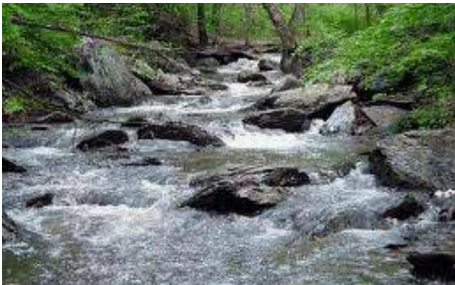




MODUL PRAKTIKUM LIMNOLOGI DAN POTAMOLOGI



**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL DAN HUKUM
UNIVERSITAS NEGERI MANADO**

POTAMOLOGI

1. Pendahuluan

Potamologi adalah bagian dari ilmu hidrologi yang khusus mempelajari tentang aliran permukaan (*runoff*). Kajiannya ditekankan pada proses *runoff*, faktor-faktor yang mempengaruhi *runoff*, distribusi *runoff* menurut ruang dan waktu, pengukuran *runoff* dan analisis data *runoff* untuk mengembangkan teori tentang *runoff* baik untuk pengembangan ilmunya maupun untuk menyelesaikan masalah praktis seperti masalah banjir dan penyediaan air sungai

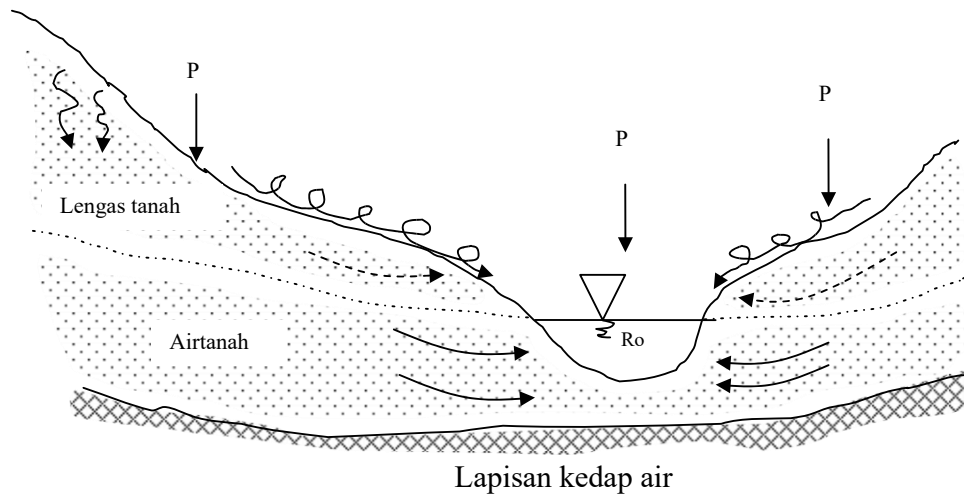
Dibahas pula tentang daerah aliran sungai (DAS) sebagai tempat dimana proses *runoff* berlangsung. Oleh karena itu kajian tentang *runoff* selalu menggunakan satuan daerah aliran sungai (*river basin, drainage basin, catchment area* atau *watershed*).

Runoff adalah bagian dari hujan (hujan dikurangi oleh evapotranspirasi dan kehilangan air lainnya) yang mengalir dalam alur sungai karena gaya gravitasi. Memperhatikan diagram alir daur hidrologi, *runoff* terdiri dari komponen aliran air yang berasal dari permukaan tanah dan sub-permukaan tanah. Gambar 1. menunjukkan penampang melintang suatu alur sungai yang dilengkapi dengan gambar komponen aliran air.

Komponen *runoff* terdiri atas:

1. *Overlandflow*, yaitu air hujan setelah dikurangi infiltrasi dan kehilangan air lainnya, air tersebut mengalir diatas permukaan tanah menuju alur sungai. Besar kecilnya aliran ini dipengaruhi oleh: a) sifat hujan (jumlah, lama hujan, intensitas, frekwensi), b) Kemiringan tanah, c) sifat tanah (tekstur dan struktur tanah), d) penutupan tanah (tanah terbuka, tanah ada bangunan kedap air, jenis dan kerapatan vegetasi), e) cekungan-cekungan dipermukaan tanah (*surface depression*) dan f) lengas tanah pada saat terjadi hujan.
2. Aliran antara (*interflow dan throughflow*) yaitu aliran air yang berasal dari air yang berada pada lapisan tanah tidak jenuh air yang muncul kepermukaan lereng dan mengalir menuju alur sungai, pemunculannya disebut rembesan (*seepage*).Rembesan ini banyak terjadi pada waktu musim hujan, Pada waktu musim kemarau yang panjang jarang dijumpai *seepage* karena simpanan lengas tanah sangat kurang.
3. Aliran dasar (*baseflow*) yaitu aliran air yang berasal dari airtanah (*groundwater*) yang ada dalam akuifer disekitar alur sungai, muncul pada alur sebagai matair (*spring*) yang selanjutnya disebut aliran






dasar. Besar kecilnya aliran dasar tergantung dari simpanan airtanah dalam tanah dalam akuifer (jenis materi dan volume akuifer).



Gambar 1. Komponen Aliran Air Sungai

Keterangan:

Run off :

-  Overlandflow
-  aliran antara
-  Aliran dasar
-  Curah hujan
-  Muka freatik (*phreatic surface*)

2. Proses Runoff

Hujan yang jatuh di daratan atau permukaan tanah sebagian hilang sebagai evapotranspirasi, infiltrasi kedalam tanah, sisanya berupa hujan efektif atau hujan lebih (*rainfall excess*) yang akan mengalir dipermukaan tanah sebagai *overlandflow*.

Evapotranspirasi:

Evapotranspirasi adalah proses perubahan zat cair menjadi uap baik melalui permukaan air, permukaan tanah maupun melalui stomata daun. (evapotranspirasi merupakan proses gabungan evaporasi dan transpirasi).

Infiltrasi dan perkolasi:

Infiltrasi adalah proses masuknya air kedalam tanah melalui permukaan tanah. Istilah infiltrasi sering dicampur adukan dengan pengertian perkolasi. Pengertian perkolasi sendiri merupakan proses

aliran air secara vertical didalam tanah karena gaya gravitasi. Perjalanan runoff:

Limpasan permukaan (Overlandflow), aliran antara dan aliran dasar bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah Masing-masing komponen runoff menempuh jarak yang berbeda dan melewati media yang berbeda. Untuk mengkaji perjalanan *runoff* digunakan beberapa parameter yaitu waktu konsentrasi (*time of concentration*), waktu mencapai puncak aliran (*time to peak*), waktu dasar aliran (*time base*). Parameter² tersebut sangat dipengaruhi oleh karakteristik hujan, karakteristik daerah aliran sungai terutama morfometri DAS dan daya retensi sungai.

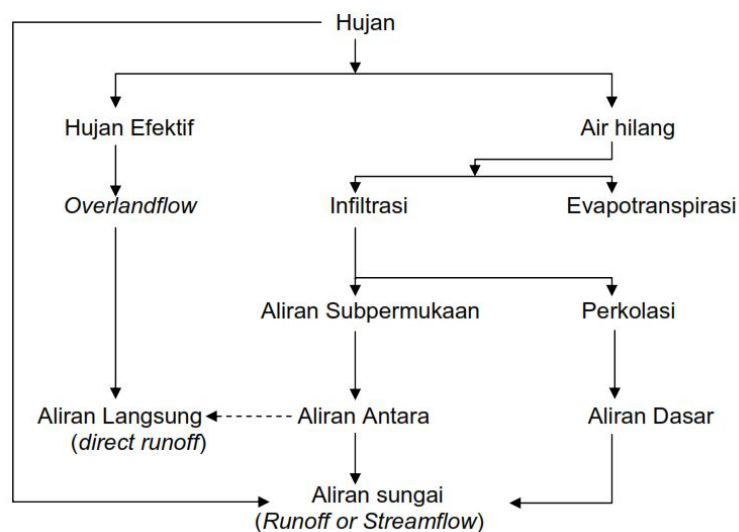
Proses terbentuknya runoff:

Proses terbentuknya runoff dapat dijelaskan dengan diagram alir proses *runoff* (Gambar 3.2). Memperhatikan Gambar 2. ada aliran yang mengalir diatas permukaan tanah (limpasan langsung) dan ada aliran yang mengalir dibawah permukaan tanah (*subsurface flow* , yaitu aliran dasar dan aliran antara).

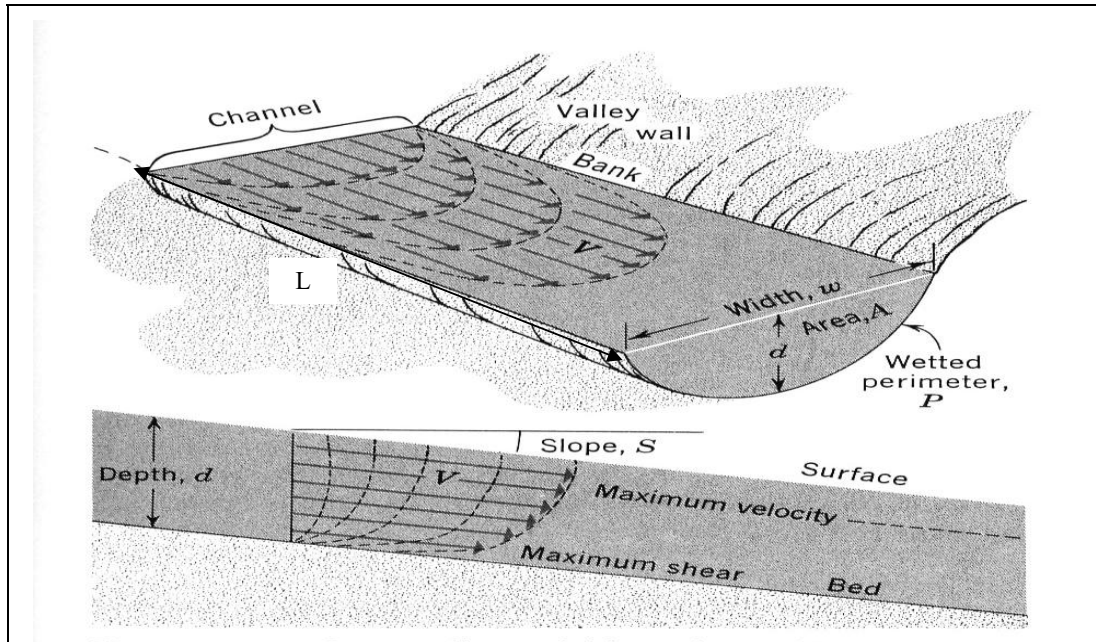
Satuan runoff:

Ukuran secara kuantitatif *runoff* disebut debit aliran sungai (*stream discharge*) dinyatakan dalam satuan volume air per satuan waktu (meter kubik per detik, liter per detik, *cubic feet per second*, *gallon per day*). Untuk keperluan kajian hujan dengan runoff, runoff dinyatakan dalam satuan panjang (mm, cm, feet) yang merupakan hasil bagi antara volume runoff dalam suatu periode dibagi dengan luas DAS, besaran ini disebut tebal runoff (*runoff depth*).

Debit aliran adalah jumlah aliran yang lewat penampang basah dalam alur sungai per satuan waktu. Gambar 3.3. menjelaskan pengertian debit aliran



Gambar 2. Diagram alir proses runoff



Gambar 3. Penggal dan Penampang Alur Sungai

Keterangan:

L : panjang penggal alur sungai (meter)

T : waktu yang diperlukan air melintas sepanjang L (detik)

A : penampang basah alur sungai (meter persegi)

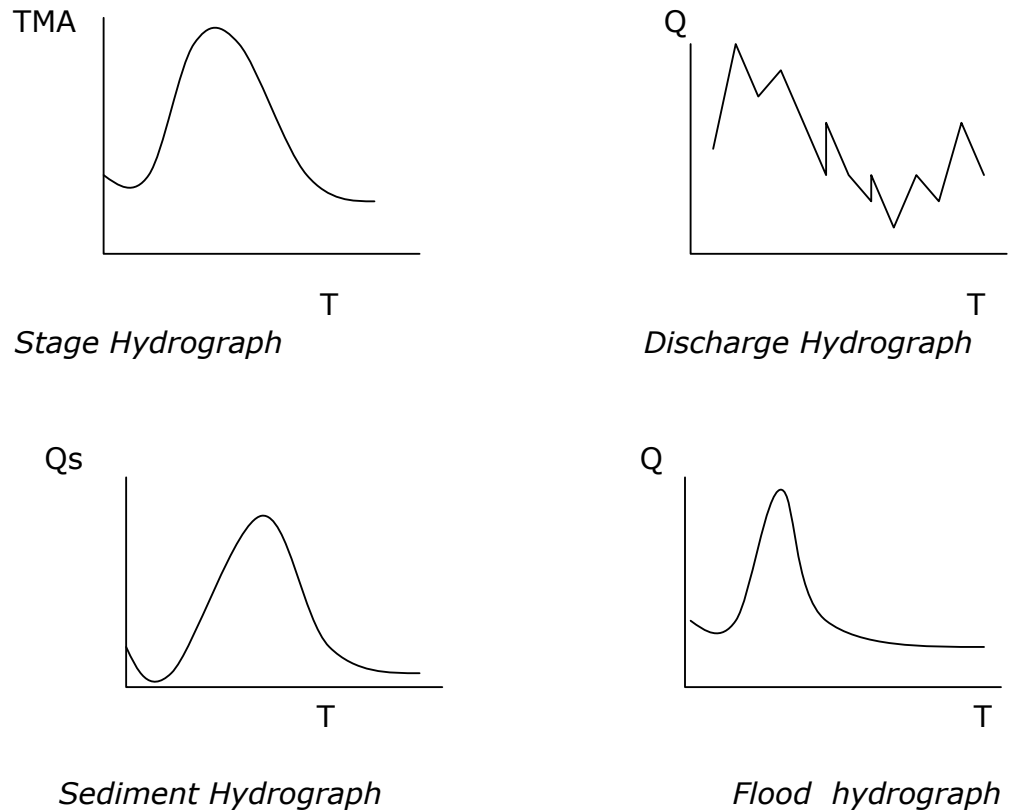
V : kecepatan rata aliran (L per T; meter per detik)

Q : Debit aliran ($Q = V \times T$) dalam meter kubik per detik.

Selama waktu T ada sejumlah air sebanyak air dalam penggal alur sungai tersebut lewat penampang basah seluas A. Kecepatan aliran air rata-rata sebesar L per T (m/det).

3. Hidrograf (*Hydrograph*)

Hidrograf adalah gambar atau grafik yang menggambarkan tinggi muka air sungai, debit aliran, debit sedimen kaitannya dengan waktu. Macam-macam hidrograf ditunjukkan dalam Gambar 4.

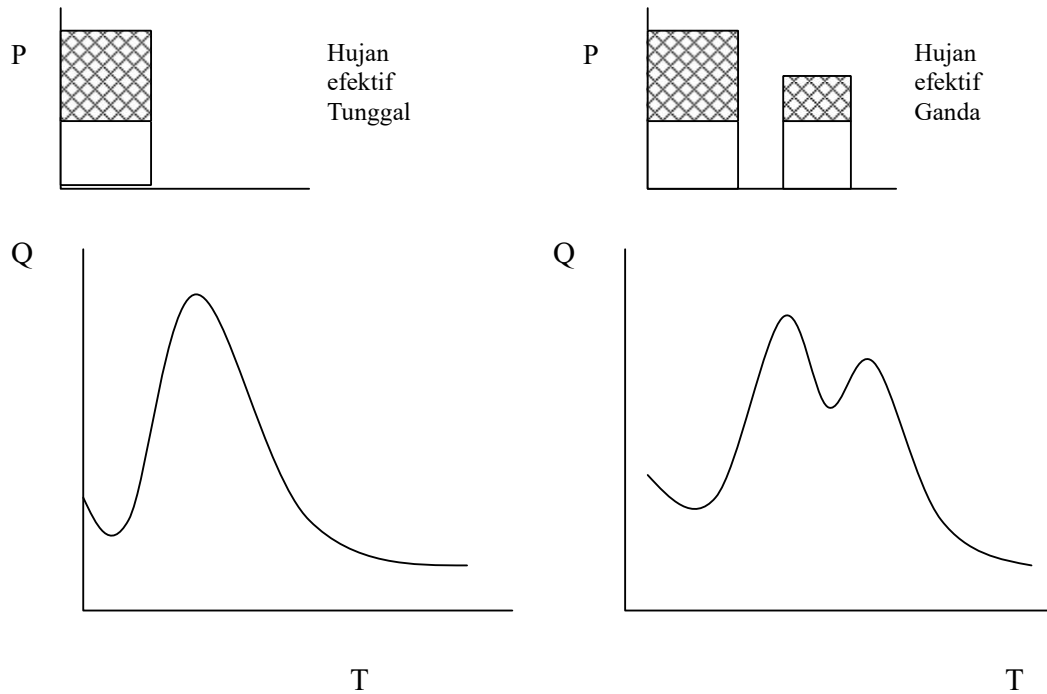


Gambar 4. Macam-macam hidrograf

Hidrograf banjir (*flood hydrograph*) adalah *discharge hydrograph* pada saat aliran dalam keadaan banjir, bentuknya seperti bentuk lonceng miring kekanan. Hidrograf sangat penting dalam analisis hidrologi seperti menghitung jumlah air sungai, jumlah sedimen yang diangkut aliran, analisis respon DAS , analisis hubungan hujan dengan aliran.

Karakteristik hidrograf banjir

Hidrograf banjir di sungai disebabkan oleh hujan tunggal atau hujan ganda. Hujan ganda menyebabkan terjadinya hidrograf banjir dengan dua puncak (Gambar 5)



Gambar 5 Pengaruh hujan pada ukuran dan bentuk hidrograf aliran

Karakteristik hidrograf banjir, Gambar 6 menunjukkan hidrograf banjir dan hujan penyebabnya. Atas dasar bentuk hidrograf banjir, bagian-bagian hidrograf banjir terdiri dari

1. lengkung naik (*rising limb*)
2. puncak (*crest or peak*)
3. lengkung turun (*falling limb or recession curve*)

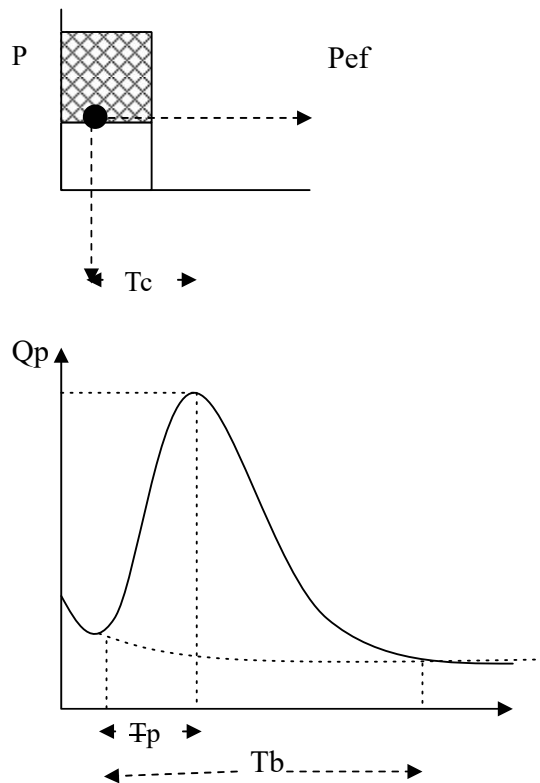
Faktor-faktor yang mempengaruhi hidrograf banjir suatu sungai :

1. bagian lengkung naik sampai puncak dipengaruhi oleh karakteristik hujan (jumlah, intensitas, penyebaran) dan hujan sebelumnya.
2. bagian turun, dipengaruhi oleh pelepasan air dari simpanan air di DAS, simpanan air dalam alur sungai, simpanan lengas tanah dan simpanan airtanah.

Pasangan data hujan dalam bentuk hietograf dan data aliran dalam bentuk hidrograf banjir sangat berguna untuk analisis hubungan hujan dengan debit aliran banjir : parameter hidrologinya adalah :

1. puncak banjir (Q_p)
2. waktu konsentrasi (*Time of concentration or time lag*) = T_c

3. waktu mencapai puncak (*time to peak*) = T_p
4. waktu dasar (*time base*) = T_b
5. jumlah hujan
6. intensitas hujan
7. koefisien aliran

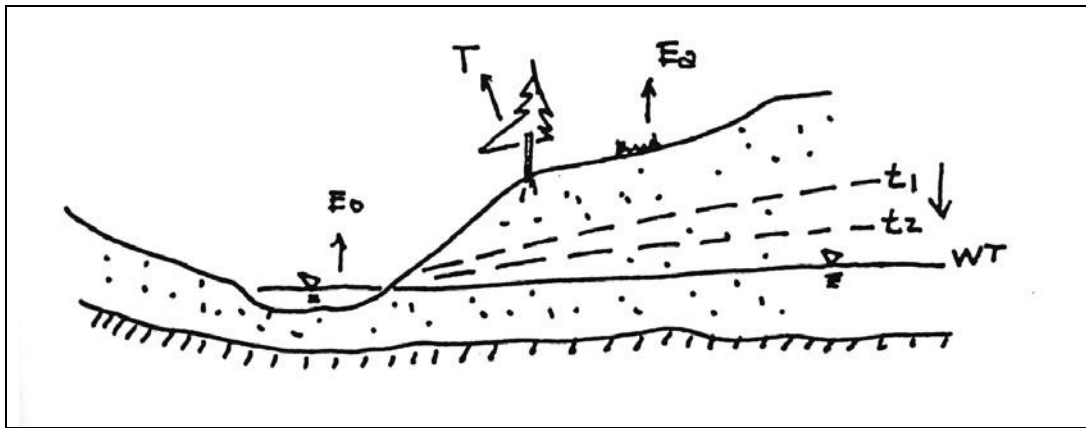


Gambar 6. Bagian-bagian dari hidrograf banjir

Proses Runoff

Proses *runoff* menurut waktu yang dimaksud adalah proses *runoff* yang terjadi pada periode tidak ada hujan (musim kemarau), periode awal musim hujan, periode musim hujan dan periode awal musim kemarau. Adapun penjelasan proses setiap periode sebagai berikut: a. Periode Musim Kemarau :

Periode musim kemarau ditandai tidak ada hujan atau sedikit hujan, fenomena hidrologi yang nampak diilustrasikan pada Gambar 3.7a.



Gambar 7a. Fenomena Hidrologi Periode Musim Kemarau
(Seyhan,1977)

Fenomena hidrologi:

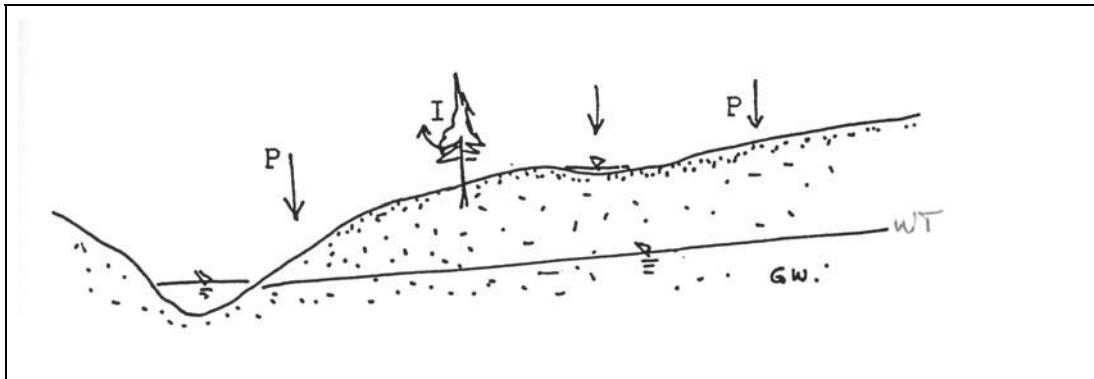
- tidak terjadi hujan, input air dari hujan sama dengan nol
- muka freatik airtanah terus turun dari kedudukan t_1 ke t_2 , karena ada pengurangan simpanan airtanah yang disebabkan oleh aliran airtanah ke alur sungai, pengambilan airtanah melalui sumur-sumur gali maupun sumur produksi dan transpirasi yang mengambil air dari zone kapiler.
- evapotranspirasi terus berlangsung yang menyebabkan menambah defisit lengas tanah (*soil moisture*).
- sumber air runoff hanya berasal dari aliran dasar (baseflow dari airtanah), dari waktu ke waktu debit *runoff* terus mengecil sehingga hidrograf aliran berupa kurva resesi atau kurva deplesi.

b). Periode Awal Musim Hujan

Periode ini ditandai adanya hujan yang terjadiannya jarang. Fenomena yang ada adalah:

- mulai ada hujan yang terjadiannya jarang
- sebagian hujan menjadi intersepsi yang segera terevaporasi
- sebagian menjadi simpanan/timbunan depresi yang terus infiltrasi - *overlandflow* nyaris tidak ada, air digunakan untuk membasahi tanah, lengas tanah dipermukaan meningkat.
- secara umum hidrograf aliran berupa kurva resesi, kadang-kadang terlihat kenaikan hidrograf yang tidak besar, hal ini disebabkan ada hujan yang langsung jatuh dipermukaan sungai.

- muka freatik airtanah terus turun



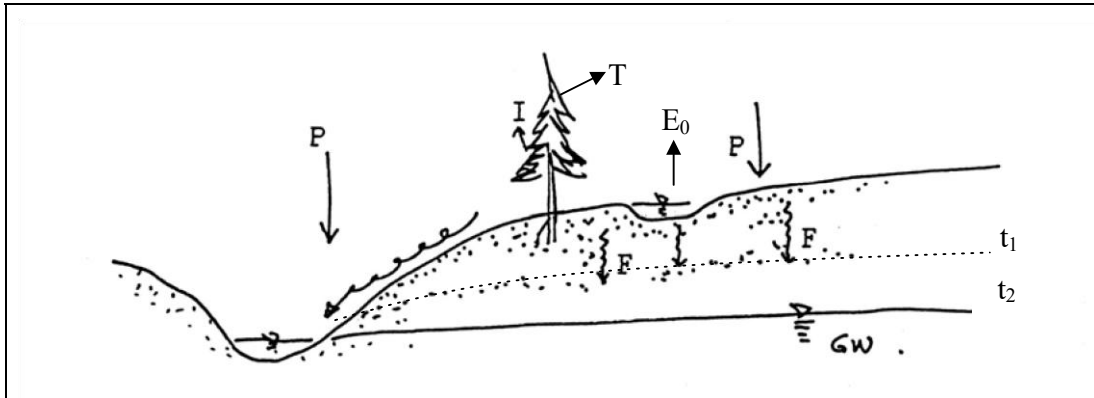
Gambar 7b. Fenomena Hiodrologi pada awal hujan (Seyhan, 1977)

c. Periode Musim Hujan

Pada periode musim hujan, hujan sering terjadi, input air makin banyak, fenomena yang nampak adalah; - Hujan sering terjadi dan jumlahnya besar

- Sebagian hujan menjadi intersepsi dan kapasitas intersipsi sering tercapai; kelebihan air hujan menjadi aliran batang dan tetes melalui sela daun maupun daun (*throughfall* dan *drip*).
- Intensitas hujan sering melebihi kapasitas infiltrasi sehingga sering terbentuk *overlandflow* akibatnya aliran sungai naik ditunjukkan naiknya hidrograf aliran. - Air yang terinfiltrasi makin banyak sehingga lengas tanah meningkat cepat sampai kebawah .
- Evapotranspirasi maksimal (evapotranspirasi aktual = evapotranspirasi potensial)
- Lengas tanah optimal yang diikuti perkolasi, kadang-kadang terjadi aliran kesamping muncul kepermukaan sebagai aliran antara (*seepage*).
- Pada waktu awal musim hujan, muka freatik belum naik karena air perkolasi belum mencapai muka freatik airtanah.
- Pertengahan musim hujan atau akhir musim hujan, muka freatik mulai naik.
- Hidrograf aliran sering membentuk hidrograf banjir (bentuk hidrograf aliran seperti bentuk lonceng), komponen aliran terbesar berasal dari *overlandflow*.

- komponen *runoff* terdiri dari *overlandflow*, aliran antara dan aliran dasar.

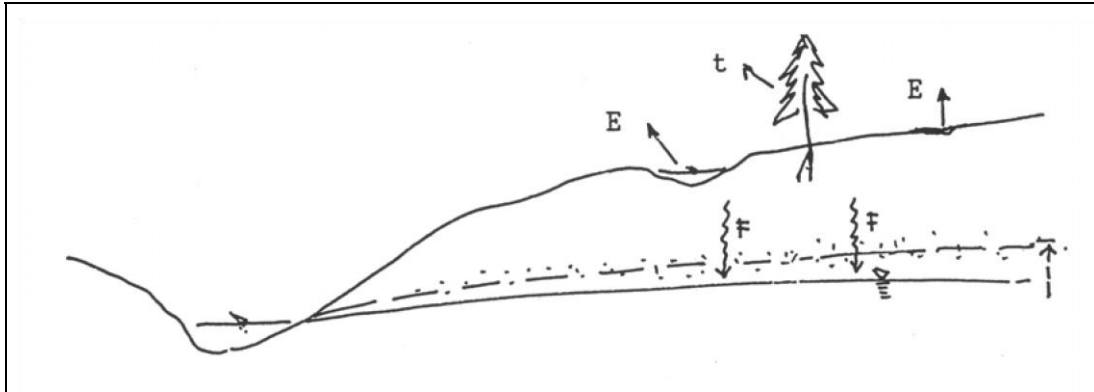


Gambar 7c. Fenomena Hidrologi pada periode hujan (Seyhan, 1977)

d. Periode Akhir Musim Hujan

Periode akhir musim hujan , kejadian hujan sangat jarang sehingga input air berkurang, fenomena hidrologi yang nampak adalah:

- hujan jarang terjadi
- overlandflow* jarang terjadi, kalau ada tidak besar
- infiltrasi banyak terjadi dari simpanan permukaan dan perkolasi terus berlangsung dan akhirnya mencapai muka freatik
- muka freatik naik
- komponen *runoff* dari aliran dasar (dari airtanah disekitar lembah sungai)
- rembesan air dari zona tidak jenuh di lembah sungai mulai berkurang bahkan habis
- hidrograf banjir jarang terjadi
- komponen *runoff* yang dominan dari aliran dasar, kurva deplesi berlangsung terus.



Gambar 7d Proses runoff pada periode akhir musim hujan (Suyono, 1992)

Periode Awal Musim Kemarau

- Input hujan sangat kurang
- *overlandflow* hampir tidak terjadi
- Evapotranspirasi potensial tidak tercapai
- Lugas tanah terus berkurang
- Muka freatik masih naik, karena perkolasi mencapai zone jenuh - *Runoff* terus menurun, ditunjukkan oleh hidrograf aliran dalam bentuk kurva resesi.

Proses runoff ini berlanjut ke musim kemarau berikutnya.

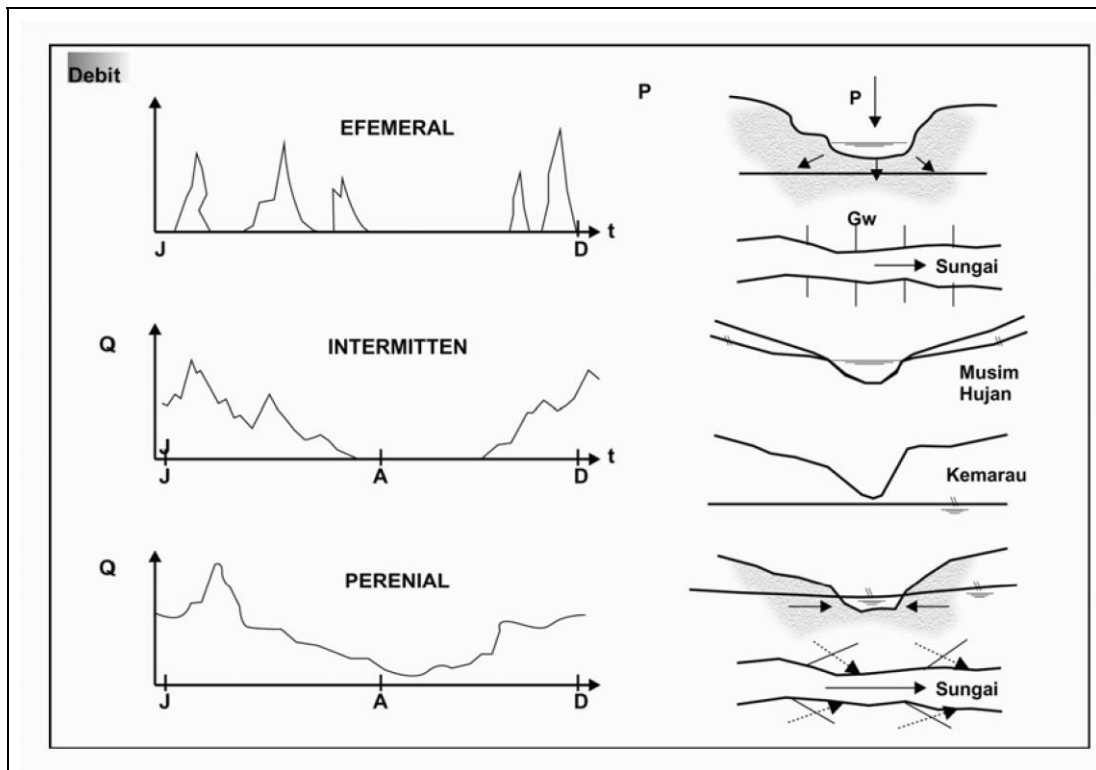
4.4. Tipe Sungai

Tipe sungai atas dasar kontinuitas aliran dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu:

1. Tipe *perennial* : sungai yang mengalirkan air sepanjang tahun, pada waktu musim kemarau alirannya berasal dari airtanah yang berasal dari akuifer disekitarnya.
2. Tipe *intermitten* : sungai yang mengalirkan air hanya pada waktu musim hujan, pada waktu musim kemarau tidak ada aliran dikarenakan tidak ada suplai air dari akuifer disekitarnya.
3. Tipe *efemeral* : Sungai yang mengalirkan air pada saat ada hujan, sungai ini sama sekali tidak mendapat suplai air dari air bawah tanah baik airtanah maupun lugas tanah.

Atas dasar kedudukan ketinggian muka air sungai dan muka freatik, tipe sungai dapat dibedakan menjadi:

1. Gaining stream or effluent stream, airtanah disekitar sungai masuk ke alur sungai atau sungai dapat suplai airtanah.
2. Losing stream or Influent stream, air sungai masuk kedalam akuifer menambah cadangan airtanah.



Gambar 8. Tipe sungai dan hubungan *runoff* dengan airtanah (Seyhan, 1977)

5. Daerah Aliran Sungai

Mendasarkan pada sistem sungai yang ada di daratan, garis ketinggian dan batas DAS, daratan hampir seluruhnya terbagi kedalam satuan daerah aliran sungai (DAS), karena DAS merupakan sistem hidrologi dan runoff merupakan keluaran (*output*), maka DAS dijadikan dijadikan satuan daerah kajian runoff.

Daerah aliran sungai (DAS) atau daerah pengaliran sungai (DPS), padanan kata dalam bahasa asingnya adalah *river basin*, *drainage basin*, *cacthment area*, *watershed*. DAS adalah suatu wilayah yang merupakan kesatuan ekosistem yang dibatasi oleh pemisah topografis dan berfungsi sebagai pengumpul, penyimpan dan penyalur air, sedimen, unsur hara melalui sistem sungai, megeluarkannya melalui outlet tunggal.

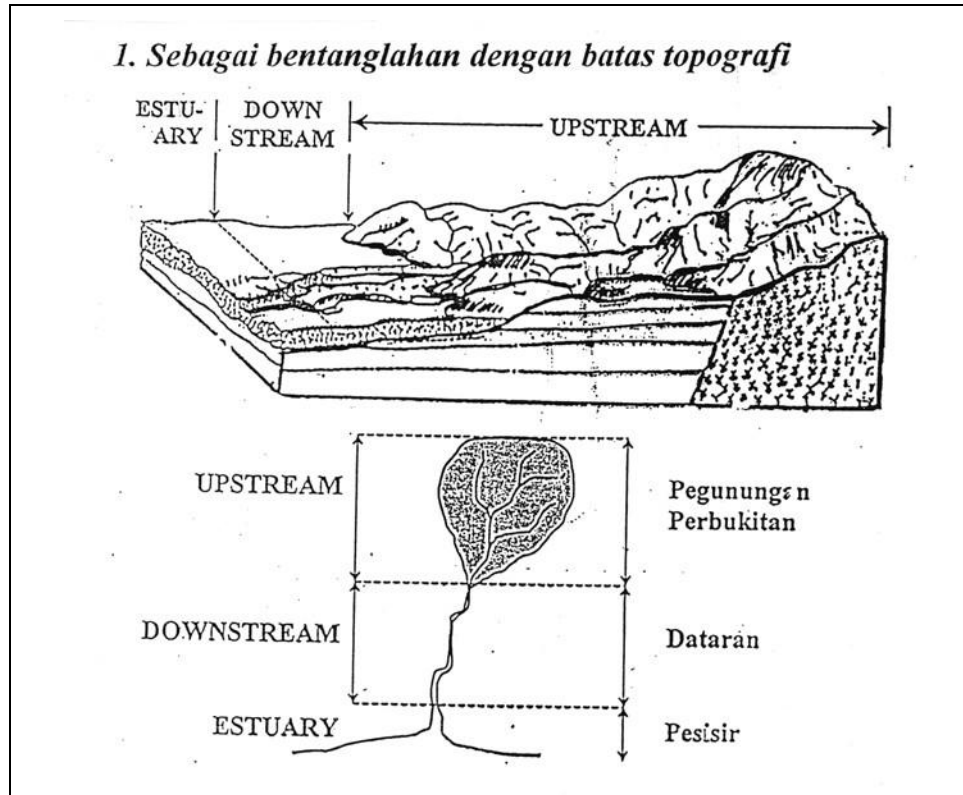
(Sudjarwadi,1985). Memperhatikan keadaan lapangan, DAS dapat dipandang sebagai:

1. Bentanglahan (*landscape*) yang dibatasi oleh pemisah topografis; sebagai bentang lahan mempunyai fungsi keruangan, produksi dan habitat.
2. Kesatuan ekosistem, tempat berlangsungnya interaksi, interdependensi dan interrelasi komponen-komponen lingkungan dalam bentuk perpindahan energi dan mineral
3. Sistem hidrologis, sebagai suatu sistem ada masukan berupa hujan, proses dan keluaran berupa runoff, sedimen, uap air serta unsur hara.

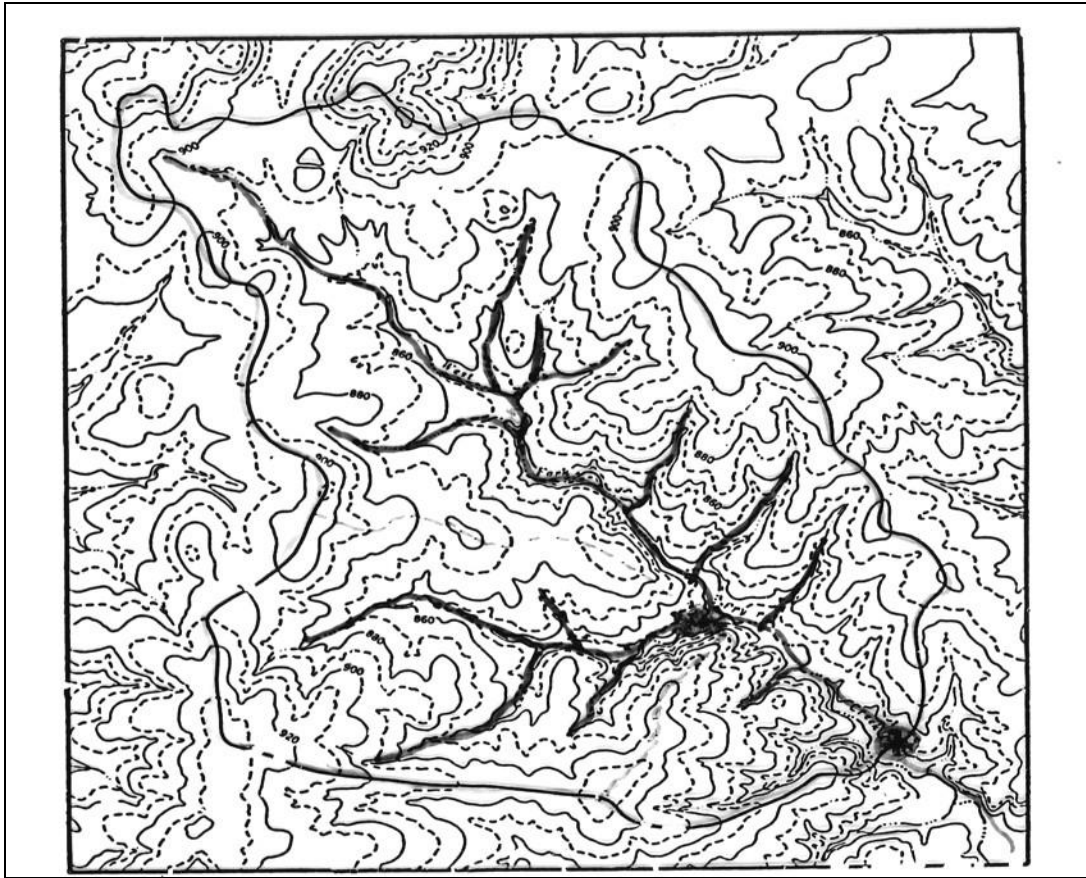
Gambar 9. menunjukkan blok diagram suatu bentang lahan, di dalamnya nampak ada lembah, sistem sungai, pegunungan dan igir pegunungan. Igir pegunungan membatasi sistem sungai, batas tersebut disebut *river divide*. Sistem sungai terbagi menjadi 3 bagian yaitu: 1) daerah *upstream*, ujudnya berupa daerah pegunungan dan perbukitan sebagai daerah sumber *runoff* dan sedimen; 2) daerah *down stream*, ujudnya berupa dataran yang didominasi proses sedimentasi dan penggenangan; 3) daerah *estuary* (daerah pertemuan aliran sungai dengan laut) pada umumnya berupa delta sungai. Daerah peralihan upstream ke downstream disebut daerah transfer zone (zone transfer), yang memindahkan runoff dan sedimen dari upstream ke downstream

Gambar 10a. adalah peta topografi yang menunjukkan garis ketinggian, sistem sungai dengan *outlet* dengan titik tanda bintang dan *river divide*. Lokasi pengamatan runoff dicontohkan dalam Gambar 3.10b. Tempat pengukuran runoff dan sedimen disebut stasiun pengukur aliran sungai (SPAS) atau stasiun aliran sungai. Setiap SPAS mempunyai daerah tangkapan air (*catchment area*) yang mempunyai morfometri tertentu.

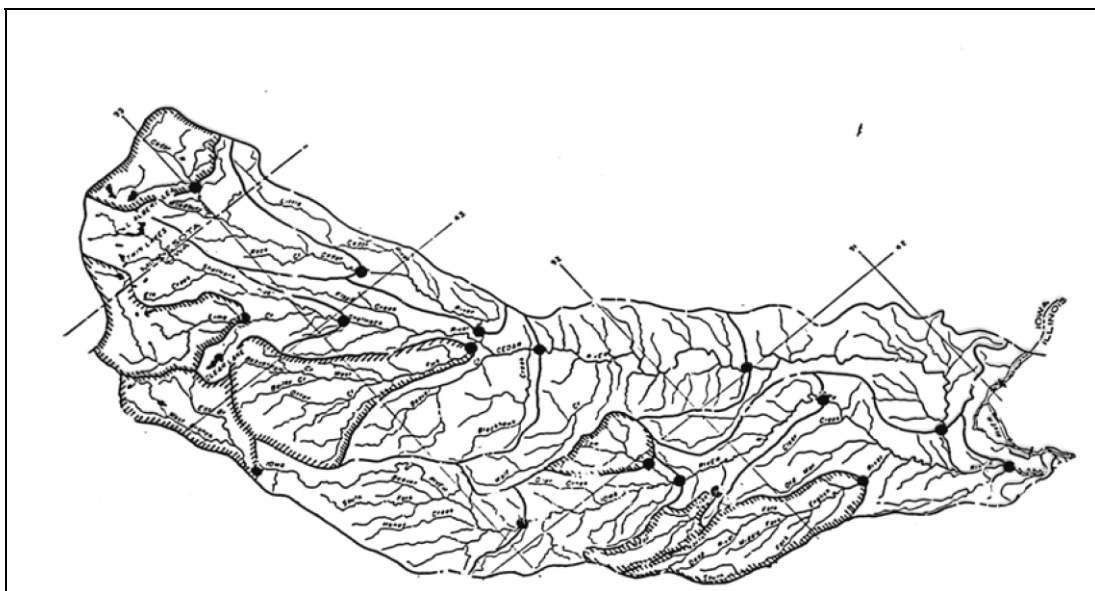
Satuan Wilayah Sungai (SWS) adalah satu satuan wilayah pengelolaan DAS, SWS pada umumnya terdiri dari beberapa satuan DAS, seperti Gambar 8. SWS Bengawan Solo terdiri dari beberapa DAS (DAS Grindulu, DAS Bengawan Solo, DAS Lorog, DAS Lamongan dll).



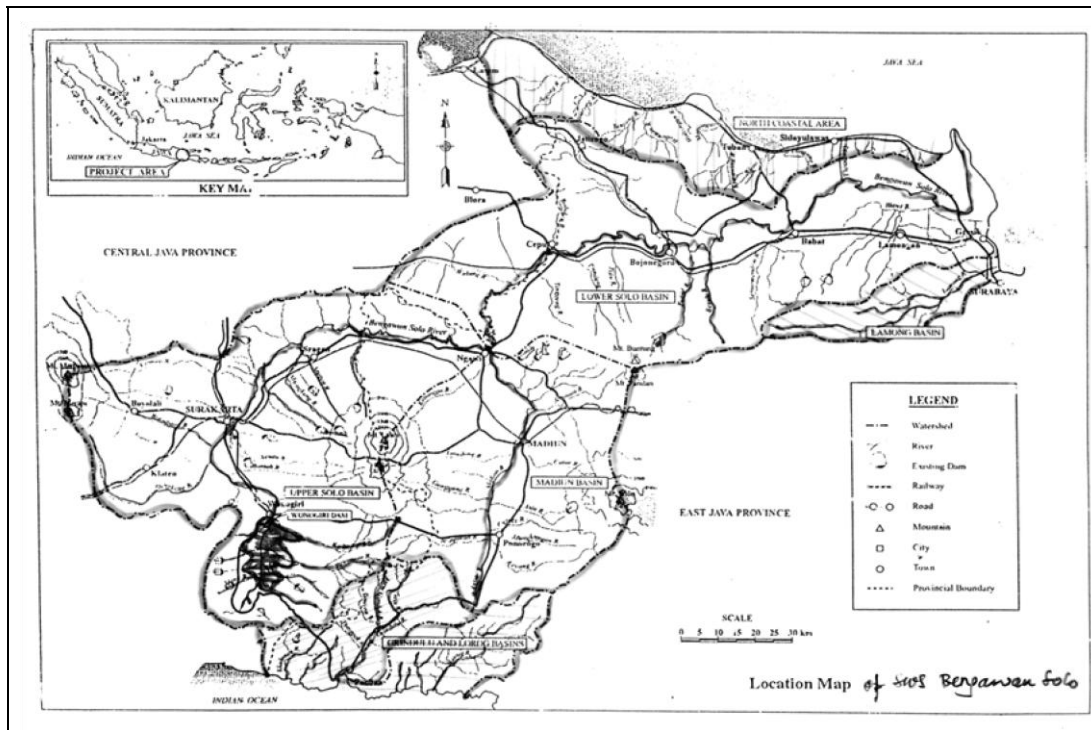
Gambar 9 DAS sebagai bentanglahan dengan batas topografi
(Suyono, 1992)



Gambar 10a. Peta Kontur elevasi dan batas DAS (Linsley, 1949)



Gambar 10b Peta lokasi SPAS dalam suatu DAS



Gambar 11 Satuan Wilayah Sungai (SWS) Bengawan Solo

6. Faktor-faktor yang mempengaruhi Runoff

Menurut Seyhan (1976), faktor yang mempengaruhi runoff dibedakan menjadi faktor yang mempengaruhi total volume runoff setahun (water yield) dan faktor yang mempengaruhi distribusi runoff menurut waktu.

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi total volume runoff:

a. Faktor iklim:

- Presipitasi
- Evapotranspirasi

b. Faktor DAS

- Ukuran DAS (luas DAS) - Elevasi DAS.

Pengaruh evapotranspirasi terhadap hasil runoff setahun. Contoh pengaruh evapotranspirasi terhadap hasil runoff (volume runoff setahun): hitung tebal runoff per tahun dan total volume runoff setahun

di DAS I dan DAS II yang mempunyai luas dan hujan sama besar. Gunakan kosep neraca air DAS.

DAS I

Presipitasi (P) = 2500 mm/th
Elevasi DAS = 250 m (dpal)
Evapotranspirasi (Eta) = 1600 mm/th
Luas DAS (A) = 750 km²
 ΔSt = nol

DAS II

Presipitasi (P) = 2500 mm/th
Elevasi DAS = 750 m (dpal)
Eta = 1250 mm/th
Luas DAS (A) = 750 km².
 ΔSt = nol.

2. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap distribusi runoff menurut waktu.

a. Faktor meteorologis - Presipitasi : tipe, jumlah, lama berlangsung, intensitas, distribusi keruangan, presipitasi sebelumnya, arah gerakan hujan. Gambar 3.12. menjelaskan pengaruh presipitasi terhadap distribusi runoff yang digambarkan dengan hidrograf aliran.

- Unsur meteorologis yang mempengaruhi evapotranspirasi.

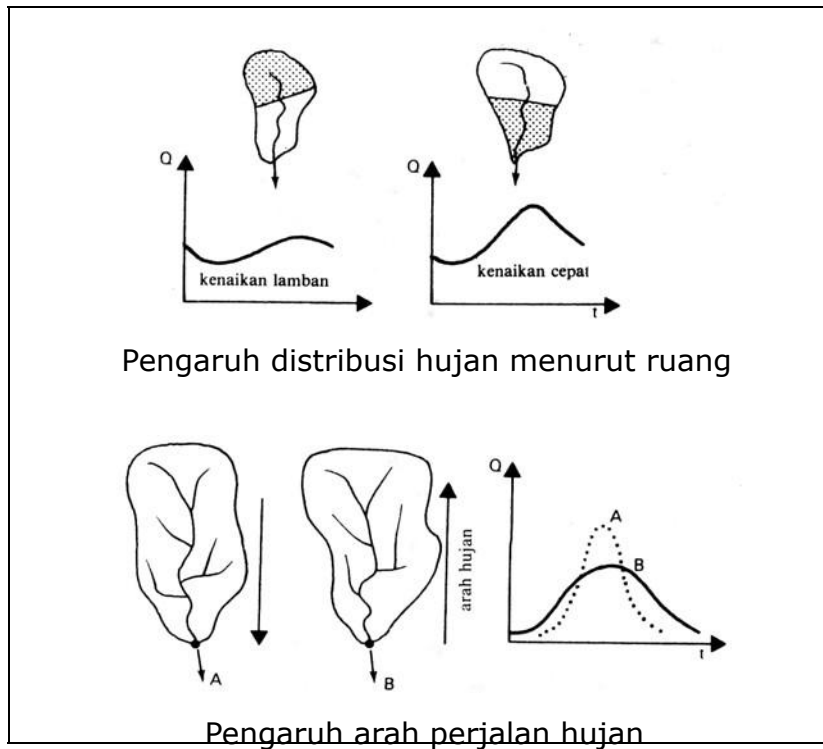
b. Faktor Daerah Aliran Sungai:

- Topografi: mencakup lereng, elevasi dan relief.
- Geologi: struktur geologi dan batuan. Macam dan tingkat pelapukan batuan akan berpengaruh pada besar kecilnya permeabilitas batuan dan kapasitas batuan menyimpan dan melepas air.
- Tipe tanah: tipe tanah berpengaruh pada kapasitas infiltrasi dan perkolasi, kesuburan tanah akan berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetasi.
- Vegetasi: jenis dan kerapatan vegetasi baik tumbuh dipermukaan tanah maupun di alur sungai.
- Jaringan alur sungai : pola alur sungai, kerapatan alur, kemiringan alur, panjang alur.

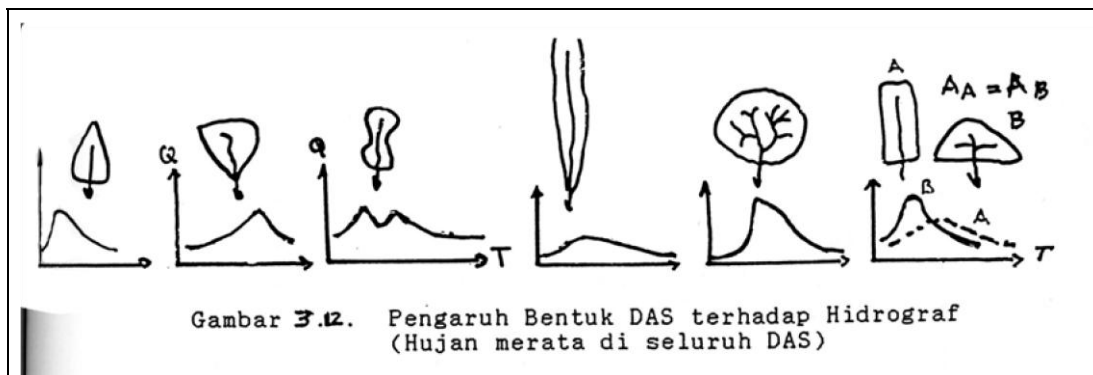
c. Faktor manusia

- Bangunan-bangunan air yang dibangun (waduk, dam).
- Teknik-teknik pertanian (cara bertani dan cara konservasi).
- Pembangunan permukiman, kawasan industri dan jalan raya.
- Perilaku manusia

Pengaruh DAS terhadap distribusi *runoff*, sulit dijelaskan dijelaskan secara parsial dikarenakan output DAS hasil proses dari semua komponen DAS. Morfometri DAS sangat ditentukan oleh faktor topografi dan geologi. Penjelasan pengaruh morfometri DAS terhadap distribusi runoff disajikan pada Gambar 3.12.



Gambar 12. Pengaruh Distribusi Hujan Secara Keruangan Terhadap Bentuk Hidrograf Aliran (Seyhan, 1977)



Gambar 13. Pengaruh Bentuk DAS Terhadap Bentuk Hidrograf Banjir (Seyhan, 1977)

Morfometri DAS sangat berpengaruh terhadap waktu konsentrasi aliran, makin singkat waktu konsentrasi menyebabkan akumulasi aliran ke outlet makin cepat dan ditandai cepatnya kenaikan hidrograf aliran.

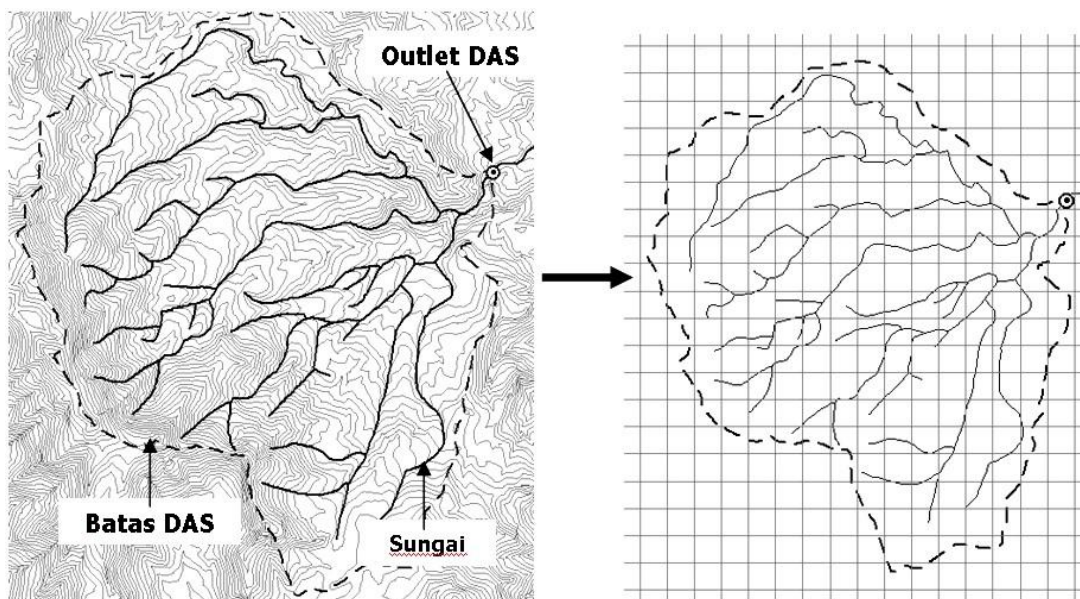
7. MORFOMETRI DAS

Morfometri DAS adalah ukuran secara kuantitatif aspek area, panjang, bentuk dan relief DAS. Beberapa parameter morfometri DAS, yaitu:

- *Area of watershed*
- *Center of gravity of watershed*
- *Mean slope of watershed*
- *Mean slope of main channel*
- *Length of main channel*
- *Length of watershed*
- *Drainage density*
- *Width of watershed*
- *Mean altitude of watershed - Shape of watershed*

Perhitungan morfometri DAS (*Watershed*) akan dijelaskan dalam tugas (*homework*), teknis perhitungan morfometri DAS ada dalam buku "*Watershed as hydrological Unit*" oleh Seyhan (1977).

1. AREA OF WATERSHED (A)



Langkah :

1) Tetapkan titik outlet 2)

Deliniasi *river divide*

3) Hitung luas DAS

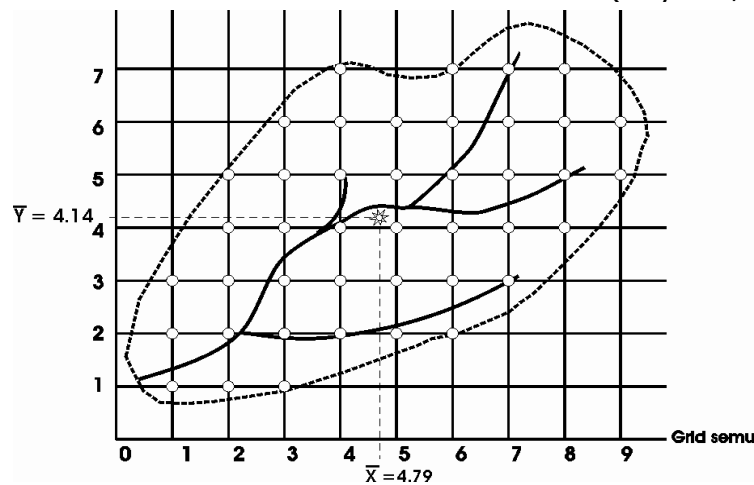
Cara mengukur luas :

1) *Planimeter*

2) *Transparent milimetric paper*

3) *Digitizer computer combination system*

2. CENTER OF GRAVITY OF WATERSHED (Seyhan, 1977)



$$\bar{x} = \frac{\sum x_i n_i}{\sum n_i}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i n_i}{\sum n_i}$$

Xi	ni
1	3
2	5
3	6
4	6
5	5
6	6
7	5
8	4
9	2
10	3
Σ	42

Xini
3
10
18
24
25
36
35
32
18
3
201

Yi	Ni	Yini
1	3	3
2	6	12
3	7	21
4	7	28
5	8	40
6	7	42
7	4	28
Σ	42	174

$$X = 201 : 42 = 4.79$$

$$Y = 174 : 42 = 4.14$$

MEAN SLOPE WATERSHED (Sb) (Seyhan, 1977)

Ukuran secara kuantitatif dari *slope* DAS, yang dinyatakan secara rata-rata (*average watershed slope*) atau *mean loud slope* Cara :

1) Contour Length

$$\text{Method } sb = \frac{mh}{A}$$

Sb : lereng rata-rata DAS (tanpa dimensi)

m : total panjang garis kontur (km)

h : kontur interval (km)

A : luas DAS (km²)

2) The Grid Intersection Method

3) The Random Coordinate Method

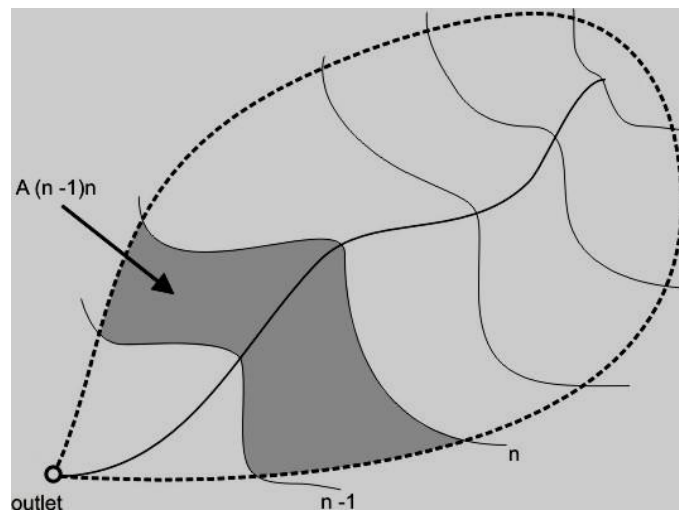
4) The Weighted Mean Method

$$sb = \frac{S_{12} a_{12}}{A} + \frac{S_{23} a_{23}}{A} + \dots + \frac{S_{(n-1)n} a_{(n-1)n}}{A}$$

$S_{(n-1)n}$: rata-rata *land slope* antara dua kontur n-1 dan n

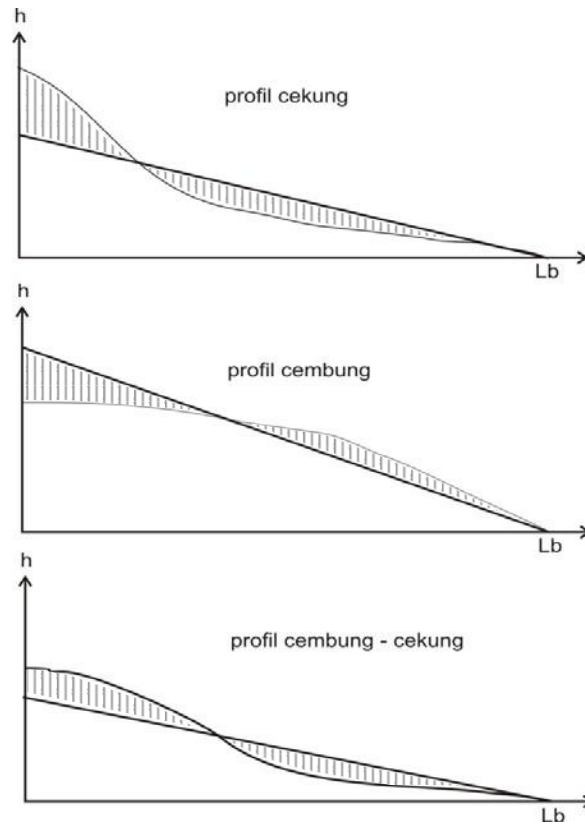
$A_{(n-1)n}$: area antara dua garis kontur (n-1) dan n

A : luas DAS



3. MEAN SLOPE OF MAIN CHANNEL (So) Ada 3 cara :

1) The mean constant slope method (seyhan, 1977)



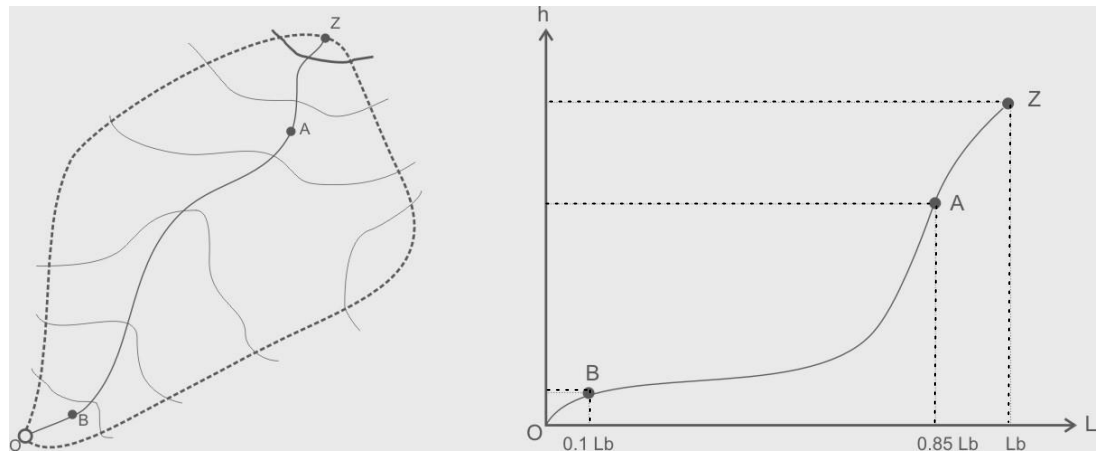
2) The 85 – 10 slope factor

O-Z = L_b

OB (h_{10}) = (0.1) L_b OA

(h_{85}) = (0.85) L_b

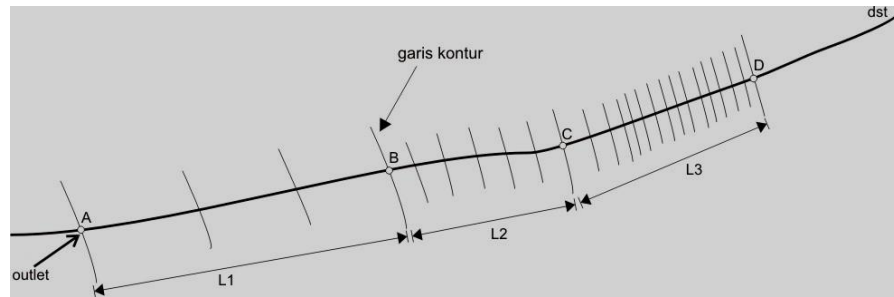
$$S_o = \frac{h_{85} - h_{10}}{(0.75) L_b}$$



3) *Average slope* Langkah

– langkah :

- a) ukurlah panjang sungai dan beda tinggi suatu penggal sungai.
(perhatikan kerapatan garis kontur untuk setiap penggal sungai)



$$\text{Elevasi B} - \text{Elevasi A} = \Delta h_1$$

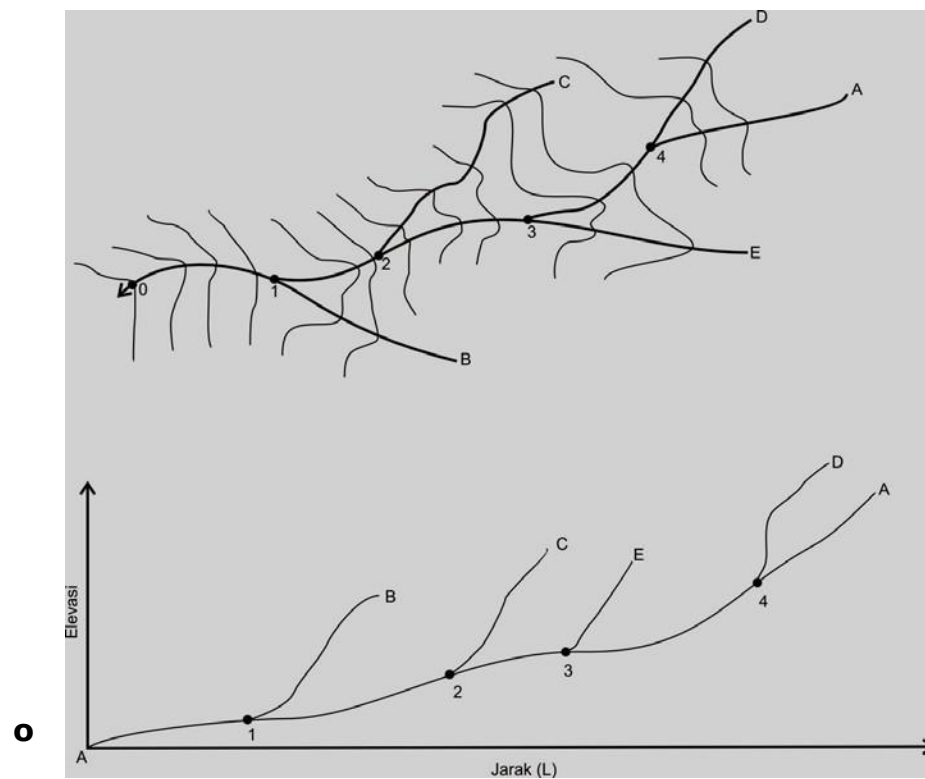
$$\text{Elevasi C} - \text{Elevasi B} = \Delta h_2$$

Jarak	Beda Tinggi	Slope
L1	Δh_1	S1
L2	Δh_2	S2
Ln	Δh_n	Sn
$\Sigma L = L$		

$$\bar{S} = \frac{S_1 \times L_1}{\Sigma L} + \frac{S_2 \times L_2}{\Sigma L} + \dots + \frac{S_n \times L_n}{\Sigma L}$$

ΣL = total panjang sungai

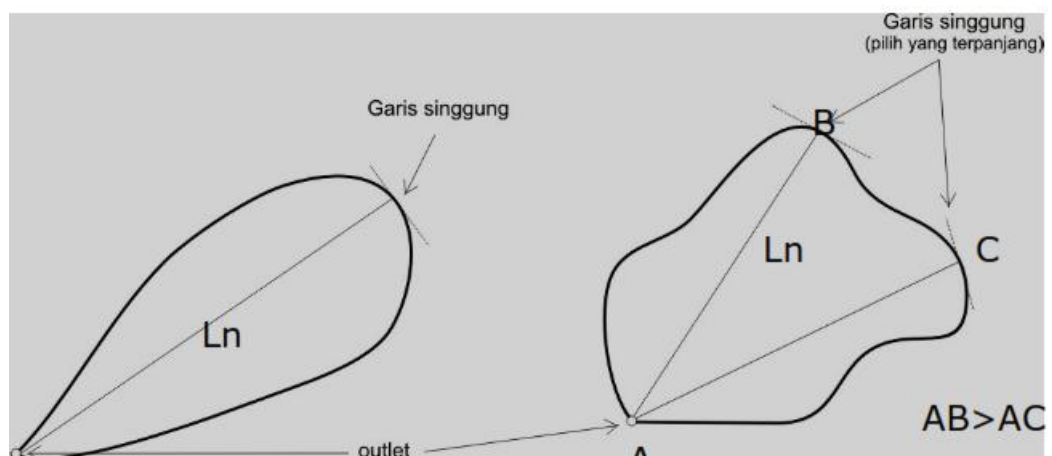
PROFIL SUNGAI



OA = main channel
 jarak O sampai A = length of main channel ($=L_b$)

4. LENGTH OF WATERSHED (L_n)

Adalah jarak terpanjang, diukur dari outlet ke batas DAS



WIDTH OF WATERSHED (W)

$$W = \frac{A}{Lb}$$

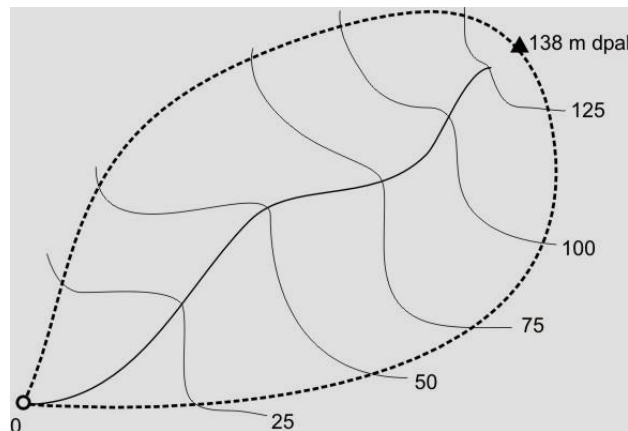
W : lebar DAS

A : Luas DAS (*area of watershed*)

Lb : *Length of main channel*

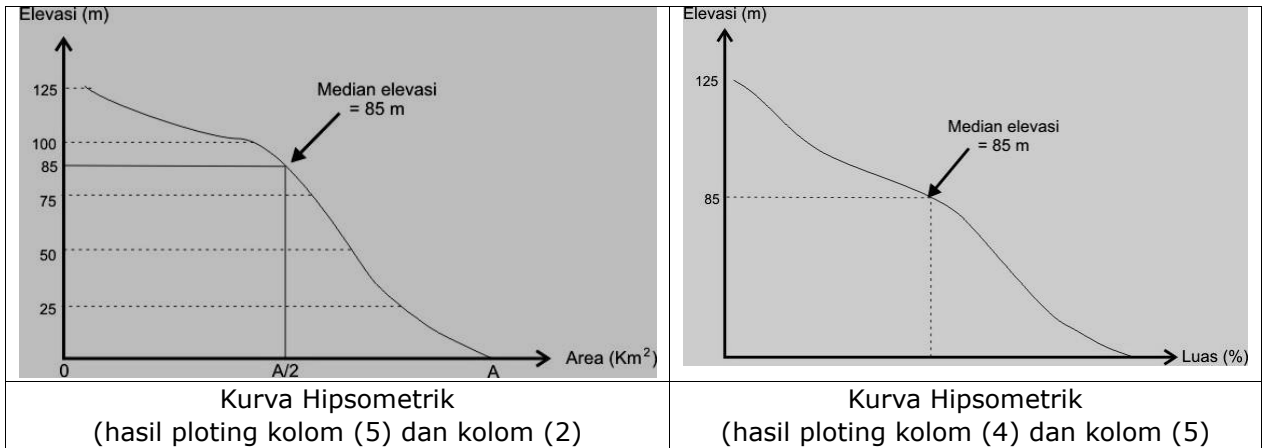
5. MEAN ALTITUDE OF WATERSHED

Adalah elevasi rata-rata dari DAS. Dihitung dengan *hypsothetic curve*, elevasi limit bawah diplot dengan luas area diantara 2 kontur atau persentase kumulatif diatas limit.



Tabel Perhitungan Elevasi Rata-Rata DAS

Kelas elevasi (m)	A (km ²)	Kumulatif diatas limit	%	Elevasi limit bawah
1	2	3	4	5
0 – 25	20	165	100	0
25 – 50	50	145	87.9	25
20 – 75	40	95	57.6	20
75 – 100	35	55	33.3	75
100 – 125	15	20	12.1	100
125 – 138	5	5	3.0	125



6. FAKTOR BENTUK DAS (Seyhan, 1977)

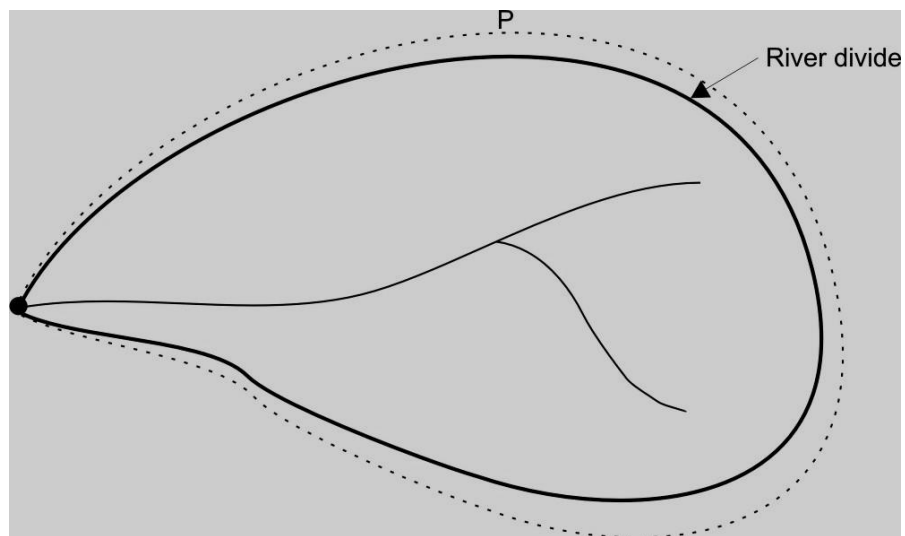
1) *Circularity Ratio* (R_c)

$$R_c = \frac{4\pi A}{P} \quad \text{atau} \quad R_c = \frac{A_c}{A}$$

A : luas DAS (Km^2) p : keliling DAS = *drainage perimeter* (Km)

A_c : luas lingkaran dengan keliling sama dengan *drainage perimeter* (p)

$$(A_c = \pi r^2 ; p = 2\pi r ; r = p/2\pi)$$

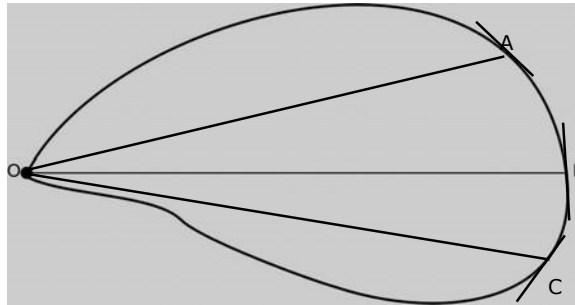


2) *Lemniscate Constant* (k) (Seyhan, 1977) $k = \frac{L}{2L_w}$

4.1

L_w : panjang maksimum DAS (Km)

A : Luas DAS (Km^2)



$OB = L_w =$ panjang maksimum

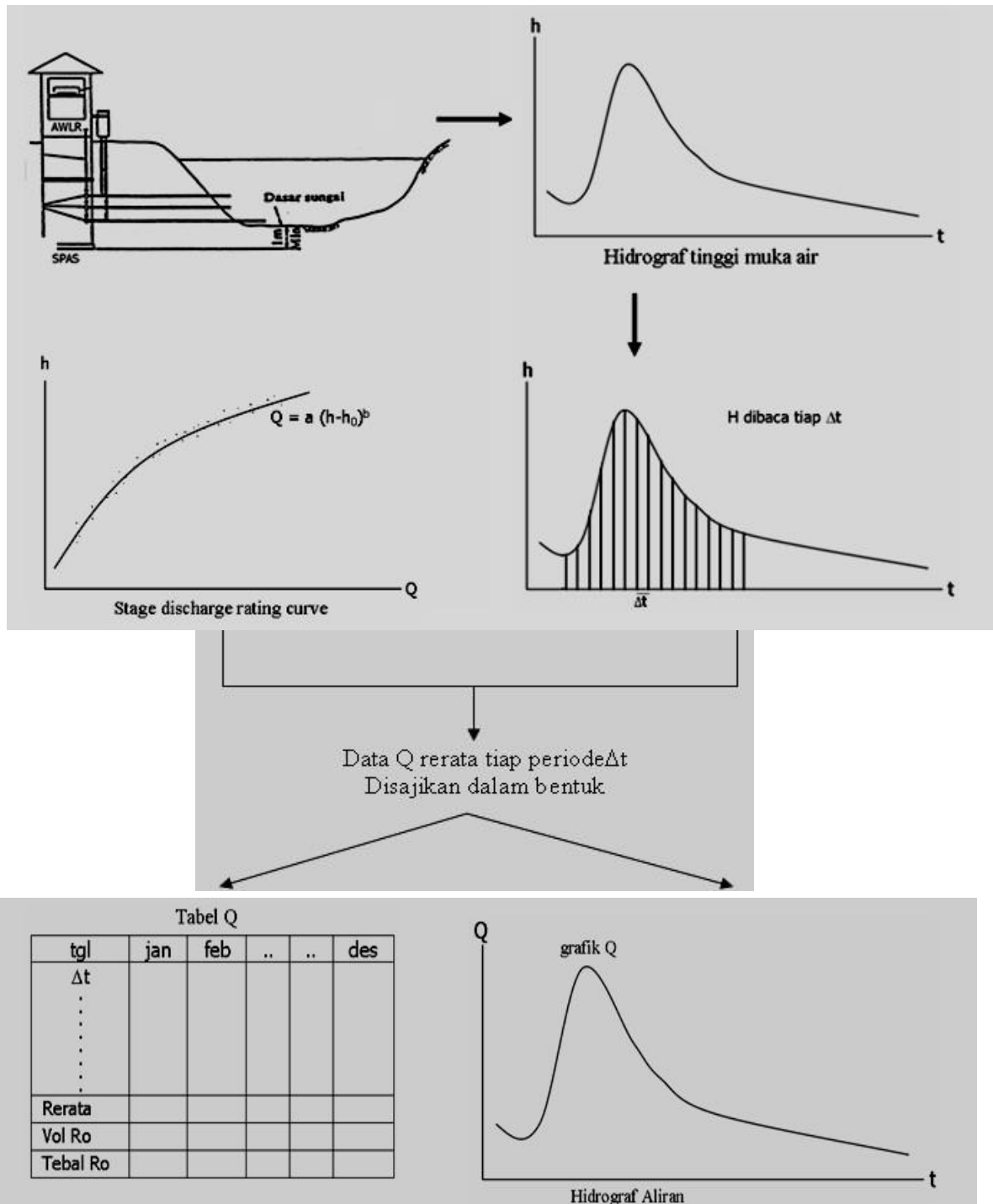
Bila k mendekati 1 maka bentuk DAS seperti daun

Misal : keliling DAS = $2\pi R = 100 \Rightarrow R = 100/2\pi$
 $= 100/2 \times 3,14 = 15,9$

Jika DAS mendekati bulat atau bulat, maka luas DAS = $\pi R^2 = 3,14 \times 15,9^2 = 794,5$

Mendekati bulat maka panjang maksimum DAS = $2R = 2 \times 15,9 = 31,8$

$K = 31,8^2/4 \times 794,5 = 1,27$ (bulat)



Gambar 24. Skema perhitungan debit aliran cara tidak langsung

8. Hidrometri

Hidrometri membahas tentang cara-cara pengukuran parameter air. Dalam buku ini akan dijelaskan sebagian dari cara-cara pengukuran debit aliran. Debit aliran sungai dapat diukur dengan berbagai cara tergantung dari kondisi aliran air, alur sungai dan ketersediaan alat. Caracara pengukuran debit aliran dapat dikelompokkan menjadi lima, yaitu:

1. *Velocity - area method*

Debit aliran dihitung atas dasar pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang basah. Kecepatan aliran dapat diukur dengan metode current meter atau menggunakan metode apung. Current meter adalah alat untuk mengukur kecepatan aliran, setiap current meter mempunyai rumus kecepatan aliran, $V_{air} = a + bN$: a dan b adalah koefisien regresi, setiap current meter besarnya berbeda saedang N adalah jumlah putaran baling dibagi dengan waktu putaran. Metode apung, kecepatan aliran $V_{air} = k V_p$. V_p adalah kecepatan pelampung dan k adalah koefisien koreksi.

2. *Slope – area method*

Debit aliran dihitung atas dasar pengukuran kecepatan aliran dengan rumus hidraulika yaitu rumus Manning atau rumus Chezy dan pengukuran penampang basah. Kemiringan muka air, kekasaran dasar, luas penampang dan "*wetted perimeter*" perlu diukur dilapangan.

3. *Dilution Method* atau *Tracer method*

Debit aliran dihitung dengan menggunakan larutan penunjuk (biasanya digunakan larutan garam). Caranya ada dua macam, yaitu: "*continuous injection*" atau "*sudden injection*". Cara ini baik untuk kondisi aliran turbulen, sungai kecil dipegunungan, atau jika penampang sungai tidak teratur.

4. Bangunan pengukur debit (*Discharge measurement structure*)

Debit aliran diukur dengan bangunan air yang dipasang melintang alur sungai, bangunan air pengukur debit dapat dikelompokkan menjadi: a) *the broad-crested weir*, b) *short-crested weir*, c) *sharp-crested weir* (Bos, 1976). Cara ini mendasarkan rumus-rumus hidraulik, oleh karena itu konstruksi bangunannya harus harus dibuat secara hati-hati dan menurut aturan yang baku agar diperoleh pengukuran debit yang akurat.

5. *Volumetric method*

Metode volumetrik adalah cara mengukur debit secara langsung dengan manampung aliran air dalam gelas ukur atau ember yang diketahui volumenya, mengukur lama pengisian ember, $Q = \text{volume air}$

per waktu. Cara ini tidak dapat digunakan untuk aliran besar; cocok untuk mengukur debit mataair atau rembesan.

Stasiun Pengukur Aliran Sungai

Stasiun Pengukur Aliran Sungai (SPAS) merupakan bangunan dan seperangkat alat hidrologi yang dibangun di alur sungai; tempat dimana SPAS dibangun dianggap sebagai titik outlet DAS, di outlet DAS dilakukan pengukuran aliran, sedimen dan kualitas air. Pemilihan lokasi SPAS tergantung dari tujuan yang akan dicapai.

Pemilihan Lokasi dan Peralatan SPAS:

a. Pemilihan lokasi SPAS:

Penentuan lokasi SPAS ditentukan atas pertimbangan: 1) pertimbangan jaringan SPAS yang telah ada, 2) nilai penting dari sungai, 3) tingkat ketelitian yang akan dicapai, 4) operasional pengamatan.

1) Pertimbangan jaringan sungai yang telah ada.

- tujuan pemasangan
- tipe SPAS (SPAS utama, SPAS sekunder atau SPAS khusus)

2) Nilai penting sungai.

- sungai yang sering menimbulkan bencana
- sungai yang mempunyai potensi air untuk dimanfaatkan
- sungai yang kritis

3) Pertimbangan tingkat ketelitian yang akan dicapai.

Untuk memperoleh tingkat ketelitian pengukuran yang tinggi perlu memperhatikan syarat-syarat berikut: - Alur sungai lurus (bagian yang lurus, minimal 3 kali lebar sungai)

- Bentuk penampang sungai reguler.
- Fluktuasi muka air nyata (dapat diamati dengan mudah)
 - Tidak terjadi luapan air keluar alur sungai
 - Tidak terpengaruh oleh arus balik (arus balik oleh sungai besar atau pasang naik air laut)
 - Penampang alur sungai stabil (tidak berubah oleh longsor tebing atau erosi tebing dan tidak terjadi sedimentasi). Kestabilan alur sungai ini sangat penting agar Stage-discharge rating curve tidak selalu berubah karena perubahan penampang sungai.

4). Pertimbangan operasi pengamatan.

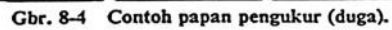
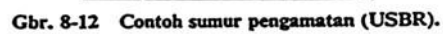
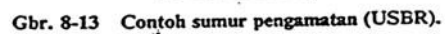
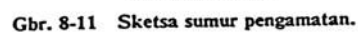
- Dekat dengan rumah pengamat atau mudah dijangkau.
- Aman dari gangguan orang tidak bertanggung jawab.
- Mudah melakukan pengukuran.
- Kerekayaan mudah dan murah.

Peralatan SPAS

Peralatan SPAS terdiri dari beberapa alat, yaitu:

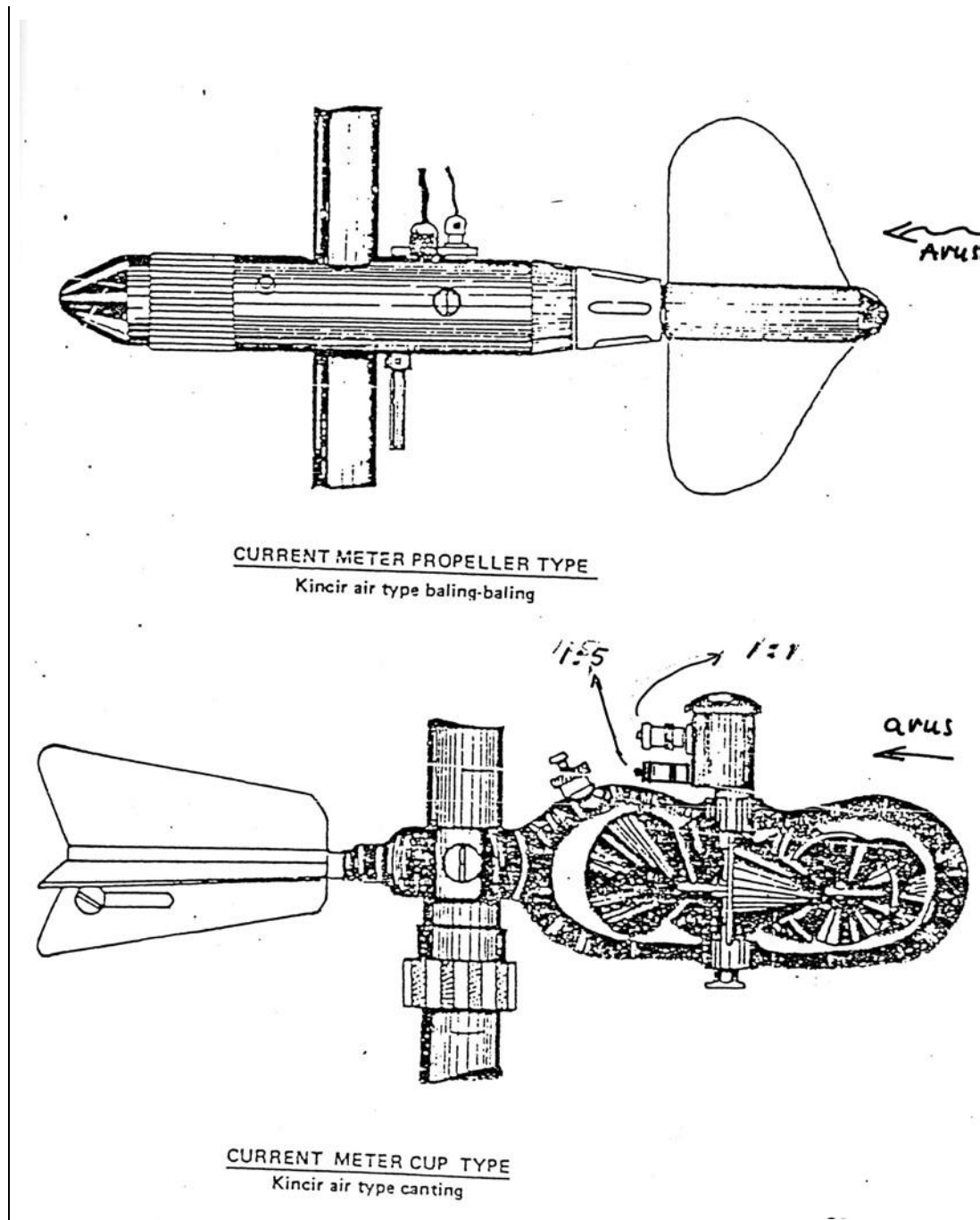
- bangunan pelindung *automatic water level recorder* (awlr) atau logger.
- Bangunan pelindung pelampung awlr.
- Pelskal (*staf-gauge*).
- Alat pengukur arus yaitu current-meter
- alat pengambil contoh suspensi (suspended sampler).
- Cable way (kalau perlu).

Gambar 14. sampai dengan Gambar 19. menunjukkan berbagai peralatan SPAS.

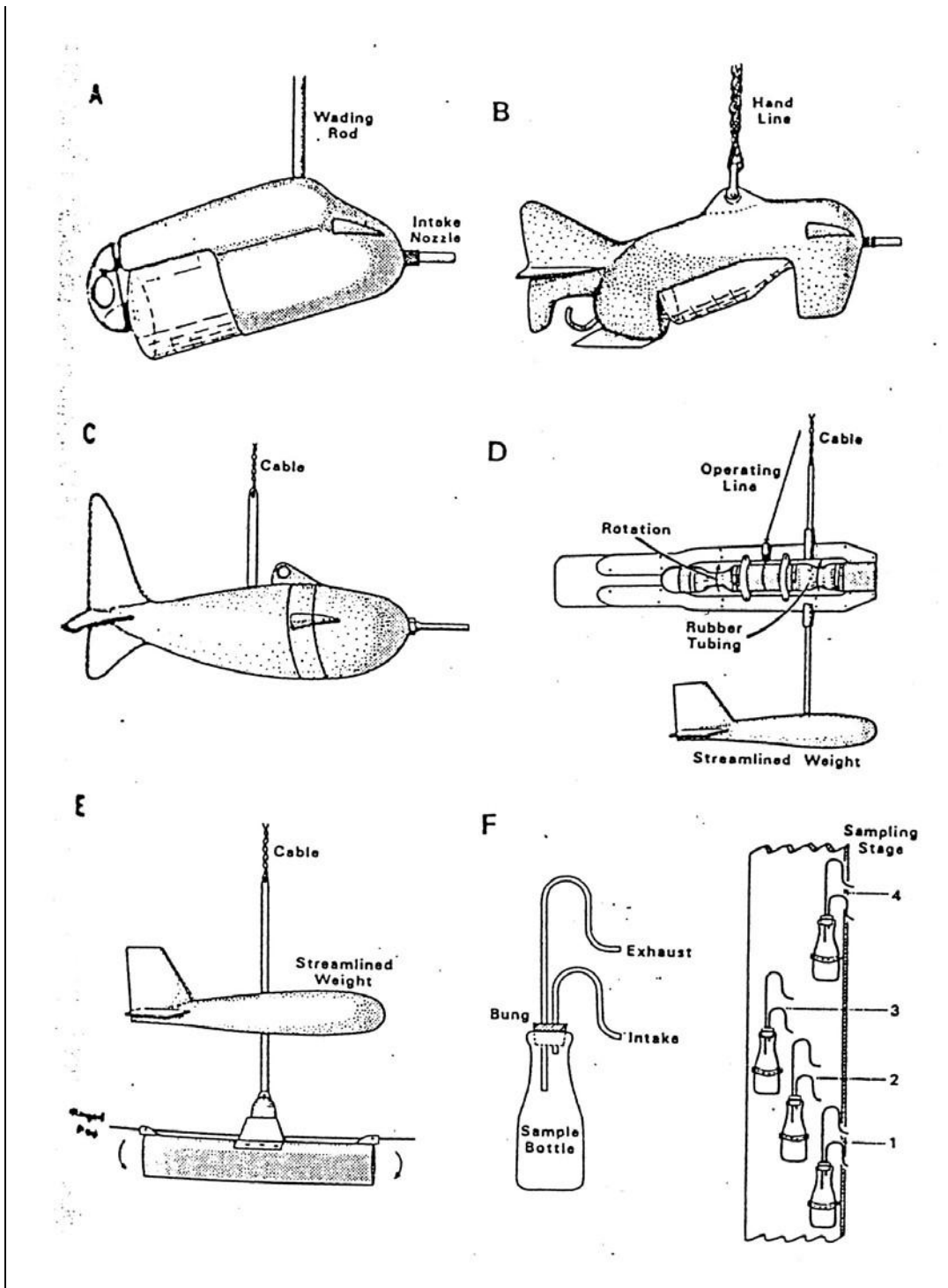


Sumber: Suyono Soprodansono (1977)

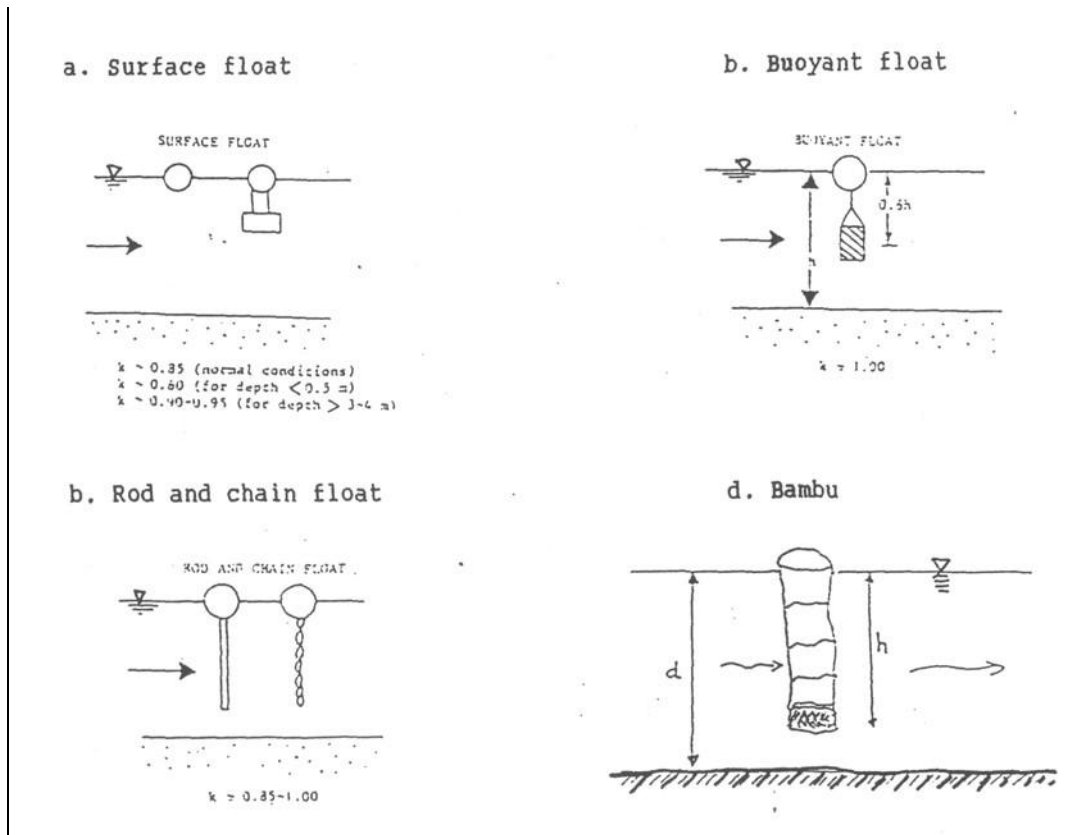
Gambar 14 Macam-macam SPAS di beberapa sungai. (Sosrodarsono, 1977)



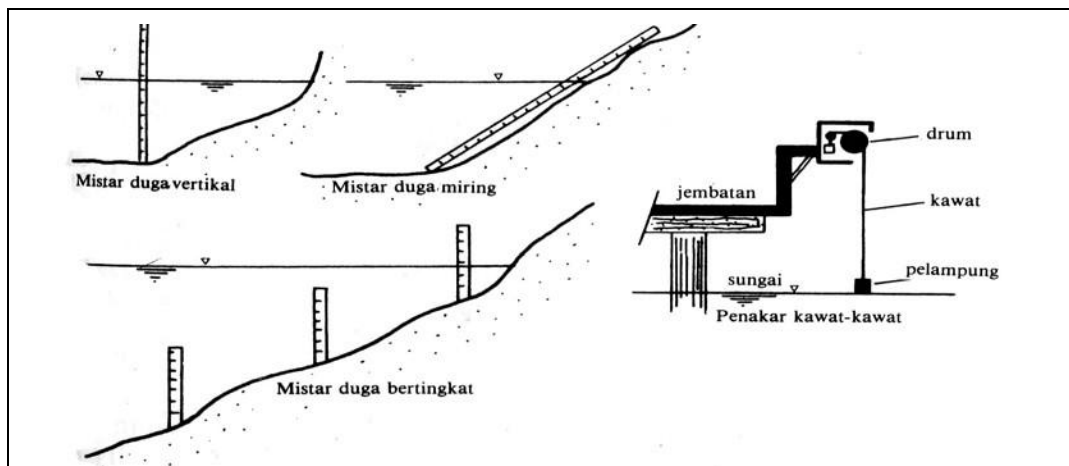
Gambar 15 Tipe-tipe current-meter untuk mengukur kecepatan arus sungai



Gambar 16. Tipe-tipe suspended sampler untuk pengambilan contoh sedimen terlarut



Gambar 3.17. Tipe-tipe pelampung untuk mengukur kecepatan aliran.

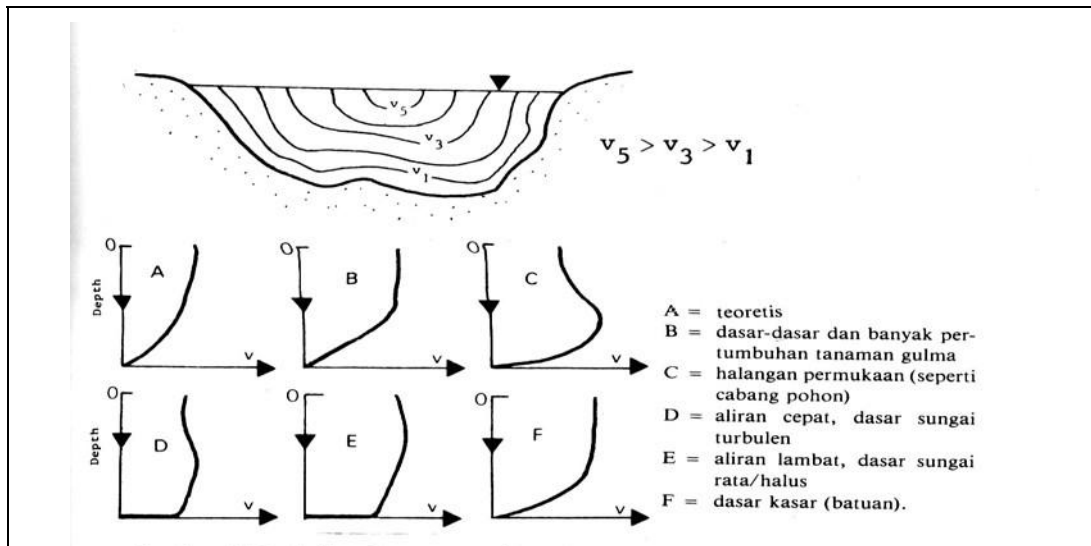


Gambar 18. Cara-cara pemasangan visual

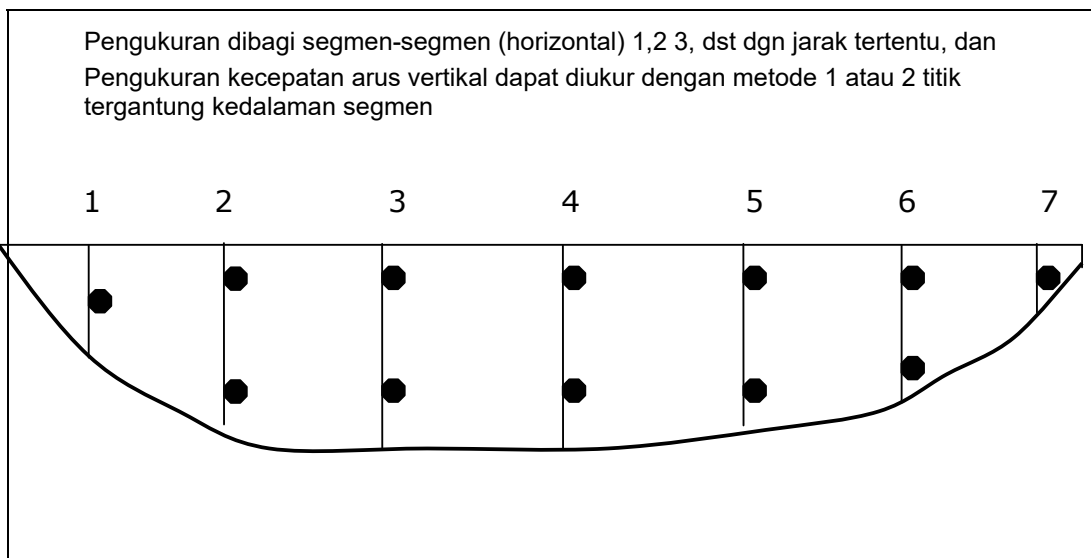
Pengukuran debit aliran dengan "velocity-area method"

Pengukuran debit aliran dengan metode current meter, mencakup pengukuran kecepatan aliran dan penampang basah. Mengingat bahwa distribusi kecepatan aliran baik arah horisontal dan vertikal tidak sama

seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3.14., maka perlu teknik sampling pengukuran dan teknik perhitungannya. Gambar 3.16. menunjukkan cara sampling pengukuran kecepatan aliran dan Tabel 3.1. menyajikan hasil pengukuran kecepatan aliran dilapangan serta perhitungan debit aliran.



Gambar 19. Distribusi kecepatan aliran sungai (Seyhan, 1977)



Gambar 20. Cara Melakukan Pengukuran Kecepatan aliran dalam Penampang Sungai (W.M.O., 1970).

Perhitungan debit aliran dengan metode current meter dapat dilakukan dengan beberapa cara, Yaitu: - *mid section method*

- Mean section method
- Graphical method

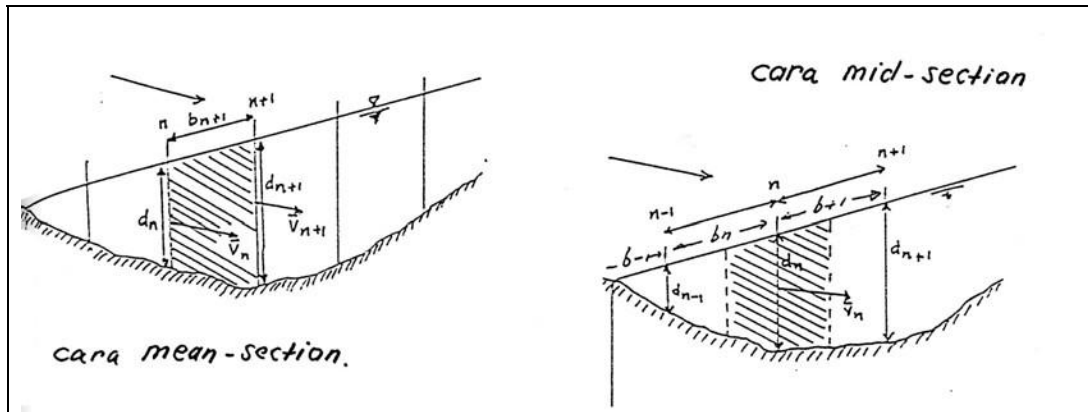
Tabel 1. Pengukuran dan Perhitungan Debit Aliran Dengan Current Meter

B.3
TABEL PENGUKURAN DEBIT DENGAN CURRENT METER

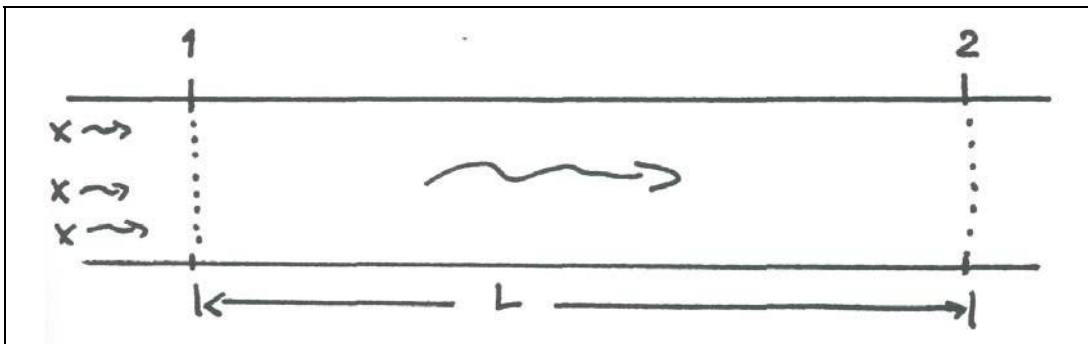
Tanggal :10..Desember..... 1973... Sungai : Cimanuk.....
 Nomor current Meter : 1 1 - 19257 Lokasi : Leuwigoong di hulu.....
 $V = 0,2510 \dots N + 0,003 \dots \text{m/det}$ alat pengukur H.A. 15 m
 Pengukuran mulai dari tepi kanan / kiri
 Mulai Pengukuran : Jam 13.45.. H.A. : 1.92.. Rata-rata H.A. : 1.86.....
 Akhir Pengukuran : Jam 15.45.. H.A. : 1.80..
 Luas Penampang (A) : 53,43..... m^2 ; Kecepatan Rata-rata (\bar{v}) : 1,112 m/det;
 Debit (q) : 59,392... m^3/det .

Pengukuran					Perhitungan					Catatan
Jarak dari titik awal m	Jarak dalam an (d) m	d Pengukuran	Jumlah Putaran	Waktu detik	Kecepatan m/det		Lebar (b) m	Area (A) m^2	Debit (q) m^3/det	
					Pada titik	Rata-rata Vertikal				
0	1,30	-	-	-	Tepi	Air sebelah kiri				
0,50	4,70	0,2	119	40	0,779	0,711	0,25	2,25	1,688	
		0,8	98	40	0,643					
1,00	4,70	0,2	134	40	0,877	0,904	0,50	2,35	2,124	
		0,8	142	40	0,930					
1,50	4,64	0,2	152	40	0,995	0,959	0,50	2,32	2,225	
		0,8	141	40	0,923					
2,00	4,50	0,2	155	40	1,014	1,028	0,50	2,25	2,313	
		0,8	159	40	1,041					
2,50	4,40	0,2	173	40	1,132	1,093	0,50	2,20	2,405	
		0,8	161	40	1,054					
3,00	4,30	0,2	141	40	0,923	0,946	0,50	2,03	1,924	
		0,8	148	40	0,969					
3,50	4,20	0,2	177	40	1,158	1,051	0,50	2,10	2,207	
		0,8	144	40	0,943					
4,00	4,20	0,20	176	40	1,151	1,052	0,50	2,10	2,209	
		0,8	146	40	0,953					
4,50	4,20	0,2	183	40	1,224	1,133	0,50	2,10	2,379	
		0,8	159	40	1,041					
5,00	4,20	0,2	194	40	1,060	1,165	0,50	2,10	2,447	
		0,8	162	40	1,269					
5,50	4,20	0,2	180	40	1,178	1,224	0,50	2,10	2,570	
		0,8	194	40	1,269					
6,00	4,10	0,2	188	40	1,230	1,227	0,50	2,05	2,515	
		0,8	187	40	1,223					
6,50										

Catatan : 1) $A = \sum a$; $Q = \sum q$; $\bar{v} = Q/A$



Gambar 21. Cara perhitungan debit aliran dengan "mid section method" dan "mean section Method"

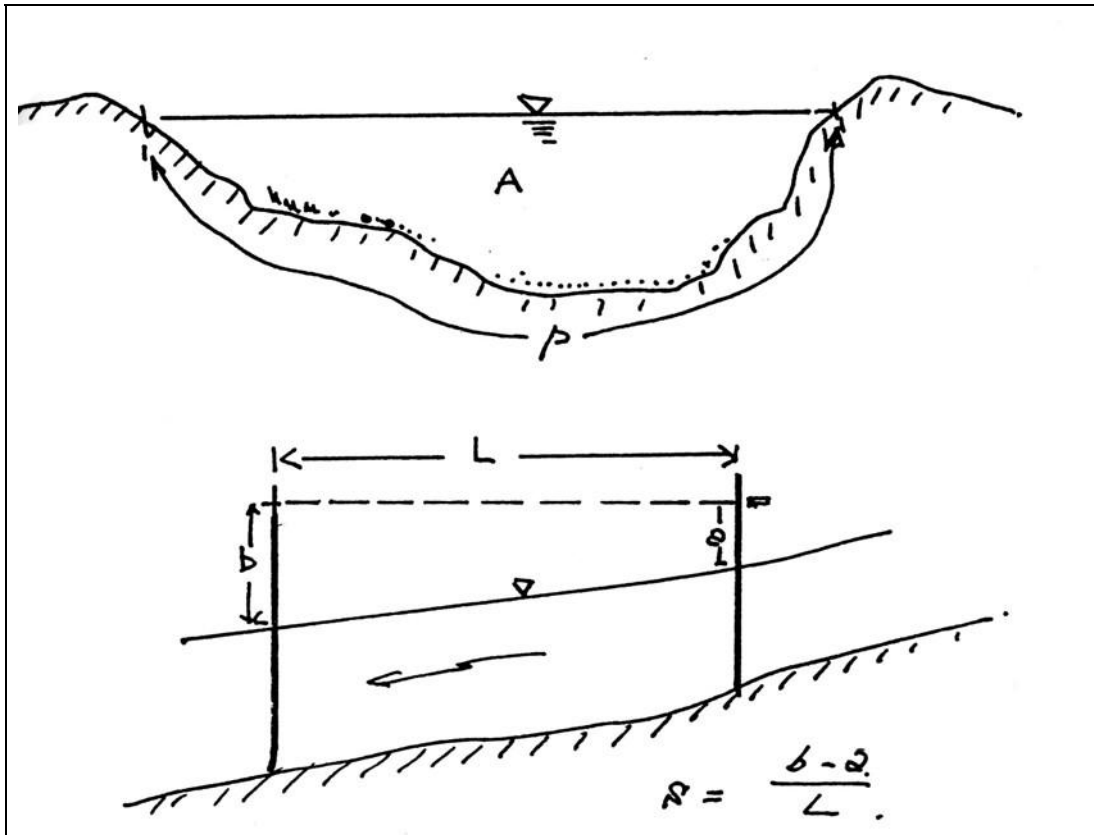


Gambar 22. Kecepatan aliran diukur dengan metode pelampung

Bila kondisi aliran tidak memungkinkan diukur dengan metode current meter, debit aliran dapat diukur dengan metode apung. Kecepatan aliran diukur dengan pelampung. Gambar 22. menunjukkan cara pengukuran debit aliran dengan metode apung.

Pengukuran debit aliran dengan "slope-area method"

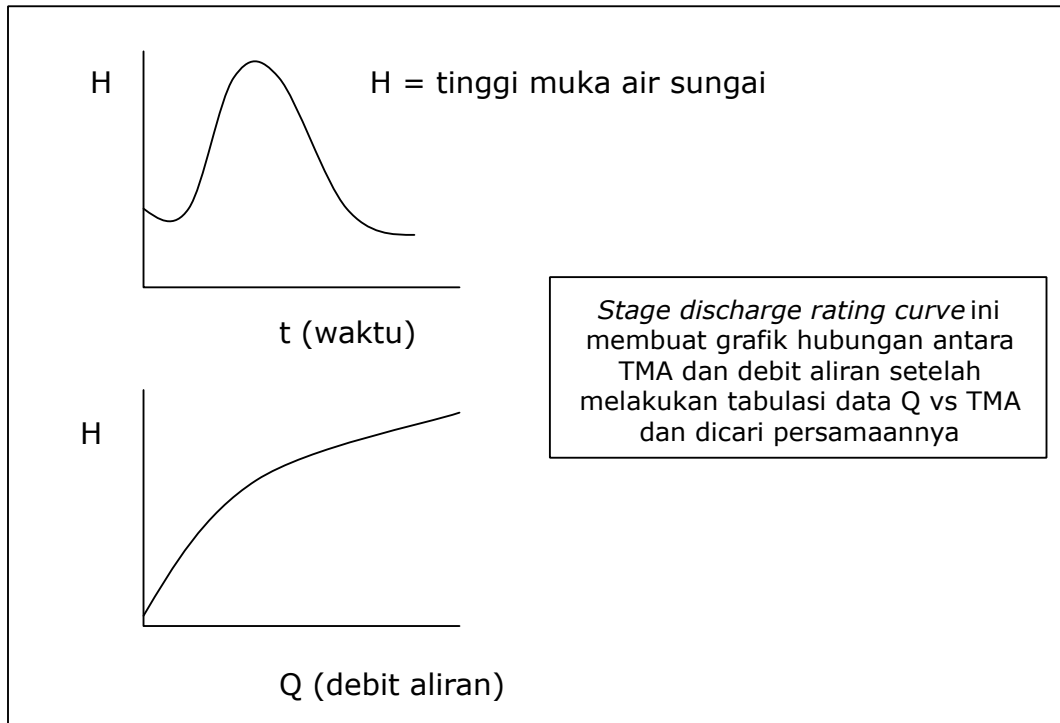
Alternatif lain untuk mengetahui debit aliran adalah dengan "slope-area method", aliran banjir yang tidak terukur dan meninggalkan bekas muka air banjir, sehingga debitnya dapat dihitung dengan cara ini. Rumus yang digunakan adalah rumus Manning atau Chezy. Gambar 3.23 menunjukkan perhitungan debit aliran dengan rumus Manning. Rumus Manning diterapkan juga untuk menghitung kapasitas alur sungai atau saluran irigasi atau saluran drainase kota.



Gambar 23. Cara Pengukuran Debit Aliran dengan Rumus Manning

Perhitungan debit aliran cara tidak langsung:

Debit aliran di setiap SPAS dihitung secara tidak langsung, bila tersedia "stage-discharge rating curve" untuk SPAS yang bersangkutan. Gambar 3.24. menunjukkan "stage-discharge rating curve" dari rekaman tinggi muka air dari AWLR.



Gambar 24. Skema perhitungan debit aliran cara tidak langsung.

Penyajian Data Debit Aliran:

Data debit aliran dapat disajikan dalam bentuk tabel, grafik (hidrograf aliran) atau disajikan dalam bentuk *flow duration curve*. Tabel umum debit aliran biasanya menyajikan angka debit aliran rata-rata harian hasil dari pembacaan tinggi muka air rata-rata harian. Untuk kajian khusus (kajian banjir), rekaman tinggi muka air dibaca dengan interval yang lebih pendek (per jam, 30 menit). Tabel 2. menyajikan angka debit aliran rata-rata harian dari SPAS suatu sungai.

Tabel 2. Penyajian data debit aliran rata-rata

Tabel F.1. Data Debit Aliran Harian Rata-rata													
Sungai :													

Data geografi : LS, BT													
Lokasi : Propinsi													
Kabupaten													
Kecamatan Desa													
SPAS dipasang berjarak m dari													
MORFOMETRI DAS													
Luas DAS = km ² = ha													
Slope DAS = %													
Median elevasi DAS = m													
Panjang sungai utama = km													
Luas SUB DAS : Km ² = ha													

SPAS													
Didirikan : Tanggal Oleh													
Jenis alat :													
Tipe SPAS : Elevasi SPAS = m dpl													
- Alur sungai alam													
- Pasangan beton													
- Weir													
- Flumes													

Penentuan debit													
- Debit diturunkan dengan lengkung aliran nomer													

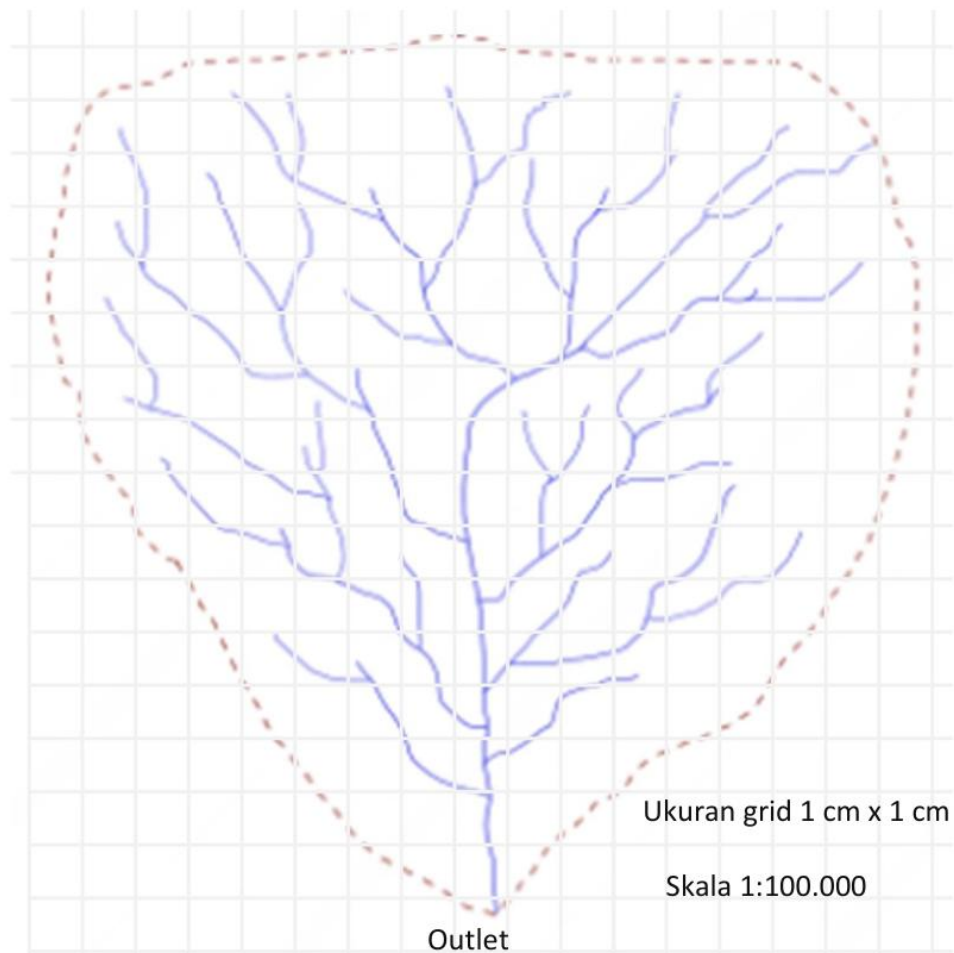
Debit Harian Rata-rata (m ³ /dt)													
Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
1													
2													
3													
...													
31													

Q rata-rata
Q terbesar
TMA tertinggi
Q terendah
TMA terendah

PRAKTIKUM MORFOMETRI DAN HIDROMETRI PADA DAS

1. MORFOMETRI

Perhatikan DAS berikut ini!



- Perkirakan luas DAS (A) diatas berdasarkan perhitungan menggunakan transparent milimetric paper
- Tentukan panjang sungai utama (L_b)
- Tentukan orde sungai
- Tentukan Bifurcation ratio (R_b) – nisbah percabangan sungai
- Tentukan Form Factor (R_f)
- Tentukan circularity ratio (R_c)
- Tentukan Elongation ratio (R_e)
- Tentukan rasio frekuensi orde sungai
- Tentukan width factor of watershed (W)

2. Hidrometri

a. Metode current meter + mean section

Sebuah sungai lebar total 10 m dibagi menjadi 5 seksi sama lebar (masing-masing 2,0 m). Kedalaman pada titik batas seksi: $d_0 = 0$ m, $d_1 = 3$ m, $d_2 = 4,20$ m, $d_3 = 4,60$ m, $d_4 = 3,10$ m, $d_5 = 0$ m. Pada titik d_1 – d_4 diukur bunyi current meter selama 1 menit: d_1 : 48, 44, 36 d_2 : 62, 57, 49 d_3 : 70, 63, 55 d_4 : 50, 43, 37

Soal:

- Gambarkan penampang sungai berdasarkan data diatas !
- Hitung kecepatan rata-rata pada d_1 – d_4 .
- Hitung luas tiap seksi.
- Hitung debit tiap seksi.
- Tentukan debit total sungai.

b. Metode Pelampung

Seorang mahasiswa mengukur debit sungai dengan metode pelampung. Sungai lebar 8,00 m dan kedalaman rata-rata 2,50 m. Dua pelampung dilepas pada lintasan sepanjang 3,00 m.

- Pelampung A (tinggi 18 cm) menempuh 3,00 m dalam 75 detik.
- Pelampung B (tinggi 14 cm) menempuh 3,00 m dalam 120 detik.

Soal:

- Hitung kecepatan masing-masing pelampung (m/s).
- Hitung debit masing-masing (m^3/s). c. Tentukan debit rata-rata sungai (m^3/s).

c. Rumus Manning

Seorang mahasiswa melakukan survei pada sebuah saluran sungai untuk menentukan besarnya debit. Data pengukuran lapangan menunjukkan: Luas penampang basah: 32 m^2 ; perimeter basah: 4,0 m; selisih elevasi hulu–hilir: 0,05 m; panjang 30 m. Kondisi sungai: material lumpur halus,

ketidakseragaman agak halus, variasi lambat, tanpa bangunan, vegetasi menengah, meander rendah.

Soal:

- Tentukan koefisien Manning n .
- Hitung jari-jari hidrolis.
- Hitung kemiringan energi S .
- Hitung debit sungai.

KEADAAN SALURAN		HARGA	
Material dasar	Tanah	n_0	0,020
	Batu		0,025
	Gravel halus		0,024
	Gravel kasar		0,028
Tingkat ketidakseragaman saluran	Halus	n_1	0,000
	Agak halus		0,005
	Sedang		0,010
	Kasar		0,020
Variasi penampang melintang saluran	Lambat laun	n_2	0,000
	Berubah (kadang kadang)		0,005
	Sering berubah		0,010 - 0,015
Pengaruh adanya bangunan, penyempitan, dll. pada penampang melintang	Diabaikan	0,00	0,000
	Agak berpengaruh	n_3	0,010-0,015
	Cukup berpengaruh		0,020-0,030
	Terlalu berpengaruh		0,040-0,060
Tanaman	Rendah	n_4	0,005-0,010
	Menengah/sedang		0,010-0,025
	Tinggi		0,025-0,050
	Sangat tinggi		0,050-0,100
Tingkat dari pada meander	Rendah	n_5	1,000
	Menengah		1,150
	Tinggi		1,300

PRAKTIKUM LIMNOLOGI

Kondisi Limnologis Berdasarkan Parameter Fisik dan Kimia Air

1. Pendahuluan

Limnologi terapan merupakan penerapan prinsip dan konsep limnologi untuk memecahkan permasalahan nyata pada perairan darat. Fokus utama limnologi terapan adalah menjaga fungsi ekologis perairan sekaligus mendukung pemanfaatannya secara berkelanjutan. Wetzel (2001) menekankan bahwa degradasi danau dan sungai umumnya bukan disebabkan oleh proses alami semata, melainkan oleh tekanan antropogenik dari daerah tangkapan air.

Dalam konteks pengelolaan perairan darat, limnologi terapan mencakup analisis kualitas air, pengendalian eutrofikasi, pengelolaan sedimen, serta restorasi ekosistem perairan. Contoh penerapannya di Indonesia antara lain pengendalian gulma air di Danau Tondano, pengurangan beban nutrisi di Danau Limboto, dan pengelolaan kualitas air waduk sebagai sumber air baku dan energi.

Limnologi terapan juga berperan dalam perencanaan wilayah. Informasi limnologis digunakan untuk menentukan daya dukung perairan, zonasi pemanfaatan danau, serta evaluasi dampak aktivitas manusia seperti pertanian, permukiman, dan pariwisata. Dengan demikian, limnologi menjadi dasar ilmiah bagi pengambilan keputusan berbasis lingkungan.

1) Parameter Fisika

a. Suhu

Parameter kualitas air tentang suhu diukur dengan termometer Hg. Bagian ujung termometer yang ber-Hg dimasukkan ke dalam perairan hingga seluruh bagiannya masuk dalam badan air dan ditunggu beberapa saat sampai air raksa dalam termometer menunjuk atau berhenti pada skala tertentu. Kemudian dicatat angka yang tertera di skala tersebut dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Pembacaan termometer dilakukan pada saat termometer masih dalam air dan pada bagian air raksa (termometer) tidak sampai tersentuh oleh tangan secara langsung.

b. Kecerahan

Kecerahan perairan dapat diukur dengan keping secchi atau secchi dish. Secara pelan-pelan secchi dish dimasukkan/diturunkan ke dalam air hingga batas kelihatan atau batas tidak tampak pertama kali dan dicatat kedalamannya sebagai (D_1). Kemudian secchi dish dimasukkan lebih dalam lagi dan ditarik kembali ke permukaan sampai nampak parah kali dan

dicatat kedalamannya sebagai (D2). Cara penghitung tin gkat kecerahan perairan dapat dilihat pada hl 13.

c. Kecepatan Arus

Kecepatan arus air dapat diukur dengan menggunakan benda yang melayang dalam perairan. Benda yang dapat melayang atau berada di bawah permukaan air biasanya potol plastik bekas isi mineral (600 ml diisi air ± 400 ml). Botol tersebut diikat dengan tali rafia sepanjang 5 meter, kemudian dilepas ke perairan yang berarus. Saat pertama kali botol tersebut bergerak merupakan awal mencatat lamanya waktu benda tersebut bergerak. Ditunggu sampai panjang tali 5 meter itu habis dan dicatat waktu tempuhnya.

2) Parameter Kimia

a. Derajat keasaman / pH

- Menggambarkan seberapa asam atau basa air.
- Nilai pH biasanya dinyatakan dalam skala 0–14; pH rendah berarti lebih asam, pH tinggi berarti lebih basa.
- Penting karena banyak organisme air sensitif terhadap perubahan pH, dan pH juga mempengaruhi kelarutan zat kimia lain dalam air.

b. Oksigen terlarut (DO, Dissolved Oxygen)

- Jumlah oksigen gas yang larut dalam air atau perairan.
- Oksigen ini dibutuhkan organisme air untuk bernapas; kadar yang terlalu rendah dapat menyebabkan stres atau kematian biota air, sedangkan kadar cukup atau tinggi umumnya mendukung kehidupan yang lebih sehat.

c. Karbon dioksida (CO₂)

- Gas CO₂ yang larut dalam air.
- Tingkat CO₂ berhubungan dengan proses pernapasan organisme, keseimbangan asam-basa, dan aktivitas biologis/perombakan organik.
- Kadar CO₂ yang tinggi dapat menurunkan pH air dan mempengaruhi kondisi ekosistem.

d. Fosfat (biasanya ortofosfat)

- Bentuk fosfor yang mudah larut dan tersedia bagi organisme seperti ganggang dan tumbuhan air.

- Fosfat merupakan nutrisi penting; kalau kadarnya terlalu tinggi, bisa memicu pertumbuhan ganggang berlebih atau eutrofikasi, yang mengganggu keseimbangan ekosistem air.

e. Nitrat nitrogen

- Bentuk nitrogen yang larut dalam air dan dapat digunakan tumbuhan serta mikroorganisme sebagai nutrisi.
- Seperti fosfat, nitrat tinggi bisa mendorong pertumbuhan ganggang dan menurunkan kualitas air; juga bisa menjadi indikator pencemaran dari limbah pertanian, domestik, atau industri.

2. Tujuan Praktikum

Praktikum lapangan bertujuan untuk:

1. Melatih mahasiswa menerapkan konsep limnologi dalam kondisi nyata.
2. Mengembangkan keterampilan pengukuran parameter fisik dan kimia perairan.
3. Menganalisis keterkaitan antara kondisi perairan dan aktivitas manusia.
4. Menyusun laporan kajian limnologi secara sistematis dan ilmiah.

3. Lokasi dan Objek Praktikum

Objek praktikum adalah salah satu perairan darat berikut:

- Danau alami atau buatan (waduk)

Pemilihan lokasi mempertimbangkan aksesibilitas, keamanan, dan relevansi kajian limnologi.

4. Alat dan Bahan

Alat:

- a. Termometer air
- b. Secchi disk
- c. pH meter atau kertas lakmus
- d. DO meter (jika tersedia)

- e. Botol sampel air
- f. GPS atau peta lokasi

Bahan:

- a. Lembar kerja praktikum
- b. Data sekunder (curah hujan, penggunaan lahan)

5. Prosedur Praktikum Lapangan

1. Observasi Awal

Mahasiswa mengamati kondisi umum perairan dan lingkungan sekitarnya, termasuk penggunaan lahan, sumber pencemar potensial, dan aktivitas manusia.

2. Pengukuran Parameter Fisik

- a. Mengukur suhu air pada permukaan dan kedalaman tertentu.
- b. Mengukur kecerahan air menggunakan Secchi disk.
- c. Mencatat kondisi cuaca saat pengukuran.

3. Pengukuran Parameter Kimia

- a. Mengukur pH air.
- b. Mengukur oksigen terlarut (DO) jika alat tersedia.
- c. Mengambil sampel air untuk analisis lanjutan.

4. Pencatatan Data Spasial

Menentukan titik pengamatan menggunakan GPS atau peta, kemudian memplot lokasi pengamatan.

5. Analisis Awal di Lapangan

Mahasiswa mendiskusikan keterkaitan hasil pengukuran dengan kondisi lingkungan sekitar.

6. Panduan Analisis Data

Mahasiswa menganalisis data hasil praktikum dengan langkah-langkah berikut:

- 1. Menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik.
- 2. Membandingkan hasil pengukuran dengan baku mutu kualitas air.

3. Menginterpretasikan hubungan antara parameter fisik, kimia, dan aktivitas manusia.
4. Menentukan permasalahan utama perairan berdasarkan data.

7. Sistematika Laporan Praktikum

Laporan disusun dengan sistematika:

1. Pendahuluan
2. Tinjauan pustaka singkat
3. Metode praktikum
4. Hasil dan pembahasan
5. Kesimpulan dan rekomendasi
6. Daftar pustaka

8. Tugas Akhir Mata Kuliah

Mahasiswa menyusun laporan kajian limnologi suatu perairan darat berbasis data lapangan dan pustaka, disertai rekomendasi pengelolaan perairan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Kanisius. Goldman, C. R., & Horne, A. J. (1983). *Limnology*. McGraw-Hill. Wetzel, R. G. (2001)