

DIKTAT
MATA KULIAH HIDROLOGI
(PGF - 208)



Oleh:
Nurul Khotimah, M. Si.
nurulkhotimah@uny.ac.id

JURUSAN PENDIDIKAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL DAN EKONOMI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2008

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmatNya atas terselesaikannya Diktat Hidrologi ini. Buku diktat ini menelaah tentang Siklus Air, Hujan, Daerah aliran Sungai (DAS), Klasifikasi Sungai, Pengukuran Debit Air Sungai, Air Tanah, Danau, dan Kebutuhan Air Irigasi dengan beberapa analisisnya terhadap kondisi saat ini.

Atas terselesaikannya Diktat Hidrologi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dekan Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta
2. Ketua Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta
3. Semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penyusunan Diktat Hidrologi.

Diktat ini tidak terlepas dari segala kesalahan dan kekurangan, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran demi semakin sempurnanya diktat hidrologi ini.

Semoga Diktat Hidrologi ini dapat bermanfaat dalam rangka pelaksanaan Kegiatan Pembelajaran Mata Kuliah Hidrologi di Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi, Universitas Negeri Yogyakarta.

Yogyakarta, November 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	v
Daftar Gambar	vi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Pengertian Hidrologi	1
B. Cabang-Cabang Hidrologi	2
C. Sebaran Air di Muka Bumi	3
D. Daur Hidrologi/Siklus Air	4
BAB II. HUJAN.....	8
A. Pengertian Hujan	8
B. Keragaman Hujan	9
C. Alat Pengukur Curah Hujan	12
D. Klasifikasi Hujan	14
E. Metode Penghitungan Rerata Curah Hujan	17
BAB III. DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)	21
A. Pengertian DAS	21
B. Komponen DAS	22
BAB IV. SUNGAI	31
A. Pengertian Sungai	31
B. Klasifikasi Sungai	31
BAB V. PENGUKURAN DEBIT AIR SUNGAI/SALURAN	39
A. Metode Apung	40
B. Metode Manning	42
C. Metode Current Meter	45
BAB VI. AIR TANAH	50
A. Hubungan Air dengan Tanah	50
B. Penyebaran Air Tanah	52
C. Infiltrasi	52
D. Akifer	53
E. Gerakan Air Tanah	53
F. Mata Air	54
G. Intrusi Air Laut	54
H. Interface	55

I. Peranan Air Tanah bagi Kehidupan	56
BAB VII. DANAU	57
A. Perbedaan Danau, Rawa, dan Telaga	57
B. Klasifikasi Danau	59
C. Manfaat Danau	62
D. Pelestarian Danau	63
BAB VIII. KEBUTUHAN AIR IRIGASI	64
A. Crop Water Requirement (CWR)	66
B. Farm Water Requirement (FWR)	67
C. Potential Water Requirement (PWR)	67
SOAL-SOAL	68
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kondisi Daerah Berdasarkan Derajat Hujan dan Intensitas Hujan	10
Tabel 2.	Keadaan Curah Hujan Berdasarkan Intensitas Curah Hujan ...	11
Tabel 3.	Pencatatan Hasil Pengukuran Jarak dan Kedalaman Air	44
Tabel 4.	Pengukuran Kecepatan Aliran Rata-Rata dengan Current Meter	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sirkulasi Air	5
Gambar 2. Siklus Hidrologi	7
Gambar 3. Alat Ukur Hujan Biasa	13
Gambar 4. Alat Ukur Hujan Otomatis Jenis Sifon	14
Gambar 5. Daerah Aliran Sungai (DAS)	21
Gambar 6. Pola Aliran	25
Gambar 7. Klasifikasi Geologi terhadap Sistem Aliran Sungai	26
Gambar 8. Pola Aliran Radial Sentrifugal	33
Gambar 9. Pola Aliran Radial Sentripetal	34
Gambar 10. Pola Aliran Dendritic	34
Gambar 11. Pola Aliran Trellis	35
Gambar 12. Pola Aliran Rectangular	35
Gambar 13. Pola Aliran Annular	36
Gambar 14. Bentuk-Bentuk Sungai Berdasarkan Arah Aliran	37
Gambar 15. Pelampung Tongkat	41
Gambar 16. Air Tanah Dangkal dan Air Tanah Dalam	51

BAB I

PENDAHULUAN

A. Pengertian Hidrologi

Berbagai macam air dapat kita lihat di sekitar kita, misalnya air sumur, air sungai, air hujan, air rawa, air telaga, air danau, air laut, air es, dan sebagainya. Seperti kita ketahui bahwa permukaan bumi kita ini lebih banyak ditutupi oleh air daripada daratan. Bumi sebagai tempat tinggal merupakan salah satu planet dalam sistem tata surya yang hampir tiga perempat permukaannya tertutup oleh air, baik air yang ada di darat maupun yang ada di laut. Lapisan air yang menutupi permukaan bumi kita ini disebut *hidrosfer*. Lapisan air yang menutupi permukaan bumi akan membentuk samudera, laut, rawa, telaga, danau, sungai, tumpukan es, awan, uap, dan sebagainya.

Perairan darat adalah semua bentuk perairan yang terdapat di darat. Bentuk perairan yang terdapat di darat meliputi, mata air, air yang mengalir di permukaan dan bergerak menuju ke daerah-daerah yang lebih rendah membentuk sungai, danau, telaga, rawa, dan lain-lain yang memiliki suatu pola aliran yang dinamakan Daerah Aliran Sungai (DAS). Dari berbagai penjelasan di atas dapat kita ketahui bahwa air sumur, air sungai, rawa, telaga, danau, empang dan sejenisnya termasuk jenis perairan darat. Tata air yang berada di wilayah daratan tersebut dipelajari oleh suatu ilmu yang disebut *hidrologi*.

Air permukaan tanah dan air tanah yang dibutuhkan untuk kehidupan dan produksi adalah air yang terdapat dalam proses daur/siklus

hidrologi. Jika peredaran siklus hidrologi atau siklus air tidak merata (hal mana memang terjadi demikian), maka akan terjadi berbagai kesulitan. Peredaran air yang berlebih dapat mengakibatkan permasalahan banjir, untuk ini harus diupayakan segera pengendalian banjir. sementara itu jika peredaran air sedikit/kurang dapat mengakibatkan permasalahan kekeringan. Untuk mengatasinya maka kekurangan air ini harus ditambah dalam suatu usaha pemanfaatan air.

Berdasarkan uraian di atas, *Hidrologi* dapat didefinisikan sebagai ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, proses terjadinya, peredaran dan agihannya, sifat-sifat kimia dan fisiknya, dan reaksi dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk-makhluk hidup (*International Glosary of Hidrology* dalam Seyhan, 1995). *Hidrologi* juga dapat disebut ilmu yang mempelajari presipitasi (*precipitation*), evaporasi dan transpirasi (*evaporation*), aliran permukaan (*surface steamflow*), dan air tanah (*groundwater*) (Suyono, 1977).

Dalam perkembangannya hidrologi menjadi ilmu dasar dari pengelolaan sumberdaya air (rumah tangga air) yang merupakan pengembangan, agihan, dan penggunaan sumberdaya air secara terencana.

B. Cabang-Cabang Hidrologi

Cabang-cabang ilmu hidrologi, antara lain:

1. *Potamologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari air yang mengalir di permukaan tanah.
2. *Limnologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang air yang menggenang di permukaan tanah.

3. *Geohidrologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari air yang terdapat di bawah permukaan tanah.
4. *Kriologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang salju dan es.
5. *Hidrometeorologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang pengaruh aspek meteorologi terhadap aspek hidrologi.

Cabang-cabang ilmu di atas tidak berdiri sendiri-sendiri, tetapi saling berkaitan satu sama lain. Mempelajari hidrologi berarti juga mempelajari bagian-bagian Potamologi, Limnologi, Geohidrologi, Kriologi, dan Hidrometeorologi.

C. Sebaran Air di Bumi

Di bumi terdapat air berkisar antara 1,3 - 1,4 milyar km³. Persebarannya meliputi:

1. Air laut (97,5%)
2. Es dan salju (1,75%)
3. Air tawar (0,73%), dan
4. Air meteorit (0,001%)

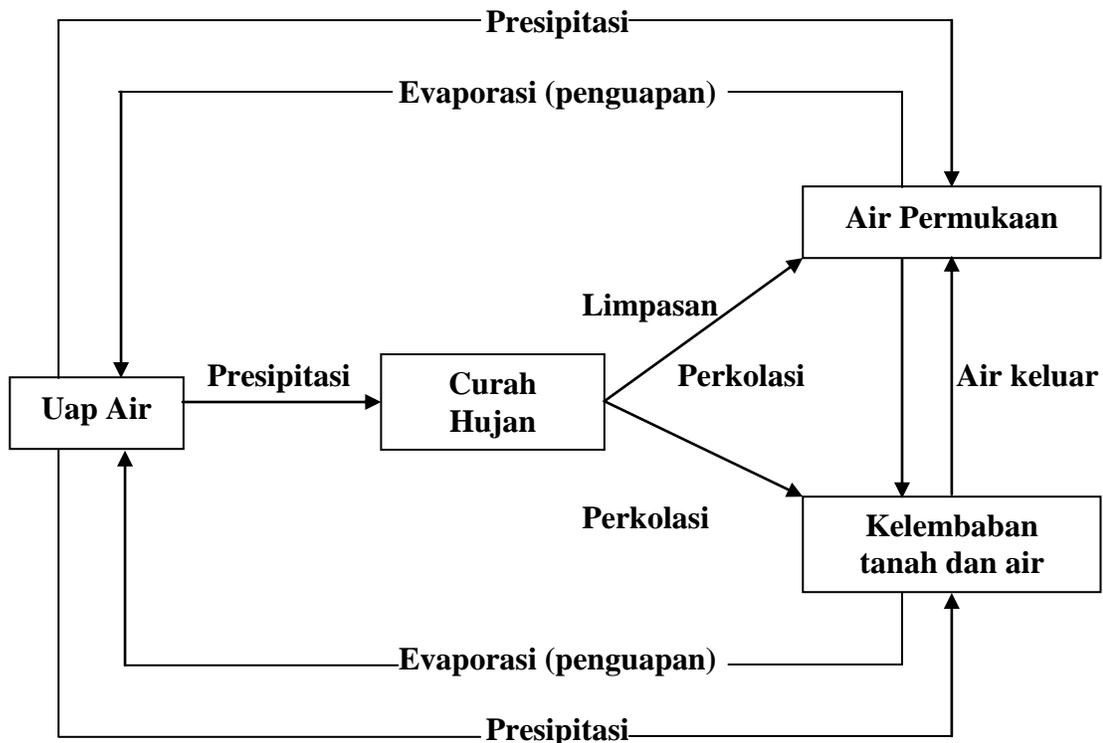
Air yang terdapat di permukaan bumi dapat berbentuk *padat* (seperti es, gletser), berbentuk *cair* (seperti air sungai, air danau, air laut), dan berbentuk *gas* (seperti awan dan uap di udara/atmosfer). Perlu diketahui bahwa jumlah air di bumi ini tetap (tidak bertambah dan tidak berkurang) dan akibat adanya sinar matahari dapat terjadi daur hidrologi/siklus air.

D. Daur Hidrologi/Siklus Air

Daur hidrologi atau siklus air adalah siklus yang menunjukkan gerakan air di permukaan bumi (Asdak, 2007). Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air akan tertahan sementara di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya untuk berbagai keperluan.

Dalam daur hidrologi, masukan berupa curah hujan akan didistribusikan melalui beberapa cara; yaitu air lolos (*throughfall*), aliran batang (*stemflow*), dan air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi, dan air infiltrasi. Gabungan evaporasi uap air hasil proses transpirasi dan intersepsi dinamakan evapotranspirasi, sedangkan air larian dan air infiltrasi akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran (*discharge*).

Sirkulasi yang kontinu antara air laut dan air daratan berlangsung secara terus-menerus. Sirkulasi ini dapat tidak merata, karena kita melihat perbedaan besar jumlah presipitasi dari tahun ke tahun, dari musim ke musim, dan juga dari wilayah ke wilayah yang lain. Sirkulasi air ini dipengaruhi oleh kondisi meteorologi (suhu, tekanan atmosfer, angin, dan lain-lain) dan kondisi topografi. Kondisi meteorologi adalah faktor-faktor yang paling menentukan. Gambar 1 di bawah ini adalah gambaran sirkulasi air.



Gambar 1. Sirkulasi Air

Daur hidrologi atau siklus hidrologi dapat dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu:

1. Siklus Air Kecil

Akibat adanya pemanasan oleh sinar matahari, air di laut/lautan akan menguap dan membung di udara. Di udara uap air mengalami penurunan suhu karena perbedaan ketinggian (setiap naik 100 meter, suhu udara turun $0,5^{\circ}\text{C}$). Dengan demikian semakin ke atas suhu udara semakin rendah, sehingga terjadi proses kondensasi (pengembunan). Uap air berubah menjadi butir-butir air dan terkumpul menjadi awan atau mendung dan akhirnya jatuh ke permukaan laut/lautan sebagai hujan.

2. Siklus Air Sedang

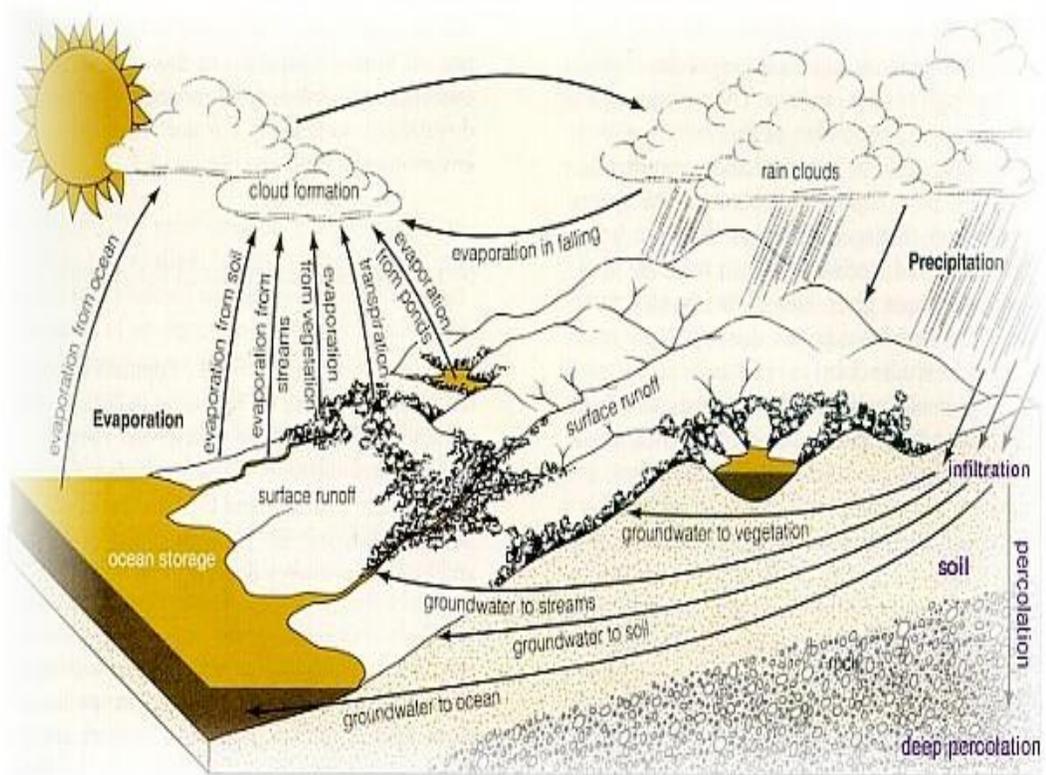
Uap air yang berasal dari laut/lautan ditiup oleh angin dan bergerak sampai di atas daratan, kemudian bergabung dengan uap air yang berasal dari sungai, danau, tumbuh-tumbuhan dan benda-benda lainnya. Setelah mencapai ketinggian tertentu, uap air akan berkondensasi membentuk butir-butir air dan terkumpul menjadi awan dan jatuh di atas daratan sebagai hujan. Air hujan yang jatuh di daratan mengalir kembali ke laut melalui sungai, permukaan tanah dan melalui resapan di dalam tanah.

3. Siklus Air Besar

Uap air yang berasal dari laut/lautan setelah sampai di atas daratan karena dibawa oleh angin bergabung dengan uap air yang berasal dari danau, sungai, rawa, tumbuh-tumbuhan dan benda-benda lainnya. Uap yang telah bergabung tersebut tidak saja berkondensasi tetapi juga membeku, membentuk awan yang terdiri dari kristal-kristal es. Kristal-kristal es turun ke daratan sebagai salju, salju mencair dan mengalir sebagai gletser kemudian akhirnya kembali lagi ke laut.

Holtzman memberikan gambaran siklus air secara keseluruhan sebagai berikut: akibat pemanasan oleh sinar matahari, air yang ada di laut, sungai, danau, rawa dan benda-benda lainnya akan menguap dan membubung ke angkasa. Setelah mencapai ketinggian tertentu (karena pengaruh suhu), uap air akan berubah menjadi awan atau titik-titik air. Awan kemudian turun ke permukaan bumi menjadi hujan. Sebagian air hujan turun di permukaan laut dan sebagian lainnya turun di atas daratan. Air hujan yang turun di daratan sebagian disimpan menjadi air

tanah dan sebagian lagi mengalir kembali ke laut melalui sungai (Gambar 2).



Gambar 2. Siklus Hidrologi

BAB II

HUJAN

A. Pengertian Hujan

Curah hujan yang diperlukan dalam penyusunan peta Isohiet untuk suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam mm. Distribusi curah hujan wilayah atau daerah (*regional distribution*) adalah persebaran intensitas curah hujan yang dihitung dengan mengacu pada pengukuran curah hujan di stasiun-stasiun meteorologi dengan menggunakan metode tertentu (Asdak, 2007).

Apabila awan yang terbentuk di angkasa terus naik akan menjadi butir-butir halus dan berubah menjadi butir-butir air yang besar-besar dan akhirnya jatuh ke bumi sebagai air hujan. Jadi *hujan* dapat didefinisikan sebagai peristiwa jatuhnya butir-butir air dari langit ke permukaan bumi. *Hujan* juga dapat diartikan sebagai presipitasi yang berbentuk cair (presipitasi: semua bentuk hasil konsumsi uap air yang terkandung di atmosfer). Hujan merupakan salah satu gejala cuaca yang memiliki peranan penting bagi kehidupan di bumi (hujan sebagai sumber air tawar).

Jumlah curah hujan yang diterima oleh suatu daerah di samping tergantung sirkulasi uap air, juga tergantung dari faktor-faktor:

1. Letak garis lintang
2. Ketinggian tempat
3. Jarak dari sumber-sumber air

4. Posisi daerah terhadap benua/daratan
5. Arah angin terhadap sumber-sumber air (menjauhi/mendekati)
6. Hubungannya dengan deretan gunung
7. Suhu nisbi tanah dan samudera yang berbatasan (Eagleson, 1970 dalam Seyhan, 1995).

B. Keragaman Hujan

Curah hujan di Indonesia berkisar antara 2.000-3.000 mm/tahun. Untuk mendapatkan data curah hujan yang akurat maka data lapangan harus diperiksa dan diteliti kebenarannya terlebih dahulu sebelum digunakan untuk keperluan penyelesaian masalah-masalah hidrologis. Pemeriksaan data curah hujan dapat ditanyakan langsung kepada petugas pencatat di stasiun meteorologi.

Untuk mencirikan jumlah curah hujan yang jatuh pada suatu wilayah/daerah, para ahli hidrologi membutuhkan 4 (empat) unsur di bawah ini:

1. Derajat hujan dan Intensitas hujan

Derajat hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu tertentu. Biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam waktu relatif singkat (biasanya dalam waktu 2 jam). Besarnya curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Jika waktu ditentukan lebih lama, maka penambahan curah hujan itu adalah lebih kecil dibandingkan dengan penambahan waktu, karena curah hujan dapat berkurang ataupun berhenti.

Derajat curah hujan sangat membantu dalam melihat kondisi suatu wilayah, terutama tentang keadaan tanahnya, sehingga untuk ke lapangan perlu antisipasi peralatan yang dibutuhkan. Derajat curah hujan juga berguna untuk melihat keadaan curah hujan yang berlangsung.

Berikut ini disajikan kondisi daerah berdasarkan derajat hujan dan intensitas hujan (Tabel 1) dan keadaan curah hujan berdasarkan intensitas hujan (Tabel 2).

Tabel 1. Kondisi Daerah Berdasarkan Derajat Hujan dan Intensitas Hujan

Derajat Hujan	Intensitas Hujan (mm/menit)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 0,02	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	0,02 - 0,05	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat pudel
Hujan normal	0,05 - 0,25	Tanah dapat dibuat pudel dan bunyi curah hujan kedengaran
Hujan deras	0,25 - 1	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan kedengaran dari genangan
Hujan sangat deras	> 1	Hujan seperti ditumpahkan, saluran dan drainase meluap

(Sumber: hidrologi untuk pengairan, Sosrodarsono, 1977)

Tabel 2. Keadaan Curah Hujan Berdasarkan Intensitas Curah Hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
	1 jam	24 jam
Hujan sangat ringan	< 1	< 5
Hujan ringan	1 - 5	5 - 20
Hujan normal	5 - 20	20 - 50
Hujan lebat	10 - 20	50 - 100
Hujan sangat lebat	> 20	> 100

(Sumber: hidrologi untuk pengairan, Sosrodarsono, 1977)

2. Lama hujan/Durasi hujan

Lama hujan/durasi hujan adalah periode waktu selama hujan berlangsung. Durasi hujan dapat dinyatakan dengan satuan menit, jam, dan hari, tergantung dari pencatatan yang dilakukan. Hampir setiap stasiun penakar hujan akan mencatat lama hujan setiap hari dengan bantuan alat pengukur otomatis, dengan menganalisis kertas rekam atau grafik yang telah tergores di tinta pencatat.

3. Frekuensi hujan

Frekuensi hujan adalah harapan hujan yang akan jatuh dalam waktu tertentu. Frekuensi hujan dapat diperkirakan dengan beberapa analisis data hujan hari-hari terdahulu, karena frekuensi hujan setiap hari, bulan, dan tahun akan berbeda-beda.

4. Luas Areal

Luas areal adalah penyebaran hujan menurut ruang. Luas areal dapat dilihat dengan peta isohiet yang dibuat dengan data-data curah hujan yang diperoleh dari stasiun hujan/meteorologi daerah yang akan diteliti. Hujan dapat bersifat lokal dan dapat juga bersifat menyeluruh dalam suatu daerah, tergantung dari potensi awan yang akan menjadi hujan. Peta isohiet akan membantu daerah-daerah yang mempunyai curah hujan yang sama dengan bantuan stasiun penakar hujan yang berdekatan dengan suatu daerah.

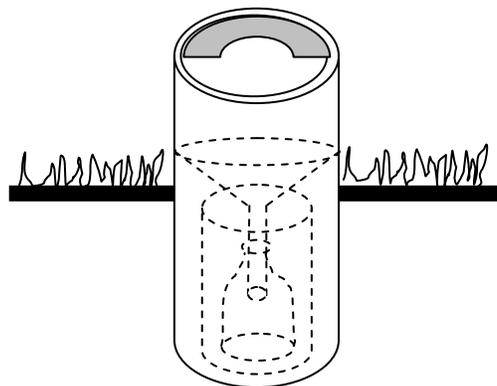
C. Alat Pengukur Curah Hujan

Pengamatan curah hujan dapat dilakukan dengan bantuan alat ukur curah hujan. Ada 2 (dua) jenis alat yang digunakan untuk pengamatan, yakni jenis biasa (manual) dan jenis otomatis. Alat ukur jenis biasa ditempatkan di tempat terbuka yang tidak dipengaruhi oleh pohon-pohon dan gedung-gedung. Bagian atas alat itu dipasang 20 cm lebih tinggi dari permukaan tanah yang di sekelilingnya ditanami rumput (lihat gambar 3). Ketelitian pembacaan alat adalah sampai 1/10 mm. Pembacaan harus diadakan 1 kali sehari, biasanya jam 09.00 dan hasil pembacaan ini dicatat sebagai curah hujan hari kemarin (terdahulu). Curah hujan kurang dari 0,1 mm harus dicatat 0,00 mm, yang harus dibedakan dengan keadaan yang tidak ada curah hujan yang dicatat dengan membubuhkan garis (-).

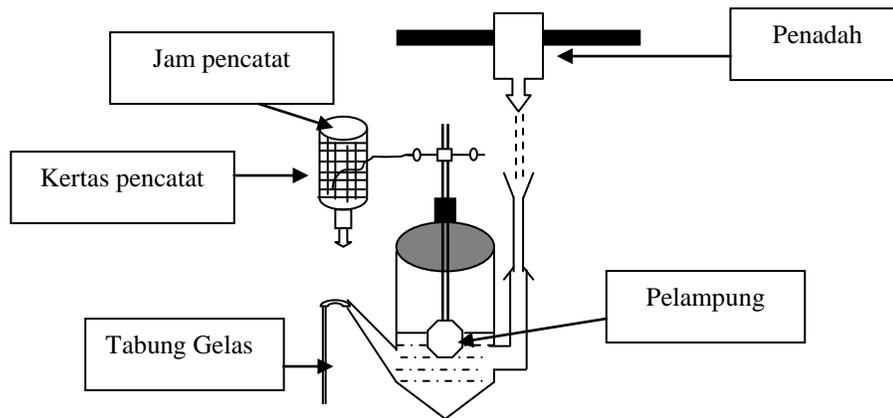
Alat ukur hujan otomatis digunakan untuk pengamatan yang kontinu (lihat gambar 4). Ada 2 jenis alat ukur otomatis, yakni jenis sifon dan jenis penampung bergerak (*tilting bucket*). Jenis Sifon, air hujan tertampung di

dalam sebuah silinder dimana terdapat sebuah pelampung yang dapat diangkat oleh air hujan yang masuk. Curah hujan itu dapat dicatat pada suatu sistem pencatatan dengan sebuah pena pencatat yang digerakkan oleh pelampung. Jenis penampung bergerak, terdiri dari 2 bagian yang sama, yang dapat bergerak/berputar pada sumbu horisontal yang terpasang di tengah-tengah. Air hujan yang masuk ditampung oleh penampung yang satu. Jika air hujan di dalam penampung mencapai jumlah tertentu, maka penampung itu bergerak sehingga air hujan berikutnya ditampung oleh penampung yang lain.

Berikut ini adalah gambar alat ukur hujan biasa (Gambar 3) dan alat ukur hujan otomatis (Gambar 4).



Gambar 3. Alat Ukur Hujan Biasa



Gambar 4. Alat Ukur Hujan Otomatis Jenis Sifon

D. Klasifikasi Hujan

Hujan dapat diklasifikasikan berdasarkan proses, bentuk, dan modelnya.

1. Berdasarkan Proses

Berdasarkan prosesnya hujan dibedakan menjadi hujan orografik, hujan frontal, hujan konveksi, dan hujan konvergen.

a. Hujan Orografik

Hujan orografik adalah hujan yang terjadi di daerah pegunungan (hujan pegunungan). Prosesnya udara yang mengandung uap air akan bergerak naik ke atas pegunungan. Akibat adanya penurunan suhu, udara terkondensasi dan turunlah hujan pada lereng yang berhadapan dengan arah datangnya angin. Daerah lereng lain tempat turunnya hujan yang miskin uap air dan kering disebut daerah bayangan hujan (*shadow rain*).

b. Hujan Frontal

Hujan frontal terjadi jika massa udara yang panas naik di atas suatu tepi frontal yang dingin (udara dingin). Ketika udara naik temperatur menjadi dingin sehingga terjadi kondensasi dan jatuh menjadi hujan frontal. Udara dingin berasal dari kutub dan udara panas berasal dari khatulistiwa. Hujan ini biasanya terjadi di daerah sedang. Laju hujan yang terjadi adalah sedang dan seringkali berlangsung lama.

c. Hujan Konveksi

Hujan konveksi terjadi di daerah tropis, dan disebut juga hujan zenithal. Prosesnya, uap air di daerah ekuator naik secara vertikal akibat adanya pemanasan air laut secara terus-menerus. Akhirnya uap air tersebut berkondensasi dan menurunkan hujan konveksi. Hujan ini biasanya turun pada sore hari setelah mendapat pemanasan maksimum (pemanasan maksimum umumnya pukul 12.00-14.00).

d. Hujan Konvergen

Hujan Konvergen adalah hujan yang diakibatkan oleh adanya arus konvergensi udara atau pengumpulan awan oleh angin. Faktor angin cukup berpengaruh dalam jenis hujan ini. Arus konvergensi adalah arus udara yang bergerak akibat adanya tekanan udara yang sangat rendah di suatu tempat sehingga massa udara basah akan bergerak dengan cepat dan menimbulkan hujan disertai dengan angin.

2. Berdasarkan Bentuk

Berdasarkan bentuknya hujan dapat dibedakan menjadi hujan air, hujan salju dan hujan es.

a. Hujan air (*rain*)

Hujan air berupa air yang jatuh dalam bentuk tetesan yang dikondensasikan dari uap air di atmosfer. Di wilayah Indonesia hujan ini sering terjadi dan biasa disebut dengan *rain* karena berbentuk cair. Ukuran diameter butir hujan berkisar antara 0,5 - 4 mm.

b. Hujan salju (*snow*)

Hujan salju merupakan jumlah salju basah yang jatuh dalam suatu periode terbatas. Salju adalah kristal-kristal kecil air yang membeku dalam butiran kecil yang secara langsung dibentuk dari uap air di udara bila suhunya pada saat kondensasi $< 0^{\circ}\text{C}$ (0°C : titik beku air). Proses terbentuknya adalah antar butir air saling bertumbukan tetapi tidak menyatu (hanya menempel) sehingga jika hujan jatuh tidak teratur bentuknya. Diameter butir berkisar $< 0,5$ mm, dan dapat terjadi pada suhu 6°C .

c. Hujan es (*hail stone*)

Adanya panas akan mengakibatkan uap air terangkat ke atas dan semakin ke atas butiran air akan semakin besar. Uap air tersebut selanjutnya berkondensasi dan akhirnya jatuh menjadi hujan es. Hujan es sering terjadi di daerah sedang dan peluang terjadi di daerah tropis juga besar, akan tetapi karena di daerah tropis untuk membeku awan harus naik setinggi 5000 m, maka akibat ketinggian tersebut es yang jatuh ke bawah sudah tidak berbentuk es lagi tetapi berbentuk cair. Ukuran diameter butir hujan berkisar > 4 mm.

3. Berdasarkan Model

Berdasarkan modelnya, hujan dapat dibedakan menjadi hujan homogen, hujan advanced, hujan intermediate, dan hujan delay.

a. Hujan Homogen

Hujan homogen adalah hujan yang dari awal sampai akhir terjadinya hujan deras dan kemudian berhenti.

b. Hujan Advanced

Hujan advanced adalah hujan yang di awal terjadinya hujan sangat deras kemudian semakin berkurang derasnya dan berhenti.

c. Hujan Intermediate

Hujan intermediate adalah hujan yang terjadi semakin meningkat derasnya sampai pada titik tertentu (pertengahan) dan kemudian menurun derasnya sampai akhirnya berhenti.

d. Hujan Delay

Hujan delay adalah hujan yang di awal terjadinya hujan sedikit (tidak begitu deras) dan semakin deras di belakang.

E. Metode Penghitungan Rerata Curah Hujan

Curah hujan daerah harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara-cara perhitungan curah hujan daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik dapat menggunakan 3 (tiga) metode di bawah ini.

1. Metode Rerata Aljabar

Metode rerata aljabar merupakan metode yang paling mudah, akan tetapi mempunyai ketelitian paling rendah. Metode ini cirinya:

- a. Pada umumnya hanya digunakan untuk daerah dengan variasi hujan rerata kecil.
- b. Sesuai untuk kawasan datar/rata.
- c. Daerah aliran sungai (DAS) dengan jumlah penakar hujan besar yang didistribusikan secara merata pada lokasi-lokasi yang mewakili.

Metode rerata Aljabar dilakukan dengan menghitung rata-rata aritmetik (hitung) dari semua total penakar hujan di suatu kawasan/daerah, dengan persamaan:

$$R = 1/n (R_1+R_2+R_3+...R_n)$$

dimana:

R = curah hujan daerah (mm)

n = jumlah titik-titik pengamatan

$R_1+R_2+R_3+...R_n$ = curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

2. Metode Poligon Thiessen

Metode poligon thiessen dipandang lebih baik dari metode rerata aljabar karena telah memasukkan faktor daerah pengaruh stasiun hujan, meskipun faktor topografi tidak tercakup di dalamnya. Metode ini cirinya:

- a. Sesuai sesuai untuk kawasan dengan jarak penakar hujan yang tidak merata.

- b. Memerlukan stasiun-stasiun pengamat di dan dekat kawasan tersebut.
- c. Pemindahan atau penambahan stasiun pengamat akan mengubah seluruh jaringan.

Metode ini dilakukan dengan menggambar bisektor tegak lurus melalui garis-garis lurus yang menghubungkan penakar-penakar hujan di dekatnya, dengan meninggalkan masing-masing penakar di tengah-tengah suatu poligon. Rata-rata hujan didapat dengan membagi jumlah hasil kali luas poligon dan hujan (dari penakar di poligon) dengan luas total (luas daerah penelitian). Berikut ini persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode poligon thiessen.

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A_1R_1+A_2R_2+A_3R_3+\dots A_nR_n}{A_1+A_2+A_3+\dots A_n} \\
 &= \frac{A_1R_1+A_2R_2+A_3R_3+\dots A_nR_n}{A} \\
 &= W_1R_1+W_2R_2+W_3R_3+\dots W_nR_n
 \end{aligned}$$

dimana:

- R = curah hujan daerah (mm)
- R₁,R₂,R₃,...R_n = curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)
- A₁,A₂,A₃,...A_n = luas wilayah yang dibatasi poligon
- A = luas daerah penelitian
- W₁,W₂,W₃,...W_n = A₁/A, A₂/A, A₃/A,... A_n/A

3. Metode Isohiet

Metode isohiet merupakan metode yang paling teliti dibandingkan kedua metode di atas karena telah memasukkan faktor topografi, akan tetapi subyektivitas yang menyertai hasil analisis cukup tinggi, apalagi di dalam interpolasi ruangnya akan menghasilkan kesalahan yang cukup tinggi. Metode ini cirinya:

- a. Sesuai untuk kawasan-kawasan bergunung
- b. Membutuhkan stasiun-stasiun pengamat di dan dekat kawasan tersebut,
- c. Sangat bermanfaat untuk penghitungan curah hujan yang singkat.

Metode ini dilakukan dengan menggambar garis yang menghubungkan jeluk/kedalaman hujan yang sama pada suatu kawasan/daerah. Rata-rata hujan ditentukan dengan menjumlahkan hasil kali luas isohiet dan hujan, dan dibagi dengan luas total, dengan persamaan:

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

dimana:

R = curah hujan daerah (mm)

A₁, A₂, A₃, ... A_n = luas bagian antar dua garis isohiet

R₁, R₂, R₃, ... R_n = curah hujan rata-rata pada bagian A₁, A₂, A₃, ... A_n

BAB III

DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)

A. Pengertian DAS

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung - punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2007). DAS merupakan daerah yang terdiri dari berbagai sistem sungai dimana air yang jatuh di dalamnya akan dikeluarkan melalui satu saluran tunggal. DAS juga dapat digunakan untuk berjenis-jenis aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan, dan lain-lain. Dalam bidang pertanian DAS berfungsi untuk sumber air yang penting bagi irigasi. Berikut ini adalah gambaran DAS (Gambar 5).



Gambar 5. Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS sebagai tempat berlangsungnya daur hidrologi, yang terdiri dari masukan (input) → proses → keluaran (output). Masukan berupa hujan; Proses berupa penyimpanan air tanah, aliran langsung, aliran dasar, dan evapotranspirasi; Keluaran berupa aliran sungai, sedimen, dan unsur hara.

Simpanan air tanah dan aliran sungai sangat dipengaruhi oleh faktor meteorologi (hujan dan evaporasi), faktor geobiofisik DAS, dan faktor manusia.

DAS terdiri dari berbagai kesatuan sistem ekologis yang membentuk ekosistem DAS. Sebagai suatu ekosistem, di dalam DAS berlangsung proses interaksi, interdependensi, dan interrelasi antara komponen-komponen yang ada di dalam DAS. Tiga komponen lingkungan yang ada di dalam DAS, yaitu komponen abiotic, biotic, dan cultural. Di dalam DAS juga berlangsung rantai makanan dan siklus hara. Sebagai Masukan (input) berupa hujan, teknologi, dan energi; proses (process) berupa hutan, lahan pertanian, desa, dan sungai; keluaran (output) berupa aliran, sedimen, hara, barang jadi, dan limbah. Kualitas suatu DAS akan mengalami penurunan apabila dalam pengelolaannya tidak terencana dengan baik, maka akibatnya DAS akan mengalami keadaan yang disebut kekritisian DAS. Kritis atau tidaknya suatu DAS dapat dilihat sekilas dari:

1. Tingkat erosinya dengan melihat warna air, yaitu bila warna air keruh kecoklatan maka erosi yang berlangsung besar.
2. Debit airnya, yaitu pada saat kemarau dan penghujan.

B. Komponen DAS

Daerah aliran sungai memiliki beberapa komponen penting sebagai tolok ukur suatu kawasan memiliki pola aliran sebuah sungai besar dengan igir-igir dan dapat disebut dengan Daerah Aliran Sungai (DAS). Komponen tersebut terdiri dari:

1. Bentuk DAS

Bentuk DAS berkaitan dengan panjang dan lebar DAS yang nantinya akan memberi pengaruh terhadap cepat atau lambatnya sebuah beban puncak atau puncak hidrologi untuk sebuah proses hidrologi atau sering disebut "*time peak*".

Semakin panjang bentuk DAS maka waktu mencapai puncak akan semakin lambat, apalagi dipengaruhi dengan kemiringan lereng/slope yang kecil. Suatu DAS juga akan mengalami time peak yang cepat apabila kemiringan lereng tinggi dan jalur sungai utama relatif pendek.

Bentuk pola percabangan jaringan sungai dalam DAS dapat berpola dendritic, parallel, trellis, rectangular, radial, annular. Daerah pengaliran sebuah sungai adalah daerah tempat presipitasi itu mengkonsentrasi ke sungai. Garis batas daerah-daerah aliran yang berdampingan disebut batas daerah pengaliran. Luas daerah pengaliran diperkirakan dengan pengukuran daerah itu pada peta topografi. Daerah pengaliran, tumbuh-tumbuhan dan geologi mempunyai pengaruh terhadap debit banjir, corak banjir, debit pengaliran dasar dan sebagainya. Corak dan karakteristik daerah pengaliran adalah sebagai berikut:

a. Daerah pengaliran berbentuk bulu burung

Jalur daerah di kiri kanan sungai utama dimana anak-anak sungai mengalir ke sungai utama disebut daerah pengaliran bulu burung. Daerah pengaliran ini mempunyai debit banjir kecil karena waktu tiba banjir dari masing-masing anak sungai berbeda-beda, sebaliknya banjir berlangsung agak lama.

b. Daerah pengaliran radial

Daerah pengaliran yang berbentuk kipas atau lingkaran dan anak-anak sungainya mengkonsentrasi ke suatu titik secara radial disebut daerah pengaliran radial. Daerah pengaliran dengan corak ini mempunyai banjir yang besar di dekat titik pertemuan anak-anak sungai.

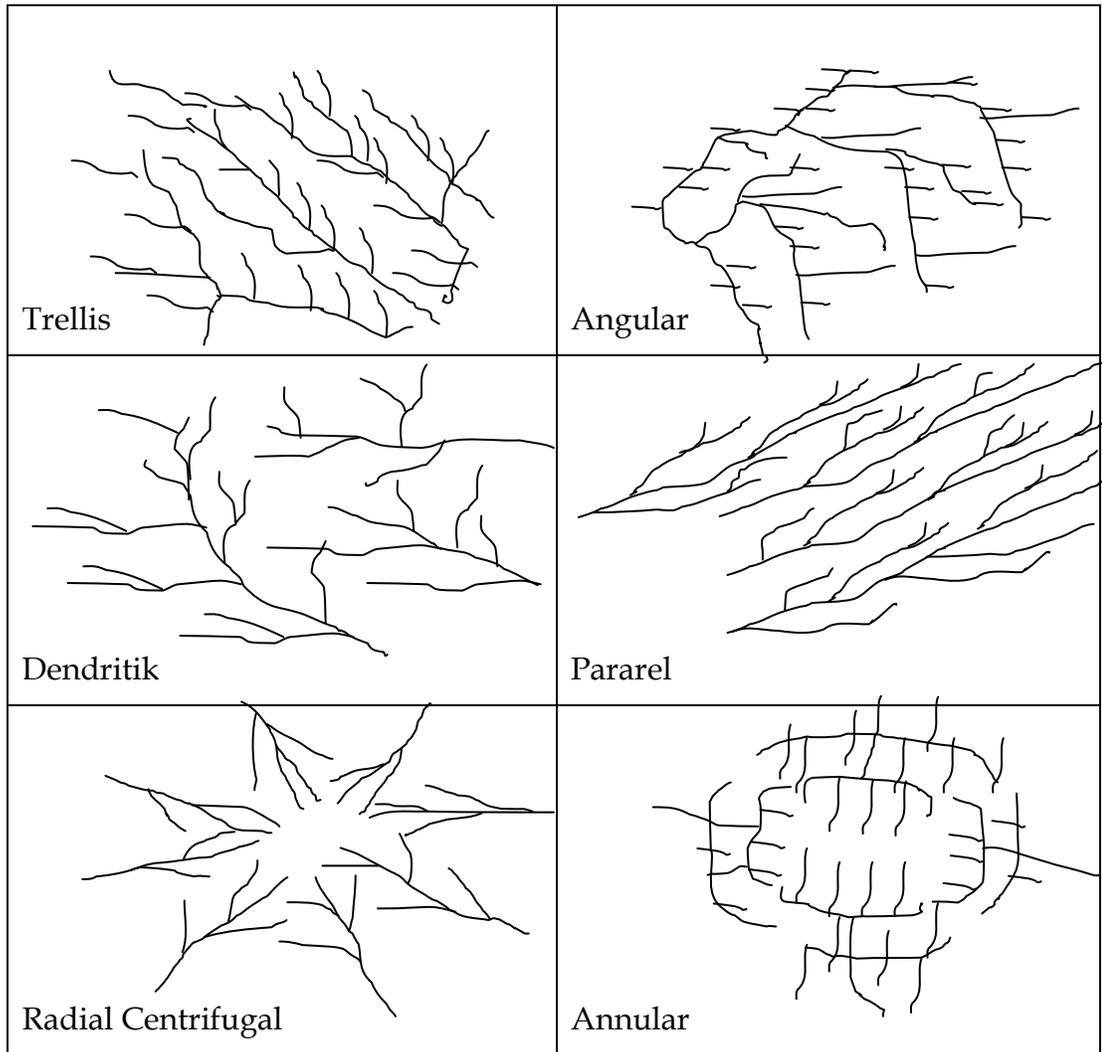
c. Daerah pengaliran paralel

Bentuk ini mempunyai corak dimana dua jalur daerah pengaliran akan bersatu di bagian pengaliran di daerah hilir. Banjir akan terjadi di sebelah hilir titik pertemuan sungai-sungai.

d. Daerah pengaliran yang kompleks

Hanya beberapa buah daerah pengaliran yang mempunyai bentuk-bentuk ini dan disebut daerah pengaliran yang kompleks.

Dilihat dari udara, jaringan aliran sungai (sistem drainase) sepintas nampak menyerupai percabangan pohon (dendritik), tetapi jika dilihat lebih dekat pola drainase tersebut dapat menyerupai percabangan pohon, segiempat (rectangular), trellis, annular, dan jari-jari lingkaran (radial). Diskripsi formal tentang pola drainase belum banyak dibakukan, tetapi menurut literatur geomorfologi, pola drainase yang umum dikenal adalah seperti itu. Menurut penelitian yang dilakukan dalam skala DAS, pola drainase tampaknya mempunyai peranan lebih menentukan daripada kerapatan drainase dalam mempengaruhi besarnya debit puncak. Berikut ini adalah gambar beberapa jenis pola aliran (Gambar 6).

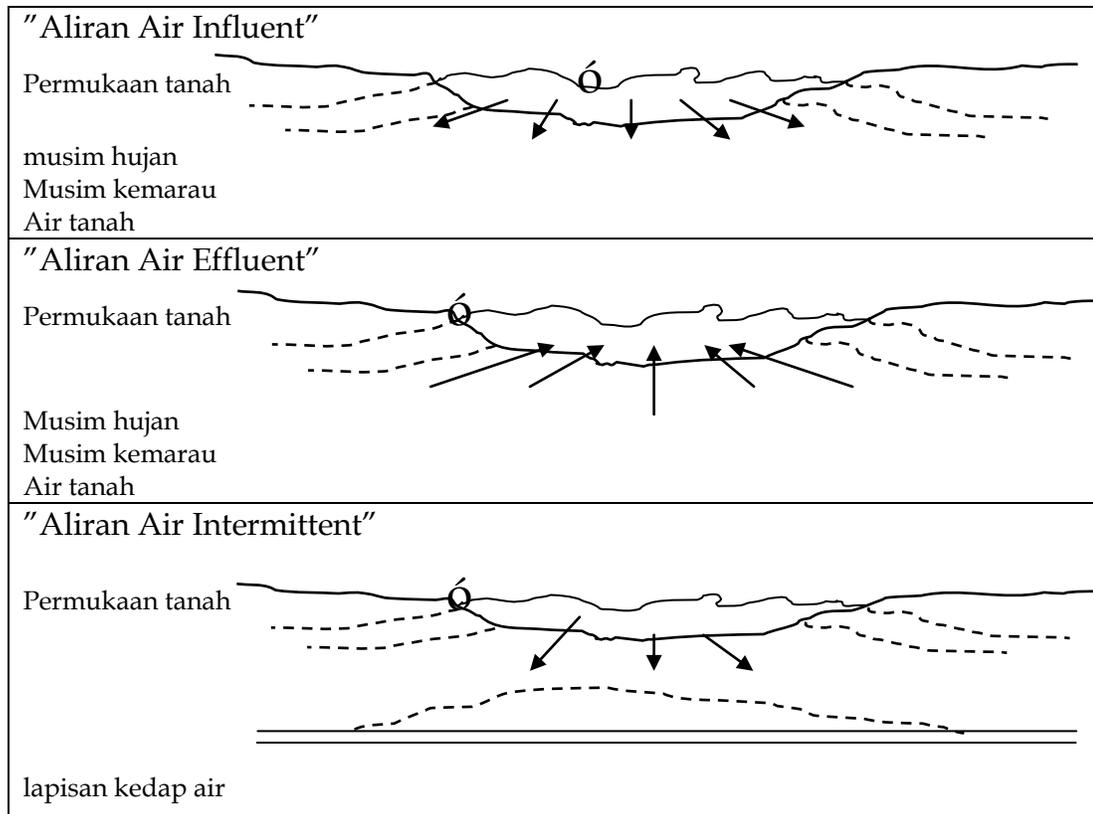


(Sumber : Hidrologi dan Pengelolaan DAS, Asdak, 2007)

Gambar 6. Pola Aliran

Dalam literatur geologi, sistem (aliran) sungai diklasifikasikan sebagai sistem aliran influent, effluent, dan intermitten seperti tampak di bawah (Gambar 7). Sistem aliran sungai influent adalah aliran sungai yang memasok air tanah, sebaliknya pada aliran sungai sistem effluent sumber aliran berasal dari air tanah. Pada sistem aliran yang terakhir

pada umumnya berlangsung sepanjang tahun, oleh karena itu sering disebut aliran tahunan atau *perennial stream*. Sistem aliran terputus atau intermitten umumnya berlangsung segera setelah terjadi hujan besar. Berikut ini adalah gambar beberapa sistem (aliran) sungai.



(Sumber : Hidrologi dan Pengelolaan DAS, Asdak, 2007)

Gambar 7. Klasifikasi Geologi terhadap Sistem Aliran Sungai

2. Luas DAS

Luas tidaknya DAS akan berpengaruh atas daya tangkap hujan yang akan berpengaruh pada volume air yang tertampung. Semakin besar luas DAS, maka volume air yang dihasilkan juga semakin besar sehingga

dengan demikian peluang terjadinya banjir juga semakin besar. Untuk menghitung luas DAS dapat digunakan 3 (tiga) cara, yaitu: (1) planimeter; (2) transparant milimeter paper; dan (3) digitizer computer combination system. Luas DAS dihitung dengan kertas milimeter transparan, maka DAS dengan outlet X1,Y1 $\Rightarrow A = n$ (jml kotak) \times skala² \times 1 cm².

3. Kemiringan DAS

Pola aliran biasanya berdasarkan seberapa besar tingkat kemiringan DAS. Besarnya kemiringan DAS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$S = \frac{\Delta h}{L}$$

dimana:

S = kemiringan (*slope*)

Δh = selisih ketinggian hulu dan hilir (diambil dari 0 m dpal, yang berarti ketinggian diambil dari tinggi permukaan air laut)

L = panjang sungai

Kemiringan DAS dapat digunakan sebagai faktor penentu kecepatan aliran permukaan dan juga sebagai faktor cepat tidaknya suatu erosi berlangsung.

4. Kerapatan Aliran

Kerapatan aliran (drainase) adalah panjang aliran sungai per kilometer persegi luas DAS (Asdak, 2007). Besarnya kerapatan DAS seperti tercantum dalam persamaan di bawah ini:

$$Dd = L / A$$

dimana:

Dd = kerapatan drainase (km/km²)

L = panjang aliran sungai (km)

A = luas DAS (km²)

Secara umum, semakin besar nilai kerapatan drainase (Dd) maka semakin baik sistem pengaliran drainase di daerah tersebut. Artinya semakin besar jumlah air larian total (semakin kecil infiltrasi), dan semakin kecil air tanah yang tersimpan. Besarnya Dd juga bervariasi tergantung besar kecilnya laju presipitasi.

5. Orde Sungai

Menurut Strahler, ujung-ujung sungai disebut dengan orde sungai. Orde sungai ini akan saling bertemu dengan orde-orde yang lain, seperti:

Orde 1 + 1 = orde 2

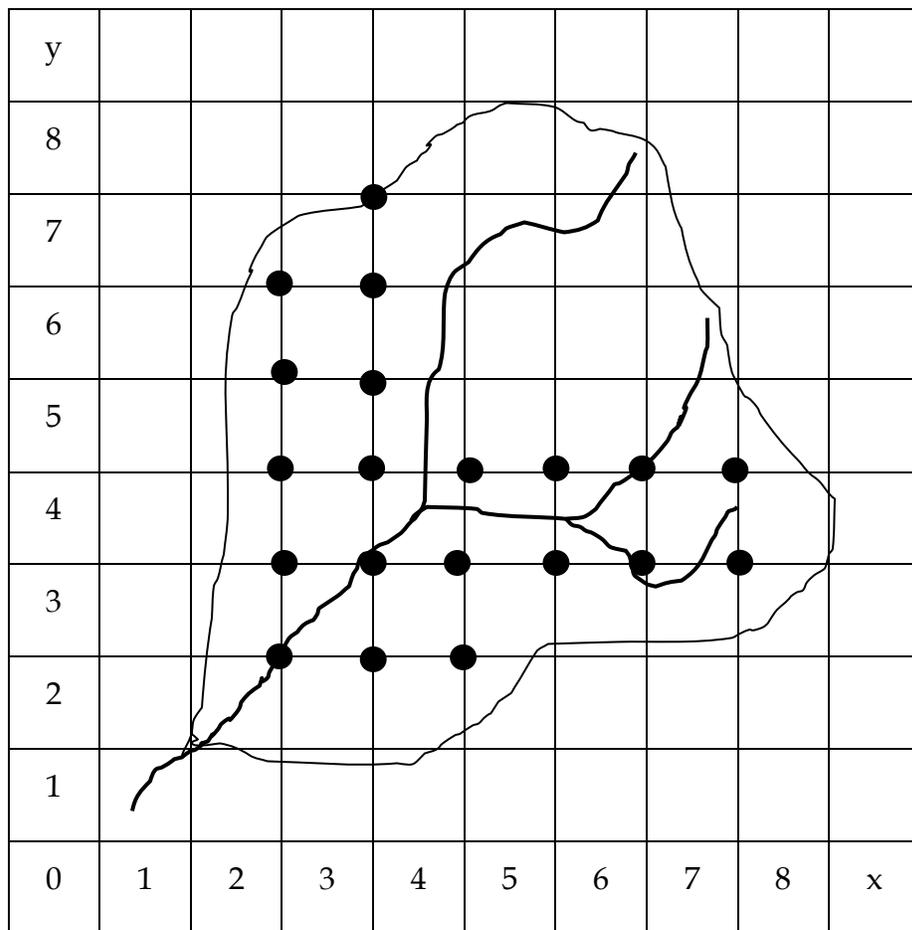
Orde 2 + 1 = orde 2

Orde 2 + 2 = orde 3

Orde yang sama akan bertemu dan membentuk orde berikutnya. Orde sungai digunakan untuk mengetahui tingkat percabangan dari DAS. Pengkategorian bentuk DAS selanjutnya dapat dilihat dari tingkat ordenya.

6. Pusat DAS

Pusat DAS merupakan titik tengah dari DAS tersebut, yaitu titik tengah dari seluruh percabangan sungai. Pusat DAS adalah tempat pemasangan alat penakar hujan di daerah yang paling dekat dengan pusat DAS. Berikut ini adalah cara perhitungan penentuan pusat DAS.



$$X = \frac{\sum X_i \cdot n_i}{\sum X_i}$$

$$\sum X_i$$

$$Y = \frac{\sum Y_i \cdot n_i}{\sum Y_i}$$

$$\sum Y_i$$

$$X = \frac{2.3 + 3.6 + 4.6 + 5.5 + 6.5 + 7.4}{3 + 6 + 6 + 5 + 5 + 4} = \frac{131}{29} = 4,52$$

$$Y = \frac{2.5 + 3.6 + 4.6 + 5.5 + 6.5 + 7.2}{5 + 6 + 6 + 5 + 5 + 2} = \frac{121}{29} = 4,17$$

Maka Pusat DAS = {X, Y} = {4,52 ; 4,17}

BAB IV

SUNGAI

A. Pengertian Sungai

Sungai adalah massa air yang secara alami mengalir melalui suatu lembah. Kebanyakan mengalir di permukaan bumi ke tempat yang lebih rendah dan sebagian meresap di bawah permukaan tanah. Alirannya tidak tetap; kadang deras dan kadang lambat, tergantung pada kemiringan sungai. Alirannya mengikuti saluran tertentu yang di kanan kirinya dibatasi tebing yang curam.

Air hujan yang jatuh di permukaan tanah sebagian besar akan menjadi aliran permukaan dan sebagian lagi meresap ke dalam tanah menjadi air tanah. Aliran permukaan berkumpul dan mengalir ke daerah-daerah yang rendah kemudian menuju parit, selokan, anak-anak sungai, dan sungai. Sungai mengalir dengan kemiringan yang berbeda-beda. Di daerah pegunungan kemiringan sungai cukup curam, sedang di daerah lembah kemiringannya lebih landai dan di daerah dataran kemiringannya hampir rata. Air sungai bersumber dari aliran air permukaan dan air tanah. Air sungai yang melimpah di daerah hilir atau muara berasal dari kumpulan air di daerah hulu yang pada awalnya berupa alur-alur kecil, kemudian membentuk parit, selokan, dan anak-anak sungai.

B. Klasifikasi Sungai

Sungai dapat diklasifikasikan menurut sumber air, kontinuitas aliran/debit air, pola aliran, arah aliran, dan struktur geologi.

1. Berdasarkan Sumber Air

Berdasarkan sumber air, sungai dapat dibedakan menjadi sungai hujan, sungai gletser, dan sungai campuran.

- a. Sungai hujan adalah sungai yang sumber airnya mendapat langsung dari air hujan, contohnya adalah sungai-sungai di perbukitan kapur, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- b. Sungai gletser adalah sungai yang sumber airnya berasal dari salju yang mencair/pencairan es, contohnya adalah Sungai Memberamo di Irian Jaya.
- c. Sungai campuran adalah sungai yang sumber airnya berasal dari air hujan dan gletser (es/salju), contohnya adalah Sungai Memberamo dan Digul di Irian Jaya.

2. Berdasarkan Kontinuitas Aliran/Debit Air

Berdasarkan kontinuitas aliran/debit air, sungai dapat dibedakan menjadi sungai ephemeral, sungai intermitten, dan sungai perenial.

- a. Sungai ephemeral adalah sungai yang hanya mengalir jika ada hujan.
- b. Sungai intermitten adalah sungai yang mengalir pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau kering.
- c. Sungai perenial adalah sungai yang mengalir sepanjang tahun karena musim hujan dan musim kemarau selalu ada, contohnya sungai-sungai di Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya. Sungai Perenial mempunyai sifat sebagai berikut:

- 1) dapat sebagai sungai permanen apabila mengalir sepanjang tahun sehingga antara musim hujan dan kemarau beda aliran kecil.
- 2) dapat sebagai sungai periodik apabila antara musim hujan dan kemarau beda aliran semakin besar.

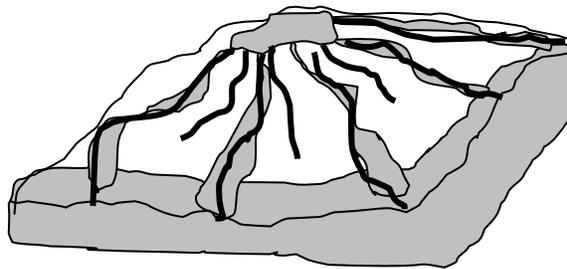
3. Berdasarkan Pola Aliran

Pola aliran sungai cenderung dipengaruhi oleh adanya bentuk lahan, contohnya di daerah dome, basin, plato, pegunungan lipatan, blok dan lain sebagainya. Arah aliran akan terkontrol oleh bentuk lahan tersebut. Berikut ini beberapa pola aliran sungai:

a. Pola aliran radial/menjari

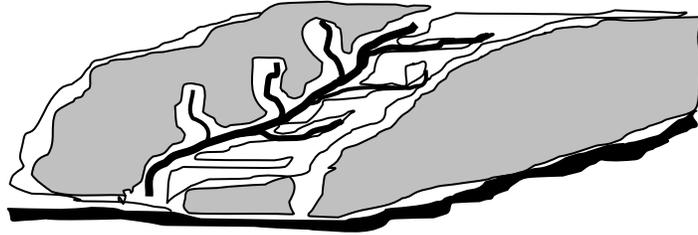
Pola aliran radial dibedakan menjadi pola radial sentrifugal dan pola aliran radial sentripetal.

- 1) Radial sentrifugal adalah pola aliran yang meninggalkan pusat, contohnya di daerah vulkan/gunung berbentuk kerucut, seperti terlihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Pola Aliran Radial Sentrifugal

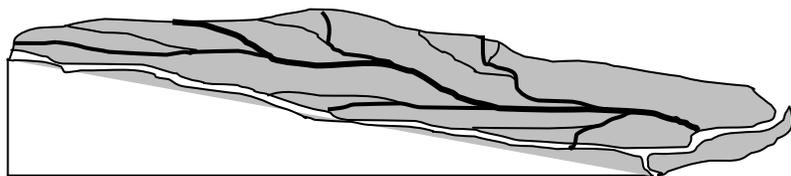
- 2) Radial sentripetal adalah pola aliran yang menuju pusat, contohnya pada daerah basin/ledokan, seperti terlihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Pola Aliran Radial Sentripetal

b. Pola aliran dendritik

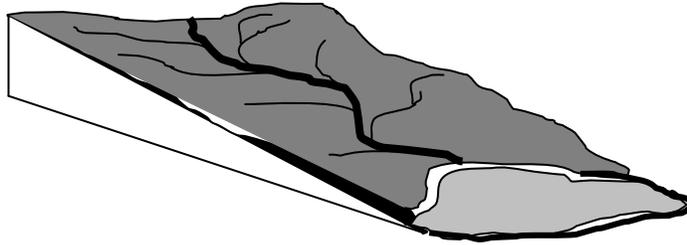
Pola aliran dendritik adalah pola aliran yang tidak teratur, biasanya terdapat di dataran atau daerah pantai, seperti gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Pola Aliran Dendritik

c. Pola aliran trellis

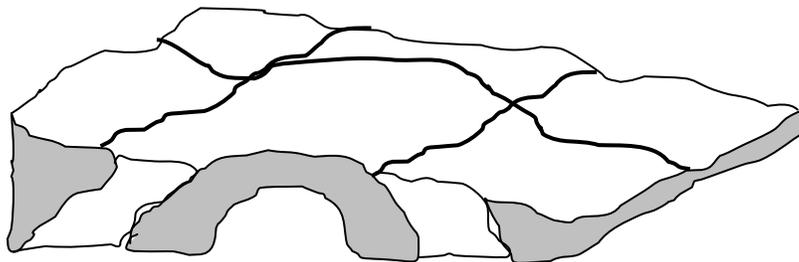
Pola aliran trellis merupakan pola aliran sungai yang berbentuk sirip daun atau trellis, biasanya terdapat di daerah pegunungan lipatan, seperti gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Pola Aliran Trellis

d. Pola aliran rectangular

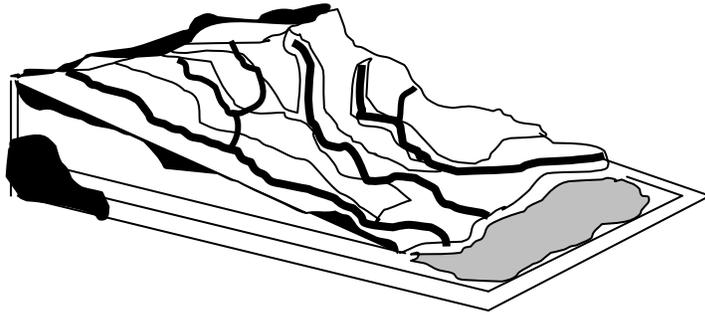
Pola aliran rectangular merupakan pola aliran berbentuk sudut siku-siku atau hampir siku-siku, biasa terdapat di daerah patahan atau pada batuan yang tingkat kekerasannya berbeda, seperti gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. Pola Aliran Rectangular

e. Pola aliran annular

Pola aliran annular merupakan pola aliran sungai yang melingkar biasanya terdapat di daerah kubah (domes), seperti gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Pola Aliran Annular

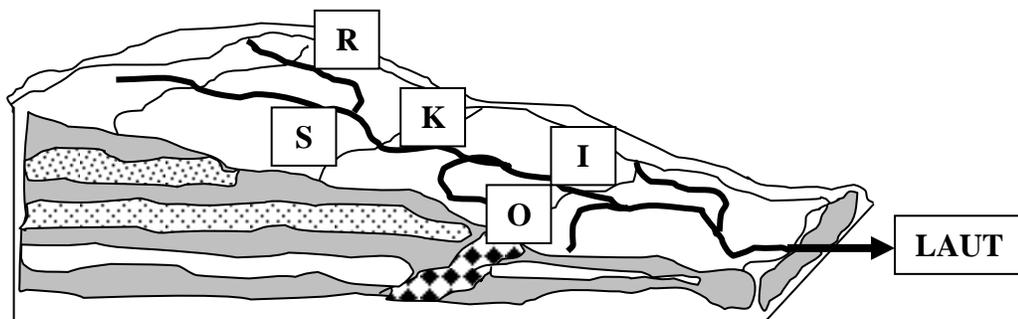
4. Berdasarkan Arah Aliran

Arah aliran sungai dikontrol oleh formasi batuan, jenis batuan, jenis tanah, kemiringan lereng yang mengakibatkan adanya belokan atau pelurusan sungai akibat faktor-faktor tersebut. Beberapa jenis sungai berdasarkan arah aliran adalah sebagai berikut:

- a. Sungai konsekuen adalah sungai yang mengalir sesuai dengan kemiringan batuan daerah yang dilaluinya, contohnya: Sungai Progo ketika menuruni lereng Gunung Merapi.
- b. Sungai subsekuen adalah sungai yang alirannya tegak lurus pada sungai konsekuen dan bermuara pada sungai konsekuen, contohnya Sungai Opak Yogyakarta.
- c. Sungai obsekuen adalah sungai yang mengalir berlawanan dengan arah kemiringan lapisan batuan daerah tersebut dan merupakan anak sungai subsekuen.
- d. Sungai resekuen merupakan anak sungai subsekuen dan alirannya searah/sejajar dengan sungai konsekuen.

- e. Sungai insekuen adalah sungai yang alirannya teratur dan tidak terikat dengan lapisan batuan yang dilaluinya.

Berikut ini adalah gambar bentuk-bentuk sungai berdasarkan arah alirannya (Gambar 14).



Gambar 14. Bentuk-Bentuk Sungai Berdasarkan Arah Aliran

5. Berdasarkan Struktur Geologi

Berdasarkan struktur geologi, sungai dikontrol oleh adanya perubahan struktur geologi yang terjadi akibat adanya proses geomorfologi berupa patahan, pengangkatan, lipatan, dan proses geomorfologi yang lain. Beberapa jenis sungai yang dikontrol oleh struktur geologi adalah:

a. Sungai anteseden

Sungai anteseden adalah sungai yang dapat mengimbangi pengangkatan daerah lapisan batuan yang dilaluinya sehingga setiap terjadi pengangkatan maka air sungai akan mengikisnya, contohnya adalah Sungai Oyo di Yogyakarta yang mengikis Plato Wonosari.

b. Sungai reverse

Sungai reverse adalah sungai yang tidak dapat mengimbangi adanya pengangkatan, contohnya Sungai Bengawan Solo yang dulunya bermuara di Laut Selatan, sekarang muaranya di Laut Jawa.

BAB V

PENGUKURAN DEBIT AIR SUNGAI/SALURAN

Investigasi air permukaan memerlukan evaluasi besarnya debit aliran (sungai). Dengan kata lain, adalah ketersediaan air (permukaan) dengan segala variasi atau fluktuasi besarnya air permukaan tersebut seiring dengan perubahan musim. Debit adalah jumlah aliran air (volume) yang mengalir melalui suatu penampang dalam waktu tertentu. Persamaan umum untuk menghitung debit adalah:

$$Q = V/t$$

dimana:

Q = debit aliran (m^3/dtk)

V = jumlah aliran air yang mengalir (m^3)

t = waktu (dtk)

Debit (Q) juga merupakan hasil kali antara kecepatan aliran (V) dengan luas penampang basah (A), yaitu:

$$Q = V \times A$$

dimana:

Q = debit aliran (m^3/dtk)

A = luas penampang basah (m^2)

V = rerata kecepatan aliran (m/dtk)

Pengukuran debit umumnya dilakukan pada waktu tertentu, biasanya dilakukan untuk mendapatkan data analisis. Penentuan jumlah pengukuran tergantung pada:

1. tujuan penelitian;
2. kestabilan penampang sungai; dan
3. ketelitian yang ingin dicapai.

Pengukuran debit dapat dilakukan dengan 3 (tiga) metode di bawah ini:

A. Metode Apung

Prinsip pengukuran metode ini adalah kecepatan aliran diukur dengan pelampung, luas penampang basah (A) ditetapkan berdasar pengukuran lebar permukaan air dan kedalaman air. Persamaan untuk perhitungan debit adalah:

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

dimana:

Q = debit aliran (m³/dtk)

A = luas penampang basah (m²)

k = koefisien pelampung

U = kecepatan pelampung (m/dtk)

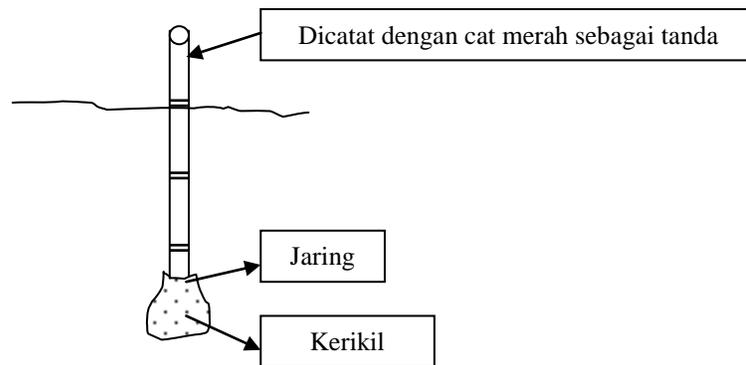
Nilai k tergantung dari jenis pelampung yang dipakai

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

k = koefisien

α = kedalaman tangkai (h) per kedalaman air (d), yaitu kedalaman bagian pelampung yang tenggelam dibagi kedalaman air

Berikut ini adalah gambar salah satu jenis pelampung yang dapat digunakan untuk mengukur debit sungai (Gambar 15).



Gambar 15. Pelampung Tongkat

Cara kerja metode apung adalah sebagai berikut:

1. Memilih lokasi pengukuran dengan syarat-syarat:
 - a. Bagian sungai/saluran yang relatif lurus dan cukup panjang
 - b. Penampang sungai kurang lebih seragam.
2. Menentukan 2 titik pengamatan jalannya pelampung:
 - a. Panjangnya sekitar 20 sampai 50 m
 - b. Titik 1 dan titik 2 diberi tanda patok atau yalon.
3. Pelampung dilepas di sebelah hulu titik 1 dengan maksud agar jalannya pelampung setelah sampai di titik 1 dalam keadaan stabil. Jika pelampung sampai di titik 1 diberi tanda untuk menghidupkan stopwatch dan jika pelampung sampai di titik 2 diberi tanda untuk mematikan stopwatch, kemudian dicatat waktu perjalanannya (t). Untuk

mendapatkan kecepatan rata-rata, pelampung dilepaskan di bagian tepi kiri, tengah dan kanan (3x pengukuran).

4. Mengukur kedalaman air dan lebar permukaan air/lebar sungai, untuk menghitung luas penampang basah. Pengukuran sebaiknya dilakukan di beberapa bagian untuk mendapatkan luas penampang basah rata-rata.
5. Menentukan koefisien pelampung dengan mengukur kedalaman pelampung yang basah per kedalaman sungai.

Berikut ini adalah cara perhitungan debit dengan metode apung:

1. Hitung kecepatan pelampung, $U = L/t$
2. Hitung kecepatan aliran, $V = k \times U$
3. Hitung luas penampang basah rata-rata (A), untuk mendapatkan luas penampang basah dengan cara plotting hasil pengukuran kedalaman air dan lebar permukaan air/lebar sungai pada kertas milimeter.
4. Hitung debit, $Q = A \times V$

B. Metode Manning

Prinsip pengukuran metode ini didasarkan pada rumus Manning, yaitu kecepatan rata-rata aliran yang dapat diperkirakan dengan persamaan hidraulika berikut ini:

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

dimana:

V = kecepatan rata-rata (m/dtk)

R = radius hidrologik (m)

S = gradien hidrologik (tanpa dimensi)

n = koefisien kekasaran Manning

$R = A/P$

A = luas penampang basah (m^2)

P = perimeter basah (m)

Debit aliran selanjutnya dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = A \cdot V$$

dimana:

Q = debit aliran (m^3/dtk)

A = luas penampang basah (m^2)

V = kecepatan rata-rata (m/ dtk)

Rumus Manning ini berlaku untuk kondisi aliran yang:

1. Aliran steady; dan
2. Aliran yang uniform.

Metode ini dilakukan dengan cara kerja sebagai berikut:

1. Memilih seksi yang relatif lurus dengan lebar dan kedalaman yang relatif seragam dan mengukur jarak seksi (L)
2. Mengukur luas penampang basah rata-rata dengan:
 - a. Membuat profil melintang di tiga tempat (A, B, C).
 - b. Titik awal 1 dan titik terakhir terletak pada tepi sungai tepat pada air. Diusahakan profil tegak lurus arah aliran, kemudian dilakukan pengukuran.

Tabel 3. Pencatatan Hasil Pengukuran Jarak dan Kedalaman Air

Nama Pengamatan	Jarak dari titik awal (b) (m)	Kedalaman Air (m)
1		
2		
.....		
n		

3. Mengukur gradien hidraulik dengan:

a. Mengukur jarak seksi (L)

b. Mengukur beda tinggi muka air:

$$S = \frac{b - a}{L}$$

4. Mencatat kondisi dasar saluran untuk menetapkan nilai n dengan memperhatikan:

a. Materi dasar sungai (lumpur, pasir, gravel)

b. Tumbuhan (rumput, perdu, pohon)

5. Menghitung debit dengan 2 (dua) cara:

a. Jika n homogen, perhitungan debit:

$$Q = A \cdot V \text{ (m}^3/\text{dtk)}$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \text{ (m/dtk)}$$

b. Jika n heterogen, perhitungan debit:

$$Q = \sum (q_i)$$

$$q_i = \frac{1}{n_i} \cdot \frac{a_i^{5/3}}{p_i^{2/3}} \cdot S^{1/2}$$

C. Metode Current Meter

Prinsip pengukuran metode ini adalah kecepatan aliran diukur dengan current meter. Luas penampang basah (A) didapatkan dari pengukuran kedalaman air dan lebar permukaan air yang kemudian diplotkan pada kertas milimeter. Kecepatan aliran dihitung berdasar jumlah putaran baling-baling (cup) per waktu putarannya (N), dengan persamaan:

$$V = a N + b$$

dimana:

V = kecepatan aliran (m/dtk)

a dan b = konstanta alat

N = jumlah putaran per waktu

Pengukuran kecepatan aliran rata-rata dengan current meter, dilakukan dengan cara seperti Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Pengukuran Kecepatan Aliran Rata-Rata dengan Current Meter

Tipe	Kedalaman air (d)	Titik pengamatan	Kecepatan rata-rata pada vertikal (V)
Satu titik	0,3 - 0,6 m	0,6 d dari permukaan	$V = V_{0,6}$
Dua titik	0,6 - 3,0 m	0,2 dan 0,8 d	$V = \frac{1}{2} (V_{0,2} + V_{0,8})$
Tiga titik	3,0 - 6,0 m	0,2; 0,6; 0,8 d	$V = \frac{1}{4} (V_{0,2} + V_{0,6} + V_{0,8})$
Lima titik	> 6,0 m	S; 0,2; 0,6; 0,8 dan B	$V = \frac{1}{10} (V_s + 3V_{0,2} + 2V_{0,6} + 3V_{0,8} + V_b)$

Catatan:

- V_s diukur 0,3 m di bawah permukaan air
- V_b diukur 0,3 m di atas dasar sungai

Cara kerja metode current meter mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Pengambilan titik pengukuran dengan current meter berdasar kedalaman air, mengingat kecepatan aliran sungai tidak merata pada setiap kedalaman yang berbeda.
2. Pemilihan jumlah vertikal yang akan diukur pada prinsipnya didasarkan atas:
 - a. Bentuk dan ukuran penampang sungai
 - b. Sifat aliran
 - c. Waktu yang tersedia
3. Pada sungai yang konfigurasi dasarnya tidak teratur sebaiknya pengukuran lebih rapat daripada yang teratur.

4. Dari hasil pengukuran kecepatan aliran pada masing-masing vertikal, dapat dihitung debit aliran pada masing-masing seksi.
5. Debit total (debit sungai) merupakan total debit seksi.

Langkah-langkah yang harus dilaksanakan dalam menerapkan metode ini adalah:

1. Memilih lokasi pengukuran debit dengan syarat-syarat:
 - a. Di bagian sungai yang relatif lurus;
 - b. Jauh dari pertemuan cabang sungai;
 - c. Dasar sungai stabil;
 - d. Tidak ada tumbuhan air; dan
 - e. Aliran tidak melimpah melewati tebing sungai.
2. Menentukan arah penampang melintang, harus tegak lurus arah aliran.
3. Mencatat tanggal pengukuran, nama sungai, lokasi pengukuran, nomor current meter dan rumus kecepatan aliran.
4. Mengukur lebar sungai dan menentukan interval seksi.
5. Menyiapkan current meter atau memeriksa jalannya putaran baling-baling dan tanda jumlah putaran "nyala lampu". Saat mulai pengukuran dengan mencatat tinggi muka air dan pengukuran di mulai dari tepi kiri atau kanan; dilanjutkan mengukur kedalaman air pada seksi, kemudian mengukur kecepatan aliran dengan posisi alat sesuai dengan kedalaman air.
6. Kecepatan aliran dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling per waktu putaran (N). Kecepatan aliran, $V = a N + b$

Perhitungan debit dapat dilakukan dengan cara "*mid section*" atau dengan "*mean section*".

1. Cara *mid section*

Pada cara *mid section*, lebar satu sub seksi ditentukan oleh setengah jarak di sebelah kiri dan setengah jarak di sebelah kanan dari pengukuran vertikalnya. Langkah perhitungannya sebagai berikut:

- Hitung luas b :

$$b = \frac{b_n + b_{n+1}}{2}$$

Dimana:

b = lebar seksi (rai)

b_n = lebar interval seksi

- Hitung luas seksi (a):

a = $d_n \times b$ atau

$$a_n = \frac{d_n (b_n + b_{n+1})}{2}$$

- Hitung debit seksi (q):

$$q = a \times b$$

- Hitung debit total (Q):

$$Q = \sum q$$

2. Cara *mean section*

Dengan cara ini, lebar satu sub seksi ditentukan oleh dua pengukuran vertikal yang bersebelahan (d_n dan d_{n+1}). Langkah perhitungannya sebagai berikut:

- Hitung luas b:

$$b = b_a$$

- Hitung luas seksi (a):

$$a = \frac{(d_n + d_{n+1}) \times b_{n+1}}{2}$$

- Hitung debit seksi (q):

$$q = a \times b$$

- Hitung debit total (Q):

$$Q = \sum q$$

BAB VI

AIR TANAH

Air tanah adalah air yang berada di wilayah jenuh di bawah permukaan tanah. Ketersediaannya lebih dari 97% dari keseluruhan air tawar yang ada di planet bumi. Ketersediaan air tanah akan membantu tanaman pada masa pertumbuhan, dimana air akan diserap oleh akar tanaman. Meskipun jumlahnya tidak sebanyak air permukaan, air tanah merupakan air yang banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, misalnya untuk air minum, memasak, mencuci, dan mandi. Air tanah juga dimanfaatkan untuk keperluan industri, perkantoran, perhotelan, dan irigasi.

Air tanah banyak mempunyai kelebihan dibandingkan dengan air permukaan yaitu:

- a. Lebih steril atau tidak terkontaminasi oleh organisme penyebab penyakit.
- b. Berada di bawah permukaan tanah dan tersimpan pada lapisan batuan pada kedalaman tertentu.
- c. Mempunyai temperatur yang hampir konstan.
- d. Tersedia di banyak tempat.

A. Hubungan Air dengan Tanah

Air hujan masuk meresap ke dalam pori-pori batuan atau tanah dan menempati lapisan batuan lolos air (*permeable*). Air tanah dalam berasal dari air hujan yang jatuh di daerah hulu atau daerah atas karena berada di kaki pegunungan yang disebut daerah tangkapan hujan (*catchment area*). Air kemudian masuk dan mengalir dalam tanah ke daerah bawah serta menempati lapisan batuan lolos air. Lapisan batuan lolos air yang

mengandung banyak air dan dapat melepaskan air disebut *akuifer*. Antara akuifer atas dan bawah dibatasi oleh lapisan batuan kedap air (*impermeable*)

Berdasarkan letak kedalaman, air tanah dibedakan menjadi air tanah dangkal dan air tanah dalam.

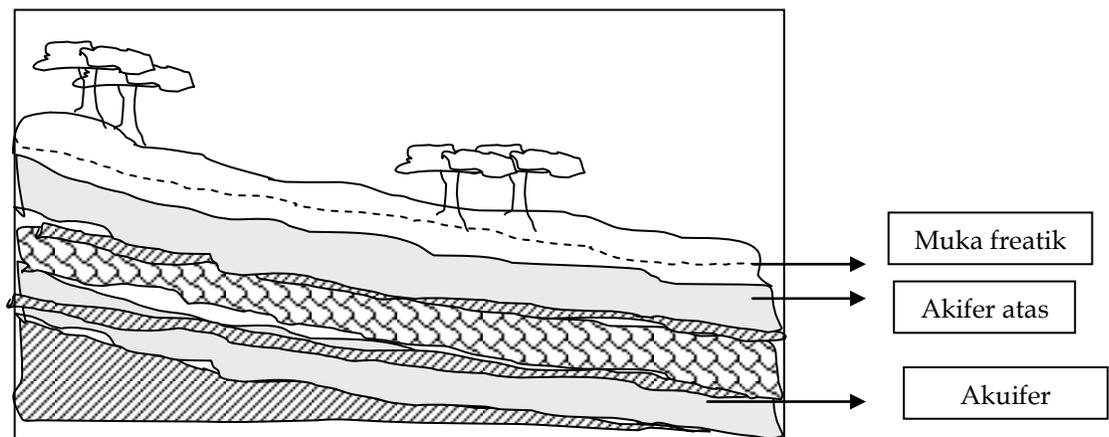
a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal adalah air tanah yang berada di bawah permukaan tanah dan di atas lapisan batuan kedap air atau tidak tembus air. Air tanah dangkal merupakan akuifer atas dan sering disebut dengan air tanah freatis atau air freatis. Air tanah dangkal dimanfaatkan oleh penduduk untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari dengan membuat sumur.

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam adalah air tanah yang berada di bawah lapisan air tanah dangkal dan di antara dua lapisan batuan kedap air. Air tanah dalam merupakan akuifer bawah yang dimanfaatkan sebagai sumber air minum penduduk kota, kebutuhan air perhotelan, perkantoran, dan industri.

Gambar air tanah dangkal dan air tanah dalam disajikan dalam Gambar 16 di bawah ini.



Gambar 16. Air Tanah Dangkal dan Air Tanah Dalam

B. Penyebaran Air Tanah

Penyebaran air tanah dibedakan dalam 2 (dua) zone, yaitu:

1. Zone of Aeration

Zone akifer tidak jenuh (*zone of aeration*) adalah zone penampung air di dalam tanah yang terletak di atas permukaan air tanah. Zone ini terbagi menjadi 3 (tiga) zone, antara lain:

- a. Zone air tanah (*soil water zone*), zone ini bermula dari permukaan tanah dan berkembang ke dalam tanah melalui akar tanaman; meliputi zone air higroskopis, air kapiler, dan air gravitasi.
- b. Zone pertengahan (*intermediate zone*), zone ini terletak di antara permukaan tanah dan permukaan air tanah dan merupakan daerah infiltrasi.
- c. Zone kapiler (*capillary zone*), zone ini terletak dari permukaan air tanah ke atas sampai ketinggian yang dapat dicapai oleh gerakan air kapiler.

2. Zone of saturation

Zone akifer jenuh (*zone of saturation*) adalah zone penampung air tanah yang terletak di bawah permukaan air tanah (*ground water*). Pada zone jenuh ini semua pori-pori tanah terisi oleh air.

C. Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses aliran air hujan masuk ke dalam tanah. Aliran air hujan masuk ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler dan gaya gravitasi. Faktor-Faktor yang mempengaruhi infiltrasi, antara lain:

1. Hujan
2. Jenis tanah
3. Kelengasan/kelembaban tanah
4. Kemiringan lereng

5. Vegetasi
6. Bangunan
7. Animal trampling.

D. Akifer

Pembahasan macam-macam formasi tanah dan tipe-tipe akifer sangat penting dalam kajian akifer.

1. Macam - macam Formasi Tanah

Formasi/lapisan tanah dapat dibedakan menjadi 3 (tiga), antara lain:

- a. Akifer (Aquifer), yaitu formasi tanah yang dapat dilalui dengan mudah oleh air tanah, seperti pasir atau kerikil.
- b. Akiklud (Aquiclude), yaitu formasi tanah yang sulit dilalui air tanah, seperti lempung.
- c. Akifug (Aquifuge), yaitu formasi tanah yang menahan air, seperti batuan.

2. Tipe-Tipe Akifer

Tipe akifer dapat dibedakan menjadi 3 (tiga), antara lain:

- a. Akifer tidak tertekan (akifer bebas, freatik atau non artesis), yaitu akifer yang batas-batasnya adalah muka air tanah.
- b. Akifer tertekan (akifer artesis atau akifer tekanan), yaitu akifer air tanah yang tertutup antara 2 strata yang relatif kedap air.
- c. Akifer melayang, yaitu akifer yang menggantung pada daerah freatik.

E. Gerakan Air Tanah

Gerakan air dalam tanah disebabkan karena perbedaan kelembaban dan kemiringan lereng. Gradien hidraulik merupakan tenaga pendorong gerakan

air dalam tanah. Untuk menghitung kecepatan air tanah dapat menggunakan persamaan berikut:

$$V = K \times \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

dimana:

V = kecepatan air tanah

K = koefisien permeabilitas

Δh = beda tinggi air tanah

ΔL = beda jarak air tanah

F. Mata Air

Mata air adalah air yang keluar melalui suatu celah akibat adanya Zone patahan: daerah takik lereng, Dataran rendah, Dataran tinggi, dan muncul di Perbukitan kapur.

G. Intrusi Air Laut

Intrusi air laut adalah menyusupnya air laut ke darat dan mencapai ke air tanah. Intrusi air laut dapat melalui permukaan tanah maupun bawah permukaan tanah. Intrusi air laut hanya terjadi di daerah pantai. Intrusi dapat terjadi melalui beberapa proses berikut ini:

1. Intrusi Air Laut melalui Sungai

Intrusi air laut melalui sungai terjadi ketika gelombang laut besar dan masuk ke daerah sungai, kemudian meresap ke sekitar sungai (sungai influent).

2. Intrusi Air Laut Langsung ke Air Tanah

Intrusi air laut langsung ke air tanah terjadi jika di daerah tersebut tidak ditemukan adanya barrier seperti mangrove. Intrusi terjadi ketika

melakukan pengambilan air secara besar-besaran maka air laut akan menyusup ke dalam melalui pori-pori tanah. Salah satu pendorong terjadinya proses ini adalah adanya reklamasi pantai untuk penggunaan industri, tambak, atau penggunaan permukiman penduduk. Hal ini juga mendorong adanya banjir rob, karena tidak adanya penghalang bagi air laut yang sedang pasang.

H. Interface

Interface adalah pertemuan antara air tanah dengan air asin, yaitu perbatasan antara air tawar dengan air asin di dalam tanah yang saling menekan satu dengan yang lainnya (Todd, 1959). Hujan atau *interception loss* adalah penghasil air tanah terbesar. Air hujan masuk ke dalam tanah melalui infiltrasi oleh gaya kapiler membentuk kelembapan tanah.

Tanah yang jenuh, airnya akan bergerak lateral (horisontal) keluar ke permukaan tanah (*subsurface flow*) dan menjadi air sungai. Air hujan yang masuk dalam tanah dan bergerak vertikal ke tanah ke bagian lebih dalam akan menjadi bagian air tanah (*ground water*). Air inilah yang akan mendukung persediaan air di dalam tanah untuk dikonsumsi. Jika musim penghujan air tanah banyak tersedia, tetapi jika musim kemarau interface akan naik karena tekanan ke atas akibat jumlah air tawar yang berkurang. Hal ini disebabkan oleh intrusi air laut sehingga terjadi pengasinan air (*coline water*). Intrusi air laut ke air tanah dapat melewati permukaan air laut maupun melewati bawah permukaan tanah/interface.

Kedalaman interface dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Kedalaman interface dari permukaan laut} = h_s + \Delta h$$

$$h_s = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} \cdot h_f$$

dimana:

h_s = beda tinggi antara permukaan air laut dan interface (m)

h_f = beda tinggi antara air tanah dengan air laut (m)

Δh = beda tinggi sumur dari garis pantai (m)

ρ_s = berat jenis air laut/air asin = 1,025 gram/cm³

ρ_f = berat jenis air tawar = 1,000 gram/cm³

I. Peranan Air Tanah Bagi Kehidupan

Peranan air tanah bagi kehidupan, antara lain dapat digunakan untuk pemenuhan kebutuhan rumah tangga/domestik, keperluan pertanian, dan keperluan industri.

1. Keperluan rumah tangga/domestik

Pemanfaatan air tanah bagi kebutuhan domestik, misalnya mencuci, minum, mandi atau sering kita sebut kebutuhan rumah tangga. Kebutuhan air untuk rumah tangga hanya menggunakan sistem air tanah, karena kemampuan pengambilan menggunakan cara penggalian sumur, atau bahkan hanya menggunakan rembesan atau mata air.

2. Keperluan pertanian

Pemanfaatan air tanah bagi kebutuhan pertanian khususnya irigasi, sebagian dasar kebutuhan menggunakan air permukaan, yaitu sungai dengan sistem irigasi.

3. Keperluan industri

Pemanfaatan air tanah bagi kebutuhan industri dengan jumlah lebih besar menggunakan air tanah dalam atau sering disebut *artesis*. Hal ini dikarenakan pertimbangan antara cadangan air dan penggunaan dapat berlebih cadangannya.

BAB VII

DANAU

A. Perbedaan Danau, Rawa, dan Telaga

1. Danau

Danau adalah suatu basin yang digenangi air cukup banyak. Air yang menggenangi danau bisa berasal dari mata air, air tanah, air sungai yang berpelepasan maupun air hujan. Danau mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Permukaan air luas sehingga sudah muncul gelombang yang mampu mengabrasi pantai.
- b. Ada batas suhu pada kedalaman air.
- c. Vegetasi air tidak bisa menutup seluruh permukaan air.

2. Rawa

Daerah rawa banyak kita temukan di pantai timur Pulau Sumatera dan pantai selatan Pulau Kalimantan. Secara umum dapat dikatakan bahwa *Rawa* atau paya-paya adalah daerah rendah yang selalu tergenang air. Air yang menggenangi rawa bisa berupa air hujan, air sungai maupun dari sumber mata air tanah. Ada dua jenis rawa, yaitu:

- 1) Rawa yang airnya tidak mengalami pergantian, dan
- 2) Rawa yang airnya selalu mengalami pergantian.

Rawa jenis pertama tidak memiliki pintu pelepasan air sehingga airnya selalu tergenang, sedangkan rawa jenis kedua memiliki pintu pelepasan air sehingga airnya berganti.

Rawa yang airnya tidak mengalami pergantian memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Airnya asam atau payau, berwarna merah, kurang bagus untuk mengairi tanaman dan tidak dapat dijadikan air minum. Kadar keasaman air (pH) mencapai 4,5.
- b. Karena airnya asam, maka tidak banyak organisme (hewan maupun tumbuh-tumbuhan) yang hidup.
- c. Pada bagian dasar rawa umumnya tertutup gambut yang tebal.

Sedangkan rawa yang airnya mengalami pergantian memiliki ciri-ciri yang sebaliknya, yaitu:

- a. Airnya tidak terlalu asam.
- b. Banyak organisme yang hidup, seperti cacing tanah, ikan serta tumbuh-tumbuhan rawa seperti eceng gondok, pohon rumbia dan lain-lain.
- c. Dapat diolah menjadi lahan pertanian.

Keberadaan rawa banyak manfaatnya bagi kehidupan kita, manfaat rawa bagi kehidupan kita antara lain:

- a. Tumbuhan rawa seperti eceng gondok dapat dijadikan bahan baku pembuatan biogas dan barang-barang kerajinan anyaman seperti tas, dompet, hiasan dinding, dan lain-lain
- b. Dapat dijadikan daerah pertanian pasang surut
- c. Sebagai lahan untuk usaha perikanan darat, dan
- d. Dapat dikembangkan menjadi daerah wisata.

Rawa merupakan salah satu ekosistem perairan darat yang harus kita jaga kelestariannya. Untuk menjaga kelestarian rawa dapat ditempuh beberapa cara antara lain:

- a. Tidak sembarangan menebangi pohon-pohon atau tumbuh-tumbuhan yang tumbuh di rawa.

- b. Tidak membuang limbah ke rawa, karena dapat membahayakan kehidupan organisme di dalamnya.

Rawa mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Terjadi pada daerah yang air tanahnya dangkal.
- b. Daerahnya datar/landai dan airnya bersifat asam.
- c. Vegetasi dapat menutup seluruh permukaan air.

3. Telaga

Telaga mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Permukaan air sempit dan belum menunjukkan adanya gelombang.
- b. Belum ada perbedaan suhu di dalam air.
- c. Vegetasi dapat menutup seluruh permukaan air.

B. Klasifikasi Danau

Danau merupakan suatu daratan yang cekung (basin) yang digenangi air cukup banyak. Air yang menggenangi danau bisa berasal dari mata air, air tanah, air sungai yang berpelepasan atau bermuara di danau tersebut atau bisa juga berasal dari air hujan. Air yang mengisi danau biasanya air tawar, contohnya Danau Toba di Sumatera Utara, Danau Poso di Sulawesi Tengah, dan Danau Riam Kanan di Kalimantan Selatan. Selain air tawar ada juga danau yang airnya asin (memiliki kadar garam tinggi) seperti Danau Kaspia, Danau Laut Mati, Danau Laut Aral, Great Salt, dan lain-lain. Adanya danau dengan air asin dikarenakan di danau tersebut terjadi penguapan yang sangat tinggi. Di samping itu air yang masuk ke danau tersebut biasanya tidak berpelepasan atau tidak mengalir lagi ke tempat lain.

Berdasarkan proses kejadiannya danau dibedakan menjadi 6 (enam) macam, yaitu danau: Tektonik, Vulkanik, Tektono-Vulkanik, Karst, Glasial dan Waduk/Bendungan.

1. Danau Tektonik

Danau tektonik adalah danau yang terjadi akibat adanya peristiwa tektonik seperti gempa. Akibat gempa terjadi proses patahan (fault) pada permukaan tanah. Permukaan tanah yang patah mengalami pemerosotan atau ambles (subsidence) dan menjadi cekung. Selanjutnya bagian yang cekung karena ambles tersebut terisi air dan terbentuklah danau. Danau jenis ini contohnya Danau Poso, Danau Tempe, Danau Tondano, dan Danau Towuti di Sulawesi; Danau Singkarak, Danau Maninjau, dan Danau Takengon di Sumatera.

2. Danau Vulkanik atau danau Kawah

Danau vulkanik atau danau kawah adalah danau yang terdapat pada kawah lubang kepunden bekas letusan gunung berapi. Ketika gunung meletus batuan yang menutup kawasan kepunden rontok dan meninggalkan bekas lubang di sana. Ketika terjadi hujan lubang tersebut terisi air dan membentuk sebuah danau. Contoh danau jenis ini ialah Danau Kelimutu di Flores, Kawah Bromo, Danau Gunung Lamongan di Jawa Timur, Danau Batur di Bali, Danau Kerinci di Sumatera Barat serta Kawah Gunung Kelud.

3. Danau Tektono-Vulkanik

Danau tektono-vulkanik adalah danau yang terjadi akibat proses gabungan antara proses vulkanik dengan proses tektonik. Ketika gunung

berapi meletus, sebagian tanah/batuan yang menutupi gunung patah dan merosot membentuk cekungan. Selanjutnya cekungan tersebut terisi air dan terbentuklah danau. Contoh danau jenis ini adalah Danau Toba di Sumatera Utara.

4. Danau Karst

Danau jenis ini disebut juga Doline, yaitu danau yang terdapat di daerah berbatu kapur. Danau jenis ini terjadi akibat adanya erosi atau pelarutan batu kapur. Bekas erosi membentuk cekungan dan cekungan terisi air sehingga terbentuklah danau.

5. Danau Glasial

Danau glasial adalah danau yang terjadi karena adanya erosi gletser. Pencairan es akibat erosi akan mengisi cekungan-cekungan yang dilewati sehingga terbentuklah danau. Contoh danau jenis ini terdapat di perbatasan antara Amerika dengan Kanada yaitu Danau Superior, Danau Michigan dan Danau Ontario.

6. Waduk atau Bendungan

Waduk atau bendungan adalah danau yang sengaja dibuat oleh manusia. Pembuatan waduk biasanya berkaitan dengan kepentingan pengadaan listrik tenaga air, perikanan, pertanian dan rekreasi. Contoh danau jenis ini misalnya Saguling, Citarum dan Jatiluhur di Jawa Barat, Riam Kanan dan Riam Kiri di Kalimantan Selatan, Rawa Pening, Kedung Ombo dan Gajah Mungkur di Jawa Tengah.

C. Manfaat Danau

Beberapa manfaat keberadaan danau adalah sebagai berikut:

1. Cadangan air bersih

Keberadaan air di danau dengan volume yang sangat besar maka dapat sebagai penyuplai air tanah dangkal maupun air tanah dalam. Keberadaannya akan membantu sekali ketika musim kemarau panjang.

2. Air irigasi

Irigasi merupakan faktor utama dalam hal pertanian, danau merupakan andalan utama untuk memenuhi kebutuhannya pada saat kemarau panjang. Kebutuhan air irigasi tidak dapat tercukupi melalui saluran lokal, maka waduk buatan sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

3. Pariwisata

Danau yang terbentuk secara alami maupun buatan apabila dikelola menjadi suatu objek tujuan wisata akan mempunyai daya tarik sendiri. Keberadaan danau alami maupun buatan tujuannya untuk keberadaan wisata air.

4. Perikanan

Salah satu manfaat danau adalah untuk pengembangan perikanan darat. Air yang melimpah akan mampu menampung ataupun sebagai penyuplai kebutuhan air di empang, tetapi saat ini penggunaan karamba juga untuk menunjang adanya wisata air.

5. Pembangkit Tenaga Listrik

Apabila cadangan air yang ada di danau besar dan mampu untuk dijadikan sumber tenaga hidrolistrik, maka danau/waduk menjadi potensial untuk dijadikan sumber penggerak turbin dalam pembangkit listrik tenaga air.

D. Pelestarian Danau

Sedimentasi atau pendangkalan danau akibat adanya erosi lereng atau erosi yang terjadi di alur sungai yang masuk ke dalam danau atau waduk dengan sendirinya akan mengurangi kapasitas danau untuk menampung air. Beberapa langkah untuk tetap menjaga keberadaan danau agar tetap bermanfaat dan berguna bagi kehidupan manusia adalah dengan cara sebagai berikut:

1. Pemanfaatan air sesuai kebutuhan
2. Tidak membuang limbah ke danau
3. Reboisasi/penghijauan
4. Upaya konservasi.

BAB VIII

KEBUTUHAN AIR IRIGASI

Air merupakan salah satu sumberdaya alam yang penting untuk kebutuhan makhluk hidup, termasuk manusia. Manusia memanfaatkan air untuk berbagai keperluan, diantaranya pemenuhan kebutuhan rumah tangga seperti air minum, memasak dan mencuci. Pemanfaatan air terutama untuk air minum sudah tentu harus memenuhi standar kualitas kesehatan atau dikenal standar baku mutu air layak minum. Pemanfaatan air yang lain, diantaranya untuk keperluan irigasi, industri, transportasi, pariwisata, dan pembangkit tenaga listrik.

Kualitas air merupakan bagian penting dalam pengelolaan sumberdaya air. Kualitas air meliputi keadaan fisik, kimia, dan biologi yang akan mempengaruhi ketersediaan air untuk berbagai pemanfaatan di atas. Berdasarkan kualitasnya, air dapat dibedakan menjadi 4 golongan, antara lain:

1. Golongan A, yaitu golongan air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan B, yaitu golongan air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
3. Golongan C, yaitu golongan air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan D, yaitu golongan air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri maupun pembangkit tenaga listrik.

Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan di atas tidak akan menimbulkan permasalahan apabila memenuhi beberapa persyaratan di bawah ini, antara lain:

1. Jumlah (kuantitas) air mencukupi, dalam arti ketersediannya tidak kelebihan atau tidak kekurangan.
2. Kualitasnya memenuhi standar baku mutu peruntukan (air minum, pertanian, industri).
3. Waktu tepat, dalam arti waktu yang tepat antara disediakan dan diperlukan .
4. Lokasi berdekatan dengan pengguna sumberdaya air.
5. Pemanfaatan sumberdaya air diusahakan secara lestari.

Disamping pemanfaatan yang bersifat umum seperti di atas, air juga dapat dimanfaatkan secara spesifik dalam bidang-bidang tertentu, salah satunya bidang pertanian. Dalam bidang pertanian, air dimanfaatkan untuk keperluan irigasi. Secara umum irigasi dapat diartikan sebagai usaha/kegiatan untuk menyalurkan air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusikannya secara skematis (Sosrodarsono, 1977).

Perencanaan kebutuhan irigasi di suatu wilayah dapat berbeda dengan wilayah lainnya. Perencanaan tersebut disusun berdasarkan kondisi klimatik daerah yang bersangkutan dan kadar air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Kondisi klimatik yang erat kaitannya dengan perencanaan kebutuhan irigasi adalah suhu udara dan curah hujan.

Suhu udara yang tinggi akan mengakibatkan evapotranspirasi dari tanah yang diolah oleh daun-daunan tanaman semakin meningkat. Hal ini tentu saja mengakibatkan kebutuhan tanaman akan air juga semakin

meningkat, begitupun sebaliknya. Sementara itu jika curah hujan banyak, maka keperluan air irigasi akan sedikit. Akan tetapi jika jumlah curah hujan tahunan banyak tetapi distribusinya selama periode pertumbuhan tanaman tidak merata, maka diperlukan juga air irigasi selama periode kekurangan air.

Pemanfaatan air irigasi selain untuk pertumbuhan tanaman, juga dapat dimanfaatkan untuk memberi komponen pupuk dalam air, pengaturan suhu lingkungan, tindakan preventif terhadap rumput-rumputan dan serangga-serangga yang merusak, menyingkirkan bahan-bahan merusak seperti garam, melindungi bibit-bibit yang muda, dan lain-lain (Sosrodarsono, 1977).

Dalam perencanaan kebutuhan irigasi perlu adanya survei mengenai kondisi daerah yang bersangkutan, tingkat kepentingan kegiatan/usaha, dan pengumpulan data untuk penyusunan perencanaan. Survei kebutuhan air irigasi meliputi air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, evapotranspirasi dari tanaman, evaporasi dari lapangan, dan perkolasi ke dalam tanah yang kesemuanya berubah-ubah sesuai dengan cuaca, cara pertanian, dan lain-lain.

Perencanaan kebutuhan air irigasi untuk tanaman seperti padi bertujuan untuk memberi air secara cukup dan stabil di persawahan sehingga dapat menjamin hasil produksi padi. Besarnya keperluan air harus ditentukan setelah adanya penelitian sebelumnya. Perencanaan kebutuhan air irigasi dapat dilakukan dengan penghitungan di bawah ini.

A. Crop Water Requirement (CWR)

CWR adalah keperluan air untuk penguapan dan pertumbuhan tanaman (evapotranspirasi). Penghitungannya dengan persamaan:

$$\mathbf{CWR = E_o \cdot K_c}$$

dimana:

$$E_o = K_{osla} = 4,8 \cdot T^{\circ}C$$

K_c = nilai faktor tanaman

B. Farm Water Requirement (FWR)

FWR adalah keperluan air pada petak-petak sawah, penghitungannya dengan persamaan:

$$\mathbf{FWR = CWR + P_g + P_j + P}$$

dimana:

CWR = Crop Water Requirement

P_g = penggenangan (mm/hari)

P_j = penjenuhan (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari)

C. Potential Water Requirement (PWR)

PWR adalah kebutuhan air irigasi potensial atau aliran air yang masih dapat digunakan dari sisa penguapan dan penyerapan dalam saluran irigasi menuju sawah. Penghitungannya dengan persamaan:

$$\mathbf{PWR = (FWR - R_e) : E_{sal}}$$

dimana:

FWR = Farm Water Requirement

R_e = hujan efektif = 70% . R

E_{sal} = efisiensi saluran

SOAL-SOAL

1. Apa perbedaan hidrografi dengan hidrologi!
2. Ada beberapa cabang ilmu hidrologi, sebutkan dan jelaskanlah!
3. Siklus air merupakan neraca imbangan air, apa pendapat dan analisis anda apabila ada berita yang menyatakan bahwa Pulau Jawa mengalami defisit air!
4. Mengapa di beberapa wilayah Indonesia mempunyai perbedaan intensitas hujan!
5. Bagaimana hujan dapat dikatakan sebagai salah satu sumber bagi cadangan air tanah, jelaskan dengan gambar!
6. Apa yang menyebabkan kondisi musim penghujan di Indonesia mengalami perubahan waktu yang semakin pendek daripada musim kemaraunya!
7. Sungai-sungai di Indonesia mengalami penurunan kualitas airnya, mengapa demikian?
8. Mengapa sungai-sungai di wilayah patahan banyak dikontrol oleh struktur geologinya!
9. Berikan contoh tentang sungai yang mengalami beberapa kali perubahan arah aliran akibat proses geologi, jelaskan mengapa demikian!
10. Sungai Opak, termasuk jenis apakah sungai ini? Jelaskan!
11. Debit sungai mengalami penurunan ketika musim kemarau. Jelaskan pernyataan tersebut!
12. Ketika musim hujan, sungai sering mengalami luapan atau banjir! Apa yang menyebabkan hal tersebut dapat terjadi?

13. Air tanah merupakan cadangan terbesar untuk kebutuhan air bersih!
Jelaskan perbedaan antara air tanah dalam dengan air tanah dangkal!
14. Air tanah dalam sering dimanfaatkan oleh industri atau perhotelan.
Jelaskan mengapa menggunakan air tanah dalam bukan air tanah dangkal?
15. Danau sebagai cadangan air bagi kehidupan! Apa yang menjadi faktor-faktornya!
16. Bagaimana sebuah danau dapat terjadi di sebuah kawah gunung berapi!
17. Kebutuhan air irigasi dapat terpenuhi dari aspek-aspek apa saja?
18. Air irigasi harus mempunyai standar yang layak untuk pertanian, mengapa demikian?

DAFTAR PUSTAKA

- Chay Asdak. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- David Keith Todd. 1980. *Ground Water Hydrology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Ersin Seyhan. 1995. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suyono Sosrodarsono. 1977. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.