



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

# KLIMATOLOGI & HIDROLOGI HUTAN

## 09 – Debit Aliran dan Suspensi

Dr. Ir. Ambar Kusumandari, M.E.S.

Dr. Hatma Surtaymojo, S.Hut., M.Si.

Muhammad C. Satriagasa, S.Si., M.Sc., M.Ec.Dev.



*“Ketika dihadapkan dengan masalah lihatlah sungai agar sungai mengajarmu bagaimana cara mengalir tanpa sedikitpun mengeluh.”*

# Berapa debit alirannya?



<https://www.neorentalpky.com>



<http://www.radarplanologi.com>



# Debit Aliran

Jumlah air yang mengalir pada sebuah penampang dengan luas tertentu per satuan waktu

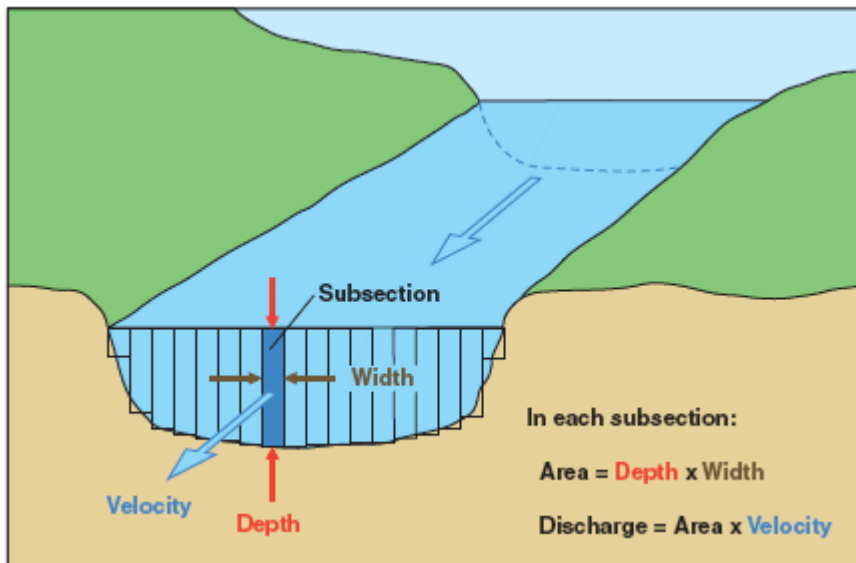
$$Q = A \times v$$

A = luas penampang ( $m^2$ )

A = kedalaman x lebar penampang

v = kecepatan aliran (m/s)

Q = debit aliran ( $m^3/s$ )

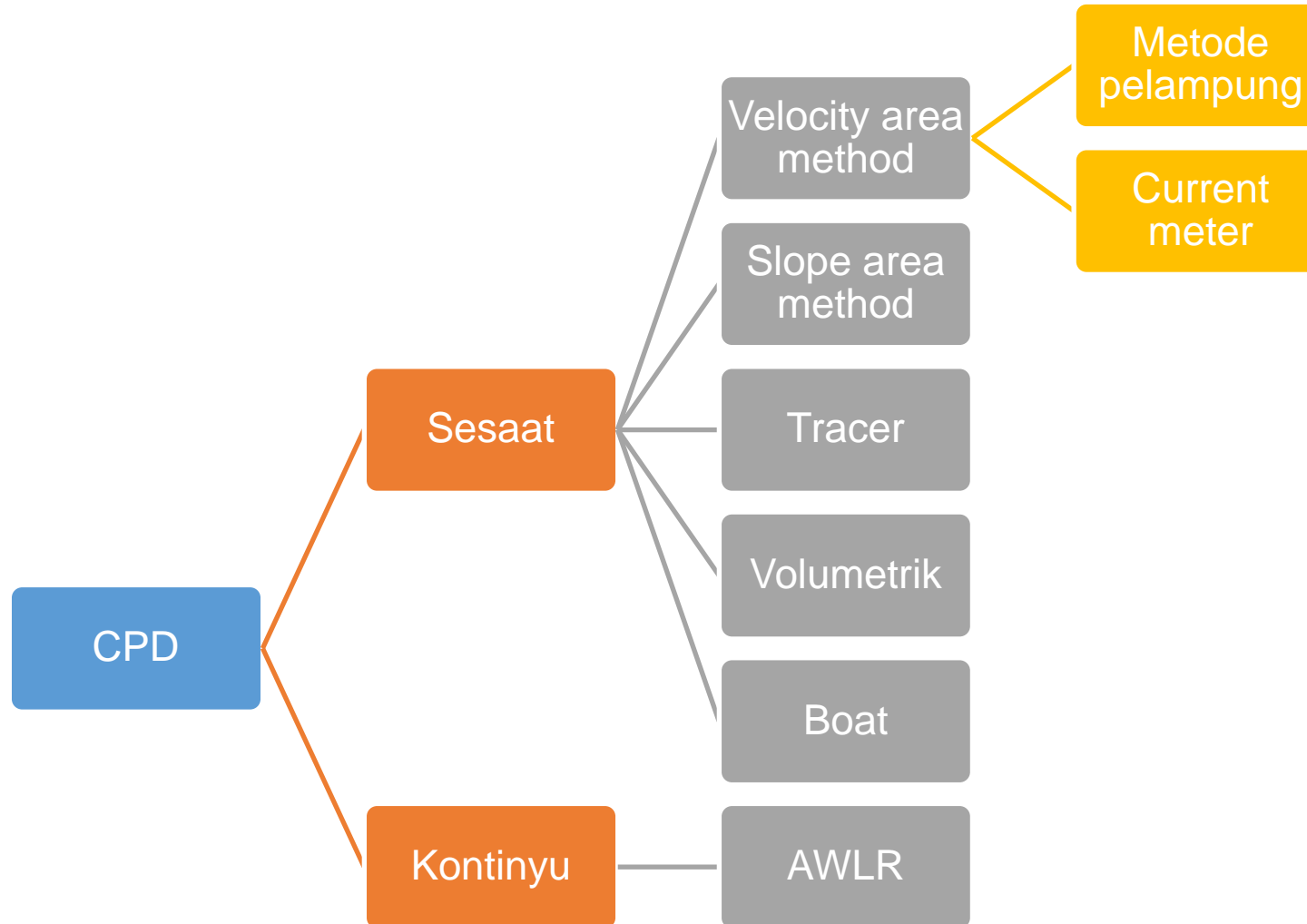


<https://water.usgs.gov>

## Kenapa perlu dilakukan pengukuran?

- Mengetahui sumberdaya air permukaan untuk potensi pemanfaatan
- Mengetahui potensi bahaya dari aliran permukaan
- Pemantauan kondisi lingkungan
  - Aliran sungai sebagai agen transportasi dari hulu ke hilir
  - Habitat organisme perairan

# Cara Pengukuran Debit



# Pengukuran Debit dengan Cara Apung



$$Q = A \times k \times U$$

Q = debit (m<sup>3</sup>/det)

U = kecepatan pelampung (m/det)

A = luas penampang basah sungai (m<sup>2</sup>)

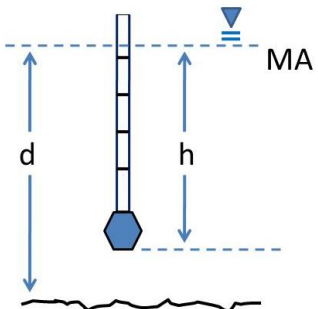
k = koefisien pelampung

Nilai k tergantung jenis pelampung :

$$k = 1 - 0,116 ((\sqrt{1 - \alpha}) - 0,1)$$

$\alpha$  = kedalaman tangkai (h) per kedalaman air (d) yaitu kedalaman bagian pelampung yang tenggelam dibagi kedalaman air

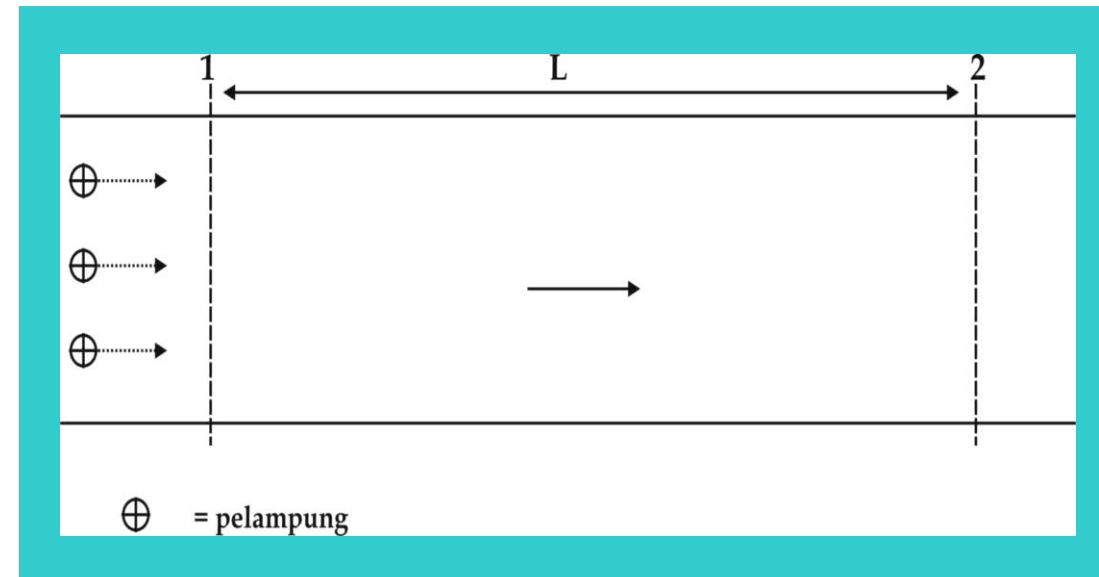
Gambar Pelampung Tongkat



- Kecepatan aliran (V) ditetapkan berdasarkan kecepatan pelampung (U)
- Luas penampang (A) ditetapkan berdasarkan pengukuran lebar saluran (L) dan kedalaman saluran (D)
- Debit sungai (Q) = A x V atau A = A x k dimana k adalah konstanta

Menghitung waktu (t detik)

kecepatan pelampung  $U = L/T$  (m/det)



# Pengukuran Debit dengan *Current-meter*



## PRINSIP :

- Kecepatan diukur dengan current meter
- Luas penampang basah ditetapkan berdasarkan pengukuran kedalaman air dan lebar permukaan air. Kedalaman dapat diukur dengan mistar pengukur, kabel atau tali.

## Keterangan :

- $V_s$  di ukur 0,3 m dari permukaan air
- $V_b$  di ukur 0,3 m di atas dasar sungai
- Kecepatan aliran dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling per waktu putarannya

( $N = \text{putaran}/dt$ )

- Kecepatan aliran  $V = aN + b$  dimana  $a$  dan  $b$  adalah nilai kalibrasi alat current meter.
- Hitung jumlah putaran & waktu putaran baling-baling (dengan stopwatch).

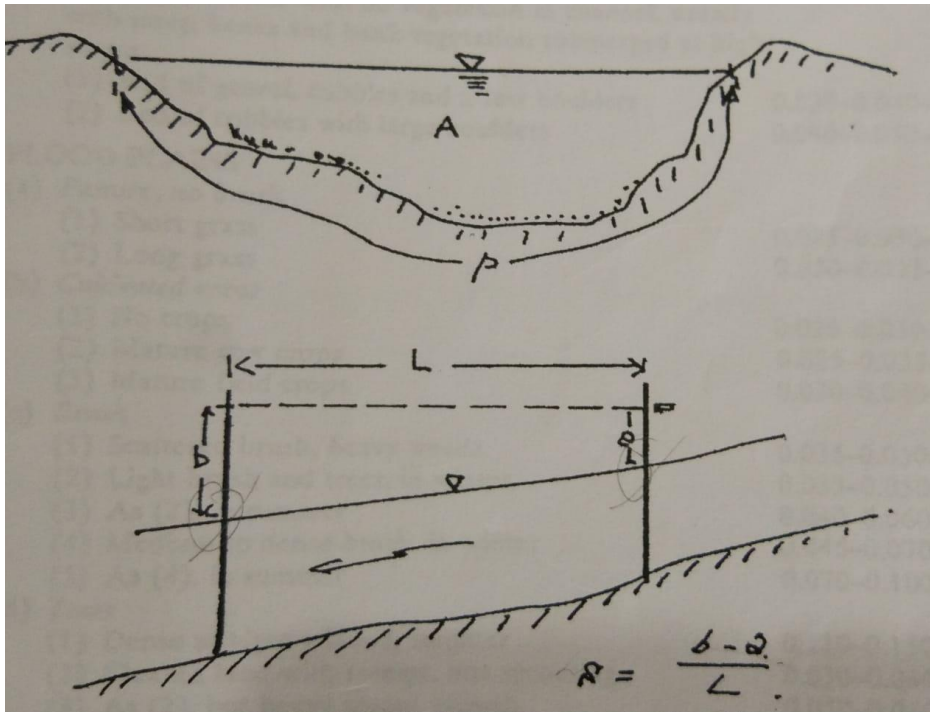




# Slope Area Method

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>) | R = radius hidraulik = A/P  
 S = friction slope | P = keliling yang terendam air  
 n = koefisien kekasaran manning



Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
<b>A. Natural Streams</b>			
<b>1. Main Channels</b>			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
<b>2. Flood Plains</b>			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200





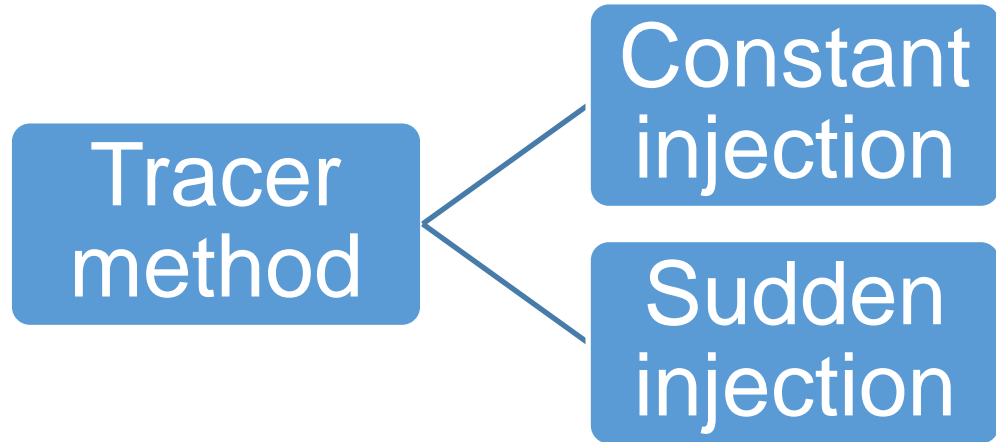
# Volumetric method

$$Q = V/t$$

V = volume (m<sup>3</sup>)  
t = waktu (s)



# Tracer Method



**EC Meter**

# Moving boat method

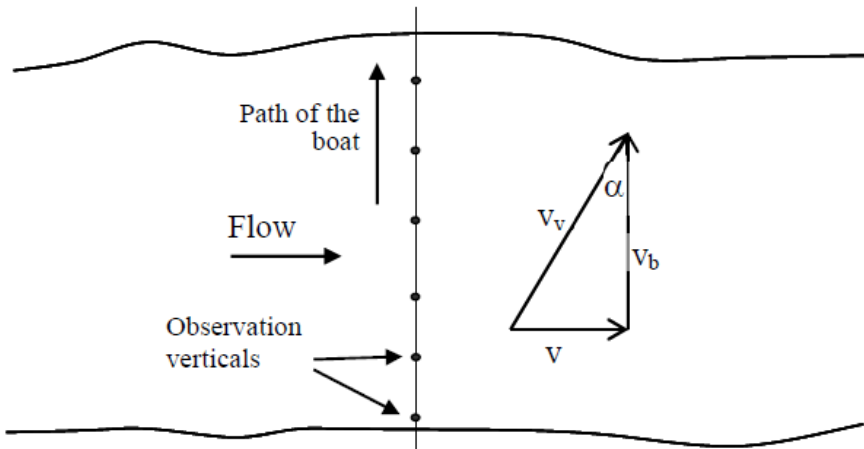
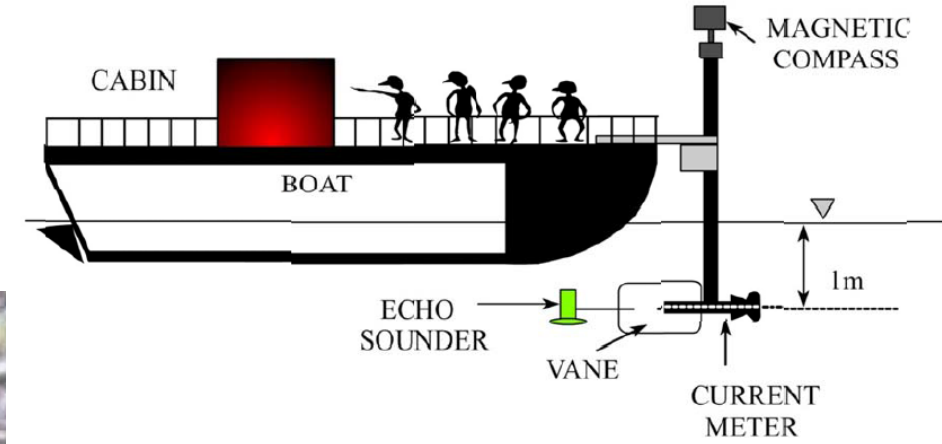


Fig. 4.13 Moving boat method of discharge measurement.

## MOVING BOAT EQUIPMENT





# Weir & Flume



90° V-notch weir

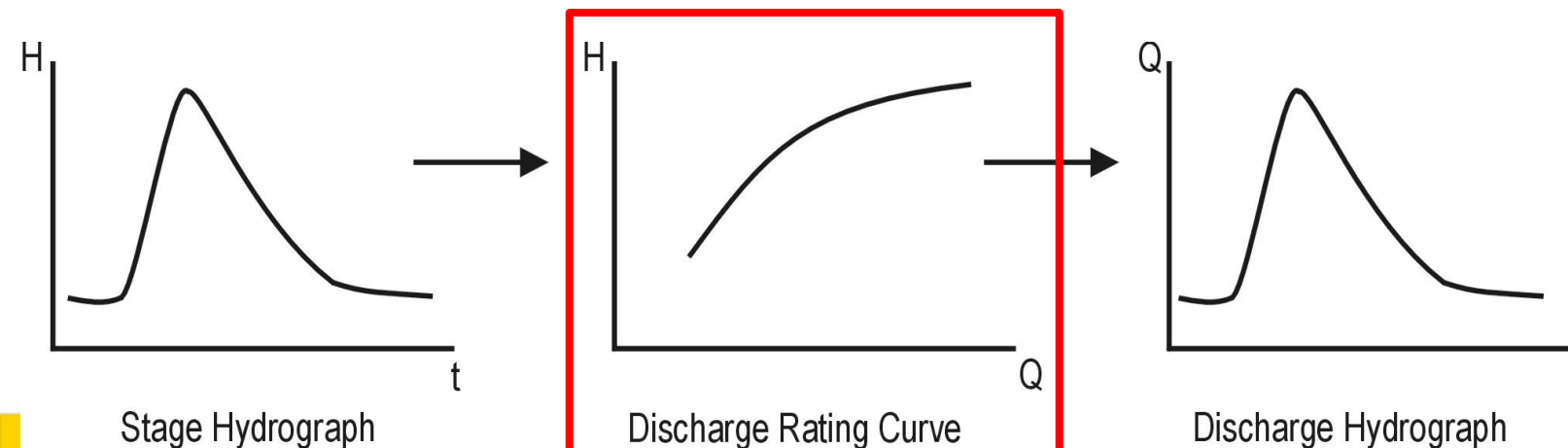
**Weir**

**Flume**



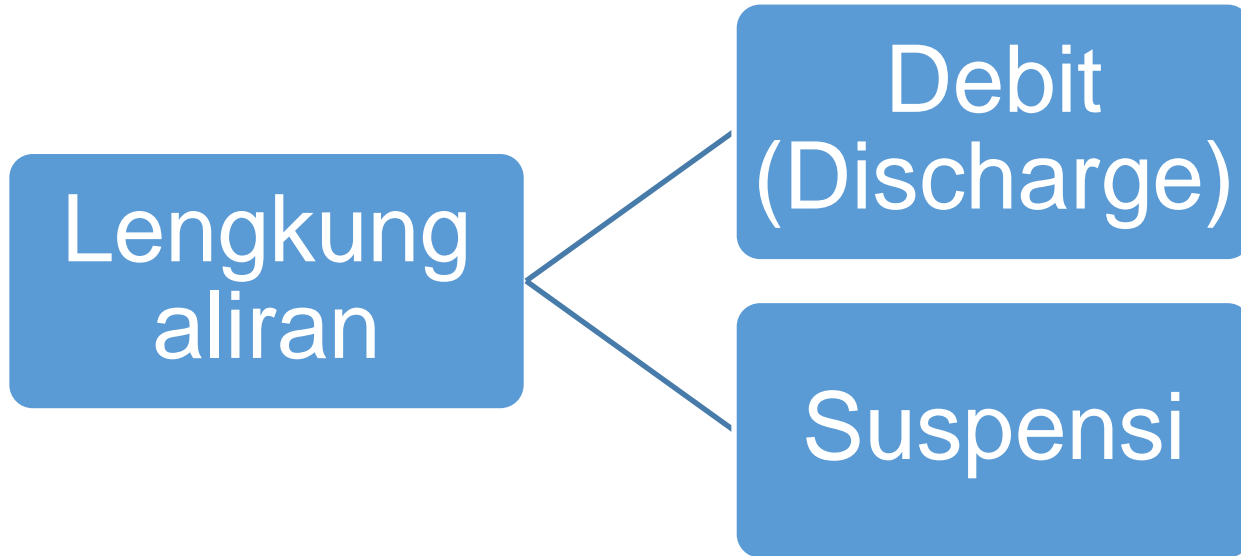
Lengkung aliran berguna untuk dipakai sebagai dasar penentuan besarnya **debit sungai** di lokasi dan **tinggi muka air** pada periode waktu tertentu, juga dapat digunakan untuk mengetahui adanya **perubahan sifat fisik dan sifat hidraulis** dari lokasi penampang sungai yang bersangkutan

**Setiap SPAS** perlu memiliki lengkung aliran dan lengkung suspensi dan hanya akan berlaku untuk SPAS tersebut saja.





# Lengkung Aliran (*Rating Curve*)

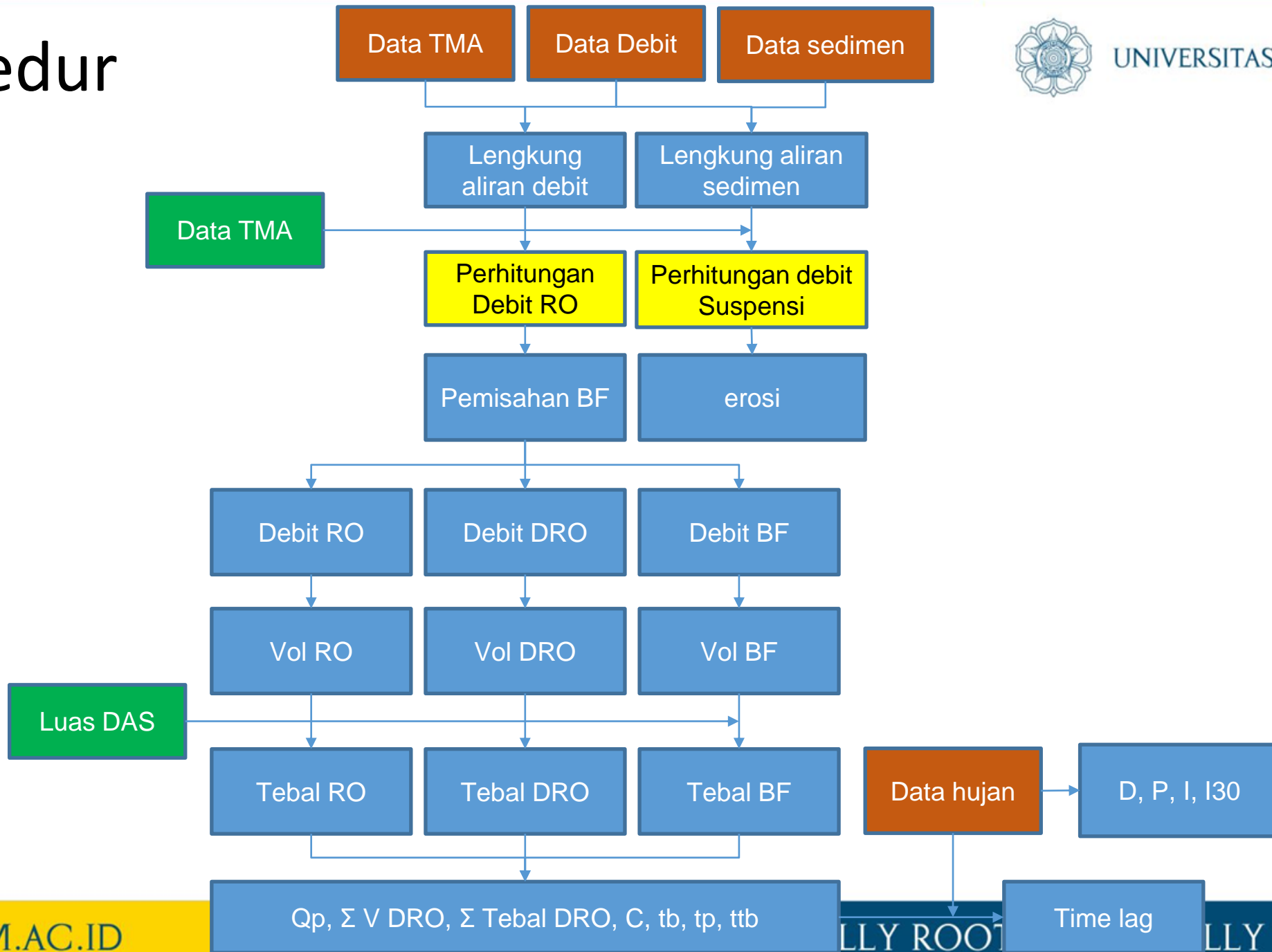


- Kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air (TMA) dan debit pada lokasi penampang sungai tertentu
- Lengkung (curve) yang menyatakan hubungan antara debit aliran dengan debit suspensinya.

## Prasyarat

- Persamaan rating curve pada sungai alami atau SPAS yang tidak dibeton harus dikontrol kebenarannya, karena penampang sungai mungkin telah berubah oleh sedimentasi atau erosi dasar/tebing. Kalau kondisinya seperti itu, maka perlu dibuat rating curve baru berdasarkan hasil pengukuran H dan Q

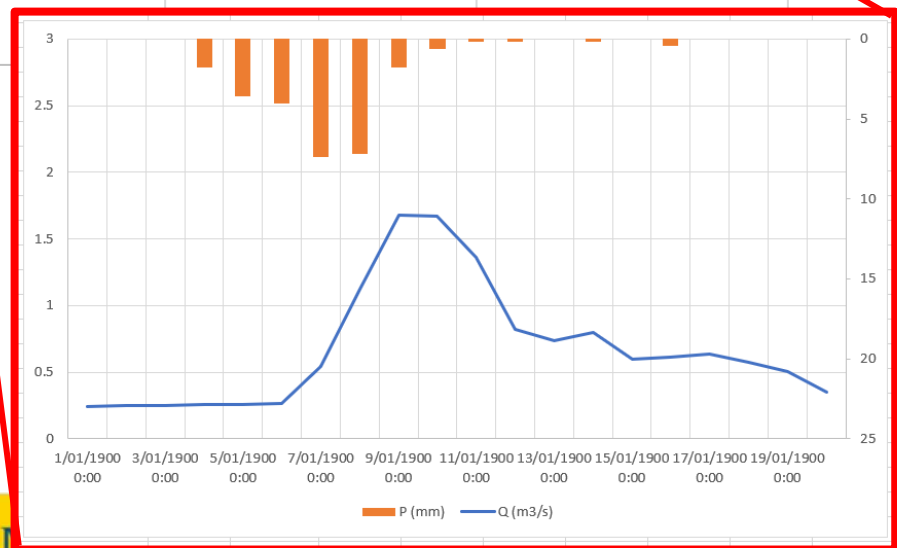
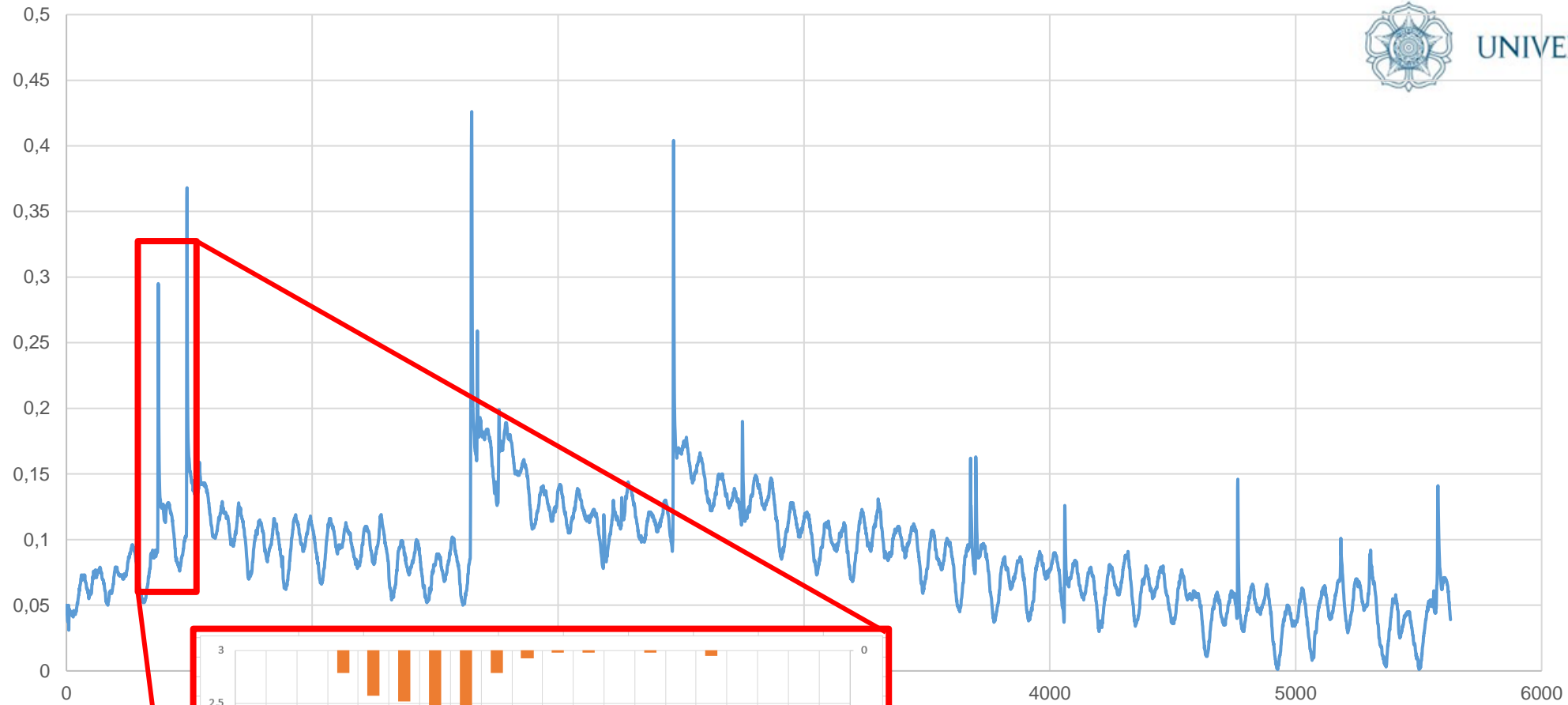
# Prosedur





No	TMA (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
1	0.03	0.114001
2	0.48	4.546765
3	0.12	0.66908
4	0.11	0.591717
5	0.16	0.889278
6	0.15	0.762692
7	0.09	0.440114
8	0.12	0.626653
9	0.14	0.791868
10	0.16	0.954332
11	0.18	1.049228
12	0.19	1.111997
13	0.24	1.7299
14	0.25	1.828495
15	0.23	1.55798
16	0.22	1.541232
17	0.2	1.330802
18	0.19	1.083634
19	0.17	1.106806
20	0.16	1.023158

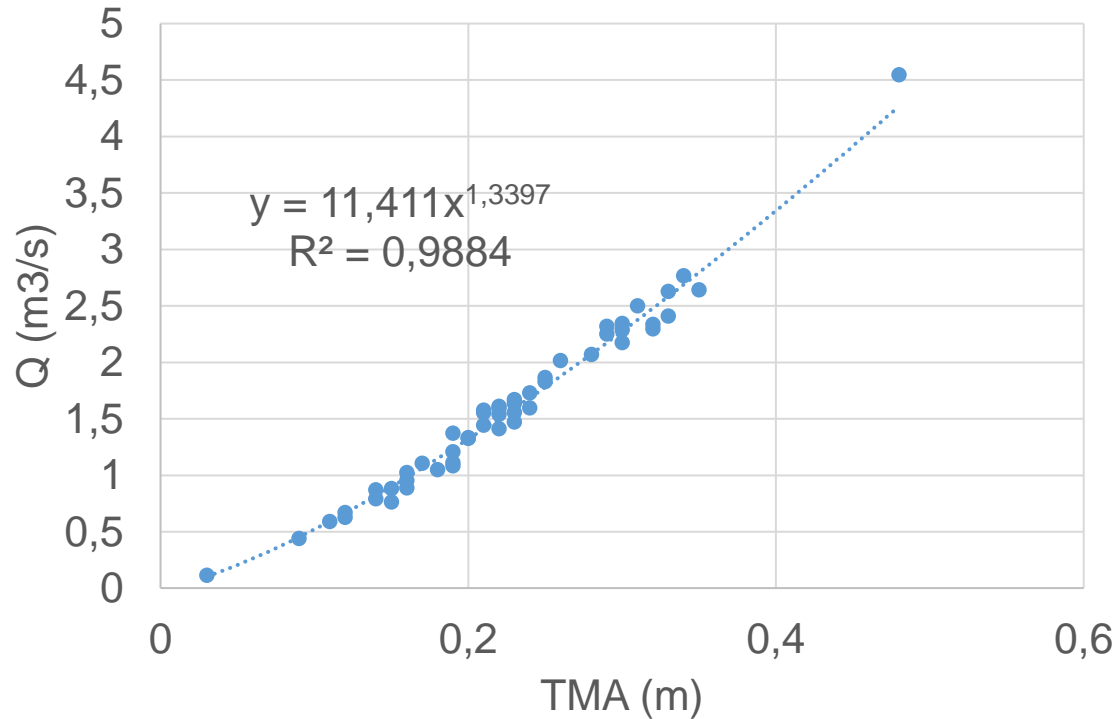
No	TMA (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)
21	0.15	0.883785
22	0.14	0.871064
23	0.25	1.866306
24	0.24	1.597434
25	0.23	1.637039
26	0.22	1.594816
27	0.21	1.442715
28	0.2	1.326088
29	0.19	1.373236
30	0.35	2.640932
31	0.34	2.766019
32	0.33	2.627456
33	0.3	2.288763
34	0.29	2.250611
35	0.19	1.208282
36	0.2	1.332554
37	0.21	1.555267
38	0.22	1.611792
39	0.29	2.318222
40	0.32	2.336135







## Rating curve/lengkung aliran



$$y = 11.411x^{1.3397}$$

$$y = Q$$

## Scater plot Trendline power

$$R^2 = 0.9884$$

$R^2$  = koefisien determinasi  
Menggambarkan seberapa besar variabel y digambarkan oleh variabel x  
Makin mendekati 1 maka variabel x makin dapat menggambarkan variabel y, selisih angka dengan 1 tidak dapat digambarkan oleh variabel x melainkan dipengaruhi oleh variabel lain di luar model



Penghitungan debit menggunakan rumus rating curve

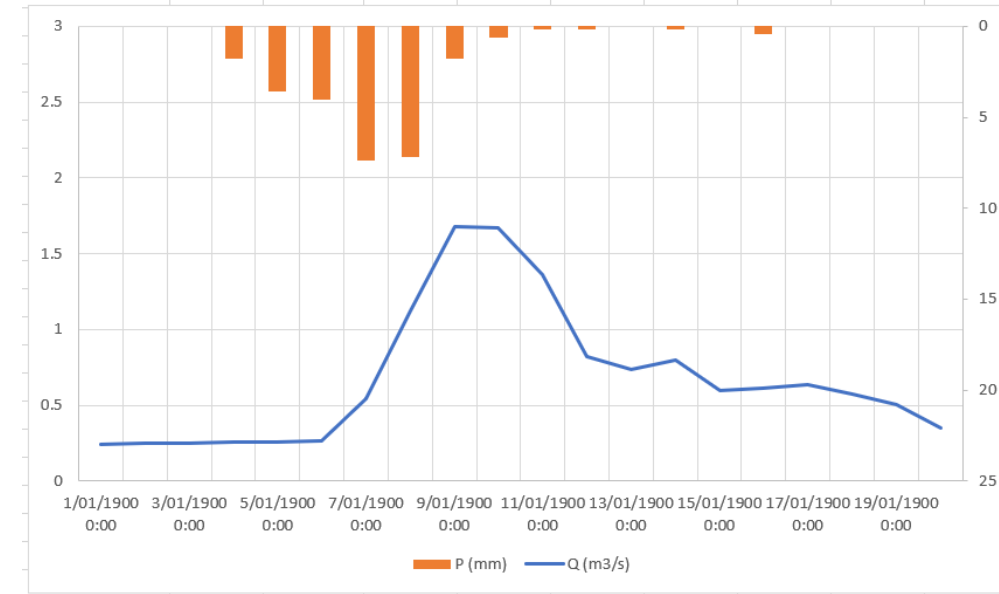
$$Q = 11.411(TMA)^{1.3397}$$



Date	time	TMA (m)	P (mm)	Q (m3/s)
8/06/2016 16:10	4:10 PM	0.057	0	0.245793
8/06/2016 16:20	4:20 PM	0.058	0	0.251587
8/06/2016 16:30	4:30 PM	0.058	0	0.251587
8/06/2016 16:40	4:40 PM	0.059	1.8	0.257415
8/06/2016 16:50	4:50 PM	0.059	3.6	0.257415
8/06/2016 17:00	5:00 PM	0.061	4	0.269172
8/06/2016 17:10	5:10 PM	0.103	7.4	0.543027
8/06/2016 17:20	5:20 PM	0.177	7.2	1.121588
8/06/2016 17:30	5:30 PM	0.239	1.8	1.677117
8/06/2016 17:40	5:40 PM	0.238	0.6	1.667723
8/06/2016 17:50	5:50 PM	0.205	0.2	1.365464
8/06/2016 18:00	6:00 PM	0.14	0.2	0.819203
8/06/2016 18:10	6:10 PM	0.129	0	0.734143
8/06/2016 18:20	6:20 PM	0.137	0.2	0.795771
8/06/2016 18:30	6:30 PM	0.111	0	0.600265
8/06/2016 18:40	6:40 PM	0.113	0.4	0.614799
8/06/2016 18:50	6:50 PM	0.116	0	0.636763
8/06/2016 19:00	7:00 PM	0.107	0	0.571464
8/06/2016 19:10	7:10 PM	0.098	0	0.508007
8/06/2016 19:20	7:20 PM	0.074	0	0.348685

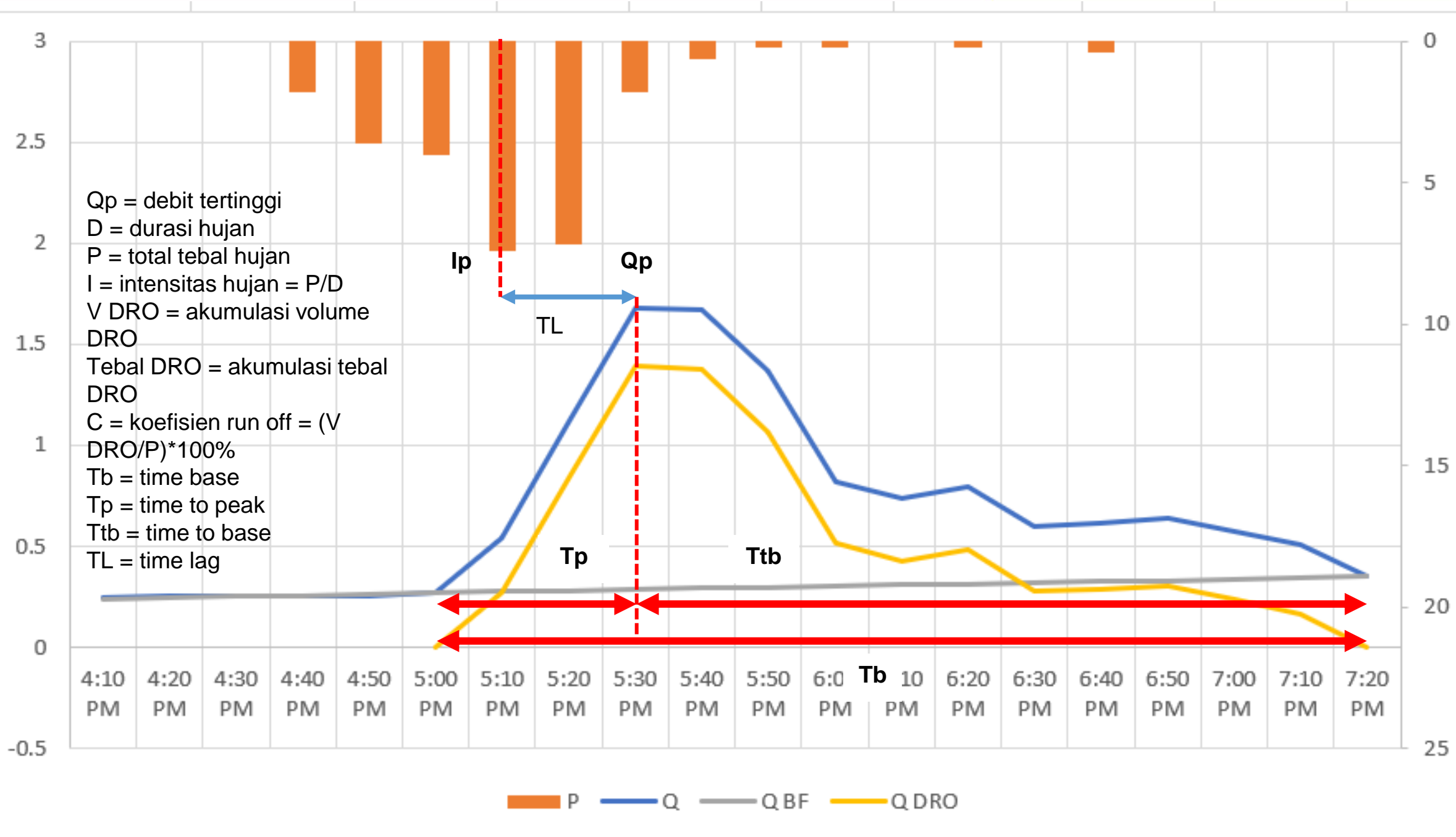


hyetograph



hydrograph

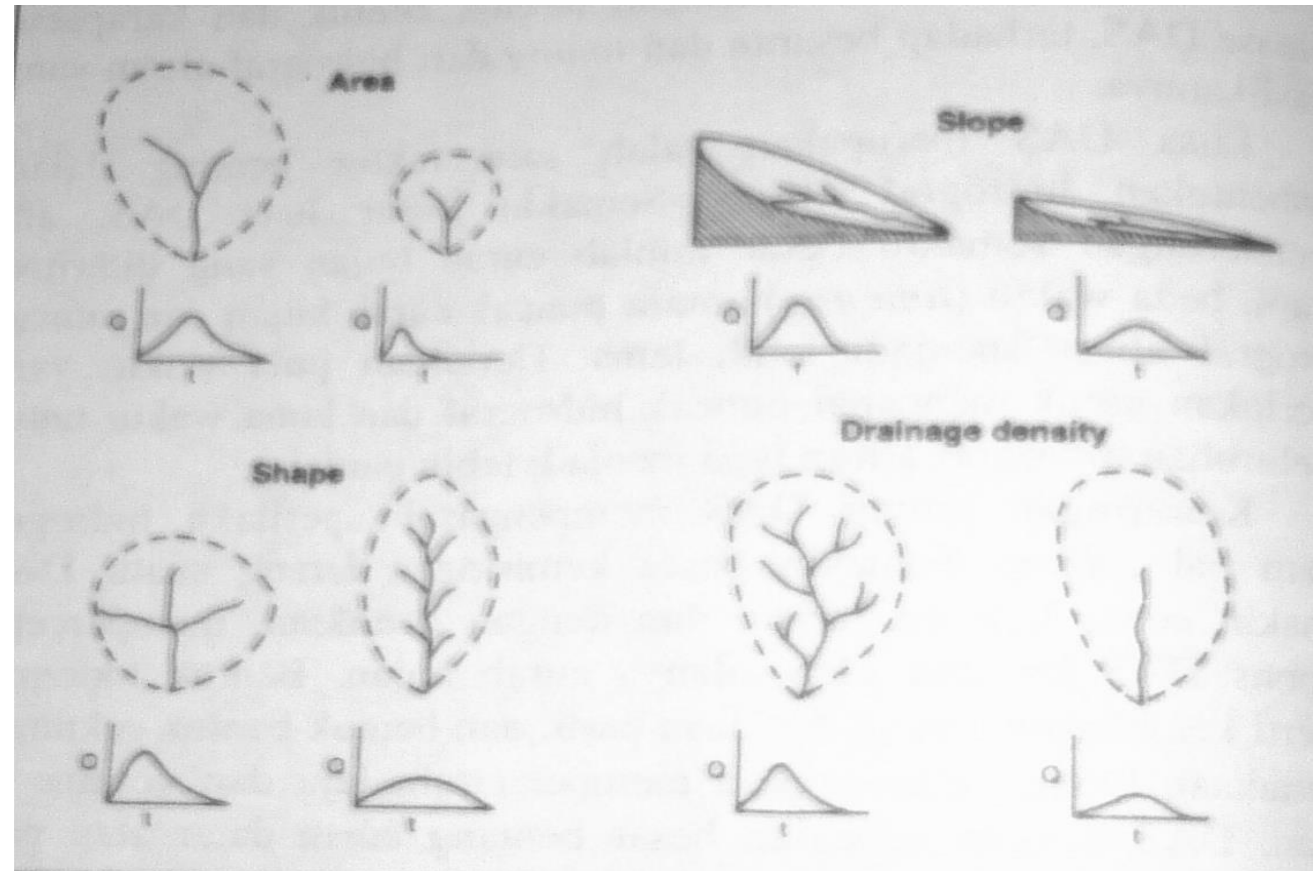
Unit hidrograf



# Faktor-faktor yang memengaruhi *runoff* dan hidrograf aliran



1. Karakteristik hujan (tebal hujan, lama hujan, intensitas hujan, sebaran hujan).
2. Karakteristik DAS/DTA (bentuk DAS, ukuran DAS, topografi (kemiringan rerata DAS), tataguna lahan, kerapatan drainase, dll.)







# Koefisien Runoff

$$C = \frac{\Sigma \text{tebal RO (mm)}}{\Sigma \text{tebal hujan (mm)}} \times 100\%$$

No.	Koefisien Runoff (%)	Kriteria
1	$\leq 25$	Rendah
2	25 – 50	Normal
3	> 50 – 75	Tinggi
4	75 – 100	Ekstrem

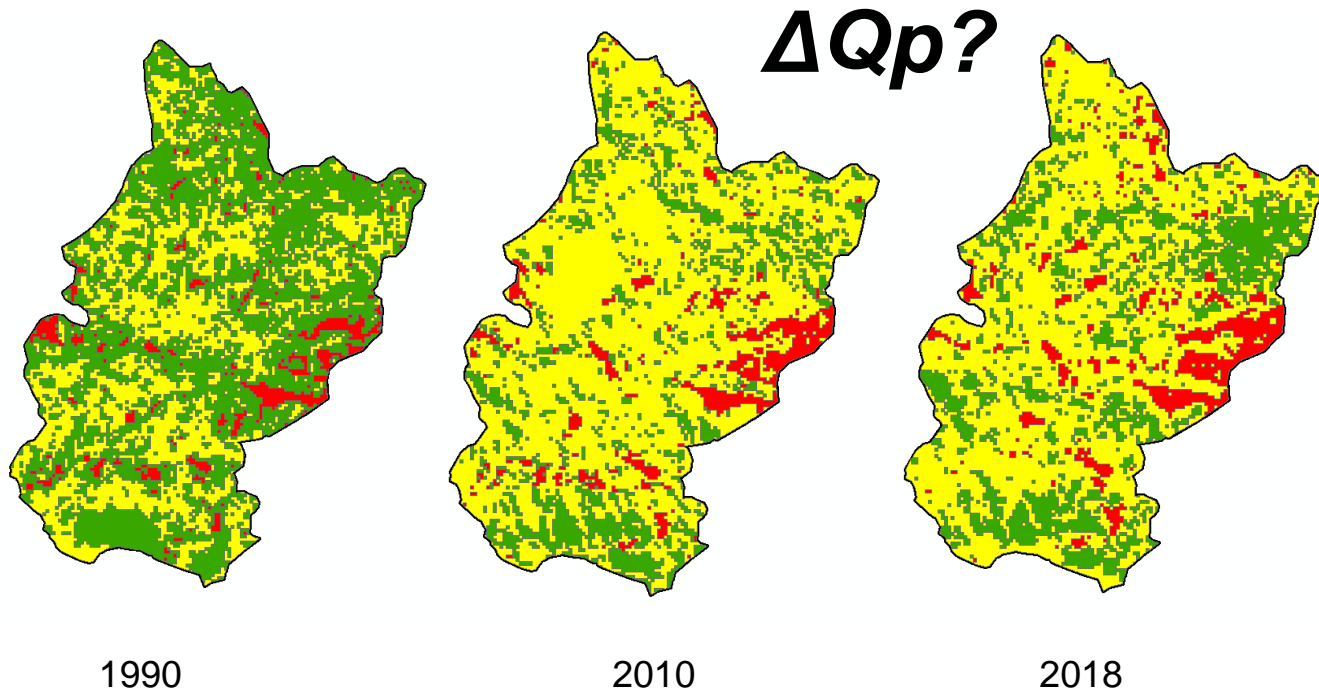
- Koefisien *runoff* (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya *runoff* terhadap besarnya curah hujan (Asdak, 2010).
- Misalnya nilai C adalah 0,10 berarti bahwa 10% dari curah hujan akan menjadi *runoff*.
- Angka C merupakan salah satu indikator kondisi fisik DAS. Semakin besar nilai C maka semakin besar curah hujan yang jatuh dan menjadi *runoff* yang akan menyebabkan ancaman erosi dan banjir (Asdak, 2010).

# Debit Rasional

$$Q_p = CIA$$

- $Q_p$  = debit puncak ( $m^3/jam$ )
- $C$  = koefisien runoff
- $I$  = intensitas hujan ( $mm/jam$ )  $\rightarrow$  ( $m/jam$ )
- $A$  = luasan ( $m^2$ )

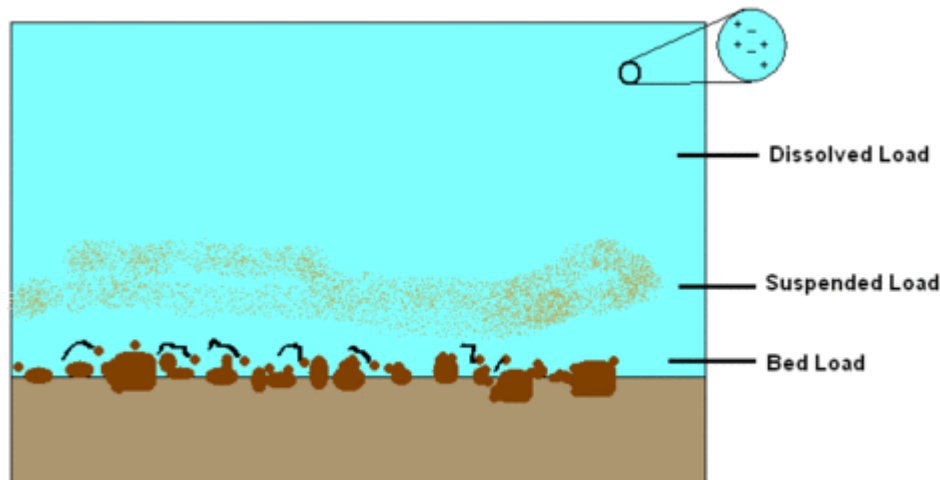
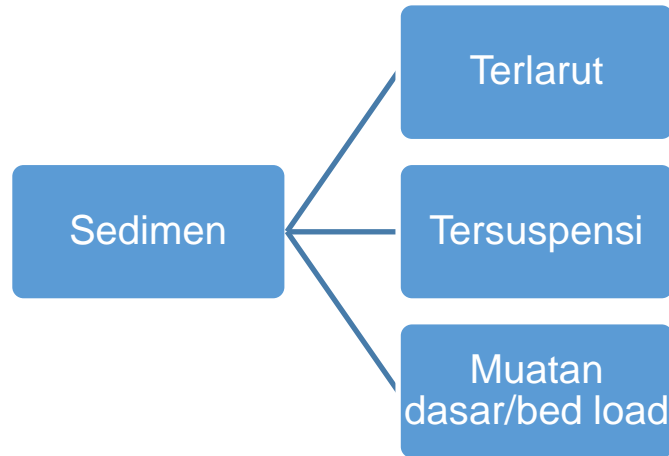
- Agricultural land
- Built up land
- Agroforestry



Koefisien Limpasan untuk Metoda Rasional  
| (McGuen, 1989 dalam Suripin 2003)

No	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1.	Bisnis	
	▪ Perkotaan ▪ Pinggiran	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
2.	Perumahan	
	▪ rumah tunggal	0,30 – 0,50
	▪ multiunit terpisah, terpisah	0,40 – 0,60
	▪ multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	▪ perkampungan ▪ apartemen	0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
3	Industri	
	▪ ringan ▪ berat	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
	Perkerasan	
	▪ aspal dan beton	0,70 – 0,95
	▪ batu bata, paving	0,50 – 0,70
	Atap	0,75 – 0,95
	Halaman, tanah berpasir	
	datar 2%	0,05 – 0,10
	rata-rata 2 – 7%	0,10 – 0,15
	curam 7%	0,15 – 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2%	0,13 – 0,17
	rata-rata 2 – 7%	0,18 – 0,22
	curam 7%	0,25 – 0,35
	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
	Hutan	
	datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
	bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
	berbukit 10 – 30%	0,30 – 0,60

# Sedimen



<https://upload.wikimedia.org>

## Muatan sedimen melayang (**suspended load**)

Muatan sedimen melayang merupakan material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran sungai dan terutama terdiri dari butiran-butiran pasir halus.

## Muatan sedimen dasar (**bed load**)

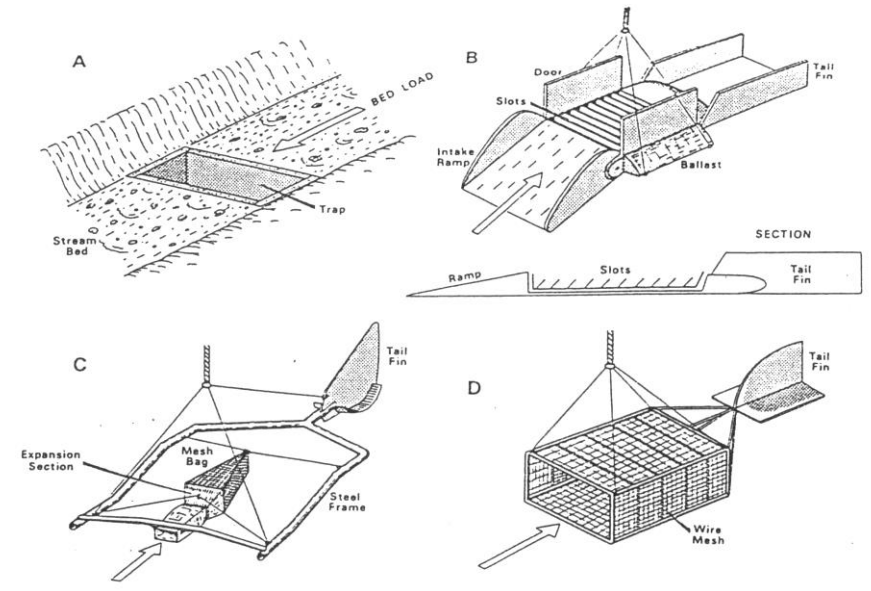
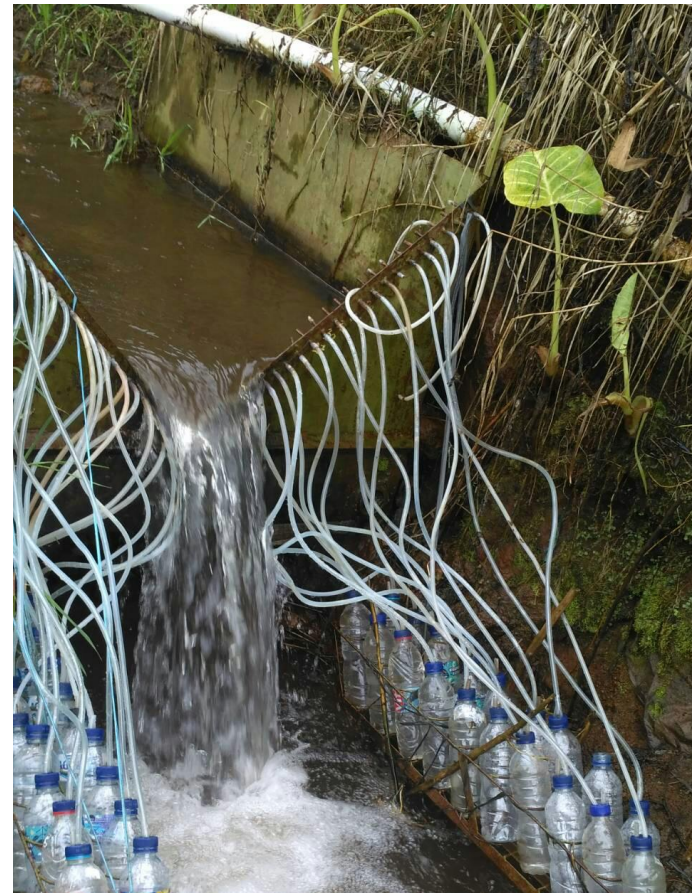
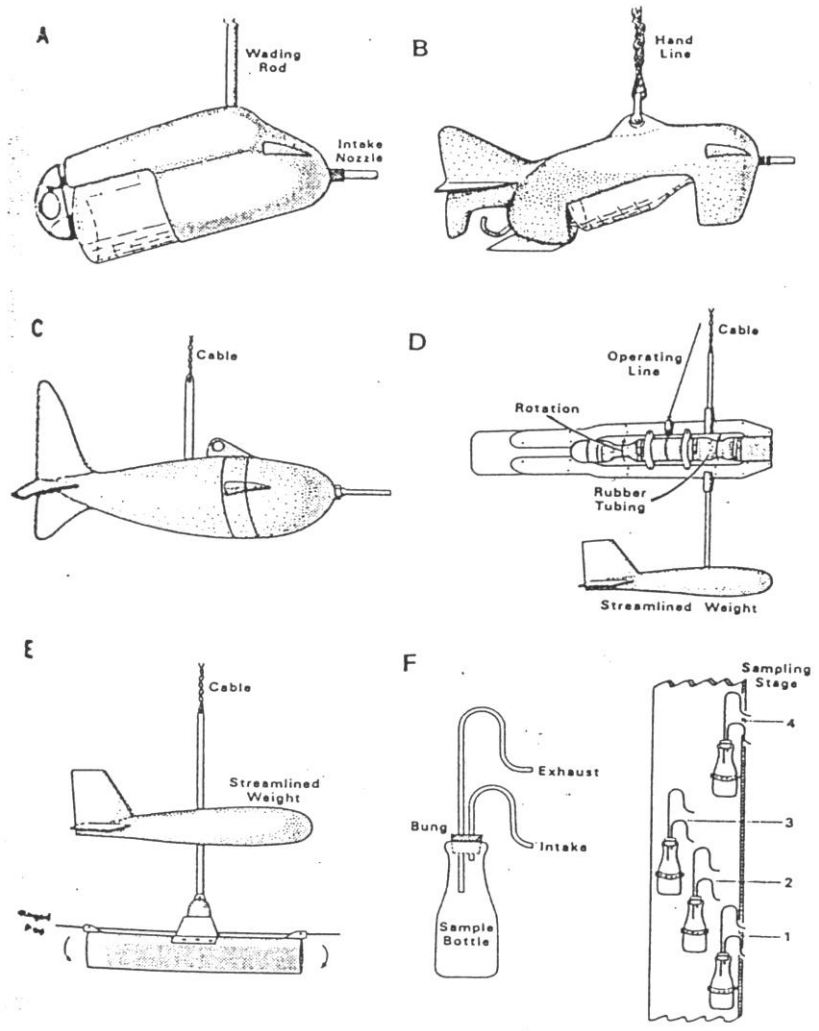
Muatan sedimen dasar berupa partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai.

Muatan suspensi merupakan hasil kejadian erosi baik erosi permukaan maupun erosi tebing sungai.

**Kadar muatan suspensi** adalah banyaknya material suspensi yang dikandung oleh sejumlah air dari aliran sungai dalam satuan volume tertentu, setelah material dikeringkan dan dinyatakan dalam miligram/liter (mg/l).



# Jenis Alat Pengambil Contoh Suspensi



A,B,C : pengambil contoh suspensi dengan cara integrasi  
 D,E : pengambil contoh suspensi dengan cara horisontal  
 F : pengambil contoh suspensi dengan botol bertingkat





UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

# TERIMA KASIH

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED

UGM.AC.ID