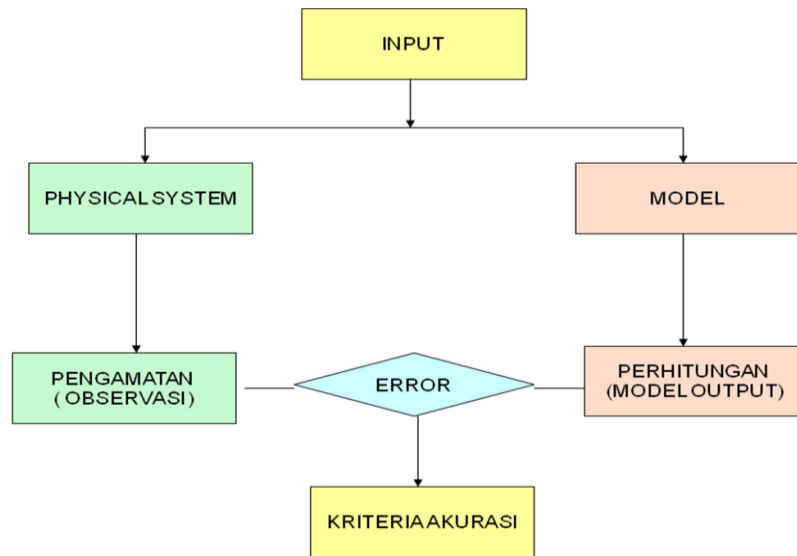
**Model hidrologi adalah suatu simplifikasi dari sistim atau kumpulan perintah – perintah dan persamaan – persamaan**

matematik yang berkaitan untuk mentransformasikan suatu masukan menjadi suatu keluaran.

Ada 3 besaran dalam model matematik :

- variabel (input, state, decision, output) berubah setiap saat
- parameter (suatu konstanta) tetap setiap saat tetap tiap saat
- hubungan (aljabar, diferensial dan statistical) tetap/dapat berubah





## 14. Kegiatan Belajar 15 : Model hidrologi: Kalibrasi dan Verifikasi Model

## 15. Kegiatan Belajar 16 : Software hidrologi

### C. Tugas

Untuk membekali dan menambah pemahaman dari materi modul untuk setiap kegiatan belajar, maka mahasiswa diwajibkan untuk menyelesaikan tugas-tugas sebagai berikut:

- Melaporkan kajian materi untuk setiap pertemuan, yang dilengkapi dengan referensi lain atau hasil dari pelacakan sumber dari internet.
- Melakukan kegiatan observasi ke lapangan untuk melihat secara visual dan nyata tentang sumber air. Kegiatan ini dilaporkan dalam bentuk makalah baik secara individu dan kelompok.
- Mahasiswa melakukan penyusunan laporan/makalah sebagai tugas parsial dan terstruktur dan didiskusikan di depan kelas supaya makalah yang sudah disusun dapat masukan sebagai bahan perbaikan.

### D. Tes Formatif

Untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa dalam penguasaan materi kulaiah maka dilakukan tes dalam bentuk:

1. Tanya jawab untuk mereview perkuliahan sebelumnya, dan dilakukan dengan diskusi.
2. Melakukan tes tertulis sesuai dengan jadwal ujian yaitu pada UTS dan UAS.

