

MATERI
BAHAN AJAR HIDROLOGI TEKNIK

OLEH :
AGUS LESTARI YUONO

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
GENAP 2022-2023

PENDAHULUAN

PENGERTIAN

Ilmu tentang seluk beluk air di bumi, kejadiannya, peredaran dan distribusinya, sifat alam dan sifat kimianya, serta reaksinya terhadap lingkungannya dan hubungannya dengan kehidupan manusia.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, maka berkembanglah ilmu Hidrologi, yakni ilmu yang mempelajari sirkulasi air itu. Jadi dapat dikatakan, Hidrologi adalah ilmu untuk mempelajari :

- presipitasi (precipitation)
- evaporasi dan transpirasi (evaporation)
- aliran permukaan (surface stream flow) dan
- air tanah (ground water)

SIRKULASI AIR DI BUMI DAN SIKLUS HIDROLOGI

- Jumlah air :
 - ✓ Di bumi : 1,3-1,4 milyar km³
 - ✓ 97,5% adalah air laut
 - ✓ 1,75% berbentuk es
 - ✓ 0,73% berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya.
 - ✓ 0,001% berbentuk uap di udara.

LANJUTAN

1. Adanya penyinaran matahari, angin dan lain-lain, maka air yang ada di permukaan tanah, sungai danau/waduk, rawa, laut mengalami yang dinamakan evaporasi (penguapan),
2. Selain penguapan poin 1, penguapan juga terjadi pada tumbuhan, yang dinamakan transpirasi.
3. Uap air naik ke atmosfer yang kemudian menjadi awan (cloud),
4. adanya pergerakan angin, awan tadi berpindah sesuai arah angin,
5. adanya proses pendinginan pada awan, karena lokasi awan yang tinggi, terjadi kondensasi sehingga terjadi hujan (presipitasi)

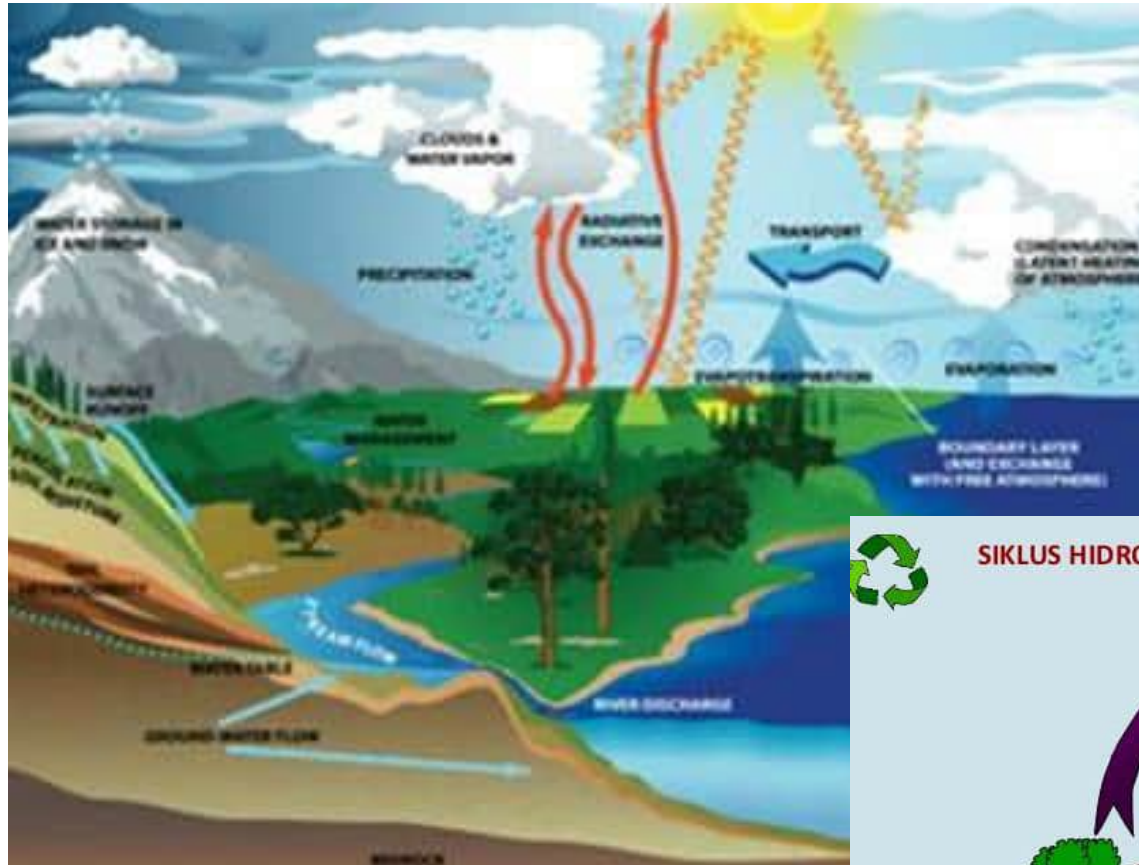
LANJUTAN

5. hujan yang jatuh ke permukaan bumi sebagian menjadi aliran permukaan (runoff), sebagian lagi masuk ke dalam tanah (infiltrasi), sebagian lagi tertahan di tumbuhan, cekungan dll, sebagian lagi menguap kembali ke atmosfer
6. Air yang mengalir di permukaan nantinya mengalir ke sungai dan ke laut
7. Air yang terinfiltrasi (masuk ke dalam tanah), sebagian masuk lagi lebih dalam di luar zona perakaran yang dinamakan perkolasi (percolation)
8. Air yang masuk melalui Perkolasi nantinya akan tersimpan di dalam tanah dan secara perlahan lahan akan dialirkan ke tempat yang lebih rendah disebut Aliran air tanah (groundwater flow), yang nantinya air akan juga ke laut

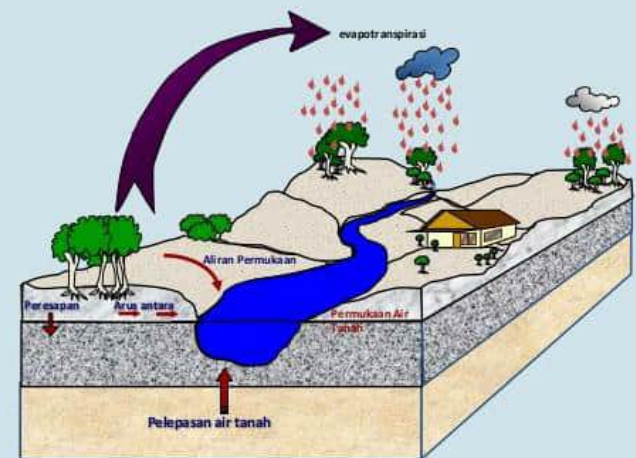
LANJUTAN

9. sebagian air yang terinfiltrasi tadi, keluar lagi menjadi aliran antara (subsurface flow, interflow), yang kemudian bergabung dengan aliran permukaan menuju ke laut
10. Dalam perjalanan ke tempat yang lebih rendah, penguapan juga terus terjadi, demikian juga pada saat di laut
11. Proses ini terjadi terus menerus, proses ini dinamakan dengan siklus hidrologi

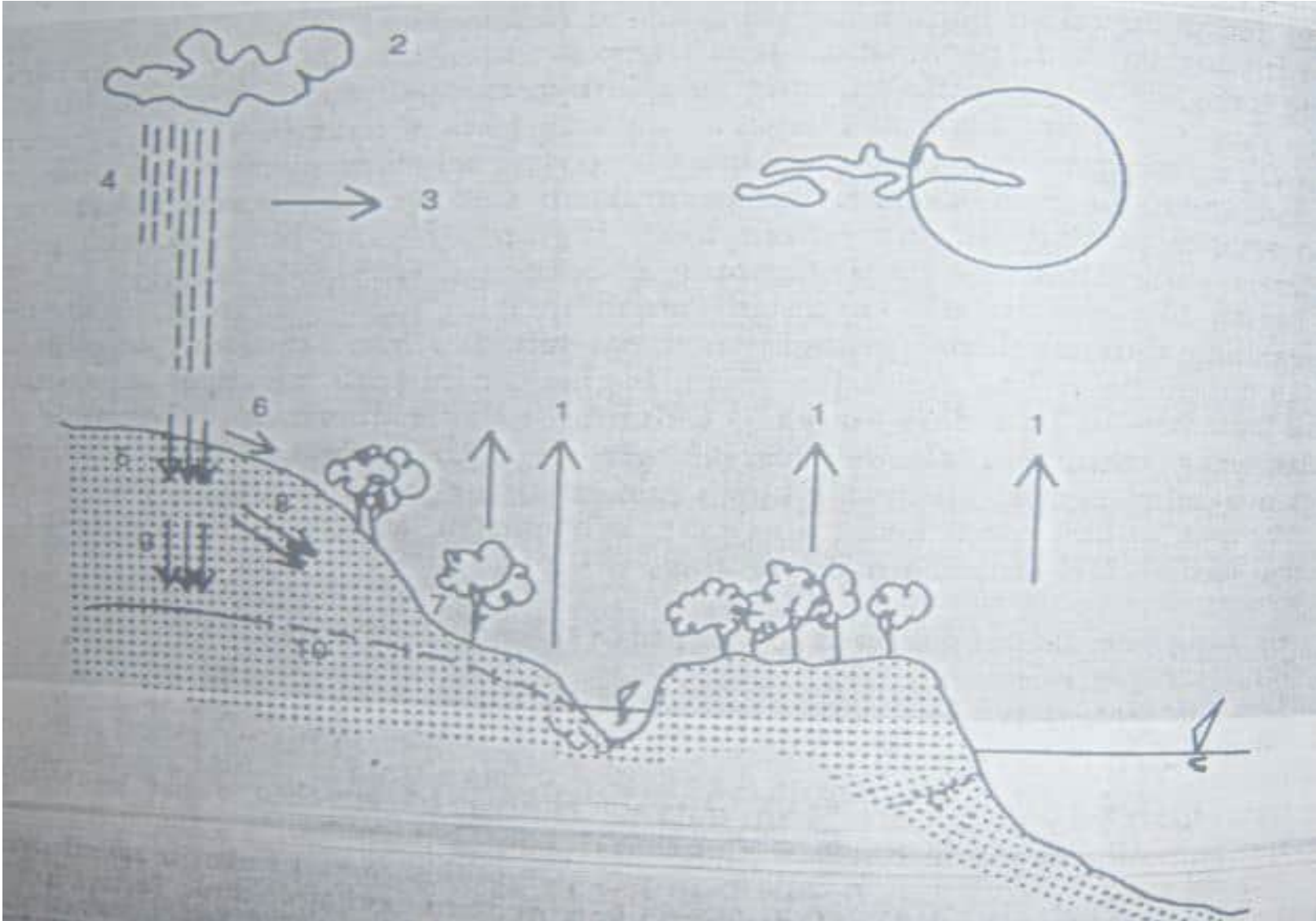
SIKLUS HIDROLOGI



SIKLUS HIDROLOGI PADA SUATU DAERAH ALIRAN SUNGAI



SIKLUS HIDROLOGI



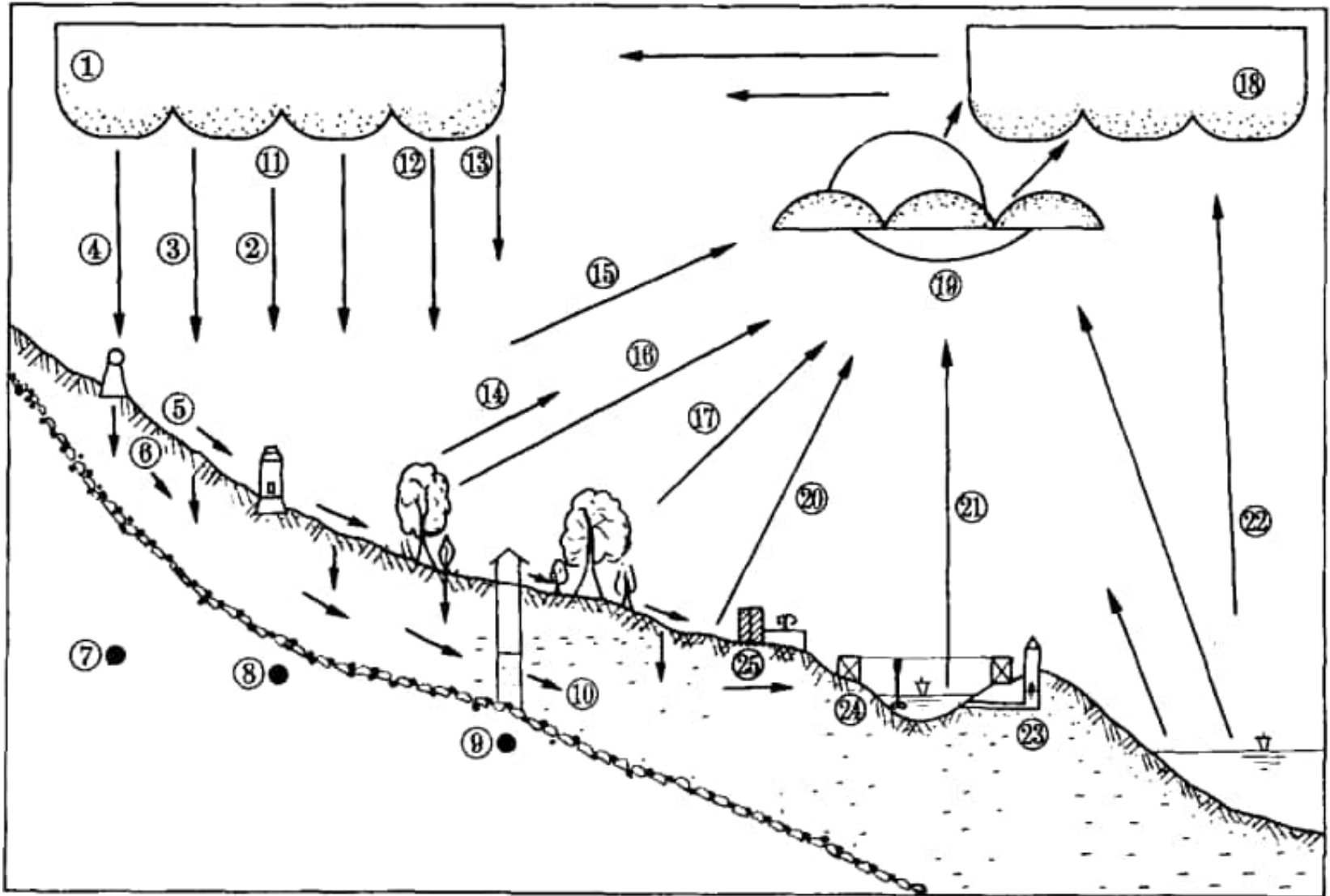
LANJUTAN

- 1) Penguapan (evaporation, transpiration)
- 2) Awan hujan (rain cloud)
- 3) Penguapan kembali
- 4) Hujan (precipitation, rainfall)
- 5) Infiltrasi (infiltration)
- 6) Aliran limpasan (overland flow)
- 7) Aliran permukaan (surface run-off)

LANJUTAN

- 8) Aliran antara (subsurface flow, interflow)
- 9) Perkolasi (percolation)
- 10) Aliran air tanah (groundwater flow)

Siklus hidrologi dapat juga digambarkan sebagai berikut :



LANJUTAN

- ① Awan dan uap air di udara
- ② Hujan
- ③ Hujan es
- ④ Salju
- ⑤ Limpasan permukaan
- ⑥ Perkulasi
- ⑦ Alat ukur salju
- ⑧ Alat ukur hujan
- ⑨ Sumur pengamatan
- ⑩ Air tanah
- ⑪ Presipitasi
- ⑫ Salju yang mencair
- ⑬ Lain-lain
- ⑭ Intersepsi
- ⑮ Evaporasi hujan yang sedang jatuh
- ⑯ Evapotranspirasi
- ⑰ Transpirasi
- ⑱ Awan dan uap air
- ⑲ Evaporasi
- ⑳ Evaporasi dari tanah
- ㉑ Evaporasi dari sungai-sungai dan danau-danau.
- ㉒ Evaporasi dari laut.
- ㉓ Pengamatan debit
- ㉔ Pengamatan kualitas air
- ㉕ Pengamatan evaporasi

SIFAT SIFAT AIR

Air berubah ke dalam tiga bentuk/sifat menurut waktu dan tempat, yakni air sebagai bahan padat, air sebagai cairan dan air sebagai uap seperti gas.

Keadaan-keadaan ini kelihatannya adalah keadaan alamiah biasa, karena selalu kelihatan demikian.

Tetapi sebenarnya keadaan-keadaan/sifat-sifat ini adalah keadaan yang aneh di antara seluruh benda-benda. Tidak ada suatu benda yang berubah ke dalam tiga sifat dengan suhu dan tekanan yang terjadi dalam hidup kita sehari-hari.

LANJUTAN

Umumnya benda menjadi kecil jika suhu menjadi rendah. Tetapi air mempunyai volume yang minimum pada suhu 4°C . Lebih rendah dari 4°C , volume air itu menjadi agak besar. Pada pembekuan, volume es menjadi 1/11 kali lebih besar dari volume air semula.

Mengingat es mengambang di permukaan air (karena es lebih ringan dari air), maka keseimbangan antara air dan es dapat dipertahankan oleh pembekuan dan pencairan.

LANJUTAN

Jika es lebih berat dari air, maka es itu akan tenggelam ke dasar laut atau danau dan makin lama makin menumpuk yang akhirnya akan menutupi seluruh dunia. Air itu mudah mengembang dan menyusut menurut perubahan suhu. Tetapi volume air hanya berkurang sangat kecil oleh tekanan dari luar. Volume air hanya berkurang $5/100.000$ kali oleh tekanan 1 atmosfer.

CUACA & IKLIM

CUACA

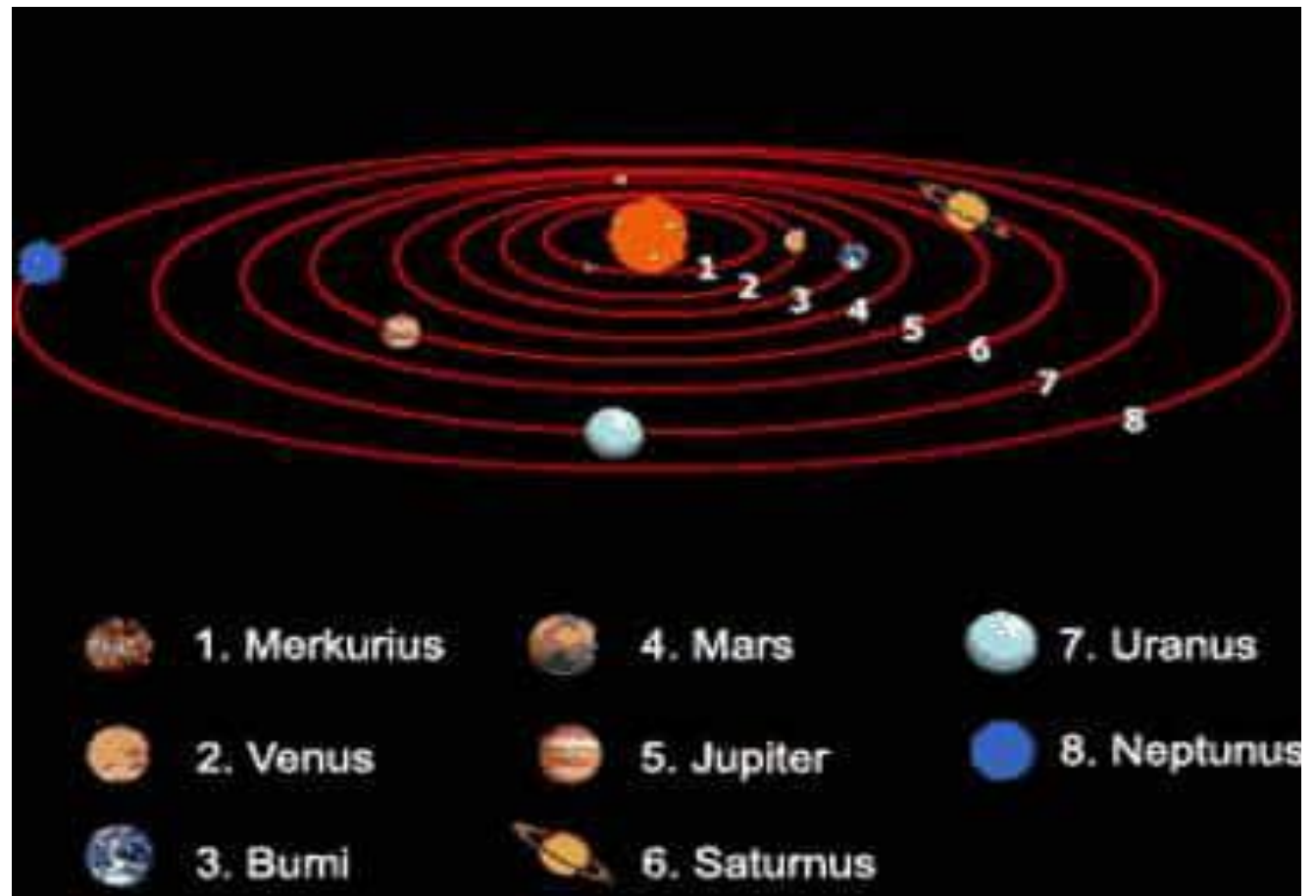
- Keadaan atmosfer secara keseluruhan **pada suatu saat** termasuk perubahan, perkembangan dan menghilangnya suatu fenomena (World Climate Conference, 1979).
- Keadaan variable atmosfer secara keseluruhan disuatu tempat **dalam selang waktu yang pendek** (Glen T. Trewartha, 1980).
- Keadaan atmosfer yang dinyatakan dengan nilai berbagai parameter, antara lain suhu, tekanan, angin, kelembaban dan berbagai fenomena hujan, disuatu tempat atau wilayah **selama kurun waktu yang pendek** (menit, jam, hari, bulan, musim, tahun) (Gibbs, 1987)
- Ilmu yang mempelajari seluk beluk tentang cuaca disebut meteorologi

IKLIM

- Kejadian cuaca selama **kurun waktu yang panjang**, yang secara statistik cukup dapat dipakai untuk menunjukkan nilai statistik yang berbeda dengan keadaan pada setiap saatnya (World Climate Conference, 1979).
- Konsep abstrak yang menyatakan kebiasaan cuaca dan unsur-unsur atmosfer disuatu daerah selama **kurun waktu yang panjang** (Glenn T. Trewartha, 1980).
- Peluang statistik berbagai keadaan atmosfer, antara lain suhu, tekanan, angin kelembaban, yang terjadi disuatu daerah selama **kurun waktu yang panjang** (Gibbs,1987).
- Ilmu yang mempelajari seluk beluk tentang iklim disebut klimatologi.

UNSUR YANG BERPENGARUH

- Temperatur
- Tekanan
- Angin
- Kelembaban
- Curah Hujan



SEBARAN TEMPERATUR

sebaran suhu atau temperatur udara dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sebaran horizontal dan vertikal.

1. *sebaran suhu atau temperatur udara horizontal*, Suhu atau temperatur udara di permukaan bumi untuk berbagai tempat tidak sama. Untuk mempermudah membandingkannya, maka dibuat peta isotherm. Isotherm yaitu garis khayal dalam peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai suhu atau temperatur udara rata-rata sama

LANJUTAN

- Isotherm bulan Januari, yaitu tempat-tempat yang terdingin di belahan bumi utara karena pada waktu itu matahari berada di belahan bumi selatan. Contoh daerah yang terdingin antara lain Siberia dan Greenland, sedangkan daerah yang terpanas antara lain Afrika Selatan dan Argentina
- Isotherm bulan Juli, yaitu daerah-daerah yang terdingin di belahan bumi selatan seperti Australia, dan daerah terpanas di belahan bumi utara

LANJUTAN



LANJUTAN

- Isotherm tahunan, yaitu garis di peta yang menghubungkan tempat-tempat yang sama temperatur rata-ratanya dalam satu tahun. Daerah ini berada di sebelah utara dan selatan equator/khatulistiwa (22° LU/LS

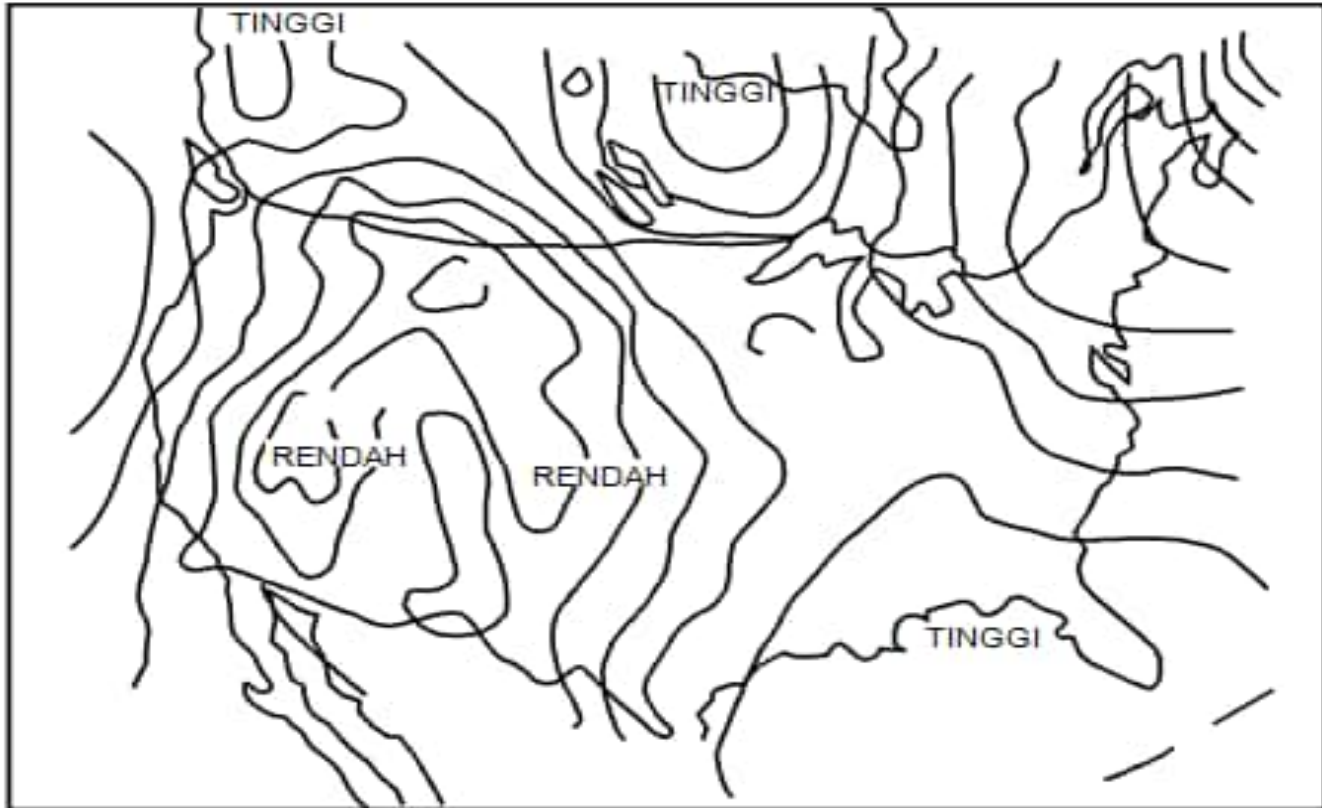
2. *sebaran suhu atau temperatur udara vertikal,*
Suhu Semakin naik suhu atau temperatur udara akan semakin turun. Secara umum, setiap naik 100 meter, suhu atau temperatur udara turun $0,5^{\circ}\text{C}$.
Ketentuan ini tergantung pada letak dan ketinggian suatu tempat.

TEKANAN UDARA

Besarnya tekanan udara di setiap tempat pada suatu saat berubah-ubah. Makin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, makin rendah tekanan udaranya.

Garis khayal dalam peta yang menghubungkan tempat- tempat yang mempunyai tekanan udara sama disebut isobar.

LANJUTAN



Garis Isohar

ANGIN

Ada beberapa hal penting yang perlu diketahui tentang angin antara lain :

- Kecepatan Angin, kecepatan angin dapat diukur dengan suatu alat yang disebut Anemometer
- Arah Angin

KELEMBABAN UDARA

Kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam massa udara pada saat dan tempat tertentu. Alat untuk mengukur kelembaban udara disebut psychrometer atau hygrometer

Kelembaban udara dapat dibedakan menjadi :

- ❑ Kelembaban mutlak atau kelembaban absolut, yaitu kelembaban yang menunjukkan berapa gram berat uap air yang terkandung dalam satu meter kubik (1 m^3) udara

LANJUTAN

- ❑ Kelembaban nisbi atau kelembaban relatif, yaitu bilangan yang menunjukkan berapa persen perbandingan antara jumlah uap air yang terkandung dalam udara dan jumlah uap air maksimum yang dapat ditampung oleh udara tersebut

POLA CURAH HUJAN DI INDONESIA

- Pantai sebelah barat setiap pulau memperoleh jumlah hujan selalu lebih banyak daripada pantai sebelah timur
- Curah hujan di Indonesia bagian barat lebih besar daripada Indonesia bagian timur. Sebagai contoh, deretan pulau-pulau Jawa, Bali, NTB, dan NTT yang dihubungkan oleh selat-selat sempit, jumlah curah hujan yang terbanyak adalah Jawa Barat.

LANJUTAN

- Curah hujan juga bertambah sesuai dengan ketinggian tempat. Curah hujan terbanyak umumnya berada pada ketinggian antara 600 - 900 m di atas permukaan laut
- Saat mulai turunnya hujan bergeser dari barat ke timur seperti
 - Pantai barat pulau Sumatera sampai ke Bengkulu mendapat hujan terbanyak pada bulan November
 - Lampung-Bangka yang letaknya ke timur mendapat hujan terbanyak pada bulan Desember
 - Jawa bagian utara, Bali, NTB, dan NTT pada bulan Januari - Februari

LANJUTAN

No.	Daerah Kering	Curah Hujan (mm)	No.	Daerah Basah	Curah Hujan (mm)
1.	Palu (Sulteng)	547	1.	Baturaden (Jateng)	7069
2.	Vemase (NTT)	549	2.	Petungkriyono (Jabar)	6649
3.	Talisse (NTT)	582	3.	Gunung Salak (Jabar)	5476
4.	Waipukang (NTT)	718	4.	Muara Labuih (Sumbar)	4108
5.	Lombok (NTB)	726	5.	Indarung (Sumbar)	5913
6.	Waiwerang (NTT)	753	6.	Lubuk Kalung (Sumbar)	4076
7.	Melolo (NTT)	768	7.	Sacincin (Sumbar)	4445
8.	Waingapu (NTT)	768	8.	Lubuk Sikaping (Sumbar)	4385
9.	Lamakera (NTT)	817	9.	Talu (Sumbar)	4315
10.	Sape (NTB)	827	10.	Sibolga (Sumut)	4662
11.	Tanjungluar (NTB)	831	11.	Geumpang (D.I Aceh)	4000
12.	Liwa (Lampung)	832	12.	Lokop (D.I. Aceh)	4013
13.	Tawaeli (Sulteng)	848	13.	Aer Tenan (D.I..Aceh)	4295
14.	Kapopo (Sulsel)	869	14.	Gunung Dempo (DI.Aceh)	5000
15.	Asembagus (Jatim)	877	15.	Putussibau (D.I. Aceh)	4341
16.	Labuhanbajo (Sulteng)	886	16.	Batu Dulang (Kaltim)	4271
17.	Lerek (Maluku)	936	17.	Long Nawang (Kaltim)	4073
18.	Sagu (Maluku)	945	18.	Tabang (Kaltim)	4178
19.	Maumere (NTT)	954	19.	Tokala (Kaltim)	4221
20.	Luwuk (Sulteng)	955	20.	Pendolo (Kaltim)	5019
21.	Naha Gadal (Sulteng)	960	21.	Tawibaru (Kaltim)	4460
22.	Sampalah (Bali)	963	22.	Melino (Kaltim)	4230
23.	Selong (NTB)	981	23.	Kaliurang (D.I.Yogya)	4488
24.	Arjasa (Arjasa)	991	24.	Bogor (Jabar)	4230

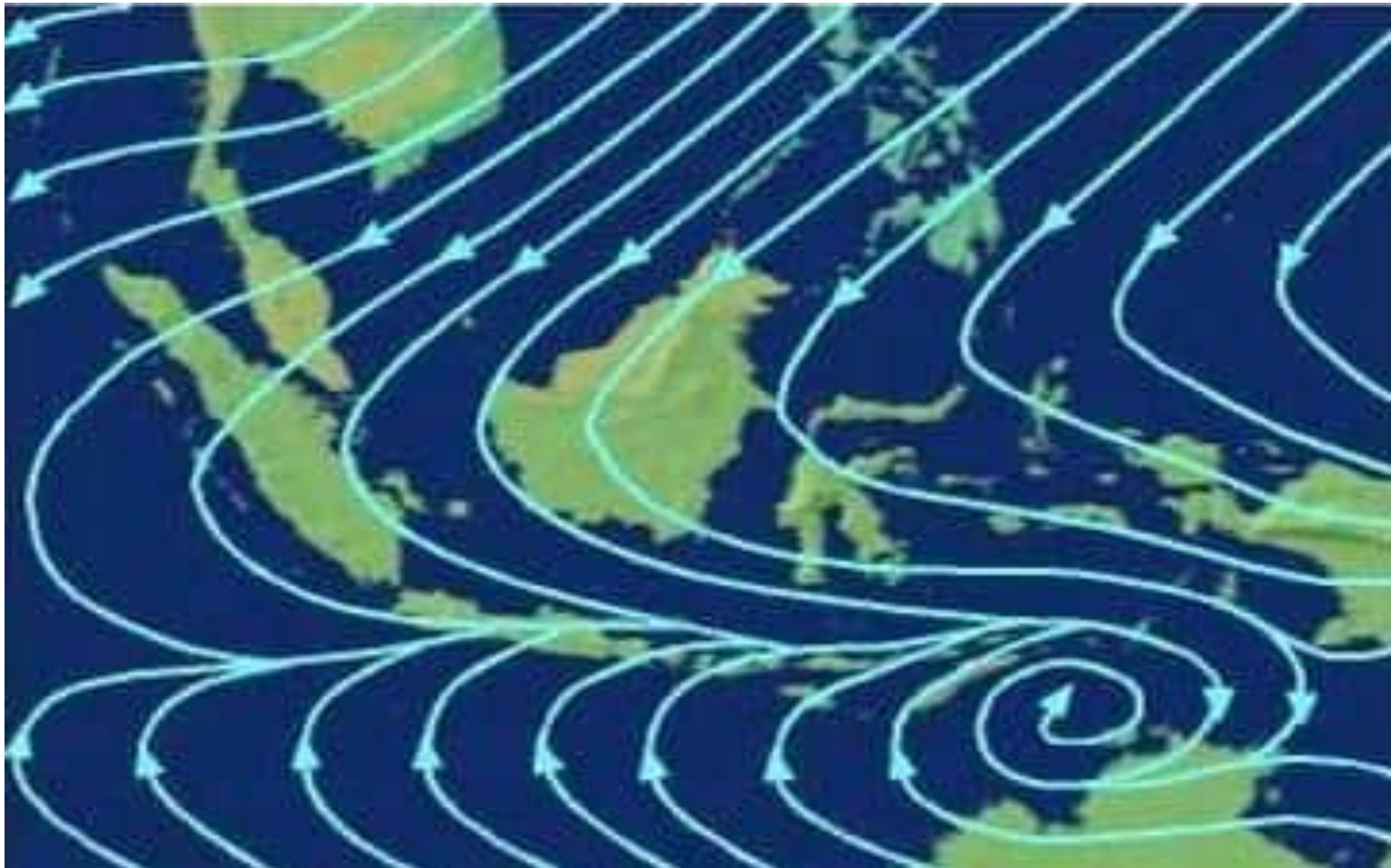
POLA PERGERAKAN ANGIN DI INDONESIA

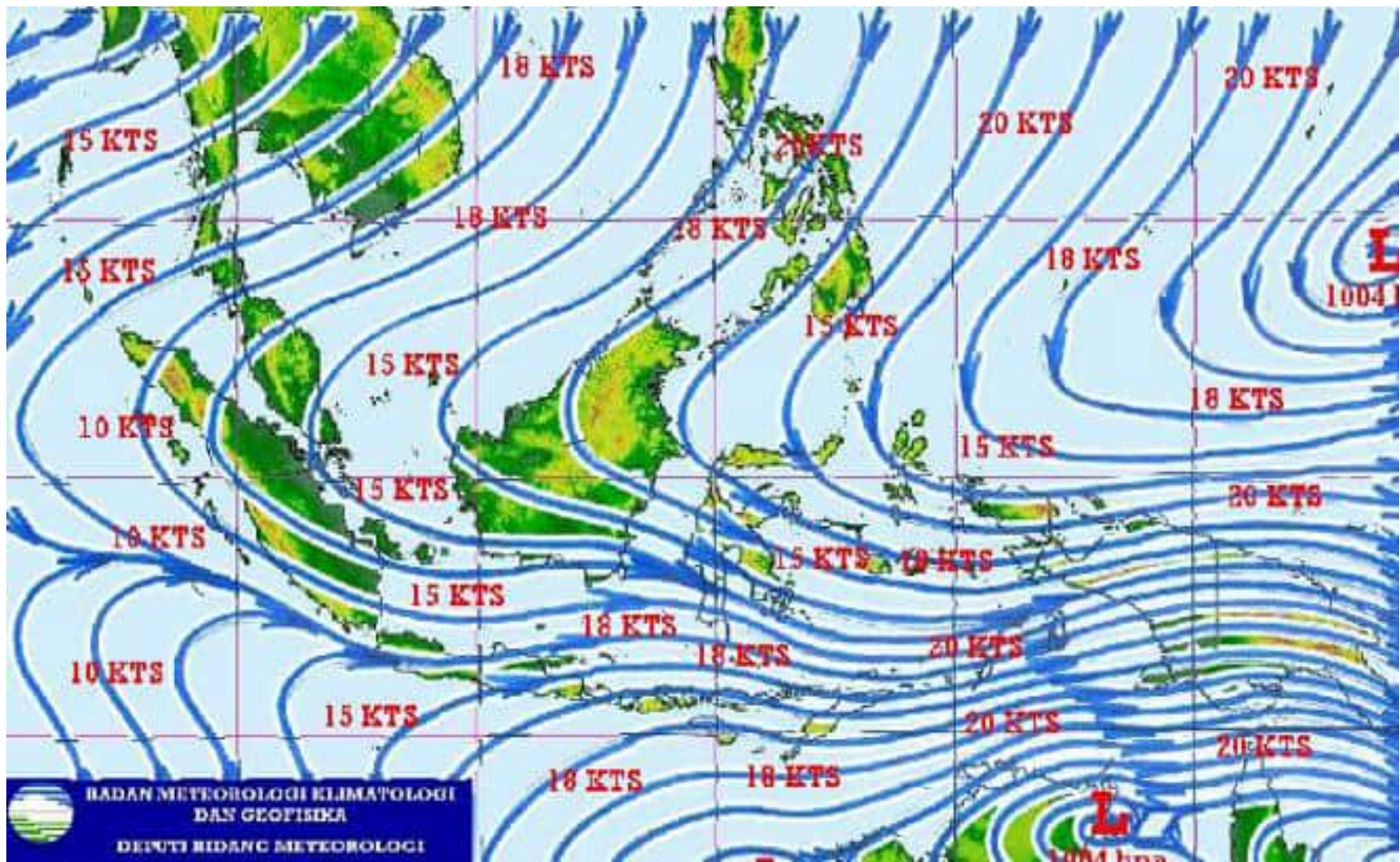
- **Angin Muson Barat**, Angin muson barat berhembus pada bulan Oktober - April, matahari berada di belahan bumi selatan, mengakibatkan belahan bumi selatan khususnya Australia lebih banyak memperoleh pemanasan matahari daripada benua Asia. Akibatnya di Australia bertemperatur tinggi dan tekanan udara rendah (minimum). Sebaliknya di Asia yang mulai ditinggalkan matahari temperaturnya rendah dan tekanannya tinggi (maksimum).

LANJUTAN

Oleh karena itu terjadilah pergerakan angin dari benua Asia ke benua Australia sebagai angin muson barat. Angin ini melewati Samudera Pasifik dan Samudera Indonesia serta Laut Cina Selatan. Karena melewati lautan tentunya banyak membawa uap air dan setelah sampai di kepulauan Indonesia turunlah hujan. Setiap bulan November, Desember, dan Januari Indonesia bagian barat sedang mengalami musin hujan dengan curah hujan yang cukup tinggi

LANJUTAN



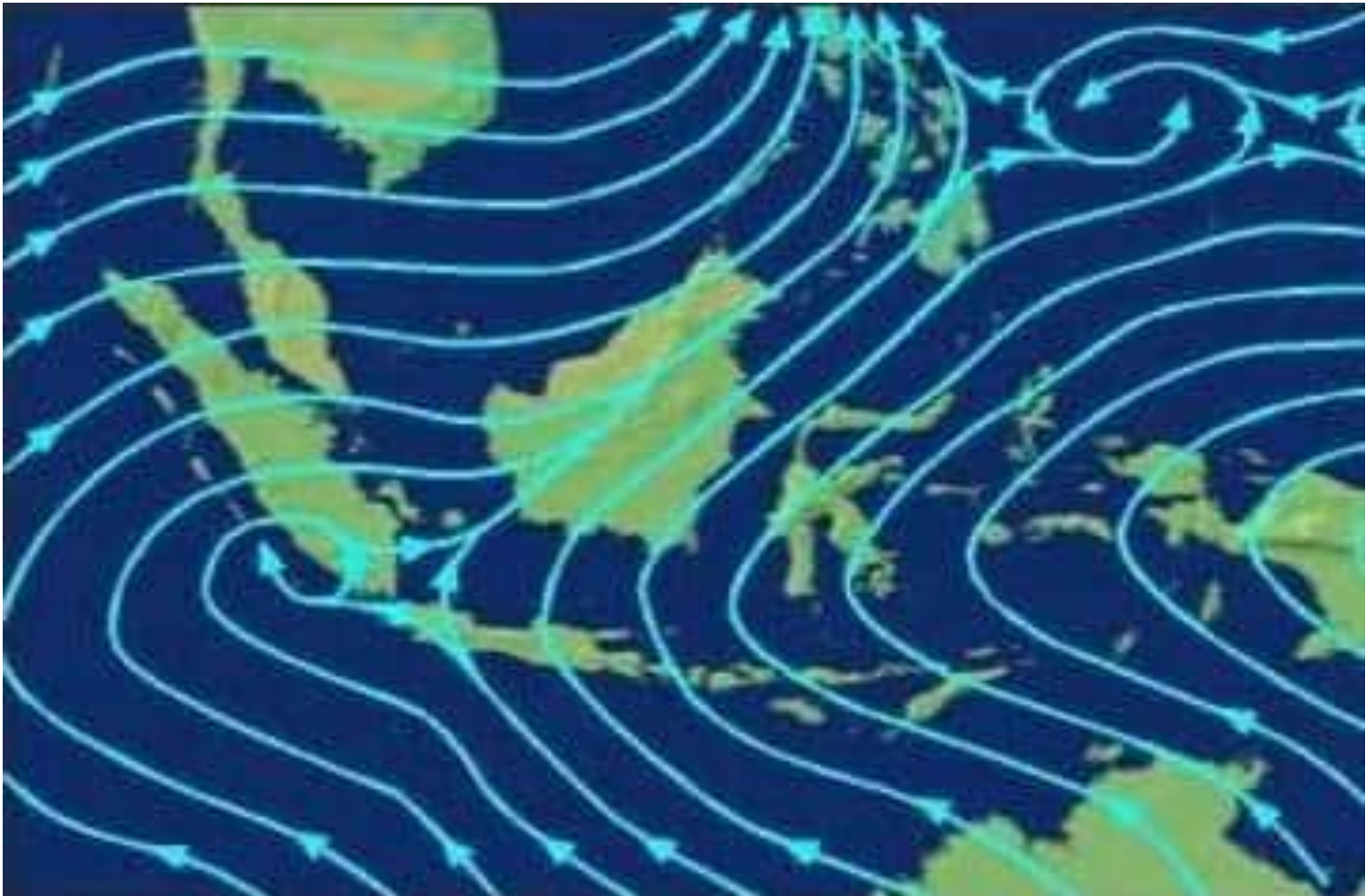


28 JANUARI 2014

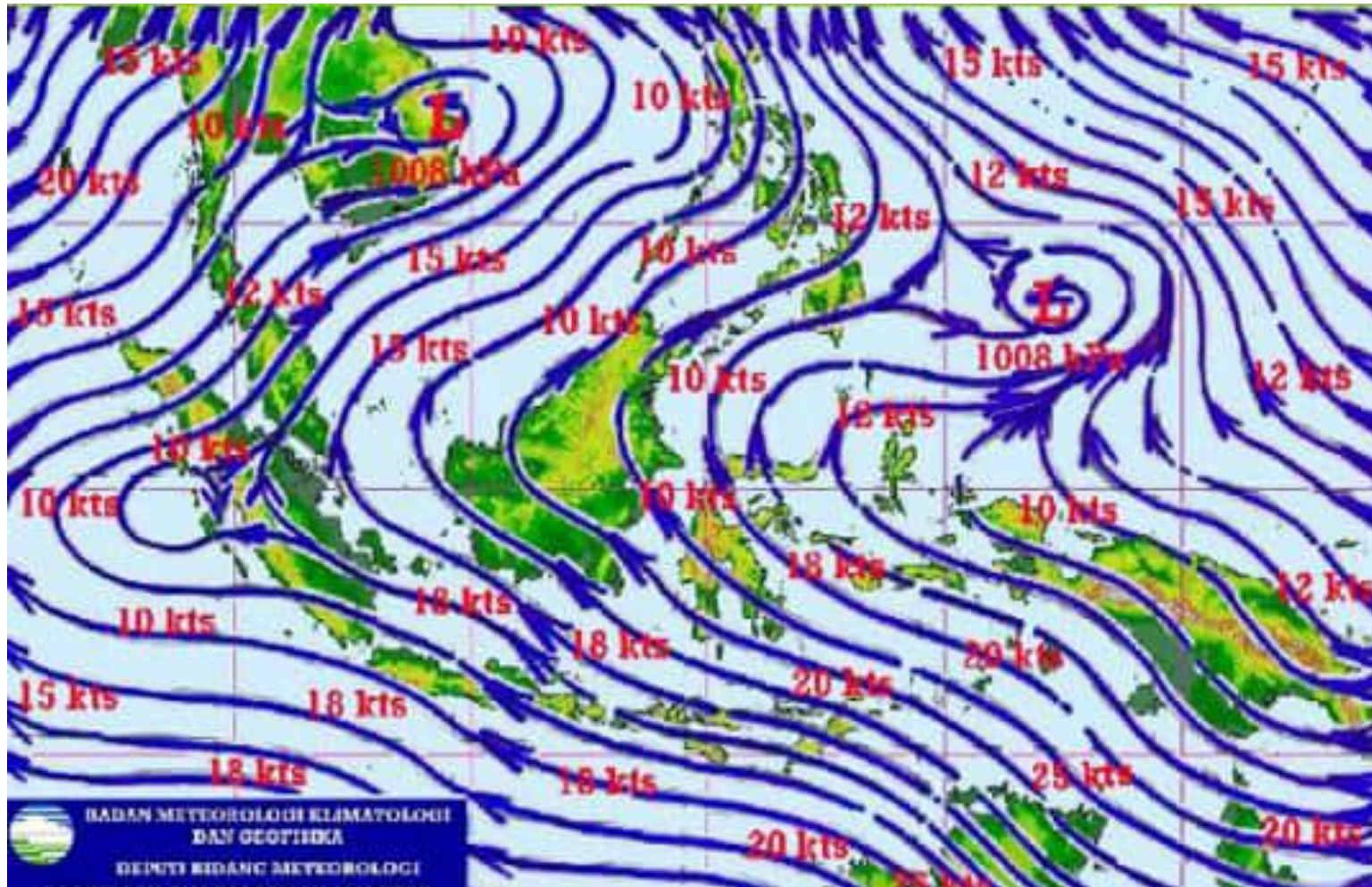
LANJUTAN

- **Angin Muson Timur**, Angin muson timur berhembus setiap bulan April - Oktober, ketika matahari mulai bergeser ke belahan bumi utara. Di belahan bumi utara khususnya benua Asia temperaturnya tinggi dan tekanan udara rendah (minimum). Sebaliknya di benua Australia yang telah ditinggalkan matahari, temperaturnya rendah dan tekanan udara tinggi (maksimum). Terjadilah pergerakan angin dari benua Australia ke benua Asia melalui Indonesia sebagai angin muson timur. Angin ini tidak banyak menurunkan hujan, karena hanya melewati laut kecil dan jalur sempit seperti Laut Timor, Laut Arafuru, dan bagian selatan Irian Jaya, serta Kepulauan Nusa Tenggara. Oleh sebab itu, di Indonesia sering menyebutnya sebagai musim kemarau.

LANJUTAN



LANJUTAN



27 AGUSTUS 2014

LANJUTAN

- Di antara kedua musim, yaitu musim penghujan dan kemarau terdapat musim lain yang disebut Musim Pancaroba (Peralihan). Adapun ciri-ciri musim pancaroba (peralihan), yaitu antara lain udara terasa panas, arah angin tidak teratur, sering terjadi hujan secara tiba-tiba dalam waktu yang singkat dan lebat

PERAN HIDROLOGI

➤ STRUKTUR/KAWASAN PEMUKIMAN

- JEMBATAN
- DRAINASE PEMUKIMAN

➤ TRANSPORTASI

- JALAN
- PELABUHAN UDARA
- PERKOTAAN

➤ HIDRO

- T. SUNGAI
- T. IRIGASI
- T. WADUK
- T. DRAINASI
- PENGENDALIAN BANJIR
- DLL

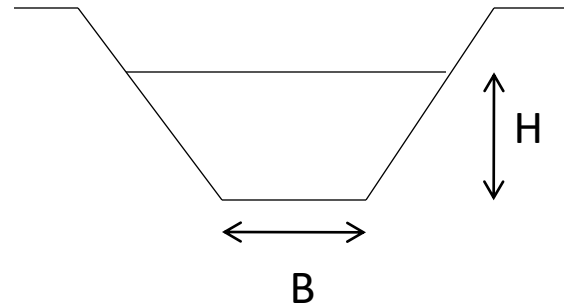
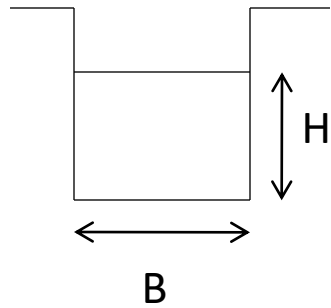
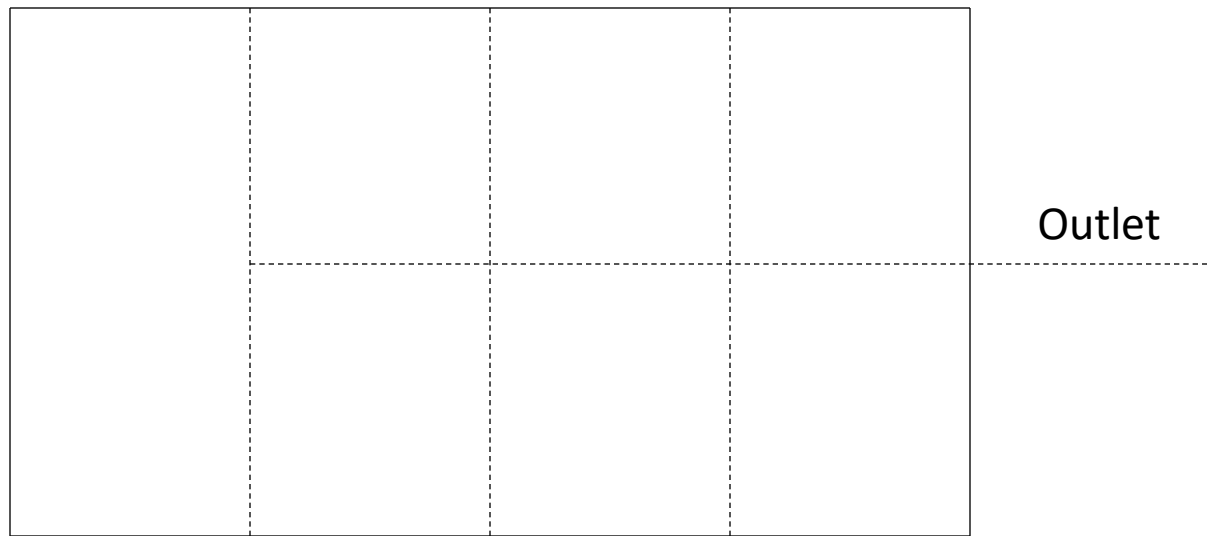
KAWASAN PEMUKIMAN



- DRAINASE



LANJUTAN



LANJUTAN

Persoalan :

- Banjir di pemukiman

Solusi :

- Analisis hidrologi (hujan rencana hingga debit rencana)
- Analisis hidrolika (dimensi saluran)

PERKOTAAN



MENADO 2014



LANJUTAN



Banjir Pakistan 2022, menewaskan lebih 1000 jiwa dengan kerugian lebih 10 milyar dolar

LANJUTAN



Aceh 2022

LANJUTAN



Jakarta 2020

LANJUTAN



JAKARTA 2014

LANJUTAN

Persoalan :

- Banjir di kawasan kota

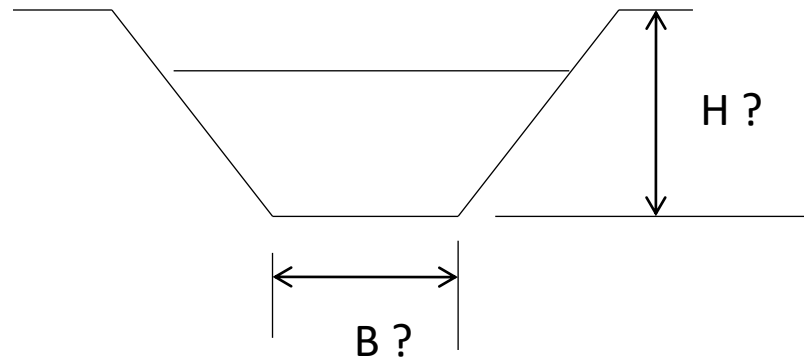
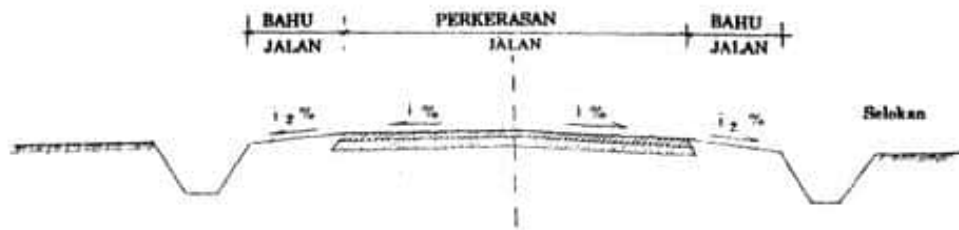
Perlu analisis

- Data hujan dan limpasan
- Debit banjir
- Dimensi saluran

TRANSPORTASI



LANJUTAN



B dan H optimal ?

Dimensi saluran besar : boros tapi aman

Dimensi saluran kecil : murah tapi resiko

Perlu analisis hujan dan limpasan

JEMBATAN



LANJUTAN

➤ Persoalan :

- Elevasi muka air banjir
- Debit banjir

➤ Solusi :

- Tersedia data debit banjir cukup panjang :
pendekatan statistik
- Kalau tidak, pendekatan data hujan dan data
DAS

PELABUHAN UDARA

- PELABUHAN UDARA



LANJUTAN



LANJUTAN

Persoalan :

- Landas pacu banjir

Perlu analisis

- Data hujan dan limpasan
- Debit banjir
- Dimensi saluran

SUNGAI



LANJUTAN

Persoalan :

- Sungai tak mampu menampung aliran air

Perlu analisis

- Data hujan
- debit aliran
- Dimensi saluran

IRIGASI



LANJUTAN

Persoalan :

- Ketersediaan air
- Debit pengambilan

Perlu analisis

- Data evapotranspirasi
- Data hujan/debit andalan
- Imbangan air (water balance)

BENDUNG



WADUK/BENDUNGAN



LANJUTAN

Persoalan :

- Tinggi tanggul
- Kapasitas waduk

Perlu analisis

- Data hujan / aliran
- Daerah tangkapan

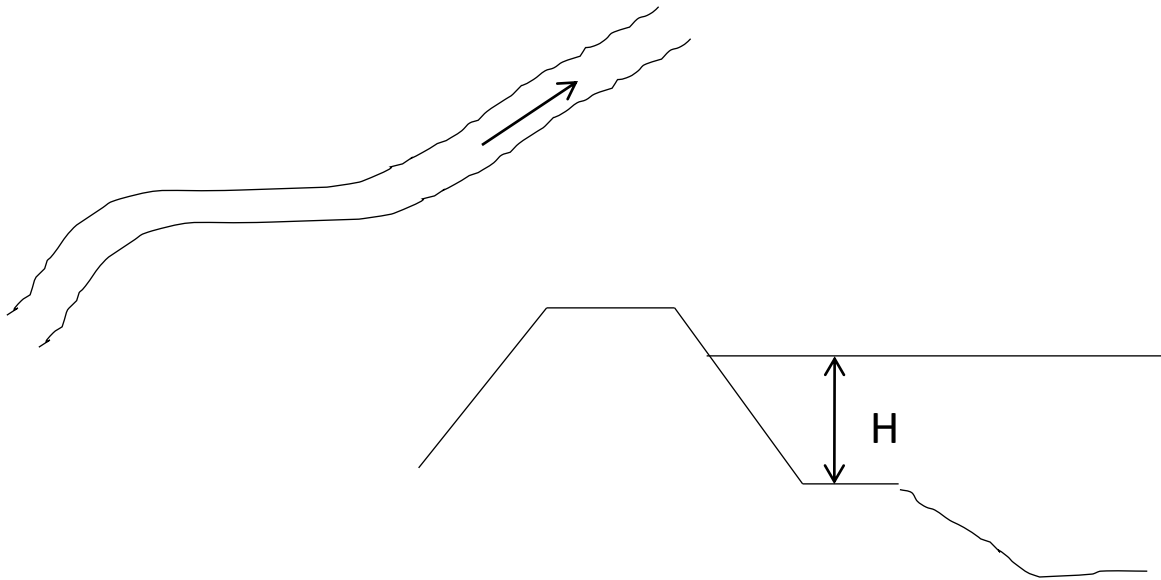
PENGENDALIAN BANJIR



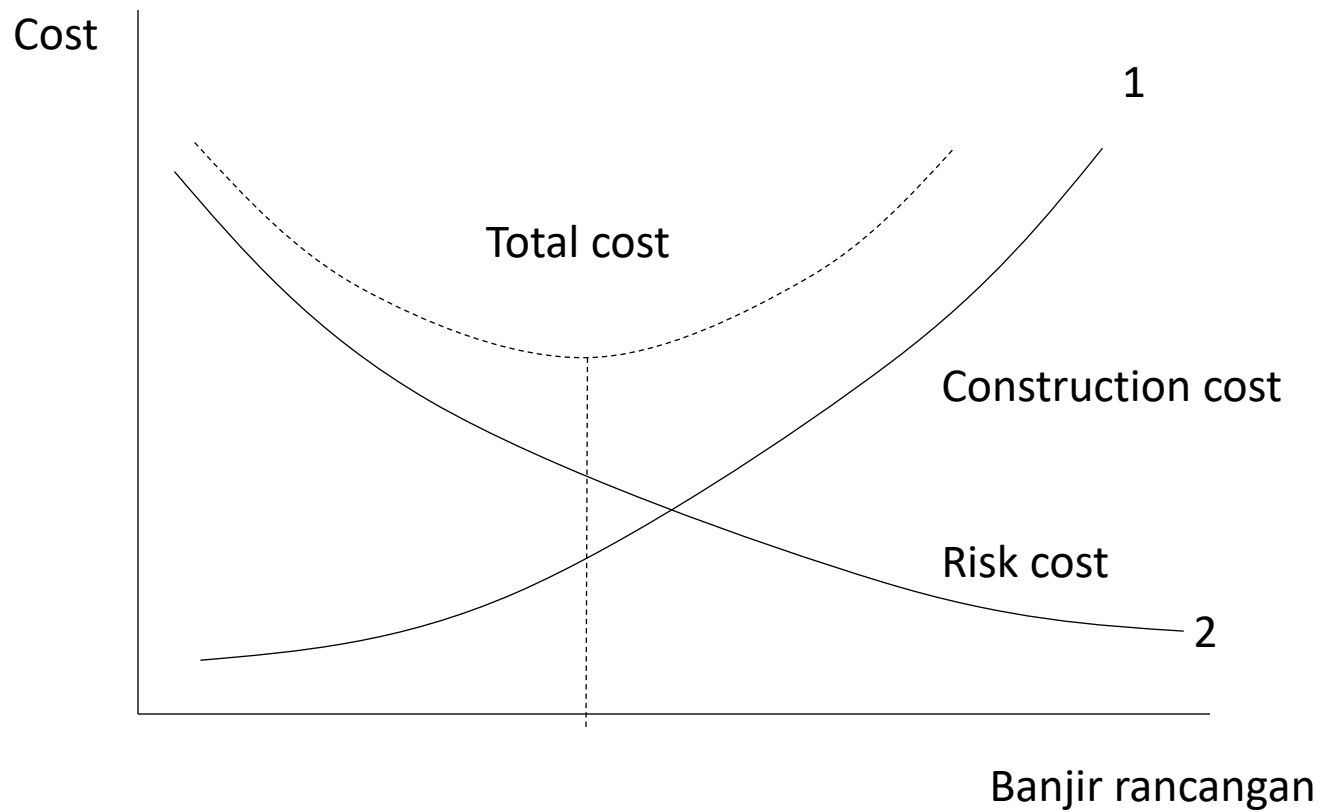
LANJUTAN

Persoalan perencanaan tanggul banjir :

- Debit banjir ?
- Tinggi tanggul yang optimal ?



DESAIN OPTIMAL



HUJAN (PRESIPITASI)

PENGERTIAN

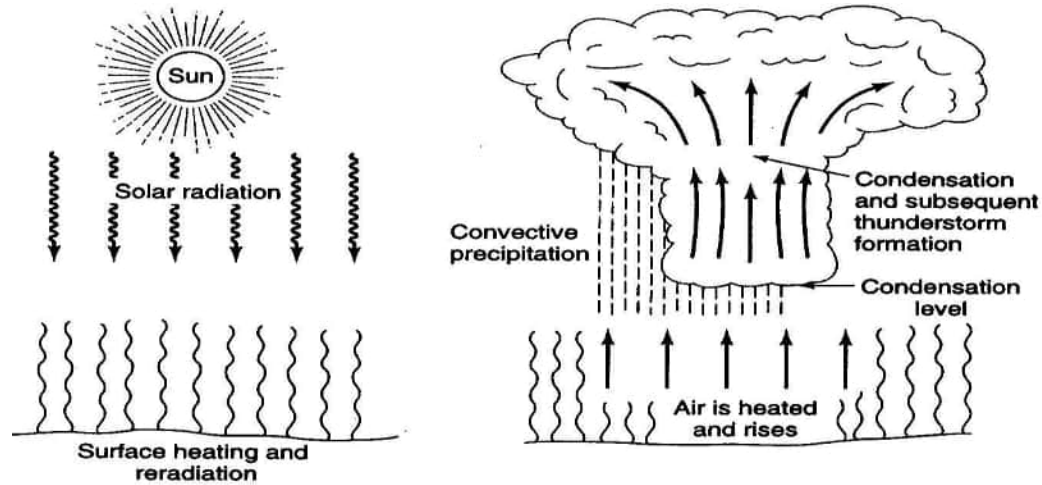
- Presipitasi adalah merupakan uap air yang terkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dg segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi
- Jika air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (*rainfall*) dan jika berupa padat disebut salju (*snow*).

SYARAT HUJAN

- Tersedia udara lembab
- Tersedia sarana sehingga terjadi kondensasi

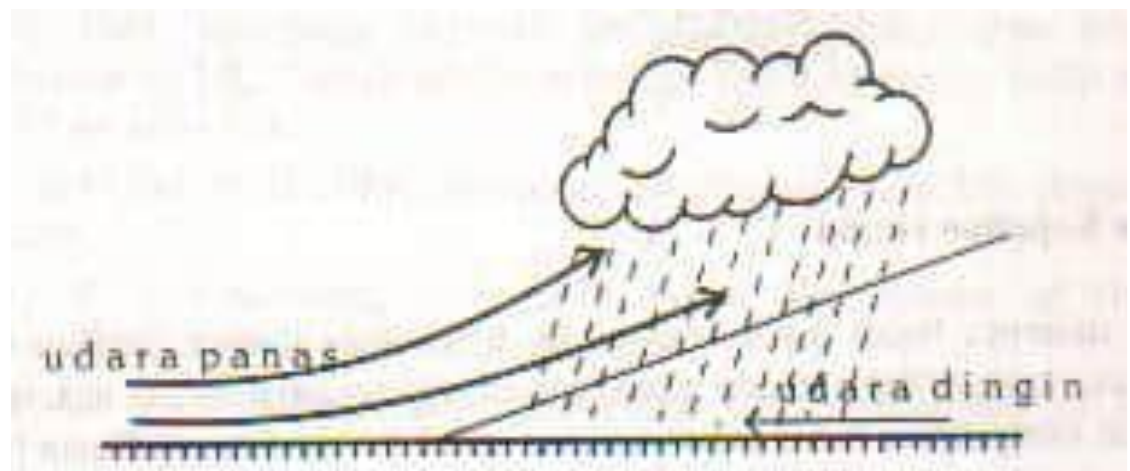
HUJAN KONVEKTIF

- Pemanasan setempat
- Intensitas tinggi
- Umumnya terjadi pada sore hari, dengan waktu yang singkat



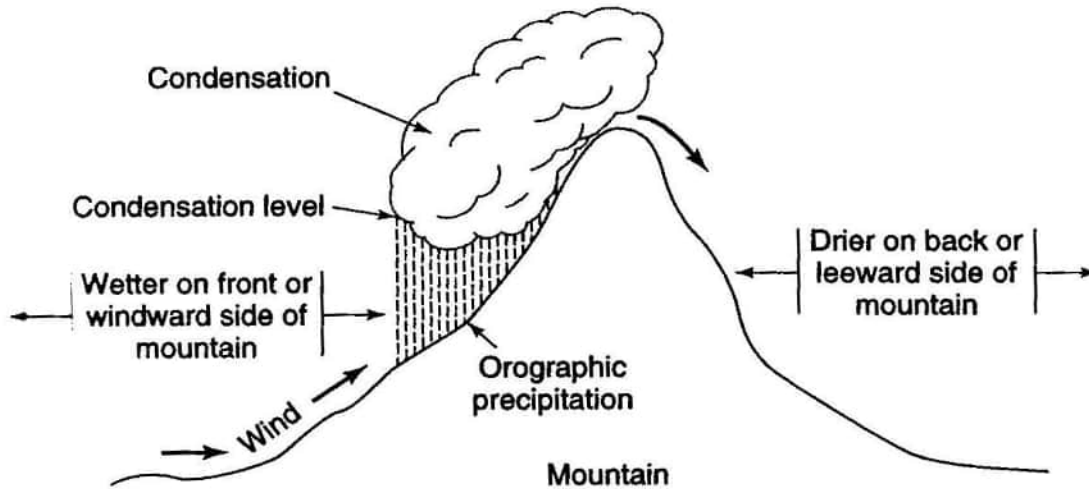
HUJAN SIKLON

- Gerakan udara panas di atas lapisan udara yang lebih rapat/dingin
- Intensitas sedang
- Daerah hujan luas
- Durasi hujan lama



HUJAN OROGRAFIK

- Gerakan udara ke atas karena terhalang gunung

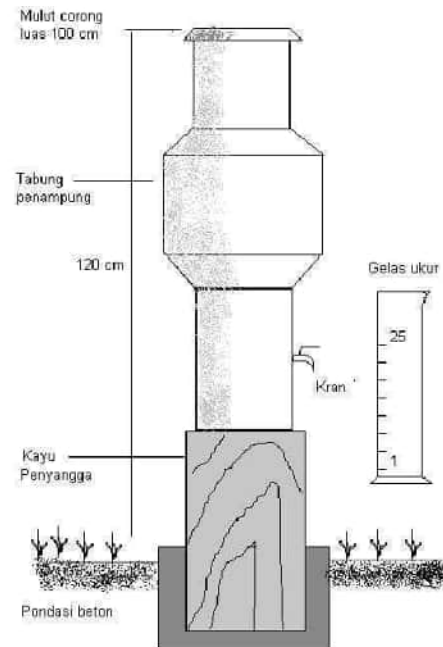


DURASI & INTENSITAS HUJAN

- **Durasi hujan**, adalah lama kejadian hujan (menitan, jam-jaman, harian) diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis.
- **Intensitas**, Jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu.

PENGUKURAN HUJAN

- **Alat ukur manual**, data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini adalah data hujan harian (diukur periode tertentu)



HASIL PENGKURAN

Ch harian

TANGGAL	BULAN											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGUST	SEP	OKT	NOP	DES
1	8	33	-	25	-	-	16	-	0	-	-	-
2	7	24	-	-	-	2	29	-	-	10	5	-
3	82	18	-	5	-	-	24	0	-	-	7	-
4	-	8	-	5	-	5	17	-	-	-	6	-
5	10	4	47	3	15	-	-	-	-	5	-	-
6	14	12	-	40	2	-	-	-	-	-	11	2
7	5	9	-	5	7	-	5	-	-	25	5	-
8	-	14	-	-	11	25	-	2	-	-	3	-
9	-	-	-	3	4	-	-	4	-	-	15	3
10	8	-	-	-	-	-	7	40	23	-	-	-
11	17	-	-	-	85	-	-	-	-	-	5	13
12	18	-	-	-	32	-	-	-	-	-	-	4
13	0	7	0	25	-	-	-	-	-	-	23	7
14	47	-	4	-	-	5	-	-	-	10	10	-
15	28	-	-	-	-	5	10	-	-	-	15	5
16	-	41	-	5	-	-	22	-	-	-	7	9
17	38	-	-	10	-	25	-	-	13	5	5	4
18	-	-	-	3	20	10	-	-	6	-	-	-
19	8	-	-	-	-	30	138	-	-	-	-	7
20	24	5	0	-	-	5	19	-	-	-	3	12
21	3	-	0	40	-	-	-	-	0	12	8	-
22	-	-	3	5	25	-	-	-	-	-	2	5
23	-	31	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
24	-	4	33	-	-	30	-	-	32	5	10	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	5	14
26	7	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	5
27	37	-	35	20	35	-	16	-	2	2	7	3
28	11	-	67	-	-	-	30	-	-	-	-	11
29	4	-	-	3	-	10	-	-	10	25	12	-
30	9	-	82	10	-	35	1	-	-	2	-	-
31	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	4
CH	385	210	298	207	241	192	334	46	86	109	164	108
HH	21	13	11	16	11	13	13	4	8	11	20	16
RATA2	18.3333	16.1538	27.0909	12.9375	21.9091	14.7692	25.6923	11.5	10.75	9.90909	8.2	6.75
MAX	82	41	82	40	85	35	138	40	32	25	23	14

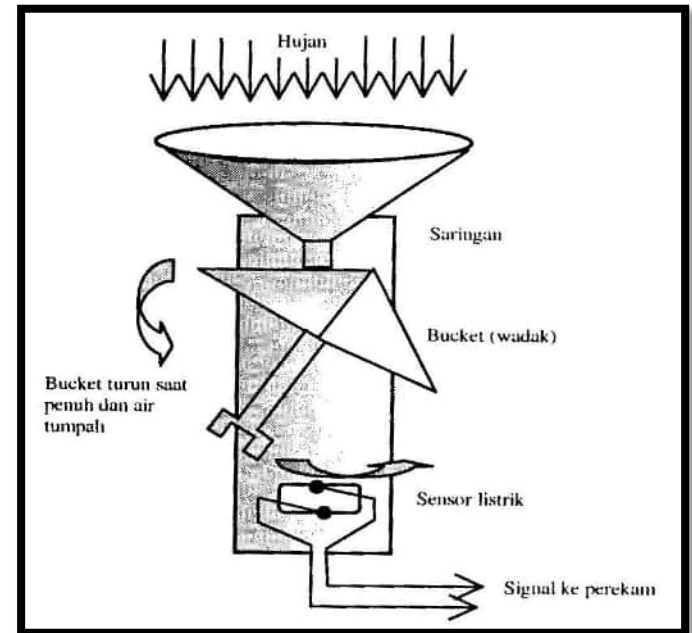
Ch bulanan

Ch harian max

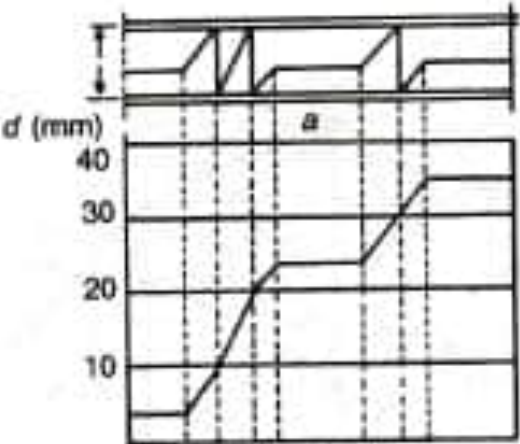
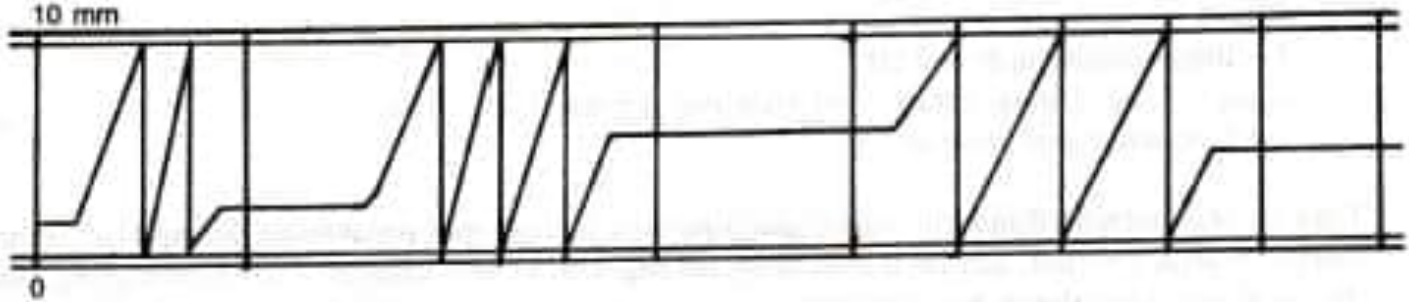
Ch tahunan = jumlah hujan selama 1 tahun

LANJUTAN

- **Alat ukur otomatis**, data yang diperoleh berupa data pencatatan secara menerus pada kertas pencatat yang dipasang pada alat ukur.



lanjutan

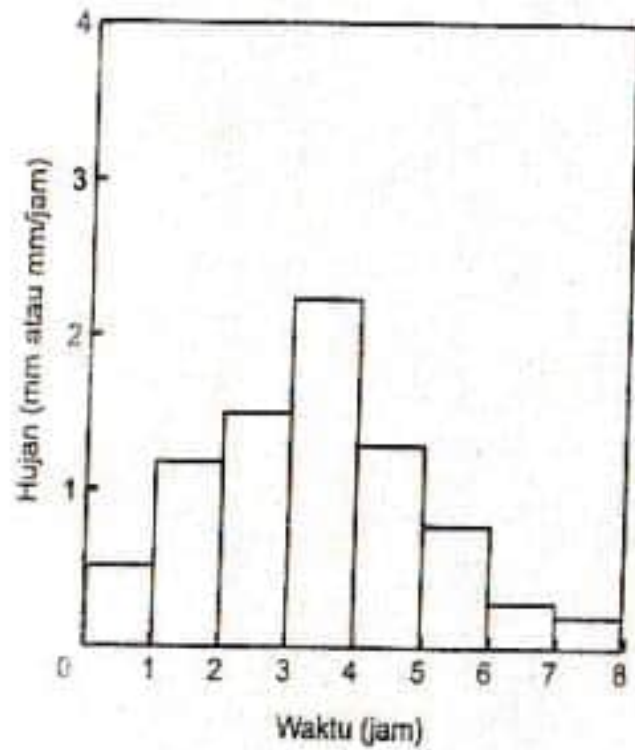


DISTRIBUSI HUJAN

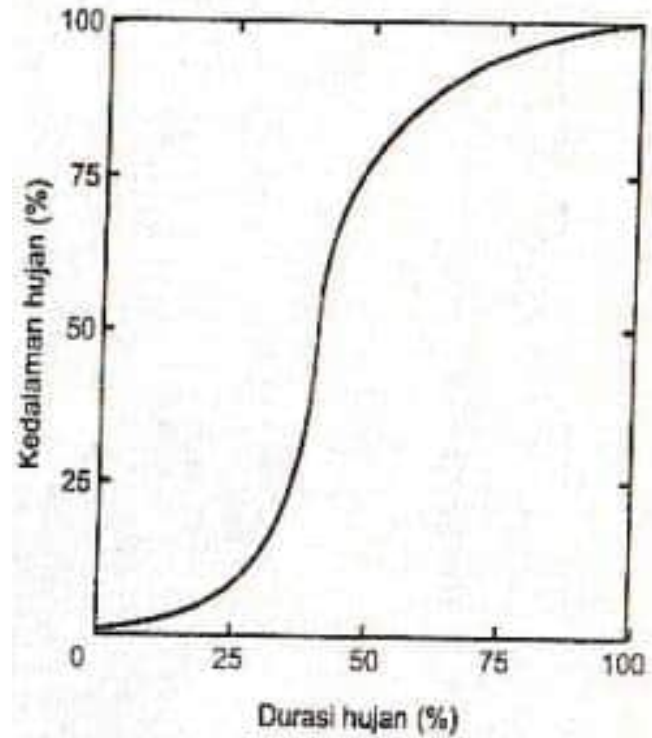
Distribusi hujan adalah grafik yang menggambarkan variasi kedalaman hujan selama terjadinya hujan yang dapat dinyatakan dalam bentuk diskret atau kontinyu

- **Distribusi hujan diskret, sering disebut hyetograph,** yaitu histogram kedalaman hujan atau intensitas hujan dengan penambahan waktu
- Distribusi hujan kontinyu, menggambarkan hubungan laju hujan komulatif sebagai fungsi waktu

LANJUTAN



Hyetograph



Distribusi hujan komulatif

KUALITAS DATA

Yang sering dijumpai di lapangan mengenai data hujan adalah sebagai berikut :

- Tidak lengkapnya data
- Banyak bagian-bagian data yang hilang atau rusak

Menghadapi kondisi tersebut terdapat dua langkah yang dapat dilakukan yaitu :

- ⦿ Membiarkan saja data yang hilang tersebut, karena dengan cara apapun data tersebut tidak akan dapat diketahui dengan tepat
- ⦿ Bila dipertimbangkan bahwa data tersebut “mutlak” diperlukan maka perkiraan data tersebut dapat dilakukan dengan cara berikut :

LANJUTAN

- Normal Ratio Method

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\frac{N_x P_a}{N_a} + \frac{N_x P_b}{N_b} \dots + \frac{N_x P_n}{N_n} \right]$$

P_x = hujan pada stasiun x yang diperkirakan

N_x = hujan tahunan di stasiun x

N_a = hujan tahunan di stasiun a

P_a = hujan di stasiun a yang diketahui

n = jumlah stasiun referensi

CONTOH

- Suatu DAS mempunyai luas 80 km² dan mempunyai 4 pos hujan X, A, B, C. Ada data hujan di pos X yang tidak tercatat seperti pada tabel berikut :

Pos hujan	Tinggi hujan (mm) 4 januari 2011	Hujan tahunan (mm)
X	-	2200
A	100	2500
B	120	2700
C	110	2600

SOLUSI

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\frac{N_x P_a}{N_a} + \frac{N_x P_b}{N_b} \dots + \frac{N_x P_n}{N_n} \right]$$

$$= 1/3 (((2200 \times 100)/2500) + ((2200 \times 120)/2700) + ((2200 \times 110)/2600))$$

$$= 122.28 \text{ mm}$$

LANJUTAN

- Reciprocal method

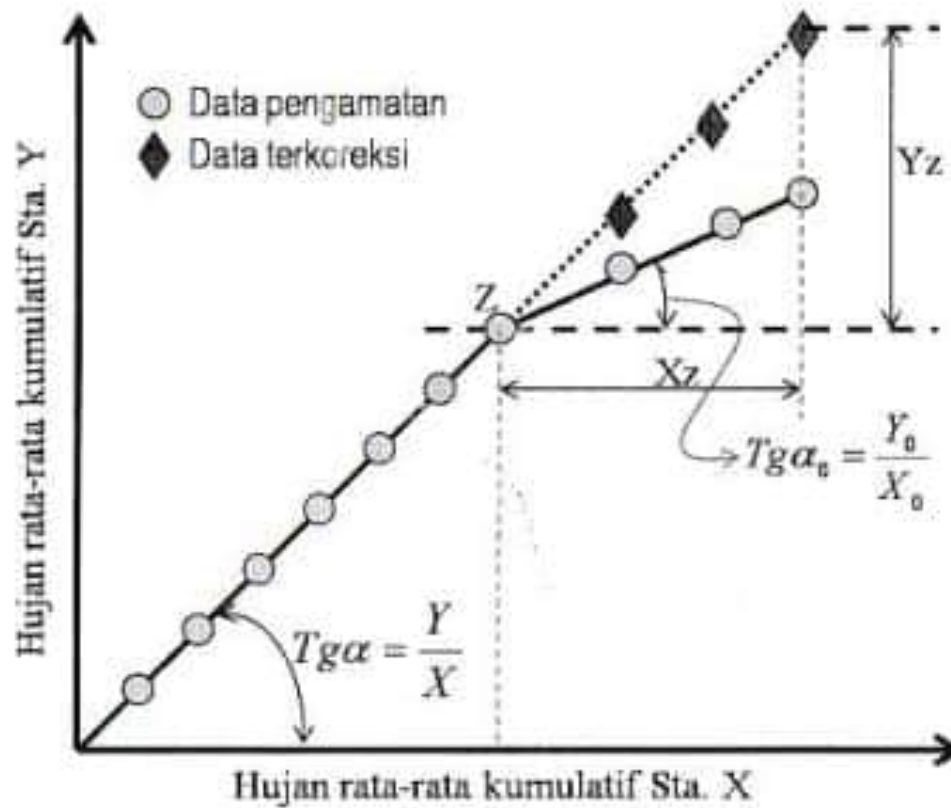
$$P_x = \frac{\frac{P_a}{(d_{xa})^2} + \frac{P_b}{(d_{xb})^2} + \frac{P_c}{(d_{xc})^2}}{\frac{1}{(d_{xa})^2} + \frac{1}{(d_{xb})^2} + \frac{1}{(d_{xc})^2}}$$

d_{xa} = jarak antar stasiun x dan stasiun acuan A

KURVA MASSA GANDA

- Kurva massa ganda digunakan untuk melakukan uji konsistensi data hujan. Dari pengujian tersebut dapat diketahui apakah terjadi perubahan lingkungan atau perubahan cara menakar.
- Jika hasil uji menyatakan data hujan di suatu stasiun konsisten, berarti pada daerah pengaruh stasiun tersebut tidak terjadi perubahan lingkungan dan cara menakar

LANJUTAN



LANJUTAN

Prosedur yang digunakan oleh “U.S.Environmental Data Service” untuk melakukan uji konsistensi data ini adalah menggunakan analisa kurva massa ganda sebagai berikut :

- Menghitung hujan tahunan untuk masing–masing stasiun.
- Menghitung rata-rata hujan tahunan untuk stasiun pembanding.
- Menghitung komulatif hujan tahunan untuk stasiun pembanding.
- Menghitung komulatif hujan tahunan untuk stasiun yang akan diuji.

lanjutan

- Melakukan penggambaran dalam bentuk diagram antara stasiun yang akan diuji dan stasiun pembanding, Stasiun yang akan diuji pada sumbu Y dan stasiun pembanding pada sumbu X.
- Melakukan analisa terhadap konsistensi data hujan dengan cara membuat garis lurus pada diagram dan melakukan analisa menentukan apakah ada perubahan slope atau tidak pada garis lurus yang dibuat pada diagram

lanjutan

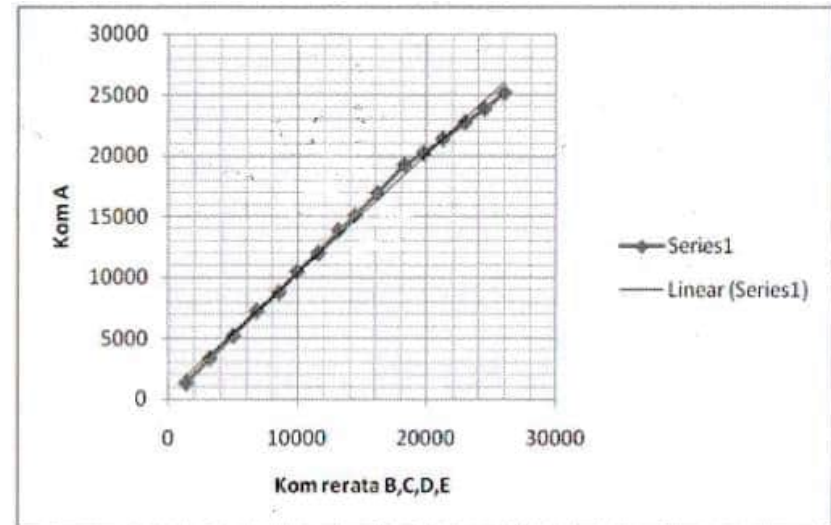
- Pengujian dengan metode ini akan memberikan hasil yang baik, jika dalam suatu DAS terdapat banyak stasiun hujan, karena dengan jumlah stasiun hujan yang banyak akan memberikan nilai rata-rata hujan tahunan sebagai pembandingan terhadap stasiun yang di uji lebih dapat mewakili secara baik. Oleh karena itu jumlah minimal stasiun hujan untuk pengujian ini adalah 3 stasiun hujan dan jika hanya terdapat 2 stasiun hujan atau bahkan 1 stasiun hujan, maka tidak dapat dilakukan pengujian konsistensi data hujan dan oleh karenanya kita asumsikan bahwa data yang ada adalah konsisten.

CONTOH

- Pencatatan hujan di 5 stasiun hujan di suatu DAS, seperti terlihat pada table berikut ini. Akan dilakukan uji konsistensi data hujan di stasiun hujan A, dengan menggunakan lengkung masa ganda

LANJUTAN

Tahun	Hujan Tahunan (mm)					Rerata St B,C,D,E	Kom Rerata B,C,D,E	Kom A
	A	B	C	D	E			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
2000	1375	1378	1286	1277	1483	1356	1356	1357
1999	2021	1561	1915	1987	1891	1839	3195	3378
1998	1874	1644	1994	1663	1991	1823	5018	5252
1997	2027	2025	1731	1558	1842	1789	6807	7279
1996	1517	1766	1567	1765	1835	1733	8540	8796
1995	1713	1253	1416	1579	1306	1389	9928	10509
1994	1523	1663	1229	1925	1796	1653	11582	12032
1993	1871	1298	1445	1667	1816	1557	13138	13903
1992	1214	1076	1310	1183	1594	1291	14429	15117
1991	1850	1545	1914	1603	1925	1747	16176	16967
1990	2336	1465	2494	2131	2222	2078	18254	19303
1989	950	1453	1469	1805	1262	1497	19751	20253
1988	1183	1597	1300	1386	1656	1485	21236	21436
1987	1341	1680	1618	1931	1681	1728	22963	22777
1986	1123	1235	1640	1541	1583	1500	24463	23900
1985	1314	1495	1228	1828	1590	1535	25998	25214

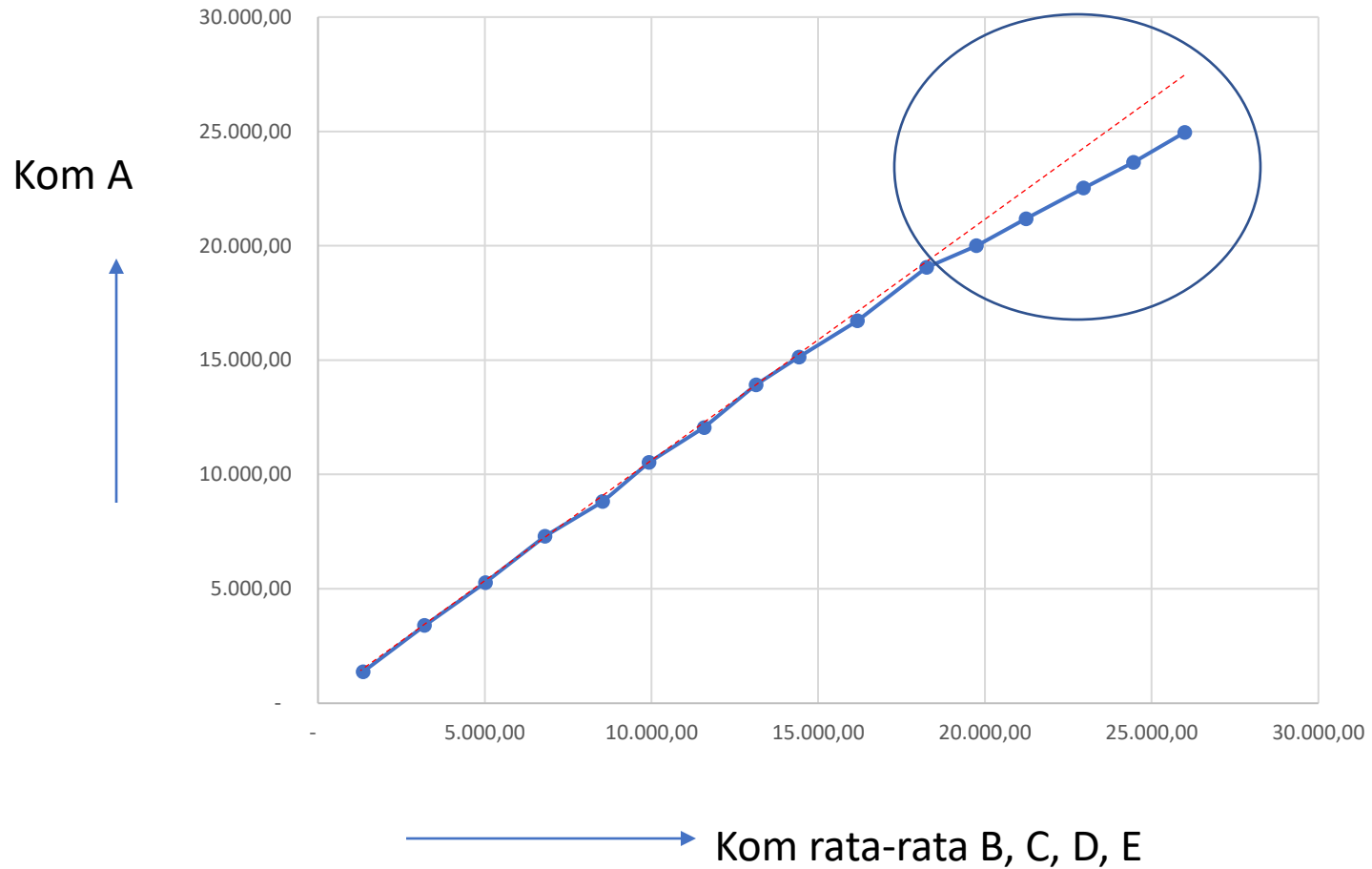


Tahapan yang dilakukan untuk uji konsistensi, antara lain:

1. Data hujan tahunan disusun mulai dari tahun terbaru (pencatatan data terbaru sebagai acuan).
2. Menghitung hujan rerata dari stasiun B, C, D, E (kolom 7).
3. Menghitung nilai kumulatif rerata dari stasiun B, C, D, E (kolom 8).
4. Menghitung nilai kumulatif rerata dari stasiun A (kolom 9).
5. Menggambar grafik hubungan antara kolom 8 dan kolom 9 (seperti Gambar 5.10)
6. Pada grafik di atas terlihat garis patah mulai tahun 1990 sehingga data mulai tahun 1990 ke depan perlu diperbaiki.
7. Gradien garis mulai tahun 2000 sampai dengan 1991 (garis acuan) = $(16967 - 1357) / (16176 - 1356) = 1,053$.
8. Gradien garis mulai 1990 s/d 1985 (garis yang patah) = $(25214 - 19303) / (25998 - 18254) = 0,763$.
9. Perbandingan gradien garis acuan dan garis patah = $1,053 / 0,768 = 1,35$.
10. Data sebelum tahun 1991 (mulai tahun 1990 ke depan) dikoreksi dengan dikalikan faktor koreksi 1,35.

LANJUTAN

UJI KONSISTENSI STASIUN A



INSTALASI ALAT PENAKAR HUJAN

- Memilih lokasi sehingga pengaruh kecepatan angin sekecil mungkin dan aliran udara yang melewati corong menjadi datar
- Penempatan stasiun hujan hendaknya berjarak paling dekat 4 kali tinggi rintangan terdekat
- Lokasi di lereng yang miring diusakan dihindari
- Di sekitar alat pengukur hujan sebaiknya ditanami rumput atau kerikil

CURAH HUJAN KAWASAN

Curah hujan yang digunakan untuk analisis perancangan adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang ditinjau, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Cara perhitungan hujan rata-rata (hujan wilayah) adalah sebagai berikut :

- Rata-rata aljabar
- Poligon Thiessen
- Garis isohyet

RATA-RATA ALJABAR

- Kurang teliti
- Cocok untuk DAS dengan variasi hujan tahunan kecil (DAS homogen)

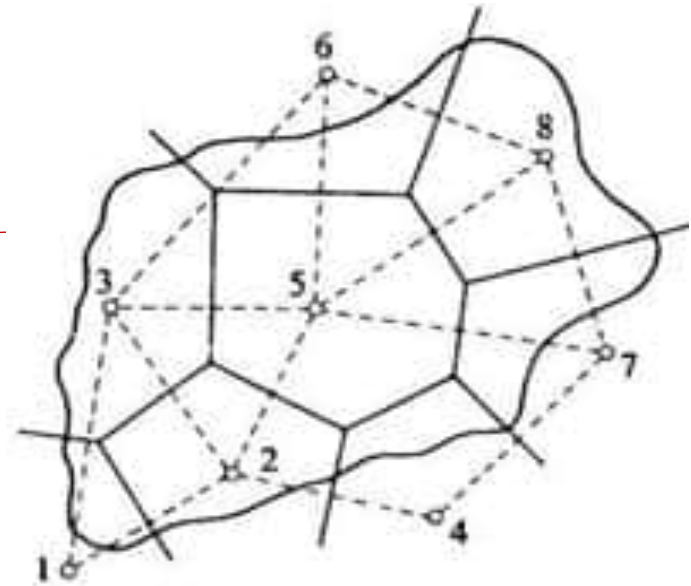
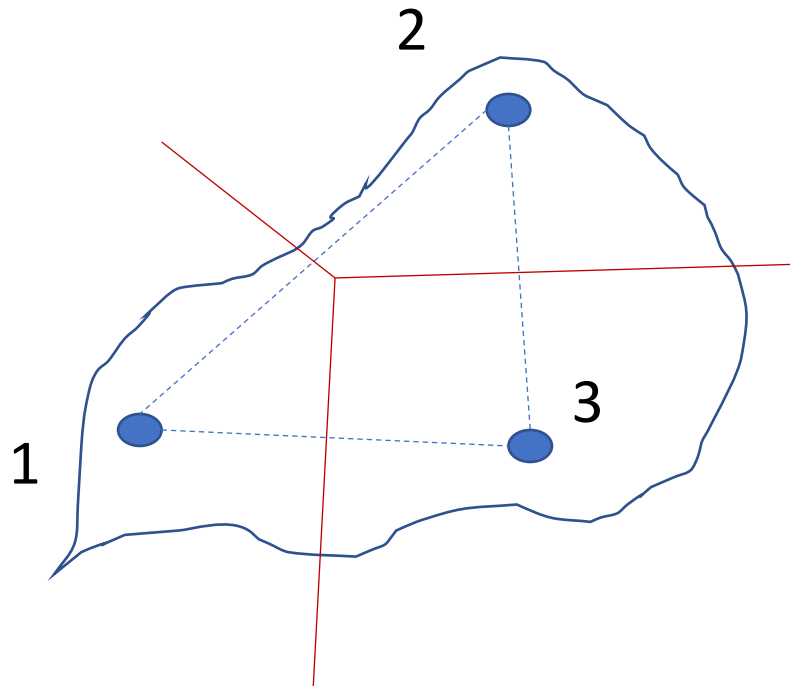
$$R_r = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

POLIGON THIESEN

- Paling sering digunakan
- Pengaruh luas diperhitungkan

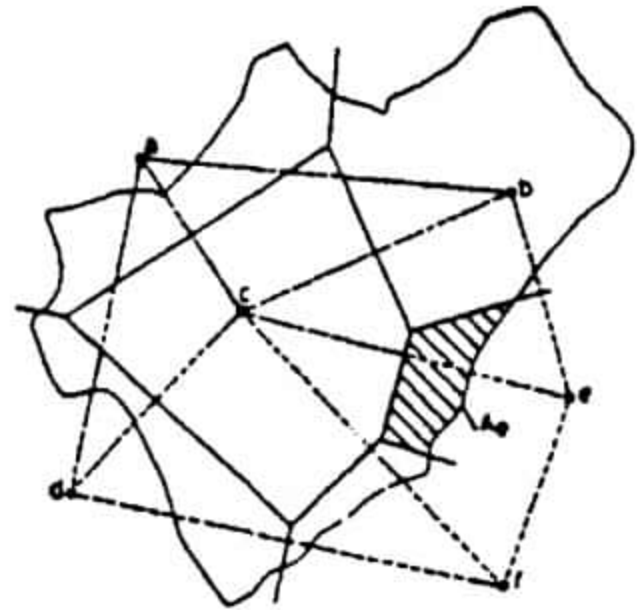
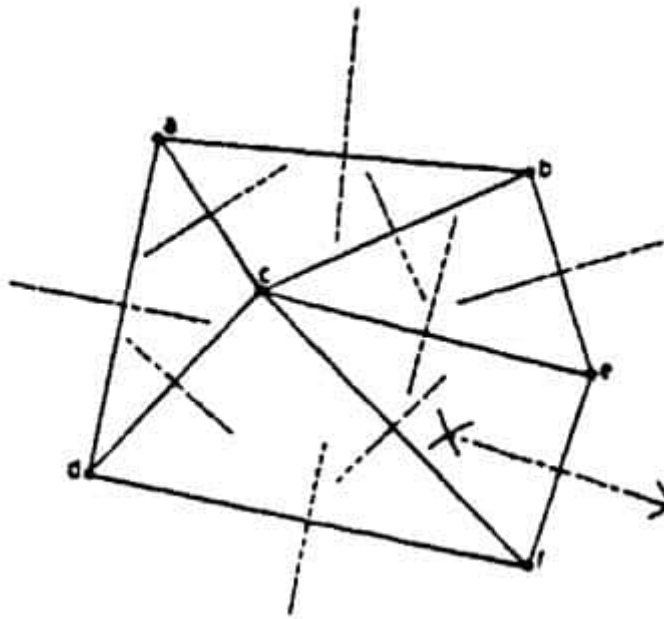
$$R_r = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

LANJUTAN



Cara poligon Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara rata-rata aljabar. Akan tetapi, penentuan titik-titik stasiun hujan akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat

LANJUTAN



GARIS ISOHYET

Peta isohyet digambar pada peta topografi berdasarkan data curah hujan pada titik-titik stasiun hujan di dalam dan di sekitar daerah yg ditinjau.

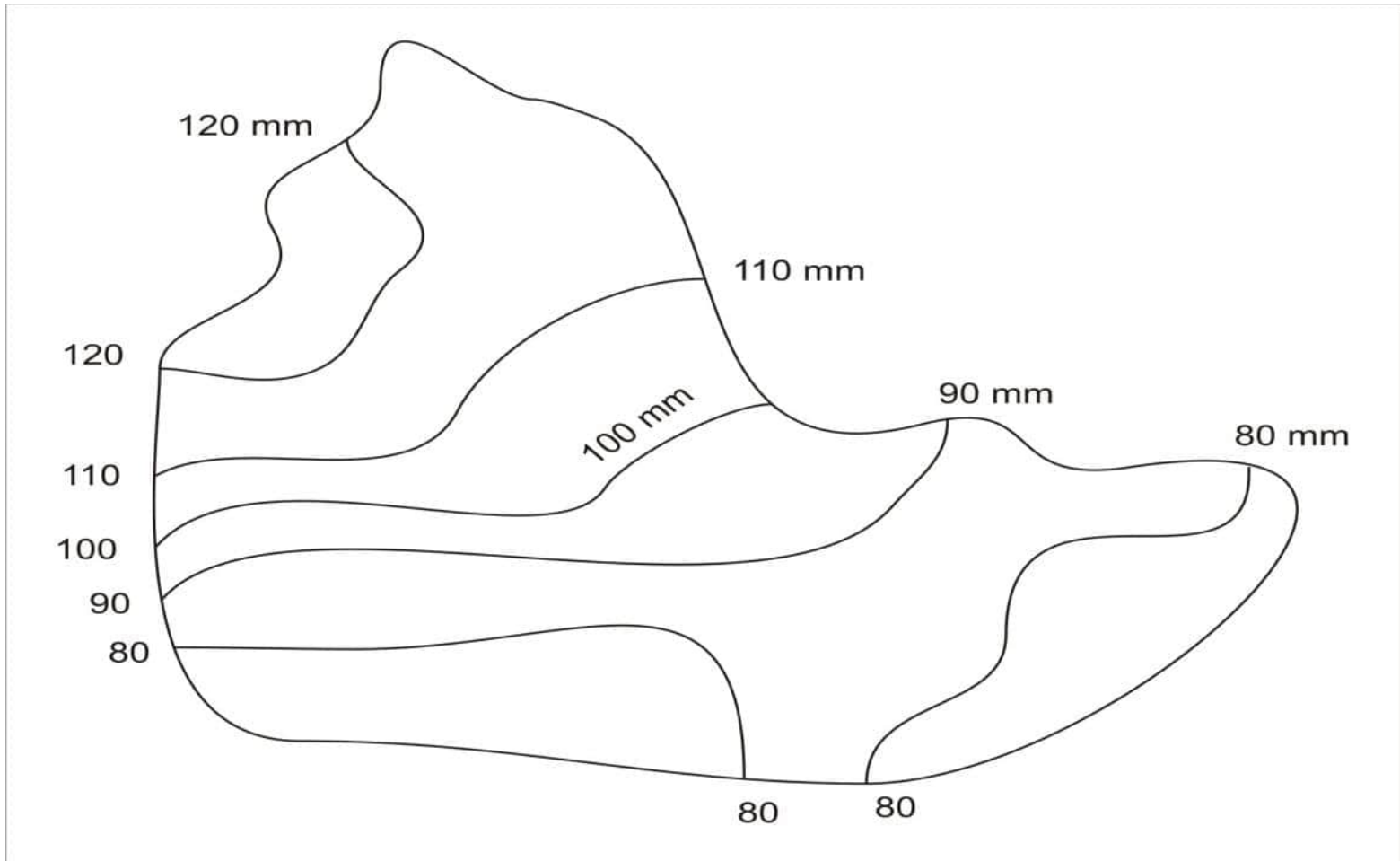
Luas bagian daerah antara dua garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula nilai rata-rata dari garis-garis isohyet yg berdekatan yg termasuk bagian-bagian daerah tsb dapat dihitung

LANJUTAN

- Curah hujan rata-rata suatu daerah dapat dihitung menggunakan metode garsi isohyet sbb

$$R_r = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n A_i \frac{P_i + P_{i+1}}{2}$$

LANJUTAN



PEMILIHAN METODE

Pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut:

1. Jaring-jaring stasiun hujan dalam DAS
2. Luas DAS
3. Topografi DAS

LANJUTAN

1. Jaring-jaring stasiun hujan

Kondisi Jaring-Jaring Stasiun Hujan	Metode yg Cocok
Jumlah stasiun hujan cukup	Metode isohyet, Thiessen atau rata-rata aljabar dapat dipakai
Jumlah stasiun hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau Thiessen
Stasiun hujan tunggal	Metode hujan titik

LANJUTAN

2. Luas DAS

Luas DAS	Metode yg Cocok
DAS besar ($> 5.000 \text{ km}^2$)	Metode isohyet
DAS sedang (500 s/d 5.000 km^2)	Metode Thiessen
DAS kecil ($< 500 \text{ km}^2$)	Metode rata-rata aljabar

LANJUTAN

3. Topografi DAS

Topografi DAS	Metode yg Cocok
Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode isohyet

JARINGAN PENGUKURAN HUJAN

- Menurut World Meteorological Organisation (WMO), memberikan pedoman kerapatan jaringan minimum di beberapa wilayah seperti table berikut :

Daerah	Kerapatan jaringan minimum (km ² /sta)
Daerah datar beriklim sedang, laut tengah dan tropis	
Kondisi normal	600-900
Daerah pegunungan	100-250
Pulau-pupau kecil bergunung (<20.000 km ²)	25
Daerah kering dan kutup	1.500-10.000

JUMLAH STASIUN OPTIMUM

$$N = \left(\frac{C_v}{E} \right)^2$$

$$C_v = \frac{100\sigma}{\bar{p}}$$

$$\sigma = \left[\frac{n}{n-1} \left\{ \bar{p}^2 - (\bar{p})^2 \right\} \right]^{1/2}$$

$$\bar{p} = \frac{\sum p}{n} \quad \text{dengan:}$$

N : jumlah stasiun hujan

C_v : koefisien variasi hujan didasarkan pada stasiun hujan yang ada

E : persentasi kesalahan yang diijinkan

p : hujan rerata tahunan

\bar{p} : hujan rerata dari n stasiun

n : jumlah stasiun hujan yang ada

σ : standar deviasi

CONTOH

Dalam DAS terdapat 3 stasiun hujan, hujan rata-rata tahunan di ketiga stasiun tersebut berturut-turut 1800, 2200 dan 1300, tentukan jumlah optimum stasiun hujan di DAS tersebut, jika kesalahan yang diijinkan 10 %

CONTOH

Menghitung hujan rerata:

$$\bar{p} = \frac{\Sigma p}{n} = \frac{1800 + 2200 + 1300}{3} = 1767 \text{ mm}$$

$$\bar{p}^2 = \frac{\Sigma p^2}{n} = \frac{1800^2 + 2200^2 + 1300^2}{3} = 3.256.667$$

$$\sigma = \left[\frac{n}{n-1} \{ \bar{p}^2 - (\bar{p})^2 \} \right]^{1/2} = \left[\frac{3}{2} \{ 3.256.667 - 1767^2 \} \right]^{1/2} = 449$$

$$C_v = \frac{100\sigma}{\bar{p}} = \frac{100 \times 449}{1767} = 25,4$$

$$N = \left(\frac{C_v}{E} \right)^2 = \left(\frac{25,4}{10} \right)^2 = 6,46 \approx 7$$

CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM RATA-RATA

- Perhitungan data hujan maksimum harian rata-rata DAS harus dilakukan secara benar, misalnya untuk analisis frekuensi
- Dalam praktek sering kita jumpai perhitungan yang kurang pas, yaitu dengan cara mencari hujan maksimum harian setiap pos hujan dalam satu tahun, kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan hujan DAS. Cara ini tidak logis karena rata-rata hujan dilakukan atas hujan dari masing-masing stasiun hujan yang terjadi pada hari yang berlainan. Hasilnya akan jauh menyimpang dari yang seharusnya

LANGKAH-LANGKAH

1. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di stasiun hujan 1
2. Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk stasiun hujan lainnya
3. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yg terpilih (rata-rata aljabar, poligon Thiessen, garis isohyet, dsb)
4. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk stasiun hujan yg lain.

LANJUTAN

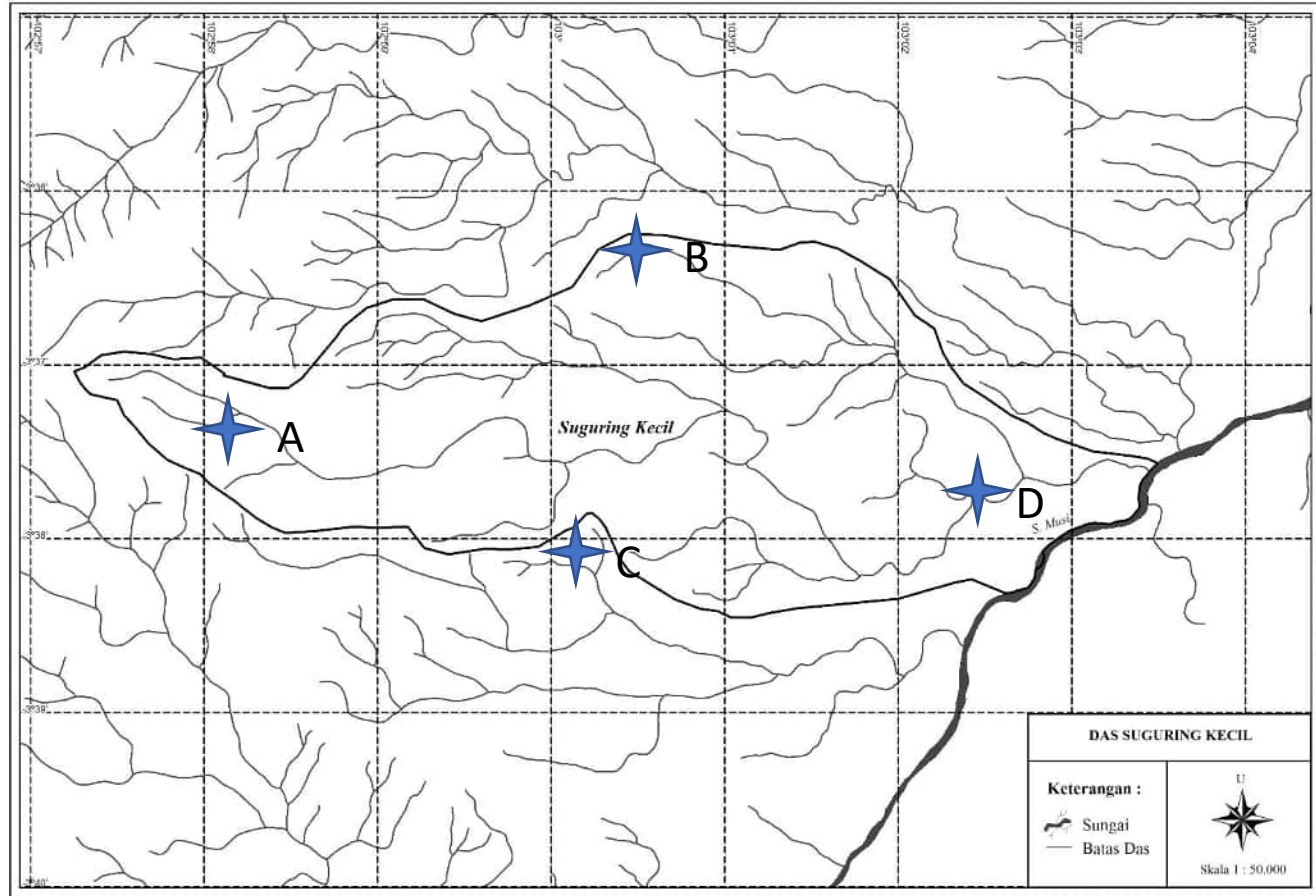
5. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk setiap tahun
6. Dari hasil rata-rata yang diperoleh, dipilih yang tertinggi setiap tahun.

LANJUTAN

Tahun	Bulan	Tanggal	Sta 1	Sta 2	Sta 3	Hujan harian rata2	Hujan harian rata2 maksimum
2009	3	28	150	115	86	123.50	123.50
	1	16	21	120	38	54.95	
	2	26	2	7	126	34.50	

SOAL LATIHAN BAB HUJAN

Diketahui DAS sebagai berikut



Stasiun hujan

KETENTUAN UMUM

- Penggambaran DAS dilakukan secara manual di atas milimeter block, ukuran (scala) bebas yang penting wajar, bentuk sebangun
- Penggambaran polygon Thiesen dilakukan secara manual
- Data hujan yang nilainya tidak 0, ditambah 2 no mhs terakhir
- Tugas dikumpulkan sebelum pertemuan ke 3
- Tugas dikerjakan masing-masing mahasiswa (tugas individu)
- Tugas dikerjakan tulis tangan

LANJUTAN

- Bila A, B, C, D, E adalah stasiun penakar hujan yang terdapat ada DAS tersebut,
- Gambargan polygon Thyesen pada DAS tersebut
- Hitung hujan rata-rata maksimum untuk masing-masing tahun, dengan menggunakan rata-rata aljabar dan polygon Thiessen

STASIUN A

2016

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	65	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
2	0	5	0	0	15	0	92	0	0	0	34	0
3	0	7	0	0	27	0	0	7	0	0	13	0
4	17	0	0	0	45	0	0	5	0	0	0	4
5	0	0	3	0	0	12	0	10	0	0	0	0
6	0	0	0	30	19	26	0	0	0	0	32	30
7	0	0	0	0	28	0	0	3	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	46	9
9	26	0	0	10	11	0	0	0	0	0	0	13
10	7	0	4	0	0	0	62	0	0	0	0	0
11	21	0	0	8	0	0	0	25	0	0	12	0
12	14	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	54
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	19
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	8	47	6	0	0	0	0	0	0	25	9	15
16	56	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	3	0	0	50	5	0
18	0	0	0	3	0	16	6	0	0	14	12	0
19	36	0	0	40	0	37	0	0	0	0	0	21
20	0	0	15	32	2	0	0	0	9	15	3	13
21	7	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0
22	4	0	0	65	0	19	0	0	0	75	0	0
23	16	0	1	92	0	19	0	0	0	0	24	42
24	0	0	0	61	0	24	0	0	0	15	0	0
25	0	0	20	0	0	10	0	0	0	0	0	0
26	42	0	0	10	0	21	13	0	0	0	0	18
27	7	0	0	0	0	14	0	18	0	25	0	14
28	28	0	0	0	0	0	21	0	0	0	5	0
29	5		0	0	16	0	11	0	0	0	0	0
30	0		0	0	0	11	10	0	0	0	0	35
31	42		0		0	0	5		0	0	0	23

2018

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	4	15	0	0	0	15	0	0	0	0	0	55
2	31	11	44	0	35	6	0	0	0	0	37	0
3	0	21	6	50	0	0	0	10	22	0	0	0
4	0	0	0	0	37	0	0	0	0	8	0	72
5	15	45	0	7	0	0	0	11	3	0	0	0
6	0	0	4	11	45	0	0	0	0	0	28	25
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	49	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	15
9	12	6	7	21	25	0	0	0	0	0	4	0
10	0	3	2	6	23	0	25	21	0	0	12	0
11	9	0	0	9	25	0	0	0	5	0	0	25
12	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	11
13	0	19	0	0	27	0	0	0	0	16	50	0
14	8	0	0	0	0	44	19	7	0	0	0	0
15	0	0	83	0	25	0	25	0	0	21	0	0
16	0	19	0	0	25	0	0	0	0	16	13	0
17	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	35
18	13	6	50	0	0	0	0	0	3	0	0	25
19	15	9	0	21	0	0	0	16	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	21	0	0	11	0	20
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	15	50	0	0	0	0	2	8	0	26	0	23
23	0	0	48	0	0	0	14	2	0	0	23	0
24	27	0	0	14	0	0	0	4	2	0	18	14
25	50	0	0	0	0	7	0	37	0	0	0	15
26	26	54	26	0	0	0	21	0	13	0	51	21
27	6	0	7	0	0	0	46	7	0	150	0	0
28	0	0	0	13	0	0	3	6	0	0	0	6
29	16		13	0	0	0	5	2	0	18	0	0
30	0		0	12	0	0	53	0	0	0	2	11
31	0		0		0		21	0		0		17

2019

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	4	0	16	25	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7	0	19	0	10	0	0	0	0	0	0	21
3	0	0	21	16	0	0	0	0	0	0	0	3
4	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
5	16	0	11	0	5	0	0	0	0	5	0	11
6	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7	0	0	0	25	9	0	0	0	0	0	0	14
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
9	0	21	32	0	0	0	0	0	0	0	9	0
10	0	0	0	9	10	0	0	0	0	0	0	21
11	0	0	12	0	13	0	0	0	0	0	0	47
12	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	54
13	0	26	16	50	2	0	0	0	0	0	0	38
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
15	0	31	6	42	0	0	0	0	0	0	0	41
16	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	21
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
18	0	8	0	71	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	25	62	15	0	0	0	0	0	0	0	10
20	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	5
22	0	28	0	113	0	0	0	0	0	0	0	12
23	24	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0	2
24	0	27	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	20	25	139	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	15
27	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	21	21	4	0	0	0	0	0	0	46	5
29	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	10	0
30	0		75	13	0	0	0	0	0	0	20	0
31	0		0	0		0	0	0	0	0	0	7

2020

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	46	4	0	0	12	13	0	0 -		8	0	0
2	32	27	0	73	0	40	25	0 -		16	0	0
3	9	0	0	21	0	5	12	0 -		0	17	0
4	0	0	0	0	0	0	17	0 -		0	14	0
5	3	0	0	0	0	16	27	0 -		6	29	19
6	0	42	0	59	0	29	15	0 -		10	0	0
7	0	9	0	35	0	0	0	0 -		57	0	0
8	0	19	0	0	0	15	0	14 -		0	8	0
9	0	25	0	23	0	21	0	18 -		0	0	42
10	0	0	0	0	0	69	8	5 -		0	5	0
11	0	0	0	0	0	62	16	0 -		21	10	0
12	0	0	0	0	0	0	24	0 -		0	10	0
13	10	0	0	0	0	2	37	39 -		22	7	0
14	13	17	0	4	0	0	0	29 -		0	0	14
15	0	0	0	7	0	85	0	12 -		14	0	13
16	15	0	10	0	0	63	0	0 -		0	0	28
17	0	0	0	5	0	0	0	0 -		10	36	12
18	0	9	0	0	0	0	0	13 -		0	0	0
19	10	0	5	0	0	0	0	0 -		35	11	0
20	35	25	0	0	12	0	0	2 -		14	0	19
21	5	29	0	0	44	0	0	0 -		0	0	5
22	0	36	10	8	0	0	0	0 -		0	0	15
23	0	15	5	16	0	0	0	0 -		0	0	0
24	16	14	11	0	0	0	0	0 -		0	0	21
25	0	0	0	14	0	0	0	0 -		0	0	72
26	25	0	25	10	0	0	0	0 -		0	0	16
27	0	0	45	20	0	0	0	3 -		0	0	0
28	54	0	5	0	0	10	0	16 -		0	0	23
29	0		0	9	0	5	0	15 -		0	0	53
30	75		17	0	0	0	0	0 -		0	0	27
31	19		0		18		0	0 -				0

2021

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	11	82	0	26	27	32	21	0	0	0	0	0
2	0	29	0	24	2	0	15	0	0	0	0	0
3	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36	0	0	12	0	3	10	6	0	0	0	0
5	5	0	12	0	15	0	9	0	1	0	0	16
6	0	16	5	0	0	0	0	11	0	0	0	28
7	23	0	9	0	15	1	0	3	0	0	0	0
8	0	0	11	0	0	0	5	20	33	0	0	9
9	0	0	1	0	1	0	0	0	8	0	0	0
10	0	0	0	22	0	2	0	0	0	0	0	0
11	32	5	0	0	0	23	0	0	0	56	10	4
12	64	0	0	5	1	0	8	0	0	0	0	0
13	7	0	42	0	0	15	0	0	0	0	0	0
14	16	14	5	26	0	0	4	0	0	0	5	58
15	0	0	20	0	0	4	0	14	0	0	20	0
16	0	11	11	74	0	38	0	26	0	9	0	0
17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0
18	3	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	13
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
20	0	52	0	0	22	1	0	0	0	3	0	0
21	25	0	12	0	0	30	0	0	0	0	0	10
22	0	0	2	8	0	0	0	0	0	113	0	0
23	10	0	13	25	3	0	0	0	0	27	0	0
24	57	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
25	0	39	0	50	0	15	0	0	0	31	0	23
26	35	0	26	0	0	0	0	0	49	0	0	41
27	5	0	0	0	0	0	0	0	23	0	15	0
28	25	0	0	22	0	0	0	0	0	2	64	1
29	15		0	0	2	35	0	0	0	0	3	10
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
31	0		0	0	0	0	0	0	0	7	0	0

2022

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0,0	67,0	0,0	25,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0
2	0,0	23,0	32,0	19,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
3	5,0	40,0	20,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0
4	0,0	0,0	2,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0
5	24,0	0,0	36,0	55,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0
6	0,0	40,0	12,0	11,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	9,0	4,0	30,0	16,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	12,0	15,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	14,0	0,0	11,0	16,0	44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
10	0,0	10,0	13,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0
11	0,0	20,0	21,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
13	1,0	20,0	71,0	2,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	14,0
16	0,0	0,0	10,0	93,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	11,0
17	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	20,0
18	0,0	0,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0
19	21,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	15,0
21	0,0	9,0	0,0	13,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0
23	40,0	0,0	4,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	2,0	0,0	56,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	44,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
28	11,0	0,0	0,0	40,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0
29	45,0		2,0	0,0	85,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	5,0
30	0,0		0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
31	11,0		0,0		0,0		0,0	0,0		3,0		0,0

STASIUN B

2020

Tgl	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	18	2	-	-	-	-	-	-	5	1	-	-
2	16	42	-	-	-	0	5	-	20	13	-	4
3	2	-	8	47	1	16	32	1	5	7	4	-
4	0	0	-	-	-	30	9	27	-	-	-	8
5	1	6	-	3	-	3	9	-	-	4	2	20
6	-	36	-	3	-	27	-	-	11	7	2	0
7	-	9	3	15	-	10	-	-	-	-	-	-
8	1	16	11	1	-	8	49	-	8	27	-	0
9	-	9	4	1	-	1	0	-	3	2	1	28
10	2	2	27	0	-	30	-	-	-	4	1	-
11	28	12	0	-	-	58	-	0	11	31	-	23
12	-	-	8	2	0	1	6	-	0	0	12	-
13	1	1	0	23	-	-	40	-	1	-	-	-
14	-	-	-	17	-	0	22	-	15	-	-	-
15	-	1	-	-	1	29	-	1	-	3	0	1
16	12	-	-	-	1	-	-	26	-	-	1	4
17	-	11	18	1	-	-	-	2	-	48	7	37
18	-	1	17	5	-	1	-	-	11	3	-	10
19	-	-	10	-	-	-	-	14	-	-	-	-
20	24	4	10	33	-	-	-	2	-	79	122	-
21	10	8	1	-	3	0	-	1	-	34	35	0
22	-	43	2	-	4	-	-	-	-	-	30	-
23	1	69	24	-	11	-	-	1	2	2	-	0
24	4	7	11	6	-	-	-	-	-	0	31	50
25	31	-	57	1	1	-	-	-	-	-	1	0
26	41	-	-	-	3	25	1	0	-	-	12	32
27	-	-	26	54	0	0	-	8	33	-	-	60
28	27	13	10	1	25	1	-	2	-	2	-	9
29	4	-	0	8	3	8	-	6	-	-	17	6
30	21	-	-	10	-	3	-	9	-	-	36	4
31	1	-	60	-	4	-	-	0	-	36	-	42.7

2021

Tgl	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	-	-	15.5	-	21.5	-	-	-	1.7	-	4	59
2	21	-	7.6	-	-	-	-	9.6	TTU	26	53	TTU
3	0.8	37.5	1.3	20.5	0.2	6.6	-	46.2	0.3	0.3	37	44
4	26.5	-	-	0.5	-	-	-	5.5	-	3.7	-	-
5	14.3	5.5	25	1.3	-	1	-	-	30.5	1.3	0.2	TTU
6	75	1.8	6	-	-	2.6	-	-	-	-	27.5	1.3
7	0.5	-	1	-	2	10	-	-	9.4	96	5.2	18.6
8	-	43	35.5	26.5	5	-	-	-	52	-	-	9.6
9	0.3	9	-	70.5	-	1	-	14.5	-	38.5	5.5	-
10	11.9	-	59	-	-	-	-	-	-	-	26	10.5
11	-	-	0.2	2.3	0.2	-	-	6.5	-	47	-	24
12	2.2	0.8	16.6	-	10.5	20	-	-	TTU	0.8	85	-
13	-	-	-	3.1	23.3	-	-	-	-	5.8	15	-
14	-	1	90.5	22	0.1	42.5	-	-	5.5	-	30	10
15	-	-	-	4.5	-	71.3	-	-	1	9.8	3.5	-
16	44.1	-	6.7	63	-	0.5	-	-	10.5	-	-	30
17	-	7.2	4.5	58	-	-	16	-	TTU	0.4	-	10
18	-	0.5	-	15	56	2.5	3	-	-	44	19	-
19	-	57	-	1	7.6	-	-	-	-	-	-	10
20	7.5	4	-	5	-	-	1.5	-	-	-	63	2
21	-	-	2.6	63	-	-	44.5	-	-	18.5	3.5	-
22	4.6	7	-	-	6.5	-	-	1.2	2.2	70	28	8.7
23	9.5	22	1.2	-	0.5	-	-	-	-	-	2	110
24	1.5	-	-	-	-	-	0.1	-	-	22.5	21.8	21
25	20.5	2	40.7	27.5	0.2	-	-	-	1	-	0.3	17
26	98.5	18	7	-	10	11.5	0.6	-	13	0.5	12	-
27	5.5	1	-	-	-	-	-	-	-	3	10	-
28	8.9	-	3	13	-	-	-	12	-	-	2.5	7
29	0.4	-	-	-	0.9	-	-	-	2.2	2	70	2
30	73	-	5	19	-	-	4.3	11.3	2	89	-	30
31	0.8	-	7	-	-	-	6.7	41	-	-	-	48.2

2022

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	0	18
2	18	0	0	0	21	0	0	0	0	10	0	0
3	13	0	12	13	0	0	0	40	0	0	4	27
4	0	3	0	19	0	0	0	0	10	0	0	0
5	0	6	33	0	6	0	0	28	0	6	23	11
6	24	0	0	23	0	19	0	0	0	41	8	8
7	9	10	3	0	0	6	0	0	0	38	7	37
8	0	41	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
9	28	0	8	107	0	0	0	0	0	30	0	6
10	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	24
11	0	0	20	39	0	0	0	0	0	0	0	13
12	0	12	9	2	0	4	0	10	3	27	7	0
13	9	0	0	0	0	0	0	0	8	12	0	27
14	0	0	25	25	18	5	0	0	0	29	0	47
15	0	5	0	0	0	0	0	0	6	58	9	5
16	0	0	0	31	0	4	28	0	16	0	13	16
17	14	8	0	21	14	0	15	0	0	0	5	28
18	8	0	0	0	19	0	0	0	0	121	11	9
19	0	9	25	63	5	0	0	0	0	0	0	34
20	23	8	28	0	0	0	1	0	0	3	0	21
21	7	0	0	3	0	0	0	0	0	21	22	6
22	3	10	0	0	13	0	0	80	0	4	3	18
23	0	29	23	0	3	0	0	7	0	7	12	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	7
25	5	0	41	0	0	9	0	0	0	2	7	11
26	0	9	20	0	0	0	0	0	47	0	9	2
27	0	0	0	12	0	9	0	0	0	0	32	6
28	34	17	79	0	0	0	0	0	18	23	0	59
29	0		0	0	0	0	0	0	5	0	11	77
30	7		0	34	0	0	13	3	0	8	0	62
31	53		34		0		0		0	0		139

STASIUN C

2017

Tgl	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	-	0.3	12.2	-	-	-	-	-	5.6	-	-	20
2	-	-	7.5	5	6.5	-	-	-	-	-	2.5	51.5
3	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	80	57.5	23	-	13.3	-	-	-	-	13
5	-	-	215	-	12.5	2.4	-	-	-	41.6	3.2	0.5
6	-	-	18.5	89.8	43.6	-	5	-	-	2.7	-	15
7	6.5	3	1.5	-	0.3	-	-	-	-	0.3	0.9	16.4
8	-	2.5	-	7	40	2	-	-	-	-	0.5	-
9	0.8	0.1	TTU	5.5	0.7	0.7	12.6	-	-	-	-	-
10	29.2	-	-	2.2	80.5	-	-	-	-	-	0.5	-
11	15.2	0.7	-	-	-	-	80	-	-	-	3.5	5.2
12	10.8	-	-	1	-	6	4.5	-	-	-	9	4.6
13	-	-	-	-	-	5	40.5	-	-	-	-	-
14	0.5	-	1.5	16	-	-	-	-	-	-	4	8.3
15	3	4	37.6	1.5	-	1.8	-	-	-	-	11.6	33
16	-	-	0.3	24	-	-	17.2	-	0.9	1.3	0.5	0
17	-	-	80.4	3.5	-	-	-	-	-	6	24	0.5
18	2.5	-	26	-	-	4.2	-	-	-	5	4	16
19	3.4	-	0.5	41.5	-	0.1	0.8	-	-	-	27.5	-
20	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	10	0
21	42.5	13.2	33	32.8	-	1.5	-	-	-	12	0.4	2.5
22	42	-	19.3	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-
23	5.5	3	-	20	-	-	-	-	-	-	-	12
24	-	-	-	45.5	0.1	6.6	-	-	-	-	-	-
25	7	-	-	1.5	15.2	-	1	-	-	28	39.5	-
26	12.5	12.5	-	0.2	24.8	-	-	-	-	25.6	16.7	45.6
27	3	-	28.8	-	-	-	2.5	-	15.8	1	7	19.7
28	30	58	36.2	1.2	-	-	-	-	19.8	-	46	-
29	12.2	0	74.5	6.5	0.8	-	-	-	-	-	-	1
30	14.5	0	41.8	3	-	-	11	-	-	-	1	15
31	20	0	-	0	-	0	-	-	0	-	0	0.3

2018

Tanggal	B U L A N											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	-	-	-	1.0	-	-	6.0	-	-	-	-	20.0
2	-	45.0	-	37.0	-	-	69.0	-	-	13.0	-	-
3	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-	46.0	-	5.0
4	-	15.0	-	-	17.0	-	-	-	-	-	0.0	35.0
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	12.0	15.0
6	14.0	-	10.0	8.0	-	15.0	1.0	-	-	-	-	5.0
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	-
8	6.0	-	-	-	-	4.0	-	-	-	-	-	-
9	-	2.0	10.0	45.0	4.0	-	-	-	-	-	-	20.0
10	6.0	-	5.0	62.0	-	-	93.0	-	0.0	-	1.0	-
11	-	-	-	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-
12	4.0	-	-	5.0	29.0	-	21.0	0.0	28.0	-	-	-
13	-	-	20.0	-	-	12.0	-	9.0	-	4.0	12.0	-
14	-	-	-	10.0	-	-	-	8.0	-	-	-	11.0
15	-	-	35.0	-	-	-	-	15.0	-	-	-	25.0
16	-	-	10.0	19.0	-	-	-	-	-	52.0	-	-
17	-	17.0	-	-	-	-	-	23.0	-	-	-	10.0
18	-	-	-	-	15.0	-	-	10.0	9.0	-	-	50.0
19	-	2.0	-	-	-	21.0	-	6.0	13.0	9.0	-	15.0
20	-	27.0	-	2.0	-	-	-	-	9.0	-	-	-
21	21.0	30.0	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	2.0	0.0	-	-	-	10.0
23	-	-	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	28.0	7.0	29.0	-	-	-	8.0	-	-	-	-	17.0
25	2.0	-	-	-	-	-	-	37.0	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	21.0	36.0	-	-	-	25.0
27	-	-	2.0	-	-	7.0	-	1.0	-	14.0	-	30.0
28	-	-	-	-	-	-	-	14.0	2.0	-	-	15.0
29	23.0		30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	45.0
30	9.0		37.0	-	-	-	-	-	-	-	-	55.0
31	5.0		-		-		-	-		-		10.0

2019

Tanggal	B U L A N											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	-	-	-	15.0	23.0	-	-	-	-	-	-	-
2	-	52.5	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	27.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	26.6	8.4	-	17.5	-	-	-	-	-	65.5	24.5	-
5	-	-	-	10.5	-	-	-	-	-	-	38.5	19.0
6	4.0	-	48.8	24.5	7.0	-	-	-	-	35.5	-	11.0
7	-	-	24.8	41.0	-	-	4.6	-	55.4	-	9.9	-
8	25.0	-	-	5.5	15.5	-	-	-	-	48.0	3.7	-
9	-	-	48.7	-	-	-	-	-	-	-	8.5	32.5
10	2.0	-	20.5	-	-	-	-	-	-	61.0	19.4	10.0
11	3.5	-	-	30.0	-	-	-	41.0	-	-	-	9.0
12	-	-	-	-	22.5	-	-	13.0	-	-	17.0	-
13	3.5	-	-	41.5	-	30.0	-	22.0	-	-	4.2	-
14	11.5	21.0	27.0	-	26.8	-	-	1.0	-	-	-	-
15	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	25.7	3.8	21.5
16	-	-	37.2	17.0	14.5	70.0	-	1.3	-	10.2	-	-
17	12.5	-	36.7	-	-	-	-	1.0	2.5	-	65.0	-
18	-	68.0	-	-	20.0	12.0	-	-	-	-	-	10.0
19	-	-	-	10.0	-	-	-	-	13.5	-	4.3	9.7
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0
21	-	7.8	25.5	-	-	-	-	-	-	21.5	49.0	-
22	-	23.0	12.5	-	-	-	13.0	-	2.5	-	5.3	4.0
23	16.0	7.5	-	-	3.8	-	5.8	-	-	-	56.0	20.0
24	-	-	111.5	-	-	-	3.5	-	-	-	-	36.0
25	-	-	-	-	-	23.5	-	-	-	-	-	78.0
26	2.5	-	-	-	-	-	-	-	21.0	-	-	58.0
27	4.0	30.0	12.0	15.4	-	11.0	30.5	19.5	41.2	9.3	5.0	-
28	14.0	-	-	24.7	-	-	-	2.5	-	15.0	-	-
29	-		-	-	-	-	-	-	-	5.5	15.5	1.6
30	-		-	-	-	-	-	-	-	15.5	-	23.0
31	16.8		-		-		-	-		-		-

2020

Tgl	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	-	-	7.5	96	-	-	-	-	20	-	48	4.8
2	1.2	0	3.6	1.7	-	3	-	-	-	-	16.3	15.5
3	-	5	6.5	-	-	6.4	44	-	6.3	9	-	1.2
4	X	4	-	36.5	1.3	57	-	1.8	16.5	-	2	-
5	0.3	40	10.3	16.5	4	-	-	2	-	-	40	13.5
6	7.3	-	-	1.3	1.6	-	-	-	8.4	20	5.5	-
7	-	-	-	2.7	25.2	2.5	-	2.8	-	-	25.5	14.5
8	-	10	100	-	45	-	13.6	-	4.4	-	-	-
9	2.8	7	10	36.5	9.5	-	-	2.1	14	-	2	-
10	40	2	6	-	2.3	-	36	-	8.3	-	5.8	-
11	0.8	-	1.2	0.5	7	-	-	-	-	-	-	16.5
12	-	-	-	-	15.5	-	-	-	-	-	1.5	78
13	4.5	-	-	23	14.2	-	-	1	-	-	20	-
14	22	-	4.4	15	1.5	-	-	-	5.5	14	-	20
15	9.3	10	11.5	1.3	-	0.8	1.5	0.5	-	21	-	12.2
16	20	3	-	4.4	-	-	-	-	-	0.5	5.8	-
17	3	23	-	2	12.5	-	-	10	-	-	-	1.2
18	9.7	X	16.5	-	5	-	2.5	-	-	3.8	-	1.2
19	-	X	2	0.4	3.5	-	4	-	-	-	-	80.5
20	-	25	-	0.8	5.2	13.2	12	-	-	-	-	7
21	-	0	19.5	-	-	1.2	11	-	-	2.3	-	20
22	-	14	-	10	-	7	5	-	-	-	-	-
23	-	1	6.7	11	-	-	-	2.5	-	20.8	38	14.9
24	-	0	22	-	-	-	3.5	26.1	44	38	46	-
25	1.8	-	14.9	-	10.5	45.8	5.8	0.3	-	-	0.3	7.5
26	16.5	3	5.2	12.2	11.7	-	6.5	13	30.5	1.6	-	47
27	13.1	7	1.2	0.5	-	-	-	8.5	55.5	4.3	39	9.6
28	2	2	86	-	-	-	-	3.3	-	-	-	-
29	34.5	-	4.4	7.3	-	-	-	-	0.5	14.4	30	23.9
30	14.5	-	14	2.9	-	-	27	0.8	-	-	2.6	1.5
31	-	-	17	-	1.4	-	12	20	-	-	-	-

2021

Tgl	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	29.5	6.5	-	36.5	-	-	-	-	-	-	24	61
2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	4
3	0.3	0.7	-	0.5	-	-	-	-	7.4	-	5	112
4	-	82.5	-	-	3.5	-	-	-	0.5	0.6	3	97
5	16.5	1.4	-	39.5	-	-	21.4	-	-	5.5	10	55
6	1.2	5.3	-	-	6.2	-	-	-	-	58	-	-
7	-	-	-	5	8.3	-	3.5	-	-	28	6	8.3
8	-	3	-	-	-	-	3.8	-	-	5.9	-	32
9	4	-	-	2.1	3	-	-	-	-	25.7	5.5	-
10	57.5	28.8	-	11	-	-	7	-	-	-	-	7.8
11	-	-	-	28.5	8.5	-	-	-	-	28.7	-	-
12	19	16.4	9	3.5	53.5	-	3	-	-	6.4	-	36.2
13	-	6.8	0.7	1.5	-	-	53	-	114	14.4	-	TTU
14	0.6	5	22.5	10	TTU	-	-	-	0.6	5.2	-	10.8
15	0.5	-	-	-	-	-	0.5	-	0.5	2.5	0.2	-
16	14.2	2	-	4	-	-	-	0.2	1.1	-	42	-
17	5.2	-	3.2	0.7	-	-	-	-	-	-	19.4	8
18	-	32	2.5	5.5	-	-	-	-	-	2.5	63.8	0.2
19	-	1.5	30.8	-	-	-	-	0.4	-	-	4	10.5
20	0.3	9	-	28	-	0.4	-	-	-	-	0.8	3.2
21	2.4	4	10	-	-	0.5	-	-	-	-	TTU	0.5
22	0.3	-	-	15	-	1	-	-	8.8	-	1.2	24.5
23	23	-	14	27	-	1.2	-	-	6.5	-	96.8	-
24	-	-	1.5	14.8	3	0.6	-	-	16.8	-	2.1	19.5
25	1.4	8.5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	27.9	-
26	-	-	-	-	-	4.8	-	-	-	-	69.5	11.7
27	1.4	60.5	3.3	48	-	-	1.7	4.7	-	-	11.1	-
28	-	1.5	-	19.5	-	-	-	-	-	-	98.5	41.2
29	-	-	27	13.56	-	-	-	48	-	0.3	61	-
30	-	-	2.2	1.5	-	-	-	-	-	50	4	-
31	1.5	-	-	-	-	0	-	6.7	-	97.5	0	TTU

2022

Tanggal	B U L A N											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	63.0	17.5	62.0	-	-	15.0	-	-	-	-	-	-
2	-	29.5	-	-	-	6.0	150.0	-	-	-	6.5	-
3	5.0	5.0	-	-	-	-	38.0	-	-	-	-	-
4	-	-	5.0	4.0	-	24.0	16.0	-	-	-	69.5	10.0
5	-	35.5	20.0	-	-	-	-	-	-	8.0	-	-
6	-	8.0	-	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22.0	72.0	15.0	52.0	74.0	8.0	63.0	-	13.0	-	62.0	11.0
9	7.2	10.0	48.0	-	-	-	-	32.0	-	8.5	18.0	-
10	-	32.5	-	-	13.0	47.0	-	-	-	-	3.0	-
11	-	43.0	3.5	-	-	-	-	-	-	41.0	-	-
12	36.0	-	-	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	26.0	-	-	4.0	-	7.0	-	-	16.0	11.0	-
14	-	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	-
15	22.0	-	-	49.0	20.0	-	-	24.5	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	53.0	-	3.0	40.0	-	14.0	8.0
17	2.7	-	7.5	-	-	-	-	-	-	-	53.0	28.0
18	6.5	-	-	30.0	-	-	-	15.5	11.0	-	-	-
19	31.5	-	42.0	-	-	-	64.0	16.0	-	-	7.0	-
20	-	-	59.0	32.0	14.0	-	-	-	-	20.0	23.0	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.0	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	52.0	-	2.0	-
23	-	-	13.0	-	74.5	10.0	-	-	-	69.0	-	-
24	27.5	33.0	-	-	-	14.0	-	-	3.5	32.5	-	21.0
25	-	65.0	39.0	-	-	-	-	11.0	-	25.0	-	-
26	-	-	-	-	-	9.0	-	-	3.0	5.0	-	-
27	-	30.0	4.5	-	-	-	16.0	-	-	-	-	20.0
28	-	-	12.5	-	-	-	-	-	-	44.0	9.0	-
29	37.0		-	21.0	-	-	-	-	-	-	55.0	-
30	-		5.0	-	7.0	-	-	-	20.0	5.0	60.0	-
31	11.0		-		4.5		34.0	-		8.0		-

STASIUN D

2013

DAY	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,9	12,5	0,0	5,5	0,0	0,0	34,1
2	0,0	0,0	10,3	69,1	11,0	3,5	0,0	0,0	0,0	8,7	6,2	18,9
3	0,0	50,5	3,5	101,5	0,0	16,5	11,3	3,4	0,0	53,0	0,0	11,6
4	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	3,9	60,9	0,0	0,0	10,8	0,0
5	0,0	91,3	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	3,6	0,0	2,9	1,7	0,0
6	4,7	0,0	17,4	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	11,9	12,8	0,0
7	0,0	0,0	0,0	11,3	40,2	0,0	0,0	18,5	7,5	0,0	0,0	8,1
8	23,5	109,4	0,0	2,3	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	13,1	0,0	28,4	5,4	48,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	0,0
10	15,6	68,3	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	2,9	48,2	27,0	6,3	34,6
11	17,1	0,0	89,8	41,8	0,0	0,0	0,0	31,2	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,4	82,2	3,7
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	4,2	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0
14	0,0	0,0	123,8	0,0	66,8	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	24,1
15	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2
16	0,0	0,0	165,5	2,9	0,0	1,2	2,9	0,0	2,5	0,0	7,8	42,5
17	1,8	74,2	28,7	0,0	0,0	0,0	45,5	0,0	0,0	1,0	1,6	0,0
18	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	39,8	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	99,9	1,2	0,0
20	35,3	22,1	0,0	31,8	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0
21	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	38,6	30,4
22	2,0	2,8	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,9
23	0,0	0,0	27,3	3,4	9,5	1,8	0,0	2,5	2,5	14,0	31,2	62,2
24	5,1	0,0	37,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	4,2	0,0	0,0	11,3
25	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	1,5	0,0	12,5	12,5	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	8,2	14,9	25,1	24,3
27	0,0	8,6	0,0	23,7	0,0	0,0	23,1	0,0	0,0	4,9	13,2	0,0
28	2,3	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	17,7	0,0	0,0	41,3
29	11,5	0,0	0,0	124,2	61,2	0,0	13,2	0,0	0,0	5,4	0,0	31,0
30	0,0		60,1	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	32,1
31	3,8		0,0		0,0		2,5	0,0		13,3		48,9

2014

DAY	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	0,0	1,7	0,0	0,0	77,6	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	46,0	5,3
2	29,3	0,0	18,5	41,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	69,0	4,1
3	0,0	24,2	4,1	31,2	21,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	82,0	6,7
4	0,0	17,2	8,7	0,0	11,7	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	31,0	5,2
5	24,8	0,0	0,0	14,7	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0	23,3
6	25,3	0,0	0,0	21,3	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	27,0	4,3
7	18,7	0,0	0,0	11,2	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	6,0
8	8,5	9,4	6,1	2,7	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	2,0	7,2
9	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
10	0,0	5,9	51,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2
11	14,7	66,3	0,0	0,0	41,7	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3
12	9,1	6,3	14,3	4,3	81,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0
13	0,0	0,0	2,1	13,1	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0
14	0,0	51,2	0,0	72,1	0,0	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	36,2	0,0	8,2	0,0	14,4	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	21,3	0,0	35,1	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	4,1	41,1	4,9	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	45,0	0,0
19	5,2	0,0	0,0	13,7	0,0	8,3	3,5	0,0	0,0	0,0	42,0	4,6
20	0,0	9,2	0,0	10,0	0,0	0,0	3,2	0,0	3,7	0,0	15,1	4,8
21	11,3	0,0	0,0	12,8	71,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	2,0	0,0
22	4,2	7,6	5,1	1,0	41,7	12,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
23	3,5	31,2	3,8	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,3	0,0	0,0	5,2	9,3	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	9,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	14,3	14,8	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0
27	0,0	0,0	32,8	7,9	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,3	0,0
28	0,0	0,0	0,0	41,2	2,1	4,7	3,6	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
29	4,2		0,0	21,7	29,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	1,7
30	5,6		11,9	19,9	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	0,0	6,5	0,0
31	0,0		21,3		23,5		4,7	0,0		0,0		0,0

2015

DAY	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	0,4	23,0	5,7	68,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	2,5	42,0	3,9	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	10,2
3	0,0	3,0	1,8	85,0	17,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0
4	2,0	1,0	0,7	4,0	0,0	42,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0
5	3,1	47,0	0,0	3,0	2,0	60,6	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0
6	3,9	32,0	0,0	0,0	3,0	14,3	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
7	0,0	1,0	7,6	0,0	1,0	11,1	10,0	0,0	0,0	0,0	103,0	0,0
8	0,0	2,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	54,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	127,0	0,0	14,0	0,0
11	3,0	0,0	2,7	0,0	10,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	35,0	0,0
12	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0
13	6,3	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	7,1	0,0	4,5	98,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	35,8
15	0,0	0,0	4,7	124,0	79,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0
16	1,2	0,0	9,9	6,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
17	3,4	0,0	2,2	3,0	73,0	0,0	0,0	0,0	36,0	0,0	0,0	16,0
18	2,5	0,0	3,1	0,0	15,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	32,1
19	3,0	0,0	0,5	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0
20	2,6	0,0	1,6	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0
21	3,4	0,0	1,9	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0	0,0
22	0,0	0,0	3,3	16,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0
23	0,3	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,1	93,0	0,0	45,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0
25	0,0	25,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	6,5	0,0	7,0	32,5	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,2	3,0	0,2	0,0	8,0	14,4	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,9	0,0	1,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
29	0,3		6,9	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	10,0	0,7	0,0
30	8,1		0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	183,0	17,0	0,0	0,0
31	4,0		0,0		0,0		0,0	0,0		65,0		0,0

2016

DAY	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	3,2	2,0	1,9	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0
2	0,2	4,7	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0
4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,6	0,0
5	9,7	1,5	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
6	0,0	9,7	8,1	6,8	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	50,5	0,0	0,0
7	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	25,4	0,0	2,0
8	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	5,0	7,7	0,0	0,0	15,9	0,0	70,1
9	5,7	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	2,5	0,0
10	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
11	1,4	9,8	0,0	9,7	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0
12	2,3	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	4,5
14	0,0	7,6	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
15	0,0	8,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
16	10,7	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0
17	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	21,2
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3	0,0
19	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	0,0
20	9,5	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,5
21	4,1	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	11,3	0,0
22	5,6	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	19,5	0,0
23	2,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	2,6	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,5	0,0
25	0,0	0,0	9,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,4	0,8
26	0,0	1,7	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,9	3,8	0,0
27	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,6	1,2	0,0
28	0,0	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,1
29	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
30	9,6		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	21,5	114,7
31	0,0		1,9		0,0		2,7	0,0		9,2		22,0

2017

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,0	0,0	0,0	0,0	95,0	0,0	0,0	4,0	4,0	8,0	14,0	45,0
2	4,0	155,0	0,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	15,0	17,0	60,0
3	0,0	0,0	125,0	24,0	0,0	47,0	0,0	0,0	0,0	26,0	11,0	57,0
4	4,7	75,0	40,0	35,0	0,0	0,0	0,0	7,0	3,0	12,0	37,0	35,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	11,0	0,0	4,0	9,0	26,0
6	4,9	0,0	0,0	45,0	67,0	45,0	23,0	0,0	0,0	0,0	47,0	45,0
7	0,0	45,0	65,0	75,0	0,0	0,0	26,0	9,0	15,0	9,0	27,0	76,0
8	0,0	0,0	123,0	0,0	0,0	205,0	0,0	12,0	7,0	0,0	0,0	147,0
9	13,7	75,0	0,0	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	25,0	49,0	14,0
10	3,6	0,0	45,0	68,0	45,0	15,0	45,0	14,0	0,0	37,0	38,0	39,0
11	19,8	0,0	0,0	0,0	54,0	0,0	0,0	3,0	7,0	15,0	17,0	0,0
12	19,9	0,0	0,0	35,0	54,0	0,0	48,0	6,0	15,0	20,0	21,0	15,0
13	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	10,0	14,0	42,0	45,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	47,0	0,0
15	0,0	10,0	0,0	47,0	0,0	0,0	75,0	12,0	0,0	4,0	37,0	35,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	85,0	25,0	0,0	7,0	27,0	0,0	254,0	48,0
17	36,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	13,0	46,0	155,0	54,0
18	39,0	0,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	10,0	48,0	0,0	25,0	0,0
19	78,0	79,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	0,0	15,0	12,0
20	0,0	225,0	0,0	37,0	0,0	13,0	0,0	0,0	49,0	4,0	0,0	34,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	14,0	0,0	46,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	6,0	9,0	155,0	25,0
23	179,0	35,0	0,0	40,0	0,0	7,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	20,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	7,0	12,0	18,0
25	36,0	0,0	0,0	0,0	40,0	8,0	0,0	75,0	10,0	13,0	65,0	47,0
26	0,0	58,0	0,0	47,0	0,0	0,0	0,0	15,0	46,0	0,0	55,0	0,0
27	57,0	15,0	0,0	36,0	25,0	45,0	0,0	21,0	25,0	4,0	47,0	65,0
28	0,0	37,0	0,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	36,0	39,0	0,0
29	14,0		0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	44,0	65,0	0,0	145,0	0,0
30	10,0		0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	35,0	47,0	45,0	65,0	75,0
31	65,0		45,0		0,0		0,0	0,0		17,0		187,0

2018

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	125,0	40,0	35,0	65,0	77,0	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	29,0	27,0
2	0,0	25,0	46,0	47,0	49,0	0,0	12,0	41,0	0,0	42,0	15,0	40,0
3	45,0	68,0	57,0	35,0	58,0	0,0	16,0	26,0	0,0	75,0	0,0	65,0
4	75,0	39,0	97,0	27,0	42,0	15,0	47,0	15,0	0,0	0,0	0,0	90,0
5	156,0	60,0	0,0	15,0	67,0	12,0	0,0	26,0	0,0	0,0	0,0	25,0
6	149,0	90,0	19,0	21,0	35,0	8,0	35,0	14,0	0,0	0,0	17,0	15,0
7	0,0	0,0	25,0	11,0	49,0	175,0	49,0	12,0	2,0	35,0	14,0	35,0
8	47,0	0,0	47,0	18,0	58,0	37,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0
9	45,0	45,0	35,0	23,0	0,0	25,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
10	76,0	37,0	97,0	40,0	15,0	47,0	15,0	37,0	0,0	7,0	0,0	29,0
11	45,0	40,0	45,0	17,0	17,0	20,0	35,0	40,0	0,0	12,0	27,0	45,0
12	50,0	25,0	36,0	0,0	12,0	15,0	15,0	25,0	0,0	0,0	12,0	60,0
13	67,0	75,0	26,0	22,0	19,0	43,0	26,0	17,0	0,0	0,0	75,0	75,0
14	140,0	87,0	35,0	37,0	37,0	0,0	0,0	24,0	0,0	9,0	69,0	65,0
15	245,0	0,0	47,0	47,0	25,0	0,0	0,0	16,0	0,0	18,0	0,0	75,0
16	175,0	0,0	90,0	56,0	12,0	35,0	47,0	21,0	0,0	0,0	0,0	55,0
17	47,0	10,0	30,0	0,0	8,0	22,0	56,0	45,0	0,0	0,0	14,0	75,0
18	69,0	15,0	47,0	47,0	0,0	16,0	25,0	37,0	41,0	8,0	12,0	189,0
19	45,0	17,0	0,0	36,0	0,0	13,0	0,0	21,0	0,0	4,0	27,0	155,0
20	65,0	25,0	49,0	47,0	15,0	19,0	0,0	45,0	0,0	15,0	19,0	275,0
21	35,0	35,0	43,0	40,0	11,0	27,0	47,0	35,0	0,0	25,0	65,0	75,0
22	0,0	0,0	67,0	32,0	17,0	36,0	39,0	15,0	0,0	15,0	17,0	97,0
23	75,0	0,0	26,0	0,0	26,0	21,0	25,0	0,0	0,0	0,0	14,0	157,0
24	298,0	60,0	75,0	156,0	0,0	47,0	12,0	0,0	10,0	0,0	12,0	258,0
25	0,0	40,0	49,0	34,0	0,0	0,0	67,0	45,0	0,0	19,0	0,0	40,0
26	0,0	35,0	65,0	50,0	0,0	0,0	45,0	27,0	19,0	35,0	27,0	24,0
27	116,0	75,0	85,0	74,0	45,0	0,0	15,0	21,0	5,0	40,0	40,0	15,0
28	57,0	80,0	14,0	0,0	67,0	15,0	27,0	37,0	21,0	27,0	25,0	36,0
29	0,0	198,0	23,0	75,0	0,0	19,0	35,0	42,0	15,0	40,0	47,0	47,0
30	47,0		45,0	46,0	0,0	0,0	40,0	58,0	0,0	55,0	35,0	58,0
31	80,0		65,0		0,0		27,0	47,0		40,0		40,0

2019

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	25,0	45,0	40,0	15,0	275,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	47,0	32,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
3	60,0	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0
4	75,0	40,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,0
5	65,0	15,0	0,0	7,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0
6	14,0	26,0	0,0	15,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	46,0	14,0	45,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0
8	24,0	25,0	0,0	0,0	65,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0
9	15,0	60,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	19,0
10	75,0	35,0	0,0	9,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	35,0	65,0	0,0	31,0	135,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	50,0
12	47,0	15,0	14,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
13	0,0	27,0	175,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,0	0,0
14	0,0	15,0	75,0	120,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	35,0
15	49,0	26,0	60,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	180,0	0,0
16	0,0	36,0	170,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	145,0	0,0
17	55,0	45,0	256,0	45,0	43,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	125,0	0,0
18	0,0	175,0	75,0	75,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	154,0	0,0
19	36,0	50,0	97,0	0,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
20	79,0	35,0	35,0	0,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0
21	0,0	27,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,0
22	35,0	15,0	0,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	36,0
23	56,0	24,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,0
24	0,0	36,0	26,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	175,0	0,0
25	0,0	0,0	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	135,0	12,0
26	45,0	0,0	0,0	160,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	13,0
27	25,0	15,0	45,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	172,0	45,0
28	78,0	48,0	75,0	4,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0
29	40,0		15,0	15,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	58,0	75,0
30	37,0		135,0	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
31	75,0		95,0		15,0		0,0	0,0		0,0		0,0

2020

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,0	0,0	144,0	0,0	75,0	14,0	15,0	0,0	14,0	15,0	55,0	0,0
2	15,0	45,0	0,0	0,0	0,0	6,0	10,0	0,0	11,0	12,0	74,0	0,0
3	38,0	65,0	0,0	15,0	0,0	2,0	0,0	10,0	0,0	35,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	12,0	10,0	9,0	10,0	42,0	9,0	0,0	22,0	45,0	6,0
5	0,0	0,0	3,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	25,0	45,0	35,0	15,0
6	0,0	0,0	14,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	45,0
7	182,0	0,0	9,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	95,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	45,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	37,0	3,0	4,0	0,0
9	0,0	15,0	55,0	7,0	0,0	9,0	15,0	0,0	0,0	7,0	90,0	35,0
10	0,0	9,0	15,0	25,0	13,0	17,0	12,0	0,0	0,0	0,0	37,0	13,0
11	0,0	47,0	39,0	0,0	12,0	0,0	17,0	0,0	15,0	0,0	0,0	45,0
12	64,0	0,0	70,0	50,0	8,0	8,0	13,0	0,0	21,0	0,0	0,0	37,0
13	0,0	0,0	40,0	0,0	10,0	10,0	25,0	0,0	0,0	0,0	25,0	100,0
14	35,0	0,0	56,0	0,0	13,0	13,0	45,0	0,0	25,0	2,0	14,0	15,0
15	25,0	0,0	49,0	30,0	25,0	25,0	0,0	0,0	45,0	5,0	12,0	12,0
16	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	35,0	27,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	24,0	0,0
18	0,0	10,0	40,0	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0	39,0	45,0	13,0
19	0,0	75,0	25,0	15,0	19,0	19,0	75,0	0,0	0,0	26,0	35,0	15,0
20	15,0	8,0	46,0	21,0	11,0	11,0	0,0	0,0	0,0	35,0	37,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	8,0	45,0	0,0	45,0	0,0	5,0
22	0,0	0,0	21,0	50,0	0,0	0,0	15,0	67,0	0,0	0,0	0,0	15,0
23	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0	10,0	0,0	61,0	10,0
24	0,0	5,0	25,0	0,0	0,0	0,0	12,0	11,0	17,0	5,0	0,0	0,0
25	15,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0	14,0	9,0	14,0	33,0	0,0	0,0
26	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	25,0	45,0	24,0	18,0
27	50,0	14,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	47,0	0,0	135,0	36,0	26,0
28	155,0	50,0	15,0	12,0	15,0	0,0	17,0	50,0	49,0	0,0	0,0	35,0
29	27,0	23,0	19,0	35,0	7,0	0,0	14,0	45,0	0,0	0,0	4,0	45,0
30	24,0		9,0	45,0	5,0	19,0	12,0	50,0	12,0	15,0	6,0	27,0
31	37,0		0,0		25,0		0,0	0,0		25,0		29,0

2021

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	45,0	0,0	0,0	35,0	48,0	25,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
2	68,0	35,0	0,0	27,0	0,0	27,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	27,0	0,0	40,0	28,0	0,0	-999,0	0,0	14,0	0,0	8,0	25,0
4	0,0	43,0	0,0	25,0	35,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
5	35,0	75,0	14,0	24,0	75,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0
6	24,0	0,0	23,0	15,0	24,0	12,0	-999,0	0,0	4,0	0,0	0,0	40,0
7	45,0	0,0	35,0	37,0	35,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0
8	15,0	5,0	45,0	45,0	0,0	35,0	-999,0	0,0	15,0	0,0	15,0	25,0
9	27,0	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	-999,0	0,0	14,0	0,0	0,0	52,0
10	12,0	9,0	35,0	25,0	45,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	15,0	26,0	0,0
11	16,0	45,0	120,0	14,0	75,0	14,0	-999,0	8,0	23,0	14,0	27,0	35,0
12	13,0	67,0	75,0	27,0	45,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	15,0	27,0
13	40,0	0,0	45,0	35,0	50,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	25,0	0,0	65,0	45,0	27,0	12,0	-999,0	12,0	13,0	25,0	0,0	75,0
15	42,0	25,0	0,0	57,0	70,0	0,0	-999,0	0,0	34,0	0,0	35,0	45,0
16	65,0	35,0	0,0	75,0	40,0	15,0	-999,0	0,0	8,0	12,0	28,0	65,0
17	95,0	0,0	41,0	55,0	35,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0
18	15,0	0,0	15,0	25,0	20,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	24,0	0,0
19	55,0	0,0	0,0	27,0	15,0	0,0	-999,0	35,0	0,0	35,0	40,0	35,0
20	14,0	0,0	0,0	40,0	25,0	0,0	-999,0	5,0	25,0	0,0	29,0	52,0
21	75,0	25,0	0,0	35,0	15,0	19,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	35,0	54,0
22	25,0	36,0	0,0	28,0	29,0	0,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0
23	45,0	45,0	0,0	27,0	13,0	25,0	-999,0	0,0	0,0	15,0	14,0	0,0
24	75,0	25,0	0,0	35,0	35,0	0,0	-999,0	0,0	25,0	13,0	0,0	0,0
25	0,0	15,0	15,0	45,0	45,0	25,0	-999,0	14,0	0,0	0,0	0,0	65,0
26	45,0	0,0	0,0	40,0	37,0	0,0	-999,0	3,0	0,0	10,0	45,0	40,0
27	15,0	0,0	9,0	35,0	41,0	18,0	-999,0	0,0	0,0	0,0	29,0	75,0
28	21,0	35,0	0,0	0,0	23,0	34,0	-999,0	21,0	14,0	35,0	40,0	45,0
29	23,0		2,0	47,0	0,0	0,0	-999,0	40,0	0,0	16,0	0,0	0,0
30	45,0		4,0	29,0	0,0	28,0	-999,0	0,0	12,0	24,0	39,0	55,0
31	36,0		0,0		0,0		-999,0	7,0		0,0		65,0

2022

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	30,6	20,4	0,0	5,0	10,6	7,0	20,7	20,6	0,0	10,3	10,4	30,7
2	20,8	30,8	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	10,2	0,0	0,0	20,3	40,2
3	40,7	40,6	5,0	0,0	20,8	10,0	30,8	0,0	0,0	0,0	10,9	30,8
4	30,2	20,9	30,4	0,0	3,0	0,0	20,2	10,1	10,2	20,7	20,2	10,4
5	20,9	30,5	30,9	20,6	30,6	4,0	30,4	0,0	0,0	0,0	10,8	40,4
6	30,4	20,7	0,0	0,0	10,4	0,0	7,0	7,0	5,0	0,0	10,2	20,7
7	40,5	40,9	20,6	7,0	10,7	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0
8	20,2	20,5	0,0	10,2	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4
9	40,6	30,4	10,2	20,4	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	5,0	0,0	6,0
10	30,6	4,7	30,7	10,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	20,8	20,7	10,9
11	50,4	40,2	20,8	20,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	10,4	6,0
12	30,5	0,6	30,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	10,9	20,4
13	20,8	30,8	30,8	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	20,2	10,9
14	0,0	40,3	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	30,8	8,0	30,2
15	0,0	20,7	0,0	0,0	20,6	10,2	10,4	0,0	0,0	20,5	20,9	0,0
16	0,0	0,0	5,0	10,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4	20,6
17	10,2	30,5	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	10,8
18	0,0	10,8	20,8	0,0	20,6	0,0	2,0	0,0	0,0	30,4	20,9	0,0
19	8,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	10,3	0,0	0,0	10,6	30,4	10,4
20	30,9	20,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	7,0	4,0	0,0	10,2	10,7
21	10,6	101,4	101,4	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	10,2	40,7	20,6	30,8
22	20,2	20,6	20,6	30,2	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2	10,2
23	30,7	10,9	5,0	10,6	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4
24	40,2	20,6	0,0	4,0	10,2	3,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	20,7
25	20,6	0,0	40,7	0,0	4,0	0,0	10,6	0,0	7,0	0,0	20,7	0,0
26	30,9	10,1	20,5	0,0	10,7	10,2	20,0	8,0	0,0	0,0	5,0	10,4
27	10,4	30,5	30,2	0,0	20,2	0,0	0,0	20,4	0,0	4,0	20,9	20,8
28	6,0	10,8	0,0	10,6	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0	10,2	40,2	70,6
29	30,2		20,8	20,2	8,0	20,9	20,8	10,7	10,7	0,0	30,6	50,2
30	20,7		30,5	10,8	10,2	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8
31	30,4		20,7		0,0		7,0	0,0		0,0		40,5

INTENSITAS HUJAN

INTENSITAS HUJAN

- **Intensitas hujan**, Jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu
- Untuk mencari intensitas, banyak persamaan yang telah dikembangkan, yang cukup populer antara lain :
 - ✓ Persamaan mononobe untuk data hujan harian
 - ✓ Persamaan Talbot, Sherman dan Ishiguro untuk data hujan jangka pendek

DATA CURAH HUJAN HARIAN

Tgl	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	18	2	-	-	-	-	-	-	5	1	-	-
2	16	42	-	-	-	0	5	-	20	13	-	4
3	2	-	8	47	1	16	32	1	5	7	4	-
4	0	0	-	-	-	30	9	27	-	-	-	8
5	1	6	-	3	-	3	9	-	-	4	2	20
6	-	36	-	3	-	27	-	-	11	7	2	0
7	-	9	3	15	-	10	-	-	-	-	-	-
8	1	16	11	1	-	8	49	-	8	27	-	0
9	-	9	4	1	-	1	0	-	3	2	1	28
10	2	2	27	0	-	30	-	-	-	4	1	-
11	28	12	0	-	-	58	-	0	11	31	-	23
12	-	-	8	2	0	1	6	-	0	0	12	-
13	1	1	0	23	-	-	40	-	1	-	-	-
14	-	-	-	17	-	0	22	-	15	-	-	-
15	-	1	-	-	1	29	-	1	-	3	0	1
16	12	-	-	-	1	-	-	26	-	-	1	4
17	-	11	18	1	-	-	-	2	-	48	7	37
18	-	1	17	5	-	1	-	-	11	3	-	10
19	-	-	10	-	-	-	-	14	-	-	-	-
20	24	4	10	33	-	-	-	2	-	79	122	-
21	10	8	1	-	3	0	-	1	-	34	35	0
22	-	43	2	-	4	-	-	-	-	-	30	-
23	1	69	24	-	11	-	-	1	2	2	-	0
24	4	7	11	6	-	-	-	-	-	0	31	50
25	31	-	57	1	1	-	-	-	-	-	1	0
26	41	-	-	-	3	25	1	0	-	-	12	32
27	-	-	26	54	0	0	-	8	33	-	-	60
28	27	13	10	1	25	1	-	2	-	2	-	9
29	4	-	0	8	3	8	-	6	-	-	17	6
30	21	-	-	10	-	3	-	9	-	-	36	4
31	1	-	60	-	4	-	-	0	-	36	-	42.7

INTENSITAS HUJAN, DATA HUJAN HARIAN

Persamaan Mononobe

Rumus ini digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian (mm)

WAKTU KONSENTRASI

Waktu konsentrasi (T_c) suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol)

Untuk memperkirakan waktu konsentrasi, Kirpich (1940) memberikan formula :

$$T_c = \left(\frac{0.87 \cdot L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0.385}$$

- Tc : Waktu konsentrasi, jam
- L : Panjang saluran utama (dari hulu sampai penguras), km
- S : kemiringan rata-rata saluran

LANJUTAN

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan persamaan :

$$t_c = t_0 + t_d$$

$$t_0 = \left(\frac{2}{4} 3.28 x L x \frac{n}{\sqrt{S}} \right)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V}$$

LANJUTAN

t_0 : waktu yang diperlukan air sampai saluran terdekat
(menit)

t_d : waktu perjalanan di saluran (menit)

n : koef. Kekasaran Manning

S : kemiringan lahan

L : panjang lintasan air di permukaan lahan (m)

L_s : panjang lintasan air di saluran (m)

V : kecepatan aliran di saluran (m/det)

CONTOH SOAL



DAS terlihat seperti gambar di samping, bila diketahui :

- Curah hujan rencana : 120 mm
- Kemiringan sungai : 0.0005
- Panjang sungai utama : 12.50 km

Hitung intensitas hujan pada kondisi di atas

SOLUSI

1. Mencarai waktu hujan, karena waktu hujan tidak diketahui maka didekati dengan waktu konsentrasi

$$T_c = \left(\frac{0.87 \cdot L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0.385}$$

2. Menghitung intensitas hujan menggunakan rumus mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Karena waktu hujan (t) tidak diketahui, maka nilai t didekati dengan waktu konsentrasi (Tc)

INTENSITAS HUJAN JANGKA PENDEK

- Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (*IDF = Intensity-Duration-Frequency Curve*).
- Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit, dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF.
- Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari alat ukur hujan otomatis. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut, lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari beberapa rumus empiris

LANJUTAN

Untuk menghitung intensitas hujan dari data curah hujan jangka pendek, ada beberapa formula untuk memperoleh intensitas tersebut antara lain :

- Persamaan Talbot
- Persamaan Sherman
- Persamaan Ishiguro

PERSAMAAN TALBOT

$$I = \frac{a}{t + b}$$

→

$$a = \frac{[I.t][I^2] - [I^2.t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][I.t] - N[I^2.t]}{N[I^2] - [I][I]}$$

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a dan b = konstanta

$[]$ = jumlah angka-angka dalam tiap suku

N = banyaknya data

PERSAMAAN SHERMAN

$$I = \frac{a}{t^n} \rightarrow \log a = \frac{[\log I][(\log t)^2] - [\log t \cdot \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$n = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \cdot \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

n = konstanta

$[]$ = jumlah angka-angka dalam tiap suku

N = banyaknya data

PERSAMAAN ISHIGURO

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \longrightarrow a = \frac{[I.\sqrt{t}][I^2] - [I^2.\sqrt{t}][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][I.\sqrt{t}] - N[I^2.\sqrt{t}]}{N[I^2] - [I][I]}$$

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = lamanya hujan (jam)

a dan b = konstanta

$[]$ = jumlah angka-angka dalam tiap suku

N = banyaknya data

CONTOH SOAL

Diketahui data hujan jangka pendek seperti terlihat pada table di bawah :

No	Tahun	Durasi (menit)										1440	2880
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720		
1	1959	20	25	30	50	52	53	55	55	55	55	75	-
2	1960	18	22	32	46	46	47	51	57	67	71	87	115
3	1961	21	26	28	40	43	44	50	66	87	116	124	-
4	1962	11	20	25	30	35	38	45	52	73	76	100	-
5	1963	22	-	25	38	40	40	44	62	70	118	120	-
6	1964	21	31	42	62	78	80	89	91	98	100	100	-
7	1965	11	15	18	28	38	40	41	44	91	125	166	270
8	1966	27	30	34	43	50	54	72	80	90	91	-	-
9	1976	17	20	32	43	59	75	107	107	135	183	206	249
10	1978	17	25	36	60	72	85	98	102	115	115	115	149
11	1979	15	24	29	37	50	56	99	114	126	126	126	126
12	1980	14	28	62	82	82	91	175	185	192	192	192	192
13	1981	20	40	50	65	70	80	113	120	204	228	253	260
14	1982	10	10	16	47	-	69	80	103	131	131	157	247
15	1983	18	36	54	73	-	93	93	96	96	96	96	116
16	1984	15	27	35	47	61	67	79	83	85	91	91	128
17	1985	15	25	35	55	71	95	149	149	149	247	253	282
18	1986	31	46	62	72	-	100	105	123	129	130	130	130
19	1987	27	32	37	60	-	88	93	93	96	138	138	155
20	1988	15	26	36	51	71	81	102	101	117	174	174	198
21	1989	16	26	30	44	55	80	100	100	108	142	142	226
22	1990	10	21	31	52	59	59	65	68	81	100	115	123
23	1991	12	20	31	41	48	50	62	89	130	137	137	185
24	1992	15	22	32	58	80	85	92	100	103	104	104	135
25	1993	24	32	43	80	90	98	116	118	151	211	276	429
MAX		31	46	62	82	90	100	175	185	204	247	276	429

Buat Kurva IDF dan cari metode yang paling sesuai dengan kondisi terukur

TAHAPAN Pengerjaan :

1. Konversi data di atas dengan perkalian antara tinggi hujan dengan 60 menit dibagi durasi hujan

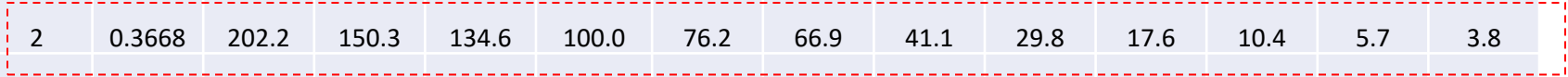
No	Tahun	Durasi (menit)										1 hari	2 hari
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720		
1	1959	240.0	150.0	120.0	100.0	69.3	53.0	27.5	18.3	9.2	4.6	3.1	-
2	1960	216.0	132.0	128.0	92.0	61.3	47.0	25.5	19.0	11.2	5.9	3.6	2.4
3	1961	252.0	156.0	112.0	80.0	57.3	44.0	25.0	22.0	14.5	9.7	5.2	-
4	1962	132.0	120.0	100.0	60.0	46.7	38.0	22.5	17.3	12.2	6.3	4.2	-
5	1963	264.0	-	100.0	76.0	53.3	40.0	22.0	20.7	11.7	9.8	5.0	-
6	1964	252.0	186.0	168.0	124.0	104.0	80.0	44.5	30.3	16.3	8.3	4.2	-
7	1965	132.0	90.0	72.0	56.0	50.7	40.0	20.5	14.7	15.2	10.4	6.9	5.6
8	1966	324.0	180.0	136.0	86.0	66.7	54.0	36.0	26.7	15.0	7.6	-	-
9	1976	204.0	120.0	128.0	86.0	78.7	75.0	53.5	35.7	22.5	15.3	8.6	5.2
10	1978	204.0	150.0	144.0	120.0	96.0	85.0	49.0	34.0	19.2	9.6	4.8	3.1
11	1979	180.0	144.0	116.0	74.0	66.7	56.0	49.5	38.0	21.0	10.5	5.3	2.6
12	1980	168.0	168.0	248.0	164.0	109.3	91.0	87.5	61.7	32.0	16.0	8.0	4.0
13	1981	240.0	240.0	200.0	130.0	93.3	80.0	56.5	40.0	34.0	19.0	10.5	5.4
14	1982	120.0	60.0	64.0	94.0	-	69.0	40.0	34.3	21.8	10.9	6.5	5.1
15	1983	216.0	216.0	216.0	146.0	-	93.0	46.5	32.0	16.0	8.0	4.0	2.4
16	1984	180.0	162.0	140.0	94.0	81.3	67.0	39.5	27.7	14.2	7.6	3.8	2.7
17	1985	180.0	150.0	140.0	110.0	94.7	95.0	74.5	49.7	24.8	20.6	10.5	5.9
18	1986	372.0	276.0	248.0	144.0	-	100.0	52.5	41.0	21.5	10.8	5.4	2.7
19	1987	324.0	192.0	148.0	120.0	-	88.0	46.5	31.0	16.0	11.5	5.8	3.2
20	1988	180.0	156.0	144.0	102.0	94.7	81.0	51.0	33.7	19.5	14.5	7.3	4.1
21	1989	192.0	156.0	120.0	88.0	73.3	80.0	50.0	33.3	18.0	11.8	5.9	4.7
22	1990	120.0	126.0	124.0	104.0	78.7	59.0	32.5	22.7	13.5	8.3	4.8	2.6
23	1991	144.0	120.0	124.0	82.0	64.0	50.0	31.0	29.7	21.7	11.4	5.7	3.9
24	1992	180.0	132.0	128.0	116.0	106.7	85.0	46.0	33.3	17.2	8.7	4.3	2.8
25	1993	288.0	192.0	172.0	160.0	120.0	98.0	58.0	39.3	25.2	17.6	11.5	8.9
N		25.0	24.0	25.0	25.0	21.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	24.0	19.0
Max		372.0	276.0	248.0	164.0	120.0	100.0	87.5	61.7	34.0	20.6	11.5	8.9
Rata-Rata		212.2	157.3	141.6	104.3	79.4	69.9	43.5	31.4	18.5	11.0	6.0	4.1
Std. Deviasi		66.4	46.2	46.2	29.0	21.1	20.2	16.3	10.6	6.1	4.1	2.3	1.7

LANJUTAN

Bila diketahui besarnya curah hujan rencana untuk berbagai periode ulang disimbulkan T_r (untuk sementara anda belum saatnya belajar hujan rencana untuk berbagai periode ulang, nanti di pertemuan mendatang akan dipelajari hal tsb, saat ini diterima saja angka-angka angkanya, hanya sebagai contoh)

INTENSITAS UNTUK BERBAGAI WAKTU DAN PERIODE ULANG

Tr	Ytr	Durasi (menit)										1 hari	2 hari
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720		
2	0.3668	202.2	150.3	134.6	100.0	76.2	66.9	41.1	29.8	17.6	10.4	5.7	3.8
5	1.5004	271.2	198.3	182.7	130.0	98.1	87.9	58.0	40.8	23.9	14.6	8.1	5.6
10	2.251	316.9	230.0	214.4	149.9	112.7	101.8	69.2	48.1	28.1	17.4	9.7	6.7
20	2.9709	360.7	260.5	244.9	169.0	126.6	115.1	79.9	55.1	32.1	20.1	11.2	7.8
25	3.1993	374.6	270.1	254.6	175.1	131.0	119.3	83.3	57.3	33.4	21.0	11.7	8.2
50	3.9028	417.4	299.9	284.4	193.8	144.6	132.4	93.8	64.2	37.4	23.6	13.2	9.3
75	4.3117	442.3	317.2	301.7	204.6	152.5	139.9	99.9	68.1	39.6	25.2	14.0	9.9
100	4.6012	459.9	329.4	314.0	212.3	158.1	145.3	104.2	70.9	41.2	26.3	14.7	10.4



Periode ulang



Koef. Untuk menghitung periode ulang

LANJUTAN

Menghitung besarnya tiap suku (sesuaikan parameter yang dicari dengan yang ada di table : I (intensitas), t (waktu), dst, kemudian Jumlahkan tiap kolom (suku), dengan simbol []

Menghitung harga tiap suku dalam persamaan intensitas periode ulang (Tr) 2 tahun

Dari durasi hujan yang sudah diketahui di awal

Dari hitungan intensitas sebelumnya, untuk periode ulang 2 tahun

No	t	I	I.t	I ²	I ² t	log t	log I	log t.log I	(log t) ²	t ^{0.5}	I.t ^{0.5}	I ² t ^{0.5}
1	5	202.2	1011	40884.8	204424.2	0.7	2.3	1.6	0.5	2.2	452.1	91421.3
2	10	150.3	1503	22590.1	225900.9	1.0	2.2	2.2	1.0	3.2	475.3	71436.1
3	15	134.6	2019	18117.2	271757.4	1.2	2.1	2.5	1.4	3.9	521.3	70167.5
4	30	100.0	3000	10000.0	300000.0	1.5	2.0	3.0	2.2	5.5	547.7	54772.3
5	45	76.2	3429	5806.4	261289.8	1.7	1.9	3.1	2.7	6.7	511.2	38950.8
6	60	66.9	4014	4475.6	268536.6	1.8	1.8	3.2	3.2	7.7	518.2	34667.9
7	120	41.1	4932	1689.2	202705.2	2.1	1.6	3.4	4.3	11.0	450.2	18504.4
8	180	29.8	5364	888.0	159847.2	2.3	1.5	3.3	5.1	13.4	399.8	11914.3
9	360	17.6	6336	309.8	111513.6	2.6	1.2	3.2	6.5	19.0	333.9	5877.3
10	720	10.4	7488	108.2	77875.2	2.9	1.0	2.9	8.2	26.8	279.1	2902.2
11	1440	5.7	8208	32.5	46785.6	3.2	0.8	2.4	10.0	37.9	216.3	1232.9
12	2880	3.8	10944	14.4	41587.2	3.5	0.6	2.0	12.0	53.7	203.9	774.9
Jumlah []		838.6	58248.0	104916.2	2172222.9	24.1	19.0	32.8	57.0	191.0	4909.1	402621.9

LANJUTAN

Masukkan besarnya angka2 yang sudah dihitung sebelumnya pada rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro, sehingga diperoleh rumus berikut

LANJUTAN

- Persamaan Talbot

$$I = \frac{a}{t + b} \rightarrow a = \frac{[I.t][I^2] - [I^2.t][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][I.t] - N[I^2.t]}{N[I^2] - [I][I]}$$



$$I = \frac{7718.53}{t + 40.99}$$

Angka yang ada simbol [] misalnya [I.t] dicari pada table tahapan no 3 (jumlahnya)

LANJUTAN

Persamaan Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \rightarrow \log a = \frac{[\log I](\log t)^2 - [\log t \cdot \log I][\log t]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$n = \frac{[\log I][\log t] - N[\log t \cdot \log I]}{N[(\log t)^2] - [\log t][\log t]}$$

$$I = \frac{788.37}{t^{0.652}}$$

Angka angka yang ada pada kurung juga diambil dari table sebelumnya (sama dengan metode Talbot)

LANJUTAN

Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$



$$a = \frac{[I.\sqrt{t}][I^2] - [I^2.\sqrt{t}][I]}{N[I^2] - [I][I]}$$

$$b = \frac{[I][I.\sqrt{t}] - N[I^2.\sqrt{t}]}{N[I^2] - [I][I]}$$

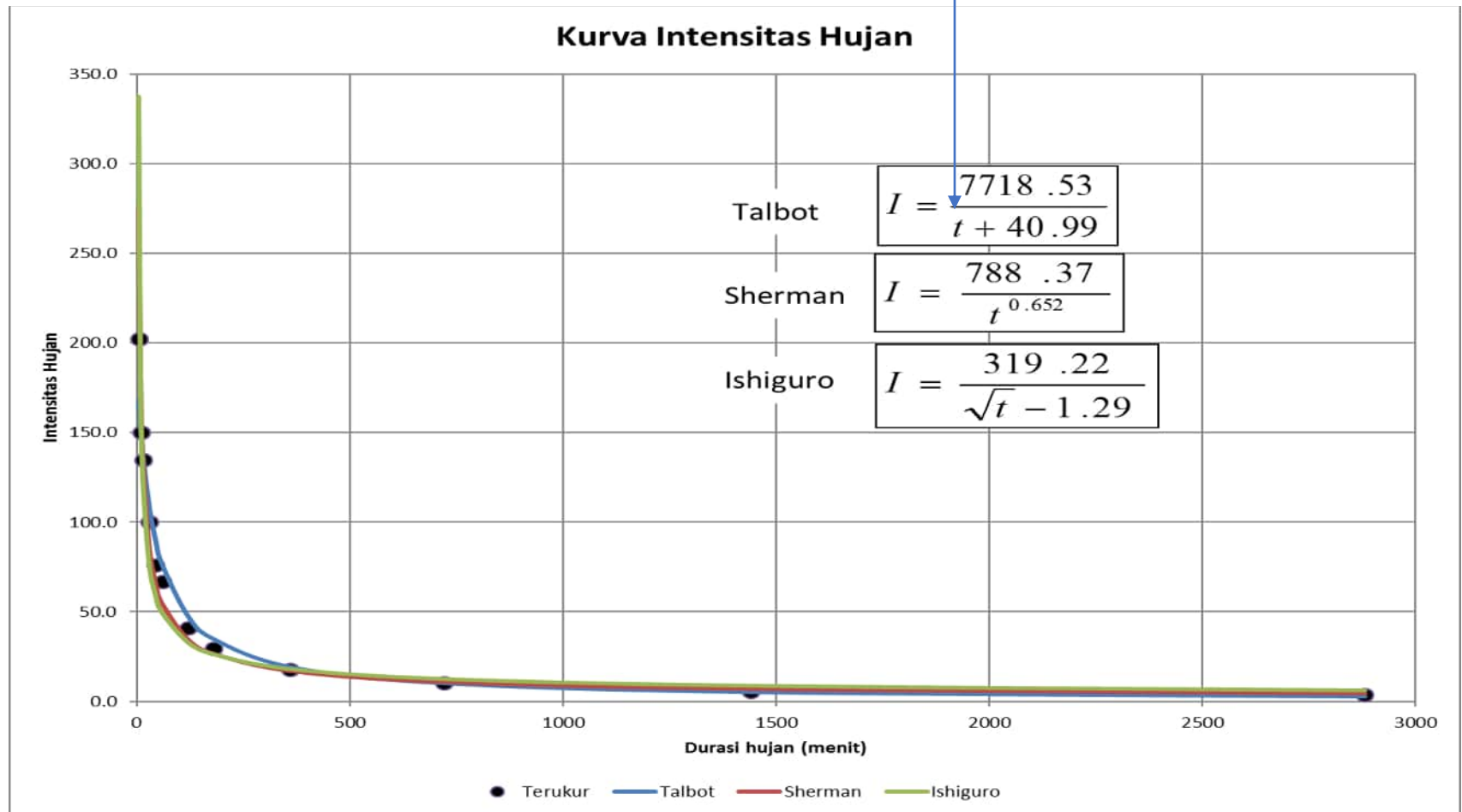


$$I = \frac{319.22}{\sqrt{t} - 1.29}$$

Angka angka yang ada pada kurung juga diambil dari tabel sebelumnya (sama dengan metode Talbot)

Kurva intensity durasi dan frekuensi Kurva IDF

Nilai t diambil dari durasi hujan



UJI KESESUAIAN

Dari data yang sudah diketahui

Dari hitungan periode ulang (T_r) 2 th

Dihitung menggunakan persamaan Talbot/Sherman/Ishiguro pada tahapan 4, dengan besarnya t diambil dari kolom sebelah kiri pada tabel ini)

No	t	I terukur	I prediksi			Selisih		
			Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
1	5	202.2	167.8	276.1	337.4	-34.4	73.9	135.2
2	10	150.3	151.4	175.7	170.5	1.1	25.4	20.2
3	15	134.6	137.9	134.9	123.6	3.3	0.3	-11.0
4	30	100.0	108.7	85.8	76.2	8.7	-14.2	-23.8
5	45	76.2	89.8	65.9	58.9	13.6	-10.3	-17.3
6	60	66.9	76.4	54.6	49.4	9.5	-12.3	-17.5
7	120	41.1	47.9	34.8	33.0	6.8	-6.3	-8.1
8	180	29.8	34.9	26.7	26.3	5.1	-3.1	-3.5
9	360	17.6	19.2	17.0	18.1	1.6	-0.6	0.5
10	720	10.4	10.1	10.8	12.5	-0.3	0.4	2.1
11	1440	5.7	5.2	6.9	8.7	-0.5	1.2	3.0
12	2880	3.8	2.6	4.4	6.1	-1.2	0.6	2.3
Deviasi						1.1	4.6	6.9

LANJUTAN

I prediksi – I terukur



No	t	I terukur	I prediksi			Selisih		
			Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
1	5	202.2	167.8	276.1	337.4	-34.4	73.9	135.2
2	10	150.3	151.4	175.7	170.5	1.1	25.4	20.2
3	15	134.6	137.9	134.9	123.6	3.3	0.3	-11.0
4	30	100.0	108.7	85.8	76.2	8.7	-14.2	-23.8
5	45	76.2	89.8	65.9	58.9	13.6	-10.3	-17.3
6	60	66.9	76.4	54.6	49.4	9.5	-12.3	-17.5
7	120	41.1	47.9	34.8	33.0	6.8	-6.3	-8.1
8	180	29.8	34.9	26.7	26.3	5.1	-3.1	-3.5
9	360	17.6	19.2	17.0	18.1	1.6	-0.6	0.5
10	720	10.4	10.1	10.8	12.5	-0.3	0.4	2.1
11	1440	5.7	5.2	6.9	8.7	-0.5	1.2	3.0
12	2880	3.8	2.6	4.4	6.1	-1.2	0.6	2.3
Devisi						1.1	4.6	6.9



dijumlahkan, kemudian dibagi jumlah data (dirata-ratakan)

TUGAS INTENSITAS HUJAN

TUGAS INTENSITAS HUJAN DENGAN DATA HUJAN HARIAN

Diketahui DAS seperti terlihat seperti gambar dibawah :

- Panjang sungai utama (L) : 113,11 km
- Luas daerah aliran (A) : 1120,7709 km²
- Elevasi hulu : 2009,126 m + 2 no mhs terakhir
- Elevasi hilir : 50, 154 m + 1 no mhs terakhir
- Bila diketahui hujan rencana (R24) :
100+dua nomor mhs terakhir

Hitung intensitas hujan menggunakan persamaan monobe



TUGAS INTENSITAS HUJAN DENGAN DATA HUJAN JANGKA PENDEK

Tr	Ytr	Durasi (menit)										1 hari	2 hari
		5	10	15	30	45	60	120	180	360	720		
2	0.3668	202.2	150.3	134.6	100.0	76.2	66.9	41.1	29.8	17.6	10.4	5.7	3.8
5	1.5004	271.2	198.3	182.7	130.0	98.1	87.9	58.0	40.8	23.9	14.6	8.1	5.6
10	2.251	316.9	230.0	214.4	149.9	112.7	101.8	69.2	48.1	28.1	17.4	9.7	6.7
20	2.9709	360.7	260.5	244.9	169.0	126.6	115.1	79.9	55.1	32.1	20.1	11.2	7.8
25	3.1993	374.6	270.1	254.6	175.1	131.0	119.3	83.3	57.3	33.4	21.0	11.7	8.2
50	3.9028	417.4	299.9	284.4	193.8	144.6	132.4	93.8	64.2	37.4	23.6	13.2	9.3
75	4.3117	442.3	317.2	301.7	204.6	152.5	139.9	99.9	68.1	39.6	25.2	14.0	9.9
100	4.6012	459.9	329.4	314.0	212.3	158.1	145.3	104.2	70.9	41.2	26.3	14.7	10.4

Diketahui hasil analisis frekuensi, seperti terlihat pada table di atas, mahasiswa yang nomor dua terakhir

- 0-9, mengerjakan periode ulang 5 tahun dengan menambah nilai di atas dengan no mhs terakhir

LANJUTAN

- 10-19, mengerjakan periode ulang 10 tahun dengan menambah nilai di atas dengan no mhs terakhir
- 20-29, mengerjakan periode ulang 20 tahun dengan menambah nilai di atas dengan no mhs terakhir
- 30-39, mengerjakan periode ulang 25 tahun dengan menambah nilai di atas dengan no mhs terakhir
- 40-49, mengerjakan periode ulang 50 tahun dengan menambah nilai di atas dengan no mhs terakhir
- 50-59, mengerjakan periode ulang 100 tahun dengan menambah nilai di atas dengan no mhs terakhir
- 60-69, mengerjakan periode ulang 5 tahun dengan menambah 2 no mhs terakhir

LANJUTAN

- 70-79, mengerjakan periode ulang 10 tahun dengan menambah 2 no mhs terakhir
- 80-89, mengerjakan periode ulang 20 tahun dengan menambah 2 no mhs terakhir
- 90-99, mengerjakan periode ulang 25 tahun dengan menambah 2 no mhs terakhir

Buatlah kurva IDF

Carilah metode perhitungan insitas hujan yang paling mendekati dengan intensitas hujan terkur

KETENTUAN UMUM

- Tugas dikerjakan oleh masing-masing mahasiswa (individu)
- Tugas dikerjakan dengan tulis tangan yang dilengkapi tahapan pengerjaan
- Kurva IDF Digambar diatas millimeter blok

- Mahasiswa Palembang Tugas dikumpul Sebelum pertemuan ke 4 (31 Januari 2023) jam 7.59 WIB
- Mahasiswa Indralaya Tugas dikumpul Sebelum 4 Februari 2023 jam 7.59 WIB

PENGUAPAN

DEFINISI

- **Evaporasi** (penguapan) didefinisikan sebagai peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara.
- **Transpirasi** didefinisikan sebagai peristiwa penguapan dari tanaman.
- Peristiwa Evaporasi yang diiringi Transpirasi secara bersama-sama disebut sebagai **Evapotranspirasi**.

FAKTOR PENGUAPAN

- Radiasi matahari

Agar proses penguapan terjadi dibutuhkan latent heat yang berasal dari radiasi matahari dan tanah, dimana radiasi ini dipengaruhi oleh lokasi dan musim

- Temperatur

Semakin tinggi temperatur :

- a. Energi kinetik air meningkat untuk memindahkan air ke atas (penguapan)
- b. Semakin besar kemampuan udara untuk menyerap air

LANJUTAN

- Kelembaban
 - a. Tekanan pada lapisan udara, lebih rendah dari pada tekanan tepat di atas air
 - b. Adanya perbedaan tersebut menyebabkan penguapan

- Kecepatan angin
 - a. Adanya penguapan, kelembaban udara meningkat, dan akhirnya jenuh
 - b. Adanya angin yang memindahkan udara lembab dan mengganti udara yang lebih kering, maka penguapan akan terus terjadi

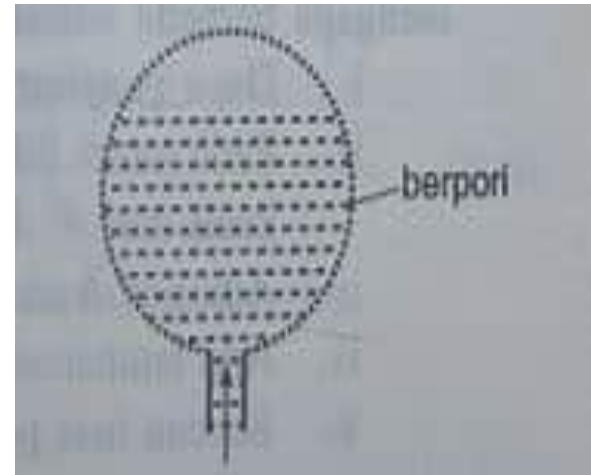
EVAPORASI

PENGUKURAN EVAPORASI

a. Atmometer



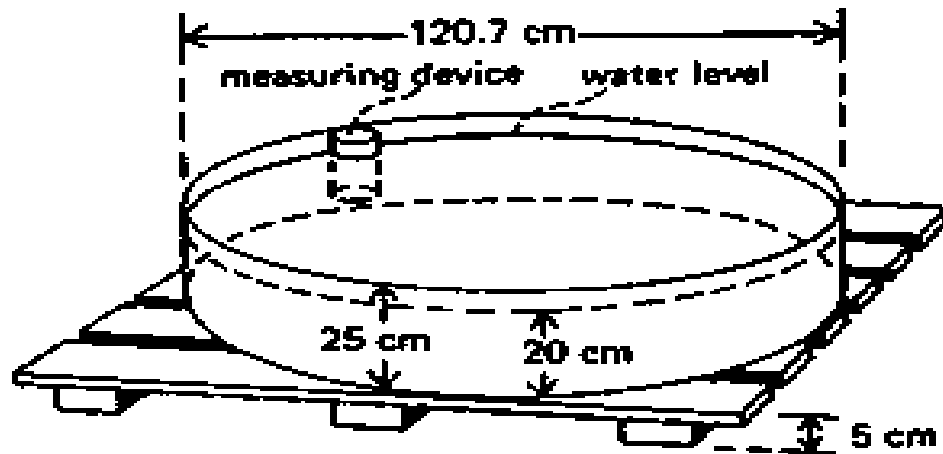
Atmometer Piche



Atmometer livingstone

LANJUTAN

b. Panci penguapan

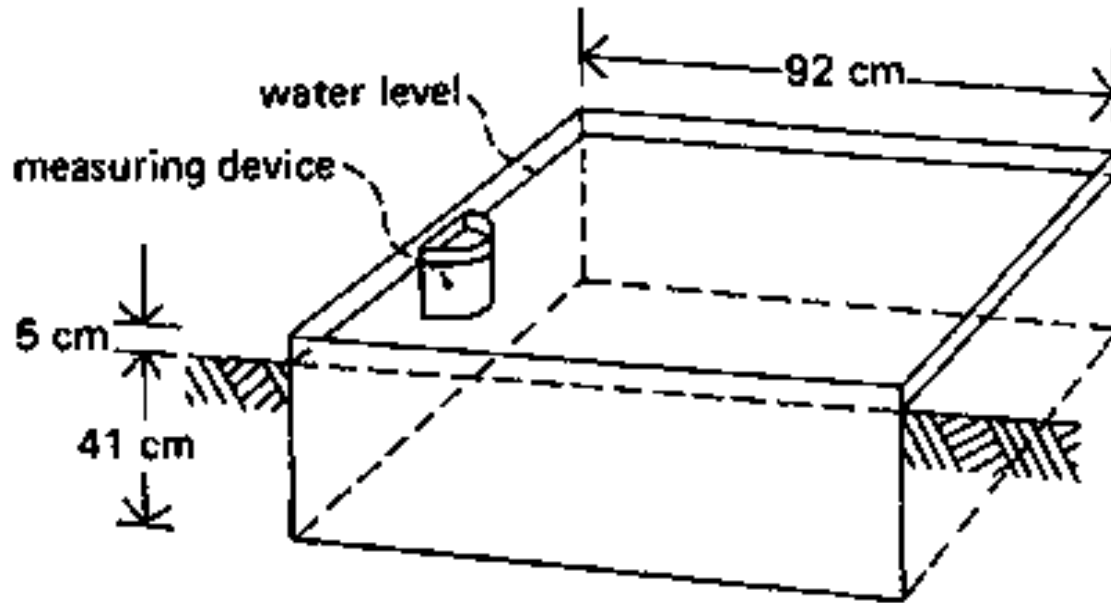


$$E_o = K \cdot E_p$$

Dengan K = antara 0.6
s/d 0.7

Panci kelas A

LANJUTAN

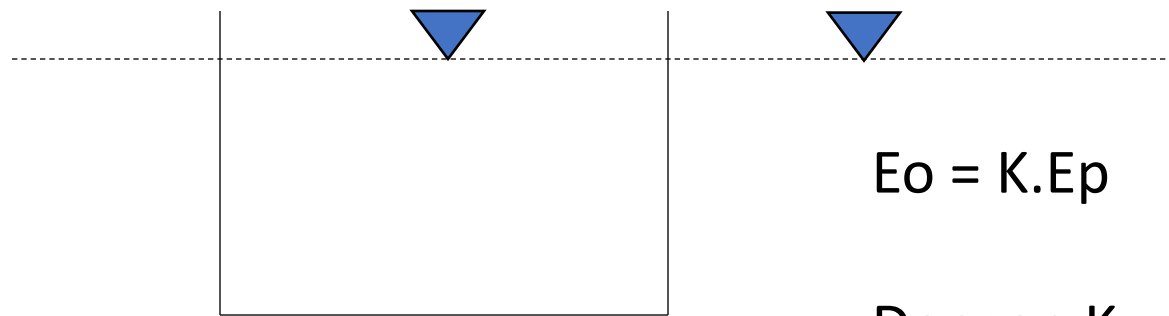


$$E_o = K \cdot E_p$$

Dengan K = antara
0.75 s/d 0.86

Colorado sunken pan

LANJUTAN



Floating pan

$$E_o = K \cdot E_p$$

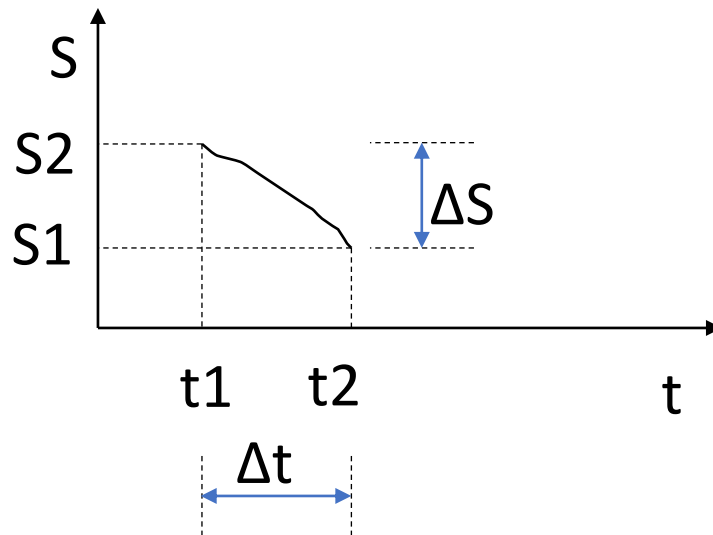
Dengan $K =$ antara 0.75
s/d 0.8

KOREKSI PENGUAPAN PANCI

- permukaan yang sempit, tidak terdapat gelombang dipermukaan dan turbulensi udara dipermukaan lebih kecil
- Kemampuan massa air untuk menyimpan panas berbeda antara panci penguapan dan danau (massa air yang berbeda)
- Terjadinya pertukaran panas dengan tanah, air dan udara sekitarnya

WATER BALANCE

- Water balance adalah perhitungan jumlah air yang masuk (inflow) dan yang keluar (outflow) dari zone yang ditinjau selama periode waktu tertentu.



S : storage

ΔS : perubahan
storage atau
tampungan air di
zone yang ditinjau

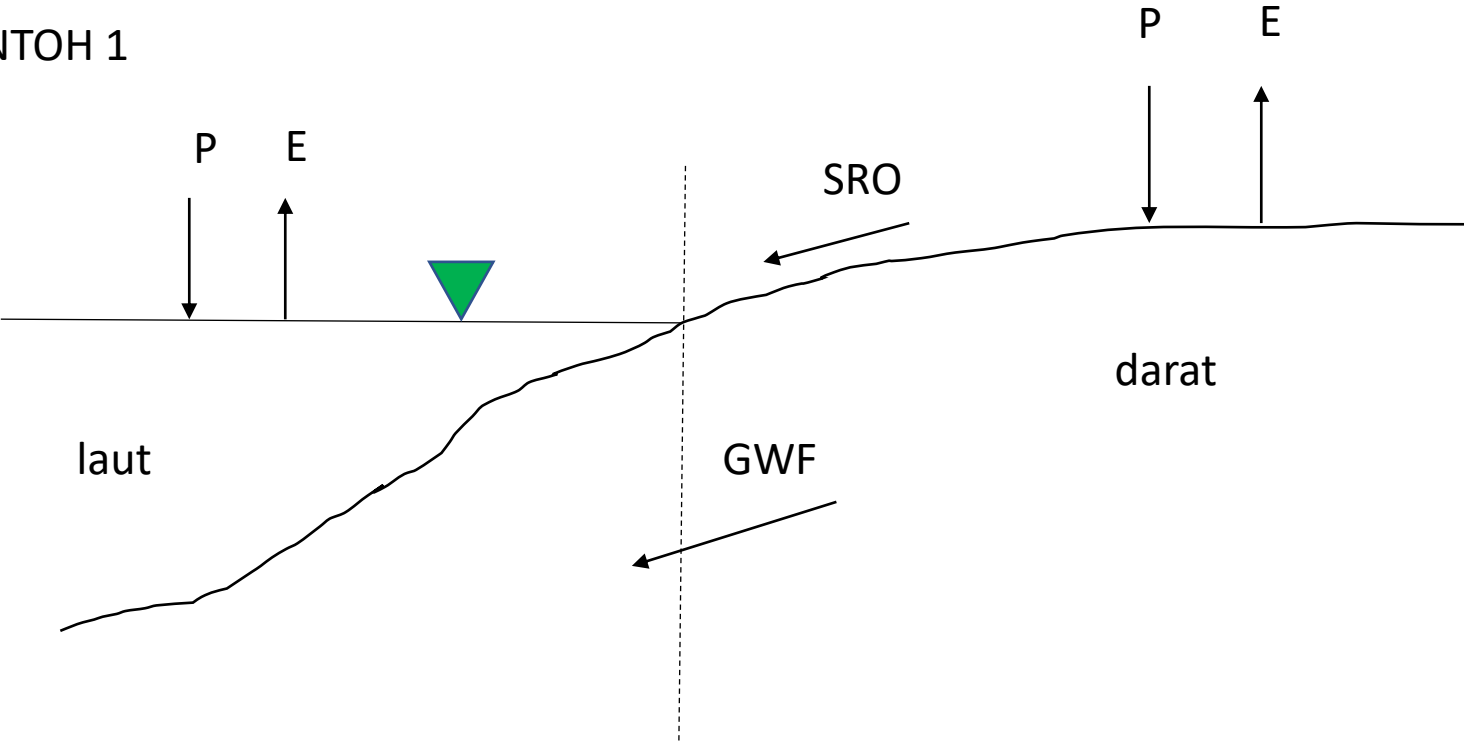
LANJUTAN

$$\frac{dS}{dt} = I - O$$



I : inflow
O : outflow

CONTOH 1



LANJUTAN

- P : presipitasi
E : evaporasi
SRO : surface run off
GWF : ground water flow

1. Water balance di daratan :

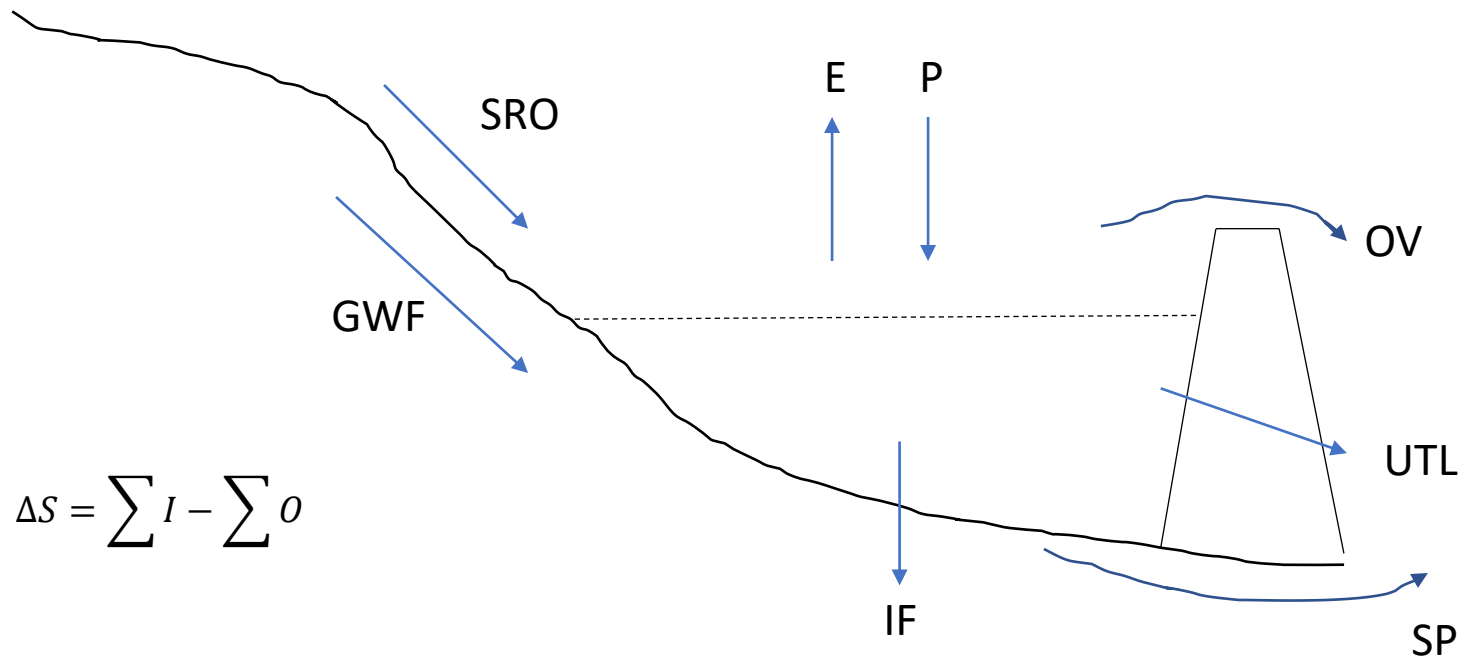
$$\begin{aligned}\Delta S &= \sum I - \sum O \\ &= P - (E + GMF + SRO) \\ &= P - E - GWF - SR\end{aligned}$$

2. Water balance di lautan :

$$\begin{aligned}\Delta S &= \sum I - \sum O \\ &= (P + SRO + GWF) - E \\ &= P + SRO + GWF - E\end{aligned}$$

IMBANGAN AIR PADA WADUK

SP : seepage
UTL : utilization
OV : overflow



PERHITUNGAN EVAPORASI

HARBECK

Memberikan formula untuk menghitung penguapan di waduk, yaitu :

$$E_0 = 0.291 A^{-0.05} U_2 (es - ed)$$

A : luas waduk (m²)

U₂ : kecepatan angin 2 m di atas muka tanah
(m/det)

es : tekanan uap air jenuh (mb)

ed : tekanan uap air nyata (mb)

SOAL

- Hitung kehilangan air tahunan (penguapan) untuk waduk dengan luas 5 km², U₂ : 10.3 km/jam, es dan ed berturut turut : 14.2 dan 11.0 mm hg

PENYELESAIAN

Penyelesaian :

$$A = 5 \text{ km}^2 = 5 \times 1000^2 \text{ m}^2 = 5 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$U_2 = 10,3 \text{ km/jam} = \frac{10,3 \times 1000}{60 \times 60} = 2,86 \text{ m/det.}$$

$$e_s = 14,2 \text{ mmHg} = 14,2 \times 1,33 = 18,9 \text{ mb}$$

$$e_d = 11,0 \text{ mmHg} = 11,0 \times 1,33 = 14,6 \text{ mb}$$

$$E_0 = 0,291 A^{-0,05} U_2 (e_s - e_d)$$

$$E_0 = 0,291 (5 \times 10^6)^{-0,05} (2,86) (18,9 - 14,6)$$

$$= 1,66 \text{ mm/hari}$$

$$= 606 \text{ mm/tahun (anggapan laju } E_0 \text{ tetap)}$$

Jadi total kehilangan air tahunan (penguapan)

$$= 0,606 \times 5 \times 1000^2 = 3,03 \text{ juta m}^3$$

EVAPOTRANSPIRASI

PENGUKURAN EVAPOTRANSPIRASI

- Imbangan air untuk DAS

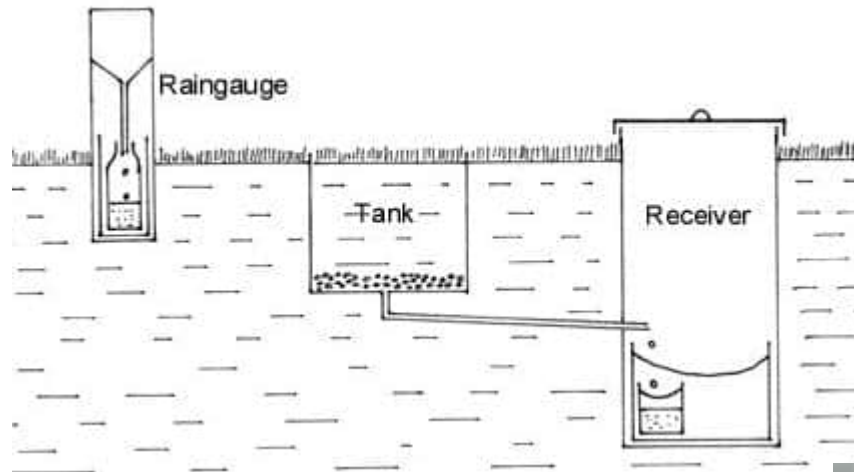
$$\pm \Delta S = I - O$$

I : inflow

O : outflow

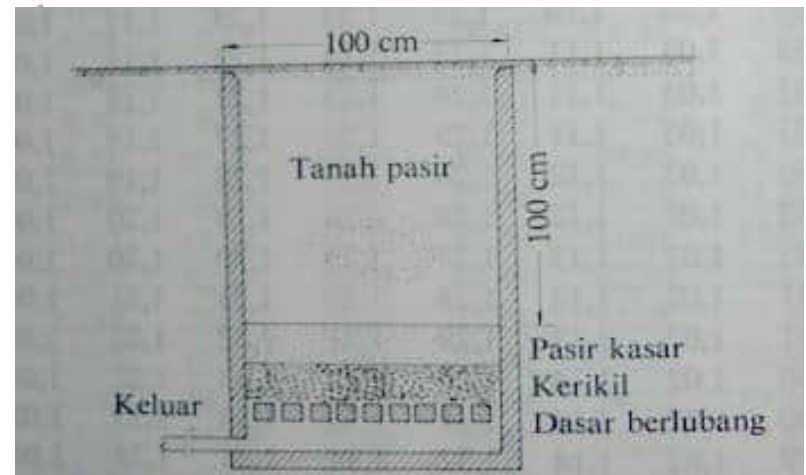
ΔS : perubahan tampungan

PENGUKURAN DENGAN ALAT



$$\pm \Delta S = I - O$$

Lysimeter



PENDEKATAN TEORITIS

RUMUS	DATA KLIMATOLOGI YG DIBUTUHKAN
Rumus yg menggunakan data suhu udara rata-rata harian	
1. Lowry – Johnson	Suhu selama masa tanam
2. Thornwaite	Suhu
3. Blaney - Cridle	Suhu, % sinar matahari, koef. tanaman
Rumus yg menggunakan data suhu udara rata-rata harian dan radiasi matahari	
1. Jansen – Haise	Suhu, radiasi matahari
2. Turc	Suhu, radiasi matahari
3. Grassi	Suhu, radiasi matahari, dan koef. tanaman
4. Stephen – Steward	Suhu, radiasi matahari
5. Makkink	Suhu, radiasi matahari
Rumus yg menggunakan data suhu udara rata-rata harian dan kelembaban	
1. Blaney – Morin	Suhu, % sinar matahari, kelembaban relatif, koef. tanaman
2. Hamon	Suhu, kelembaban mutlak, % sinar matahari
3. Hagreaves	Suhu, kelembaban relatif, % sinar matahari, koef. Tanaman
4. Papadakis	Suhu, tekanan uap jenuh, suhu rata-rata harian dan suhu minimum
Rumus-rumus yg kompleks	
1. Penman	Suhu, radiasi matahari, kecepatan angin, kelembaban
2. Christiansen	Suhu, radiasi, angin, kelembaban relatif, % sinar matahari, elevasi, koef. Tanaman
3. Van Bavel	Elevasi, koef. Tanaman, suhu, radiasi matahari, angin, kelembaban.

BLANEY CRIDDLE

Data yang diperlukan :

- Letak lintang
- Suhu udara
- Angka koreksi

$$ET_o = c \cdot ET_o^*$$

$$ET_o^* = P \cdot (0,457 \cdot t + 8,13)$$

P : prosentase rata-rata jam siang malam,
besarnya tergantung letak lintang (tabel)

t : suhu udara (°C)

LANJUTAN

LINTANG	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
5,0 Utara	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
2,5 Utara	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
2,5 Selatan	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
5 Selatan	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
7,5 Selatan	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29
10 Selatan	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29

Mencari P berdasarkan lokasi lintang

LANJUTAN

BULAN	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
(C)	0,80	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,80	0,80	0,80	0,80

Mencari c berdasarkan bulan

SOAL

- Hitung besarnya Eto pada bulan Februari bila diketahui : suhu rata-rata bulanan 25.7°C , letak lintang 7.5 lintang selatan
 - Dari data bulan maka dari tabel di atas diperoleh $c : 0.8$
 - Dari letaknya maka dari table diperoleh $P : 0.28$
 - Jadi bila dimasukkan ke rumus di atas Eto : 4.48 mm/hari

THORNTHWAITE

- Menghasilkan evapotranspirasi potensial di daerah yang tertutup dengan tanaman-tanaman rendah yang dihubungkan dengan fungsi suhu dan jumlah jam siang hari. Dalam rumus ini dimasukkan faktor kelembaban dan kecepatan angin sebagai faktor lain yang mempengaruhi besarnya evapotranspirasi. Rumus ini dapat dipakai karena mencakup kondisi-kondisi yang luas. Rumus ini dikembangkan di Amerika Serikat pada meridian antara 29° dan 24° lintang utara.

LANJUTAN

Besarnya evapotranspirasi (cm/hari) dalam bulan yang diperhitungkan sama dengan 30 hari dengan jumlah jam per hari 12 jam adalah:

$$ET^* = 1,62 \left(\frac{10t}{J} \right)^a$$

Untuk bulan yg jumlah harinya bukan 30 hari dan jumlah jam per hari terangnya bukan 12 jam, maka:

$$ET = ET^* \frac{S \times T_x}{30 \times 12}$$

Dengan:

$$J = \sum_{i=1}^{12} j_i \quad j = \left(\frac{t_n}{5} \right)^{1,514} \quad a = 675 \times 10^{-9} J^3 - 771 \times 10^{-7} J^2 + 178 \times 10^{-4} \times J + 0,498$$

Dimana:

t_n : suhu rata-rata bulanan dalam beberapa thn ($^{\circ}\text{C}$), dengan $n = 1,2,3,\dots,12$

j : indeks panas bulanan

J : indeks panas tahunan

ET : evapotranspirasi

S : jumlah hari dlm bulan tertentu

T_x : jumlah rata-rata sehari antara matahari terbit hingga matahari terbenam dalam bulan tertentu.

SOAL

Diketahui data temperatur rata rata untuk beberapa tahun adalah sbb.

Bulan	Temperatur, t (°C)
Januari	-5
Februari	0
Maret	5
April	9
Mei	13
Juni	17
Juli	19
Agustus	17
September	13
Oktober	9
November	5
Desember	0

LANJUTAN

- Menggunakan data tersebut, jika diketahui temperatur rata-rata bulanan sebesar 30°C pada bulan Juli, tentukan besarnya evapotranspirasi yang terjadi pada bulan tsb. Bulan tsb memiliki 31 hari dan 14 jam/hari.
- Evapotranspirasi ditentukan menggunakan metode Thornthwaite.

PENYELESAIAN

tn



<i>Bulan</i>	<i>t °C</i>	<i>j</i>
Januari	-5	0,00
Februari	0	0,00
Maret	5	1,00
April	9	2,43
Mei	13	4,25
Juni	17	6,38
Juli	19	7,55
Agustus	17	6,38
September	13	4,25
Oktober	9	2,43
Nopember	5	1,00
Desember	0	0,00
	<i>J</i>	35,67

LANJUTAN

Dengan $J = 35,67$ didapat $a = 1,065$

$$\begin{aligned} ET^* &= 1,6 \left(\frac{10t}{J} \right)^a = 1,6 \left(\frac{10 \times 30}{35,67} \right)^{1,065} = 15,46 \text{ cm/hari} \\ &= 154,6 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Ep untuk bulan Juli, dengan 31 hari dan 14 jam/hari :

$$ET^* = 154,6 \frac{31 \times 14}{30 \times 12} = 186,3 \text{ mm/hari}$$

PENMAN - MONTEITH

1. Data iklim

Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan menurut metode Penman-Monteith memerlukan data iklim dan letak stasiun klimatologi

- suhu udara rata-rata dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}$ C)
- kelembaban relatif rata-rata dalam persen (%)
- kecepatan angin rata-rata dalam satuan meter per detik (m/s)
- lama penyinaran matahari dalam satu hari yang dinyatakan dengan satuan jam
- tekanan udara di lokasi stasiun dengan satuan kilo pascal (KPa)
- radiasi matahari di lokasi stasiun dengan satuan mega joule per meter persegi per hari (MJ/m²/hari)

LANJUTAN

2. Data topografi

- elevasi atau altitude stasiun pengamatan klimatologi dalam satuan meter di atas permukaan air laut;
- letak garis lintang lokasi stasiun pengamatan klimatologi yang dinyatakan dalam derajat, kemudian dikonversi dalam radian dengan 2π radian = 360 derajat.

DEFINISI DAN ISTILAH

- Evapotranspirasi potensial : evapotranspirasi untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman tanpa sedikit pun kekurangan air
- Panas laten : panas yang diperlukan untuk menguapkan air sebesar satu gram.
- Tanaman acuan : rerumputan dengan tinggi 12 cm, tumbuh seragam menutupi permukaan tanah, tanpa kekurangan air.
- Radiasi matahari gelombang pendek netto : radiasi matahari ekstraterestrial (radiasi matahari yang diterima di bagian atas atmosfer bumi pada permukaan horisontal) dikurangi pantulan radiasi dari permukaan bumi.

LANJUTAN

- Radiasi gelombang panjang netto : panas yang dipancarkan oleh permukaan tanaman dan tanah ditambah panas dari atmosfer dan awan yang diterima oleh di permukaan bumi.
- Radiasi matahari netto : radiasi matahari gelombang pendek netto dikurangi radiasi gelombang panjang netto.
- Lama penyinaran matahari : jangka waktu matahari bersinar tanpa dihalangi oleh penutupan awan.
- Koefisien pantulan atau albedo : nilai besaran bagian radiasi matahari ekstraterestrial yang dipantulkan oleh permukaan bumi.

Rumus penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

- ET_0 adalah evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari).
- R_n adalah radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman, (MJ/m²/hari).
- T adalah suhu udara rata-rata, (° C).
- U_2 adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah, (m/s).
- e_s adalah tekanan uap air jenuh, (kPa).
- e_a adalah tekanan uap air aktual, (kPa).
- Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu, (kPa/° C).
- γ adalah konstanta psikrometrik, (kPa/° C).

RADIASI MATAHARI NETO DIATAS TANAMAN

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \dots\dots\dots (2)$$

R_{ns} adalah radiasi gelombang pendek, (MJ/m²/hari).

R_{nl} adalah radiasi gelombang panjang, (MJ /m²/hari).

RADIASI GELOMBANG PENDEK

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \dots\dots\dots (3)$$

α adalah koefisien pantulan radiasi tajuk = 0,23 (nilai koefisien ini dipengaruhi oleh kondisi tanaman penutup lahannya, pada beberapa literatur menggunakan kisaran nilai 0,23 – 0,25).

R_s adalah radiasi matahari, (MJ/m²/hari).

RADIASI MATAHARI

$$R_s = (0,25 + 0,5 \frac{n}{N}) R_a \dots\dots\dots (4)$$

n adalah lama matahari bersinar dalam satu hari, (jam).

N adalah lama maksimum matahari bersinar dalam satu hari, (jam).

R_a adalah radiasi matahari ekstraterestrial, (MJ/m²/hari).

RADIASI MATAHARI EKSTRATERESTRIAL

$$R_a = 37,6 d_r (\omega_s \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s) \dots\dots\dots (5)$$

d_r adalah jarak relatif antara bumi dan matahari.

δ adalah sudut deklinasi matahari, (rad).

φ adalah letak lintang, (rad). Jika berada pada lintang utara nilainya positif, pada lintang selatan nilainya negatif.

ω_s adalah sudut saat matahari terbenam, (rad).

SUDUT SAAT MATAHARI TERBENAM

$$\omega_s = \arccos (-\tan \varphi \tan \delta) \dots\dots\dots (6)$$

δ adalah deklinasi matahari, (rad).

φ adalah letak lintang, (rad).

JARAK RELATIF MATAHARI DAN BUMI

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \left(\frac{2\pi}{365} J \right) = 1 + 0,033 \cos (0,0172 J) \dots\dots\dots (7)$$

DEKLINASI MATAHARI

$$\delta = 0,409 \sin \left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39 \right) = 0,409 \sin (0,0172J - 1,39) \dots\dots\dots (8)$$

J adalah nomor urut hari dalam setahun (hari julian)

LANJUTAN

Nilai $(0,0172 J)$ pada persamaan (7) dan $(0,0172J - 1,39)$ pada persamaan (8) dalam satuan radian.

a. Untuk J Bulanan

$$J = \text{Integer}(30,42 M - 15,23) \dots\dots\dots (8a)$$

b. Untuk J Harian

$$J = \text{integer} \left(275 \frac{M}{9} - 30 + D \right) - 2 \dots\dots\dots (8b)$$

LANJUTAN

M adalah bulan (1-12)

D adalah hari dalam bulan (1 - 31)

Jika tahun normal dan $M < 3$, nilai J ditambah nilai 2

Jika tahun kabisat dan $M > 2$, J ditambah nilai 1, tahun kabisat adalah tahun yang habis dibagi dengan angka 4.

Untuk melakukan penghitungan dengan periode 10 harian, maka nilai J diperoleh dari persamaan (8b) dengan D sama dengan 5, 15, dan 25 pada setiap bulannya.

Tahun yang berjumlah 366 hari ini disebut **tahun kabisat** dan hanya terjadi empat **tahun** sekali.

LANJUTAN

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \dots\dots\dots (9)$$

$$R_{nl} = -R_{ld} \downarrow + R_{lu} \uparrow = f(\epsilon_a - \epsilon_{vs}) \sigma T_k^4 \dots\dots\dots (10)$$

- R_{nl} adalah radiasi gelombang panjang, (MJ /m²/hari).
- $R_{lu} \uparrow$ adalah radiasi termal yang dipancarkan oleh tanaman dan tanah ke atmosfer, (MJ/m²/hari).
- $R_{ld} \downarrow$ adalah radiasi gelombang panjang termal yang dipancarkan dari atmosfer dan awan masuk ke permukaan bumi, (MJ/m²/hari).
- f adalah faktor penutupan awan, tanpa dimensi.
- ϵ_a adalah emisivitas efektif atmosfer.
- ϵ_{vs} adalah nilai emisivitas oleh vegetasi dan tanah $\approx 0,98$ (Jensen dkk., 1990).
- σ adalah nilai konstanta Stefan-Boltzman = $4,90 \times 10^{-9}$ MJ/m²/K⁴/hari.
- T_k adalah suhu udara rata-rata, (K).

FAKTOR PENUTUPAN AWAN (f)

$$f = 0,9 \frac{n}{N} + 0,1 \dots\dots\dots (11)$$

EMISIVITAS (ϵ')

$$\epsilon' = (\epsilon_a - \epsilon_{VS}) = (a_T + b_T \sqrt{e_a}) \approx (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \dots\dots\dots (12)$$

ϵ' adalah emisivitas atmosfer

e_a adalah tekanan uap air aktual (kPa).

a_T adalah 0,34 - 0,44.

b_T adalah negatif 0,25 - negatif 0,14.

KECEPATAN ANGIN 2 METER DIATAS TANAH

$$U_2 = U_z \left(\frac{4,87}{\ln(67,8z - 5,42)} \right) \dots\dots\dots (13)$$

U_2 adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 m, (m/s).

U_z adalah kecepatan angin pada ketinggian z m, (m/s).

z adalah ketinggian alat ukur kecepatan angin, (m).

TEKANAN UAP JENUH (e_s)

$$e_s = 0,611 \exp\left(\frac{17,27T}{T+237,3}\right) \dots\dots\dots (14)$$

TEKANAN UAP AKTUAL (e_a)

$$e_a = e_s \times RH \dots\dots\dots (15)$$

RH adalah kelembaban relatif rata-rata, (%).

KEMIRINGAN KURVA TEKINAN UAP AIR TERHADAP SUHU UDARA

$$\Delta = \frac{4098 e_s}{(T + 237,3)^2} \dots\dots\dots (16)$$

Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara, (kPa/° C).

T adalah suhu udara rata-rata, (° C).

e_s adalah tekanan uap jenuh pada suhu T , (kPa).

KONSTANTA PSIKROMETRIK (γ)

$$\gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon \lambda} 10^{-3} = 0,00163 \frac{P}{\lambda} \dots\dots\dots (17)$$

γ adalah konstanta psikrometrik, (kPa/° C).

c_p adalah nilai panas spesifik udara lembap sebesar 1,013 kJ/kg/° C.

P adalah tekanan atmosfer, (kPa).

ε adalah nilai perbandingan berat molekul uap air dengan udara kering = 0,622.

λ adalah panas laten untuk penguapan, (MJ/kg).

TEKANAN ATMOSFER (P)

$$P = P_0 \left(\frac{T_{k0} - \tau(z - z_0)}{T_{k0}} \right)^{\frac{g}{\tau R}} \dots\dots\dots (18)$$

- P adalah tekanan atmosfer pada elevasi z , (kPa).
- P_0 adalah tekanan atmosfer pada permukaan laut, (kPa).
- z adalah elevasi, (m).
- z_0 adalah elevasi acuan, (m).
- g adalah gravitasi = $9,8 \text{ m/s}^2$.
- R adalah konstanta gas spesifik = 287 J/kg/K .
- T_{k0} adalah suhu pada elevasi z_0 , (K).
- τ adalah konstanta *lapse rate* udara jenuh = $0,0065 \text{ K/m}$.

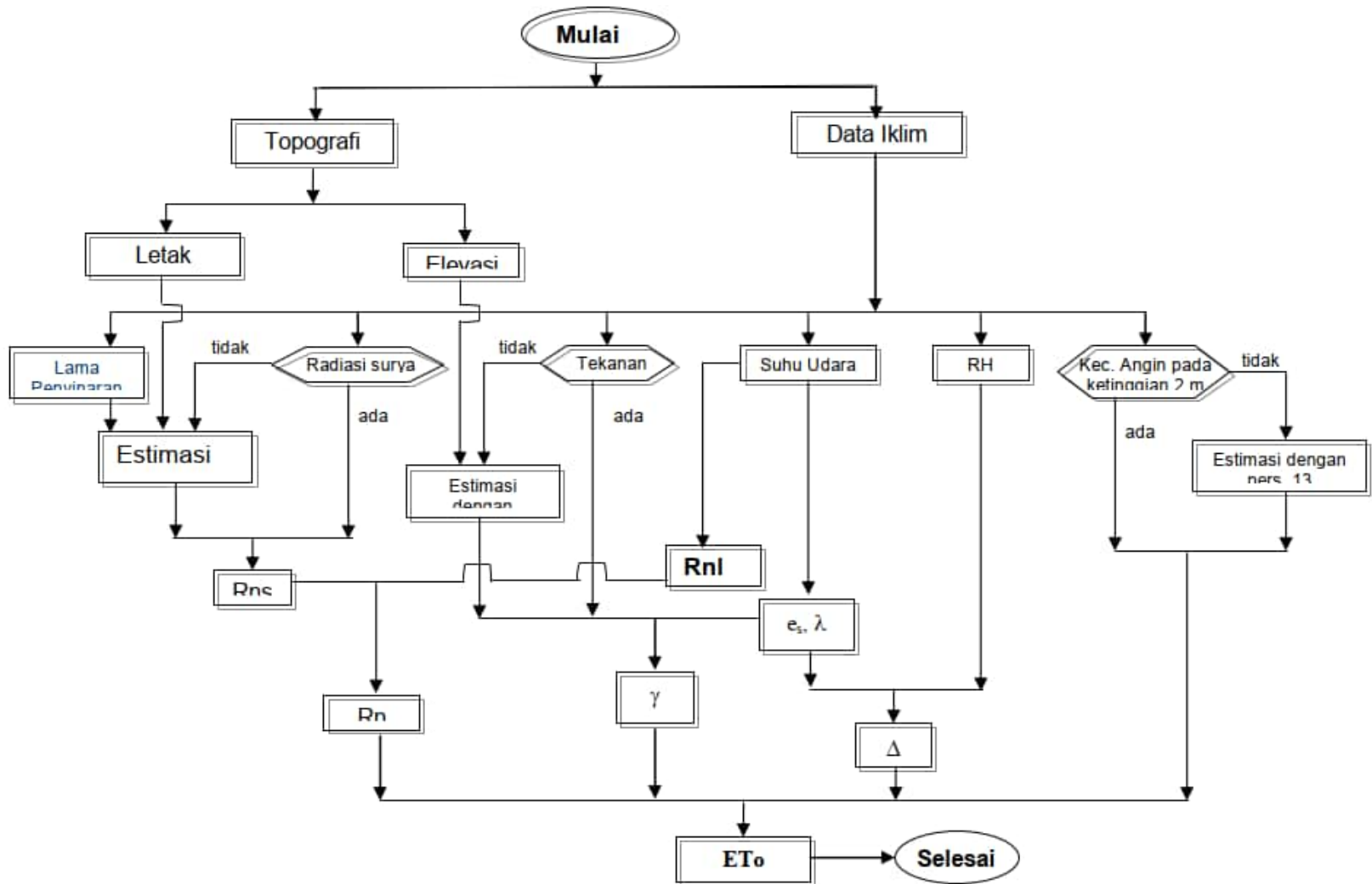
Jika tekanan udara pada suatu stasiun tidak tersedia, maka gunakan asumsi $T_{k0} = 293 \text{ K}$ untuk $T = 20^\circ \text{ C}$ dan $P_0 = 101,3 \text{ kPa}$ pada $z_0 = 0$.

PANAS LATEN UNTUK PENGUAPAN (λ)

$$\lambda = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3})T \dots\dots\dots (19)$$

- λ adalah panas laten untuk penguapan, (MJ/kg).
- T adalah suhu udara rata-rata, ($^{\circ}$ C).

DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN EVAPOTRANSPIRASI METODE PENMAN-MONTEITH



TAHAPAN PERHITUNGAN

T	RH	U	n	J	e_s	e_a	$(e_s - e_s)$	P	λ
(°C)	(%)	(m/s)	(jam)	(hari)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(MJ/kg)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Suhu rata2	Kelembaban relatif rata2	Kecepatan angin di stasiun klimatologi	lama matahari bersinar 1 hari	Nomor urut hari dalam setahun	Tekanan uap jenuh	Tekanan uap aktual	Cukup jelas	Tekanan atmosfer pada elevasi z	Panas laten
Dari data klimatologi	Dari data klimatologi	Dari data klimatologi	Dari data klimatologi	Cukup jelas	$e_s = 0,611 \exp \left(\frac{17,27T}{T + 237,3} \right)$	$e_a = e_s \times RH$		$P = P_0 \left(\frac{T_{ko} - \tau(z - z_0)}{T_{ko}} \right)^{\frac{g}{\tau R}}$	$\lambda = 2,501 - (2,361 \times 10^{-3}) T$

LANJUTAN

γ	Δ	U_2	δ	d_r	ω_s	R_a	N	n/N
(kPa/°C)	(kPa/°C)	(m/s)	(rad)		(rad)	(MJ/m ² /hari)	(Jam)	(%)
11	12	13	14	15	16	17	18	19
Konstanta Psikometrik	kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara	Kecepatan angin pada ketinggian 2 m	Deklinasi matahari	jarak relatif antara bumi dan matahari	sudut saat matahari terbenam	radiasi matahari ekstraterestrial	Lama maksimum matahari bersinar dalam 1 hari	Lama penyunaran relatif
$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} 10^{-3} = 0,00163 \frac{P}{\lambda}$	$\Delta = \frac{4098 e_s}{(T + 237,3)^2}$	$U_2 = U_z \left(\frac{4,87}{\ln(67,8z - 5,42)} \right)$	$\delta = 0,409 \sin \left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39 \right)$ $= 0,409 \sin (0,0172J - 1,39)$	$d_r = 1 + 0,033 \cos \left(\frac{2\pi}{365} J \right)$ $= 1 + 0,033 \cos (0,0172 J)$	$\omega_s = \arccos (-\tan \varphi \tan \delta)$	$R_a = 37,6 d_r (\omega_s \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s)$	$N = \frac{24}{\pi} \omega_s$	Cukup Jelas

LANJUTAN

R_s	f	R_{ns}	ϵ'	R_{nl}	R_n	ETo
(MJ/m ² /hari)		(MJ/m ² /hari)		(MJ/m ² /hari)	(MJ/m ² /hari)	(mm/hari)
20	21	22	23	24	25	26
radiasi matahari	faktor penutupan awan	radiasi gelombang pendek	emisivitas atmosfer	radiasi gelombang panjang	radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman	evapotranspirasi tanaman acuan
$R_s = (0,25 + 0,5 \frac{n}{N}) R_d$	$f = 0,9 \frac{n}{N} + 0,1$	$R_{ns} = (1 - a) R_s$	$\epsilon_s = (\epsilon^0 - \epsilon^{0,2}) = (\alpha^1 + \rho^1 \sqrt{\epsilon^0})$	$R_{nl} = -R_{ld} \downarrow + R_{lu} \uparrow = f(\epsilon_a - \epsilon_{vs}) \sigma T_k^4$	$R_n = R_{ns} - R_{nl}$	$ET_o = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)}$

SOAL LATIHAN PENGUAPAN

SOAL LATIHAN

Diketahui

Suhu rata-rata	:	26,98 °C + 0,dua NIM terakhir
Kelembaban relative rata-rata	:	86,36 % + 0,dua NIM terakhir
Kecepatan angin rata-rata	:	1,96 m/det + 0,dua NIM terakhir
Lama matahari bersinar	:	5,25 jam + 0, dua NIM terakhir
Nomor urut hari dalam setahun	:	sesuai dua no mhs terakhir
Lokasi	:	2,....°55'38.32" (...diisi no mhs terakhir)
Ketinggian (elevasi)	:	11 m + 0,dua NIM terakhir

Hitung besarnya evapotranspirasi ETo menurut Penman monteith

KETENTUAN UMUM

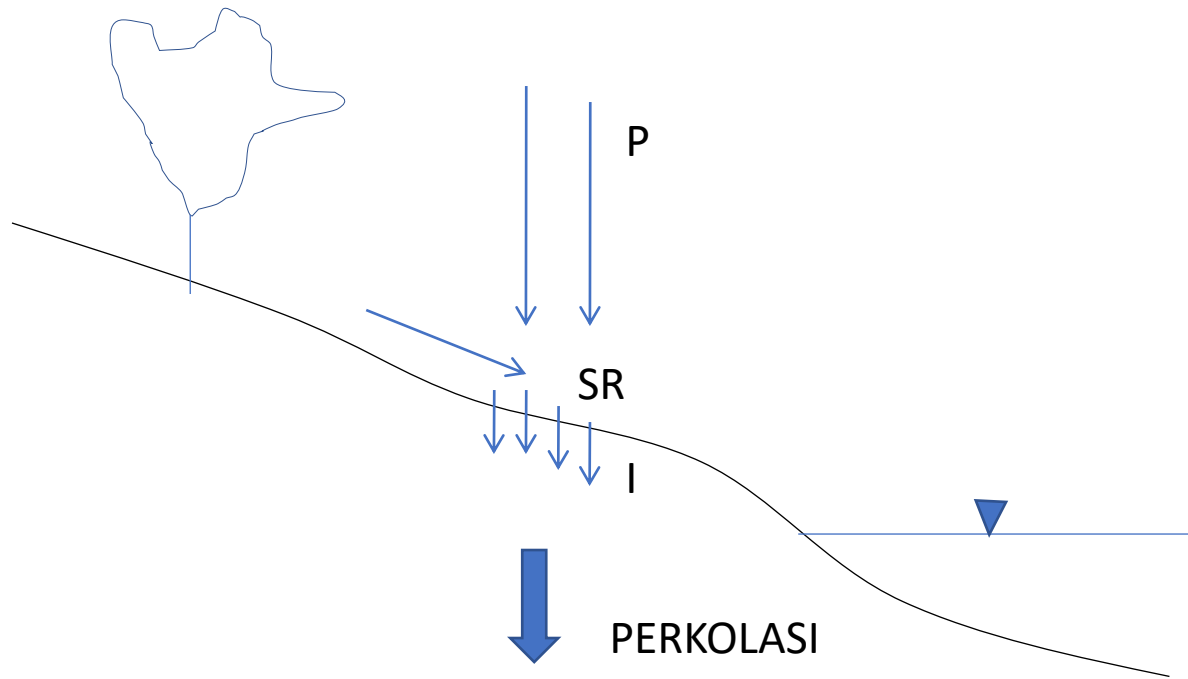
- Tugas dikerjakan oleh masing-masing mahasiswa
- Tugas dikumpulkan sebelum perkuliahan ke 5

INFILTRASI

UMUM

- **Infiltrasi** : proses masuknya air ke permukaan tanah
- **Perkolasi** : proses aliran air dalam tanah secara vertikal akibat gaya berat.
- **Kapasitas infiltrasi** : laju infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu
- **Laju infiltrasi** : adalah kecepatan infiltrasi pada saat t

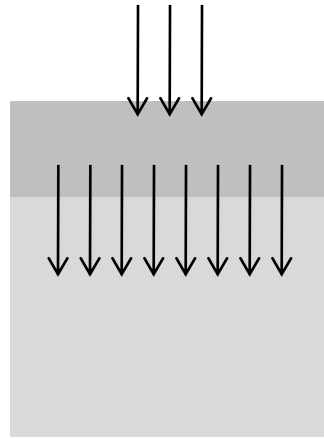
LANJUTAN



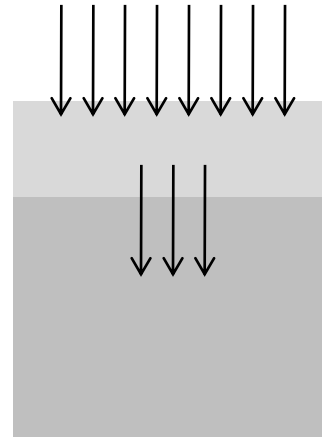
FAKTOR YANG BERPENGARUH

- Jenis tanah, tanah berpasir laju infiltrasi cenderung tinggi, sedangkan tanah liat laju infiltrasi rendah
- Kepadatan tanah, makin padat pori² tanah makin kecil laju infiltrasinya
- Kelembaban tanah, makin tinggi kadar air di dalam tanah laju infiltrasinya semakin kecil
- Tutup tumbuhan, tumbuhan berfungsi menghambat aliran permukaan dan menggemburkan struktur tanah, sehingga semakin baik tutup tanaman maka laju infiltrasi semakin tinggi

LANJUTAN



Infiltrasi kecil,
perkolasi besar

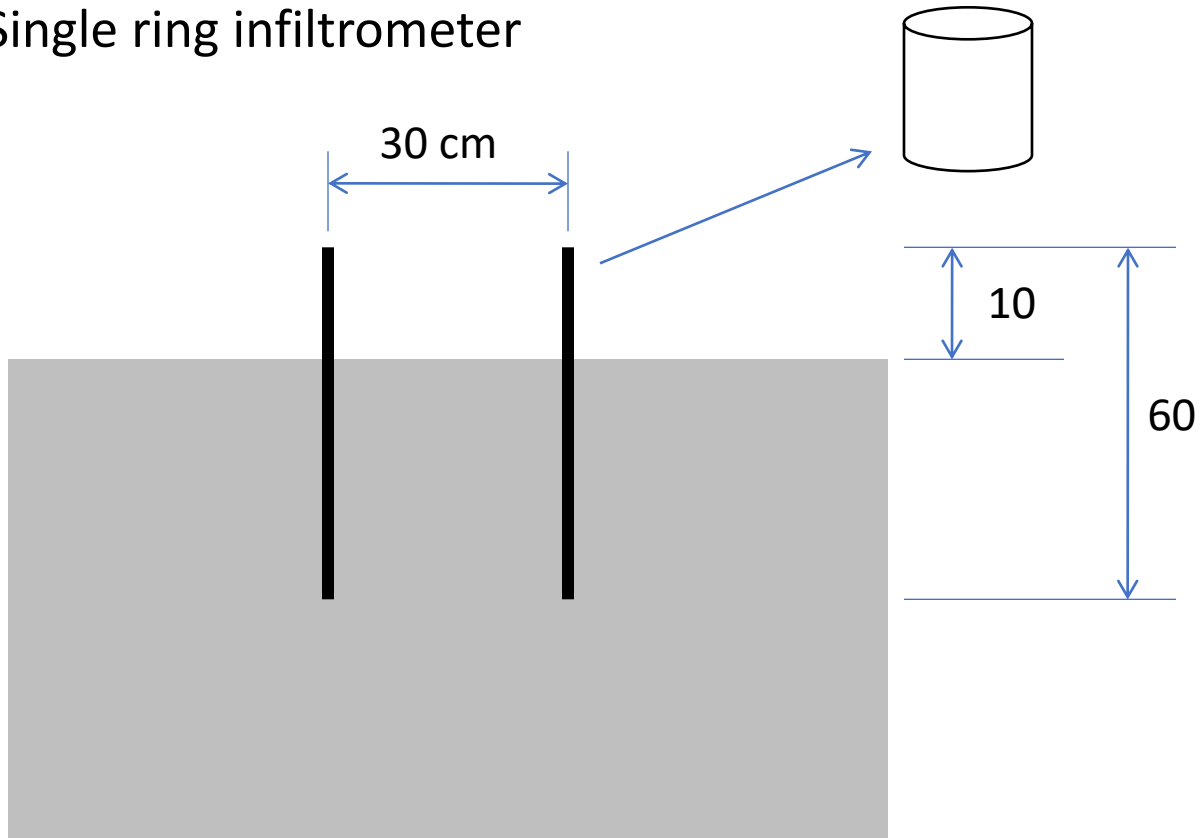


Infiltrasi besar,
perkolasi kecil

Pengukuran infiltrasi dapat dilakukan dengan pengukuran lapangan (single ring infiltrometer, double ring infiltrometer, rainfall simulator)

PENGUKURAN LAPANGAN

- Single ring infiltrometer



CARA PENGUKURAN

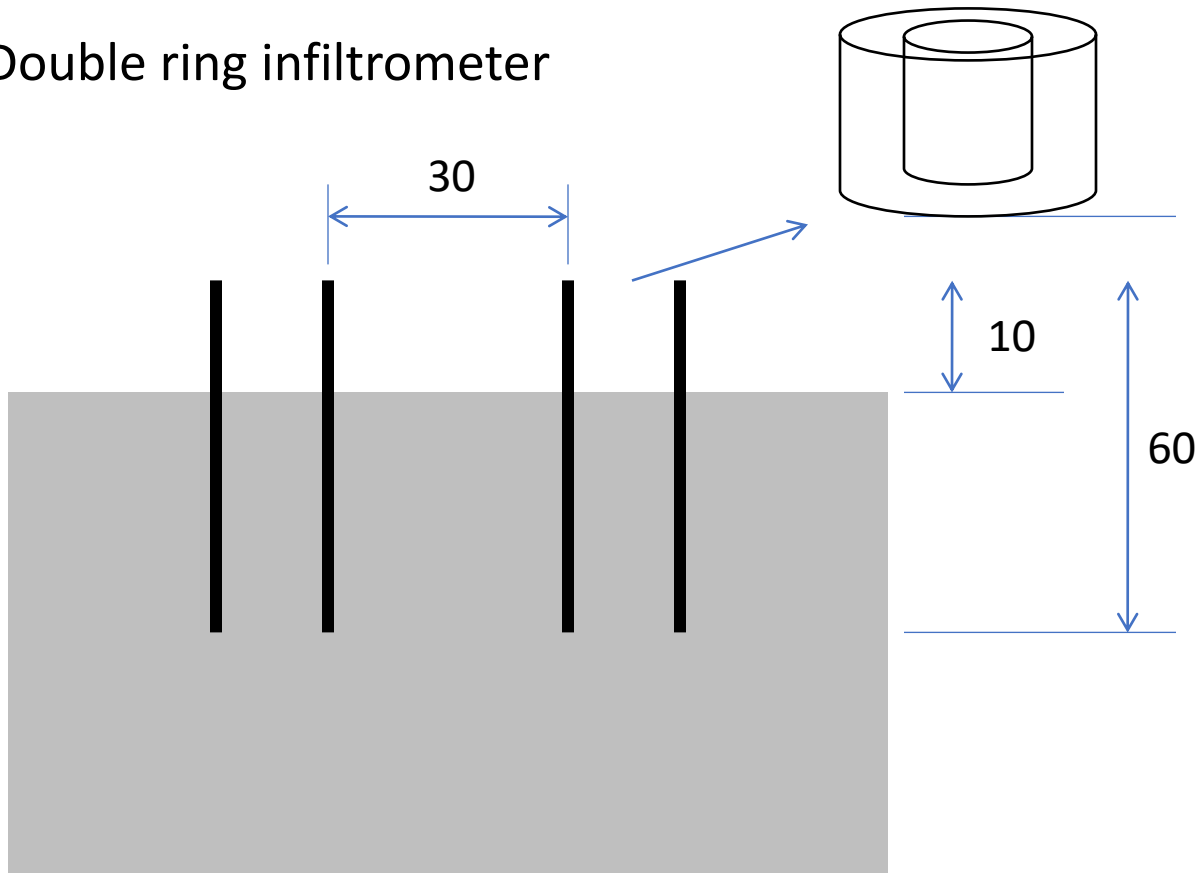
- Memasukkan silinder ke dalam tanah, seperti pada gambar
- Menetapkan batas atas dan bawah pada alat
- Masukkan air hingga penuh, dan biarkan habis
- Memasukkan air sampai batas atas, dan ditunggu sampai mencapai batas bawah, catat waktunya
- Ulangi langkah di atas

LANJUTAN

Waktu (menit)	Δt (jam)	Volume air ditambahkan (cm ³)	F (cm)	F komulatif (cm)	f (cm/jam)
0	0	0	0	0	0
1	0.0167	94	0.1175	0.1175	7.04
2	0.0167	182	0.11	0.2275	6.59
5	0.0500	305	0.1538	0.3813	3.08
10	0.0830	658	0.4417	0.8230	5.32
20	0.1670	1041	0.4780	1.3010	2.38
30	0.1670	1298	0.3215	1.6225	1.925
60	0.5	1647	0.4362	2.0587	0.87
dst					

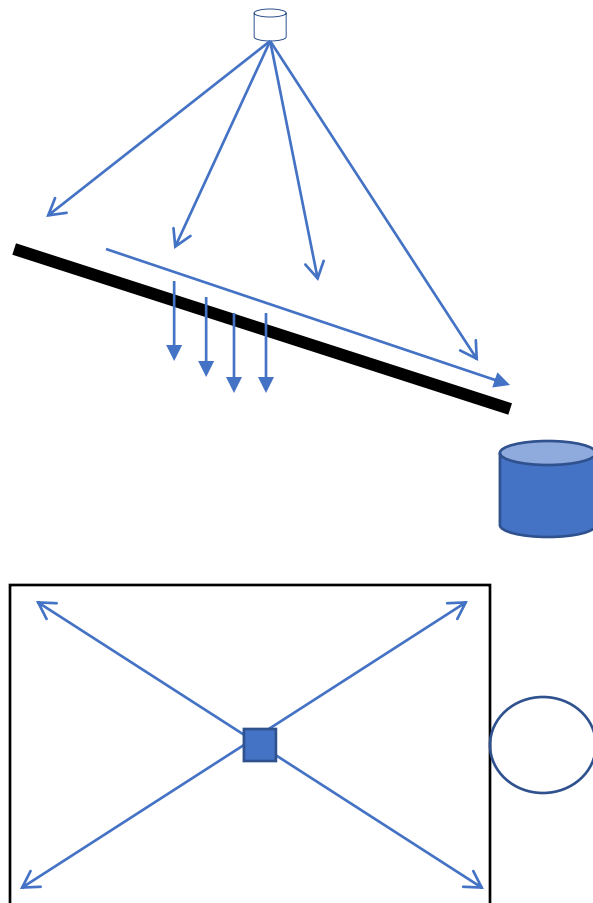
LANJUTAN

- Double ring infiltrometer



LANJUTAN

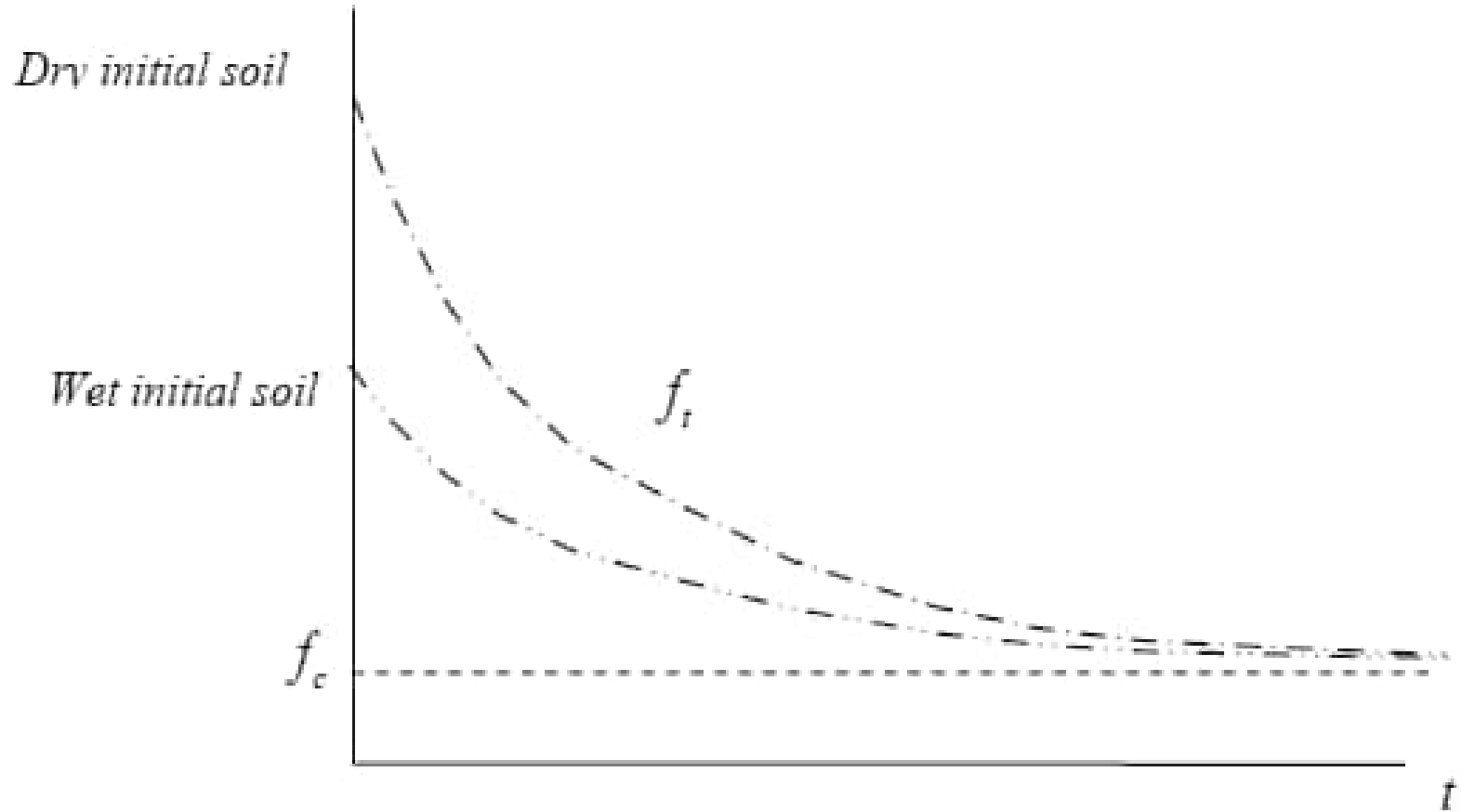
- Rainfall simulator



LAJU INFILTRASI

Vegetasi	Laju infiltrasi (mm/menit)
Tanah gundul	5.5
Hutan tanpa lapisan sampah	17.5
Hutan dengan lapisan sampah	72

LANJUTAN

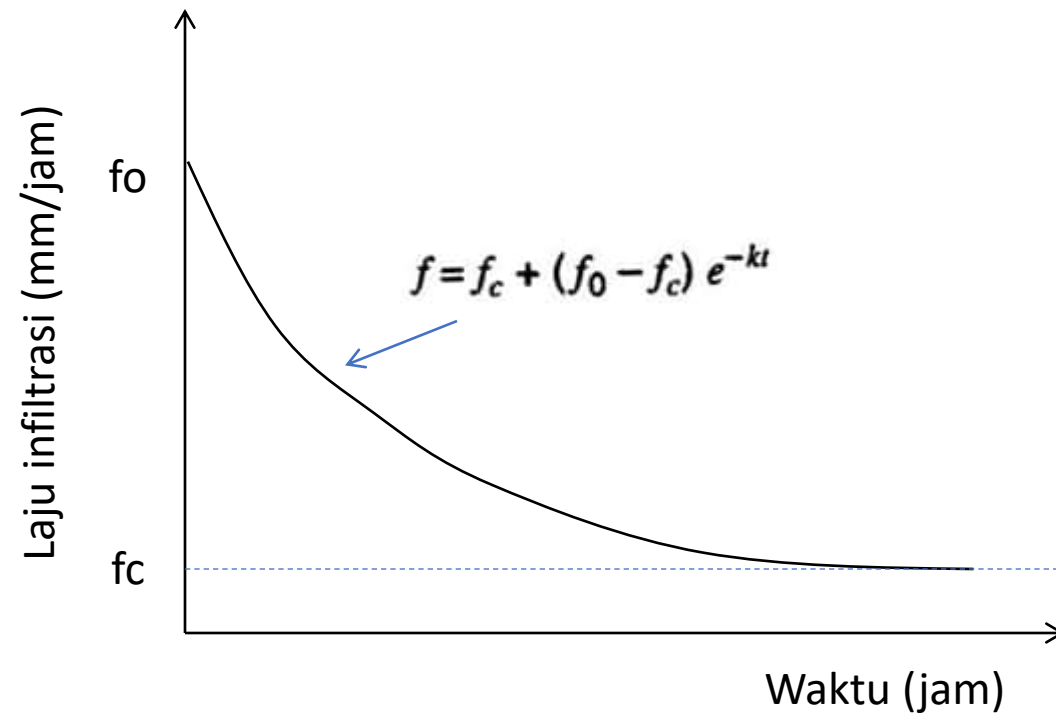


MEMPERKIRAKAN LAJU INFILTRASI (EMPIRIS)

Beberapa metode empiris untuk memperkirakan besarnya laju infiltrasi antara lain :

1. Horton
2. Holtan
3. Philips
4. Φ -indeks (phi-indeks)

PERSAMAAN HORTON



LANJUTAN

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

Dengan :

f_t : laju infiltrasi pada waktu t (mm/jam)

f_0 : laju infiltrasi awal (mm/jam)

f_c : laju infiltrasi tetap (mm/jam)

k : konstanta geofisik

E : 2,718

SOAL

Diketahui laju infiltrasi awal f_0 dari suatu luas tangkapan hujan adalah 4,5 mm/jam, konstanta waktu k adalah 0,35/jam, dan laju infiltrasi tetap f_c sebesar 0,4 mm/jam. Gunakan persamaan Horton untuk menentukan kapasitas infiltrasi pada $t = 10$ menit, 30 menit, 1 jam, 2 jam, dan 6 jam.

LANJUTAN

Infiltrasi untuk masing-masing waktu :

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

$$f_t = 0,4 + (4,5 - 0,4)e^{-0,35t}$$

t (jam)	1/6	1/2	1	2	6
f_t (mm/jam)	4,27	3,84	3,29	2,44	0,90

PERSAMAAN HOLTAN

$$f_p - f_c = k \cdot F_p^n$$

f_p : infiltrasi (mm/jam)

f_c : infiltrasi konstan (mm/jam)

F_p : infiltrasi permulaan (mm/jam)

k : faktor daerah pengaliran

n : 1.387

PERSAMAAN PHILIPS

$$f_p - f_c = \left(\frac{a}{2}\right)^{1/2} t^{-1/2}$$

- fp : daya infiltrasi (mm/jam)
- fc : infiltrasi konstn (mm/jam)
- a : konstanta
- t : waktu (jam)

Φ -indeks

$$\Phi\text{-indeks} = P - Q$$

Φ -indeks : Besarnya infiltrasi (mm)

P : Jumlah hujan (mm)

Q : jumlah limpasan

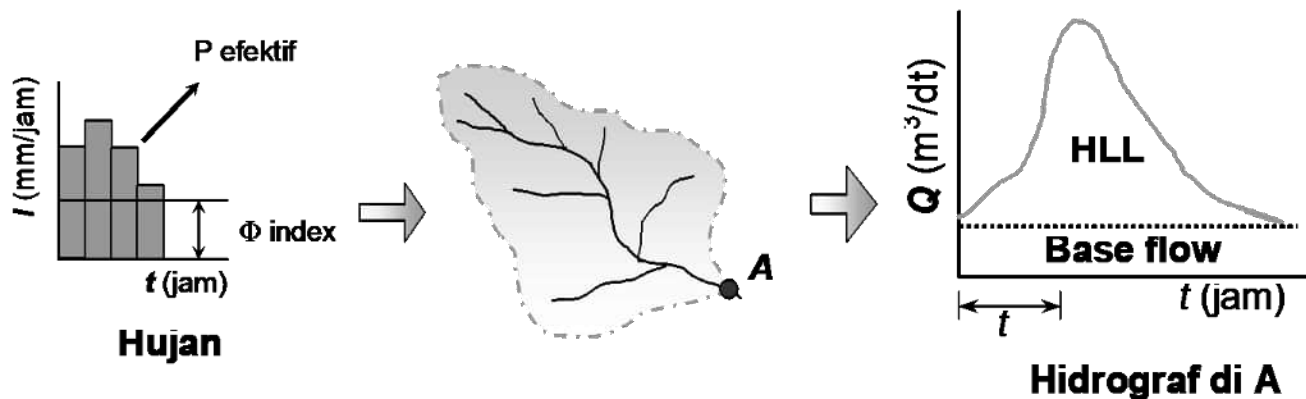
LANJUTAN

Menentukan nilai Φ -indeks

Persamaan yang digunakan :

Vol. limpasan langsung = Vol. hujan efektif

$$VLL = \sum P_{ef} \cdot A$$



CONTOH SOAL

Sebuah daerah tangkapan hujan dengan luas (A) $0,25 \text{ km}^2$ terjadi hujan efektif dengan kedalaman hujan sebagai berikut:

Waktu (jam)	1	2	3	4	5	6
Curah hujan (mm)	7	18	25	12	10	3

Jika volume limpasan langsung (VLL) adalah 8.250 m^3 , tentukan nilai Φ -indeks

JAWAB

Tinggi limpasan langsung ($\sum P_{ef}$) dalam mm:

$$VLL/A = 8.250/0,25 \times 10^6 = 0,033 \text{ m} = 33 \text{ mm}$$

Nilai Φ -indeks ditentukan dengan cara coba-banding.

Pemisalan 1:

Misal $3 \text{ mm/jam} < \Phi\text{-indeks} \leq 7 \text{ mm/jam}$

$$\Phi\text{-indeks} = [(7+18+25+12+10) - 33] / 5 = 7,8 \text{ mm/jam}$$

➔ Anggapan tidak benar, $\Phi\text{-indeks} > 7 \text{ mm/jam}$

LANJUTAN

Pemisalan 2:

Misal $7 \text{ mm/jam} < \Phi\text{-indeks} \leq 10 \text{ mm/jam}$

$$\Phi\text{-indeks} = [(18+25+12+10)-33]/4 = 8 \text{ mm/jam}$$

→ Anggapan benar, $7 \text{ mm/jam} < \Phi\text{-indeks} < 10 \text{ mm/jam}$

→ $\Phi\text{-indeks} = 8 \text{ mm/jam}$