

P E N G A N T A R
HIDROLOGI

Hak cipta pada penulis
Hak penerbitan pada penerbit
Tidak boleh diproduksi sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun
Tanpa izin tertulis dari pengarang dan/atau penerbit

Kutipan Pasal 72 :

Sanksi pelanggaran Undang-undang Hak Cipta (UU No. 10 Tahun 2012)

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal (49) ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau hasil barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

PENGANTAR
HIDROLOGI

**ANNISA SALSABILA
IRMA LUSI NUGRAHENI**



Perpustakaan Nasional RI:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PENGANTAR HIDROLOGI

Penulis:

Annisa Salsabila
Irma Lusi Nugraheni

Desain Cover & Layout

Team Aura Creative

Penerbit

AURA

CV. Anugrah Utama Raharja

Anggota IKAPI

No.003/LPU/2013

x + 134 hal : 15,5 x 23 cm

Cetakan, Februari 2020

ISBN:

Alamat

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro, No 19 D

Gedongmeneng Bandar Lampung

HP. 081281430268

082282148711

E-mail : redaksiaura@gmail.com

Website : www.aura-publishing.com

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena buku ini telah selesai disusun. Buku ini disusun agar dapat membantu para mahasiswa dalam mempelajari konsep-konsep hidrologi serta mempermudah bagi kaum awam yang belum mengenal hidrologi itu sendiri. Penulis menyadari jika didalam penyusunan buku ini mempunyai kekurangan, namun penulis meyakini sepenuhnya bahwa sekecil apapun buku ini tetap akan memberikan sebuah manfaat bagi pembaca. Akhir kata untuk penyempurnaan buku ini, maka kritik dan saran dari pembaca sangatlah berguna untuk penulis kedepannya.

Bandar Lampung, Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
BAB 1 PENGANTAR HIDROLOGI	1
A. Pengantar hidrologi.....	1
B. Ruang lingkup hidrologi.....	3
BAB 2 SIKLUS DAN NERACA AIR	6
A. Siklus hidrologi.....	6
B. Pengertian neraca air (water balance).....	11
C. Model-model neraca air	12
D. Kesimpulan	13
E. Soal latihan	14
BAB 3 PRESIPITASI	15
A. Pengertian presipitasi	15
B. Bentuk-bentuk presipitasi	16
C. Jenis hujan	17
D. Pengukuran curah hujan	20
E. Cara menghitung hujan suatu wilayah	23
F. Cara menyajikan data hujan secara keruangan	25

BAB 4 EVAPOTRANSPIRASI	28
A. Pengertian evapotranspirasi	28
B. Proses dan parameter evapotranspirasi	30
C. Jenis-jenis evapotranspirasi	30
D. Pengukuran evapotranspirasi	31
E. Kesimpulan	33
F. Latihan soal	33
BAB 5 INFILTRASI	34
A. Pengertian Infiltrasi	34
B. Proses terjadinya infiltrasi	36
C. Faktor yang mempengaruhi infiltrasi	37
D. Pengukuran infiltrasi	38
E. Perhitungan infiltrasi	42
BAB 6 ALIRAN PERMUKAAN (RUN OFF)	47
A. Pendahuluan	47
B. Komponen-komponen aliran permukaan	48
C. Tipe-tipe aliran permukaan	49
D. Sifat-sifat aliran permukaan	49
E. Koefisien aliran permukaan	50
F. Proses terjadinya aliran permukaan	51
G. Kesimpulan	52
H. Latihan soal	52
BAB 7 DAERAH ALIRAN SUNGAI	53
A. Daerah aliran sungai	53
B. Pola aliran sungai	54
C. Menentukan intensitas hujan, luas DAS, dan debit puncak ..	56
D. Parameter Morfometri DAS	59
E. Pendekatan dan metode pengukuran debit sesaat	61
F. Kesimpulan	62
G. Soal	63

BAB 8 STASIUN PENGAMATAN ARUS SUNGAI	64
A. Pendahuluan	64
B. Pemilihan lokasi SPAS	66
C. Pengambilan data tata air	67
D. Cara-cara pengukuran debit air	68
E. Kesimpulan	70
F. Soal latihan	70
BAB 9 AIR TANAH	71
A. Konsep air tanah	71
B. Jenis-jenis akifer	75
C. Jaring aliran air tanah	77
D. Perhitungan debit air tanah	79
BAB 10 KUALITAS AIR	81
A. Pengertian kualitas air	81
B. Tujuan Pemantauan kualitas air	82
C. Jenis sampel air	82
D. Lokasi pengambilan sampel air	83
E. Standar kualitas air	84
F. Sistem penyediaan air bersih	86
G. Kesimpulan	89
H. Latihan soal	89
BAB 11 PARAMETER KUALITAS AIR	90
A. Pendahuluan	90
B. Parameter kualitas air	90
C. Kesadahan	92
D. Pengolahan air sadah	94
E. Ion dalam air	96
F. Metode penentuan kualitas air	97
G. Kesimpulan	98
H. Soal latihan	98

BAB 12 DANAU, WADUK, RAWA	99
A. Danau	99
B. Waduk	101
C. Rawa	102
D. Potensi danau, waduk, rawa bagi kehidupan	105
BAB 13 BANJIR	112
A. Pengertian banjir	112
B. Faktor-faktor penyebab banjir	113
C. Banjir sungai (river flood)	115
D. Banjir bandang	115
BAB 14 KONSERVASI TANAH DAN AIR	117
A. Pendahuluan	117
B. Metode konservasi tanah dan air	119
C. Kesimpulan	132
D. Soal latihan	132
DAFTAR PUSTAKA	133

BAB 1

PENGANTAR HIDROLOGI

A. Pengertian Hidrologi

Air merupakan salah satu unsur yang sangat penting di muka bumi. Air dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup baik oleh manusia, tumbuhan, maupun hewan. Tanpa adanya air dapat dipastikan tidak akan ada kehidupan. Ilmu yang mempelajari tentang air adalah hidrologi. Hidrologi berasal dari bahasa Yunani, Hydro = Air, Logia = Ilmu, yang berarti Ilmu Air. Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air di bumi dalam segala bentuknya baik yang berupa cairan, padat, dan gas. Lebih lanjut, hidrologi juga mempelajari karakteristik air tersebut, baik sifat-sifat air, bentuk penyebarannya dan siklus air berlangsung di muka bumi.

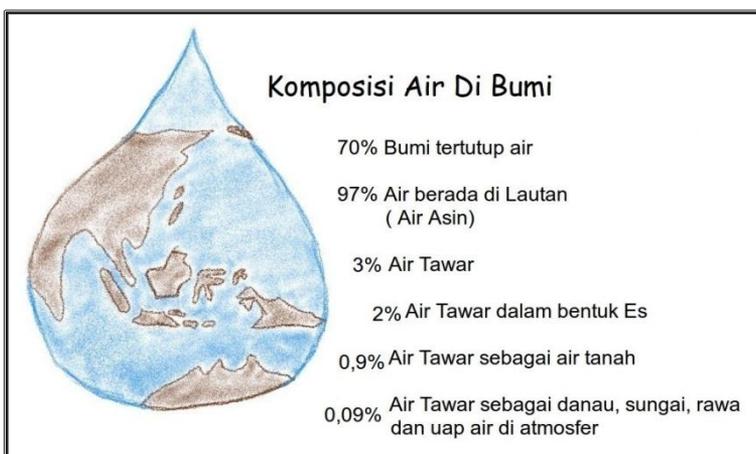
Beberapa ahli berpendapat mengenai pengertian hidrologi. Menurut Asdak (1995), hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam, dan di atas permukaan tanah. Sedangkan Arsyad (2009) berpendapat bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari proses penambahan, penampungan, dan kehilangan air di bumi.

Singh (1992), menjelaskan pengertian hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik kuantitas dan kualitas air di bumi menurut ruang serta waktu, termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan maupun manajemen. Serta Linsley (1986) mengatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air di bumi baik

itu mengenai kejadiannya, jenis-jenis, sirkulasi, sifat kimia dan fisika serta reaksinya terhadap lingkungan maupun kehidupan.

Permukaan bumi sebagian besar tertutupi oleh air sebanyak 70,9 % baik berupa perairan darat maupun perairan laut. 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. Sedangkan perairan laut adalah bentuk perairan di laut.

Besarnya permukaan air di bumi ini tidak terlepas kaitannya dengan siklus air. Perputaran dan pergerakan air di muka bumi ini dikenal dengan istilah siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan perputaran air di Bumi, siklus air tidak pernah berhenti dan jumlah air di permukaan bumi tidak berkurang. Sebaran air di bumi meliputi air laut (97 %), air tawar (3 %). Air tawar dalam bentuk es dan salju (68,7%), air tanah (30,1%), air permukaan (0,3%) dan lainnya (0,9%). Air permukaan terdiri dari danau (87%), lahan basah/rawa (11%), dan sungai (2%).



Gambar 1.1 Komposisi Air di Bumi

B. Ruang Lingkup Hidrologi

Ilmu hidrologi merupakan cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan, serta teknik sipil dan teknik lingkungan.

Berdasarkan konsep yang sudah disampaikan sebelumnya, hidrologi memiliki ruang lingkup atau cakupan yang luas. Secara substansial, cakupan bidang ilmu itu meliputi: asal mula dan proses terjadinya air, pergerakan dan penyebaran air, sifat-sifat air, serta keterkaitan air dengan lingkungan dan kehidupan. Hidrologi merupakan suatu ilmu yang mengkaji tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Studi hidrologi meliputi berbagai bentuk air serta menyangkut perubahan-perubahannya, antara lain dalam keadaan cair, padat, gas, dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah, distribusinya, penyebarannya, gerakannya dan lain sebagainya.

Hidrologi merupakan ilmu yang penting. Permasalahan sumber daya air yang saat ini sering muncul membutuhkan analisis hidrologi dalam mengatasinya. Asesmen, pengembangan, utilisasi dan manajemen sumberdaya air diperlukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pemahaman ilmu hidrologi akan membantu kita dalam menyelesaikan problem berupa kekeringan, banjir, perencanaan sumberdaya air seperti dalam desain irigasi/bendungan, pengelolaan daerah aliran sungai, degradasi lahan, sedimentasi dan problem lain yang terkait dengan kasus keairan.

Ruang lingkup ilmu hidrologi meliputi *hidrometeorologi*, hidrologi air permukaan (*limnologi*), *hidrogeologi*, manajemen limbah dan kualitas air. Cabang ilmu ini menempatkan air sebagai fokus dan memiliki peranan penting. Untuk lebih jelasnya, cabang ilmu hidrologi antara lain:

- *Potamologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari air yang mengalir di permukaan tanah;
- *Limnologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang air menggenang di permukaan tanah
- *Hidrogeologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari air yang terdapat di bawah permukaan tanah.
- *Kriologi*, yaitu cabang hidrologi yang mempelajari tentang salju dan es.
- *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.

KESIMPULAN

- Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, padat, gas) pada, dalam atau diatas permukaan tanah termasuk di dalamnya adalah penyebaran daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimia, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri.
- Mempelajari hidrologi berarti juga mempelajari bagian-bagian Potamologi, Limnologi, Geohidrologi, Kriologi, dan Hidrometeorologi. Cabang ilmu ini menempatkan air sebagai fokus dan memiliki peranan penting. Cabang-cabang ilmu di atas tidak berdiri sendiri-sendiri, tetapi saling berkaitan satu sama lain.

SOAL

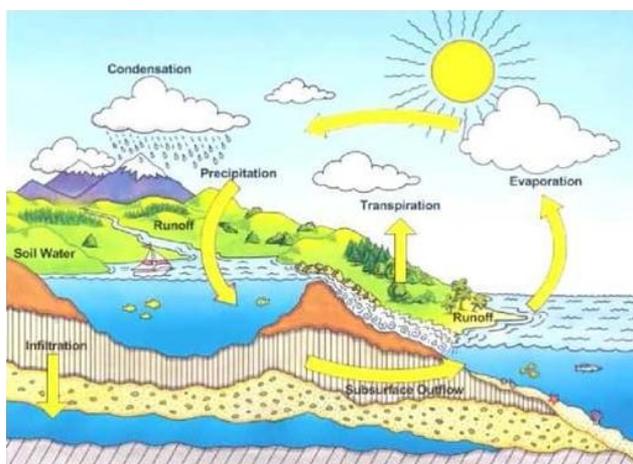
1. Mengapa Ilmu hidrologi dikatakan sebagai cabang dari ilmu geografi?
2. Jelaskan bagaimana persebaran air di permukaan bumi!
3. Jelaskan pentingnya siklus hidrologi dalam menjaga keseimbangan air di permukaan bumi!
4. Mengapa ilmu hidrologi membutuhkan berbagai cabang ilmu lain yang lebih spesifik untuk mengatasi berbagai permasalahan tentang air? Jelaskan!
5. Bagaimana hidrologi berperan dalam pengembangan sumberdaya air?

BAB 2

SIKLUS DAN NERACA AIR

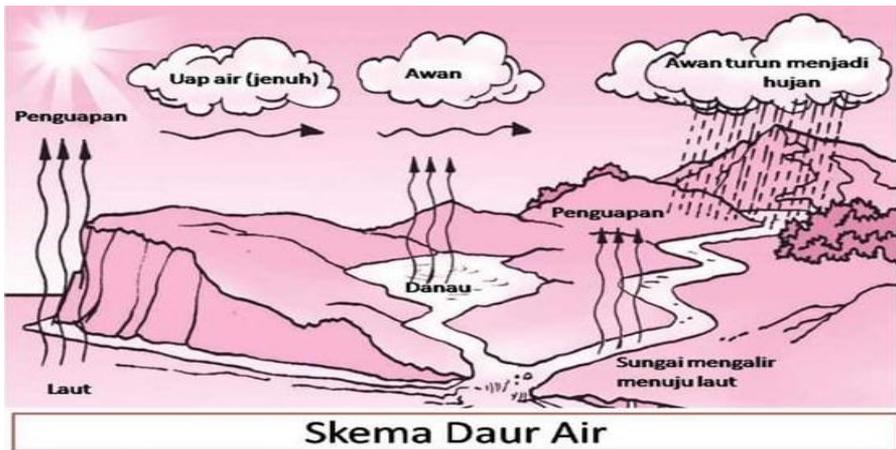
A. Siklus Hidrologi

Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. air mengalir diatas permukaan tanah namun air juga mengalir di dalam tanah. di dalam lingkungan alam, proses, perubahan ujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) mengikuti suatu siklus keseimbangan yang dikenal dengan siklus hidrologi (Kodatie, 2010). Siklus Hidrologi adalah siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer kebumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi.



Gambar Siklus Hidrologi

Sumber: <https://www.gurupendidikan.co.id/daur-air>

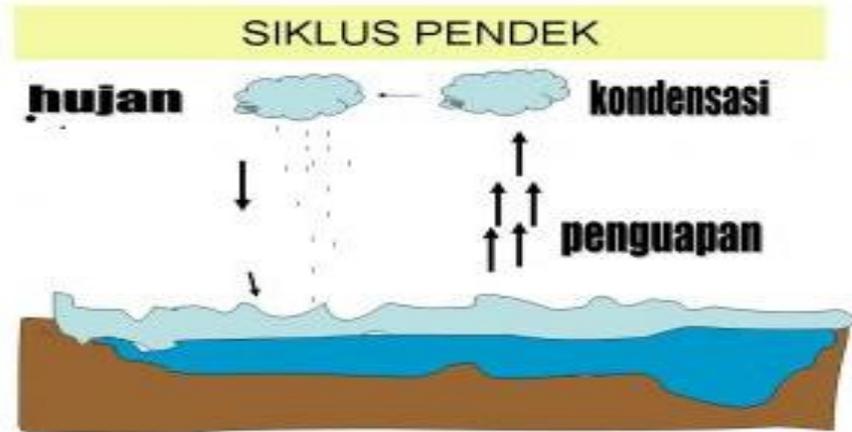


Gambar skema Daur Air

Sumber: <https://www.gurupendidikan.co.id/daur-air/>

siklus hidrologi terus bergerak secara kontinu dalam tiga cara yang berbeda, yaitu:

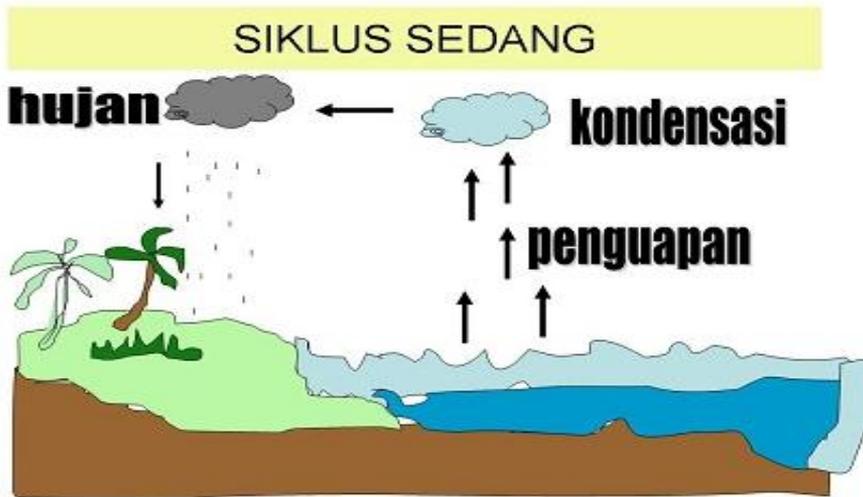
Siklus hidrologi, digambarkan dalam dua daur, yang pertama adalah daur pendek, yaitu hujan yang jatuh dari langit langsung ke permukaan laut, danau, sungai yang kemudian langsung mengalir kembali ke laut. Siklus yang kedua adalah siklus panjang, ditandai dengan tidak adanya keseragaman waktu yang diperlukan oleh suatu daur. Siklus kedua ini memiliki rute perjalanan yang lebih panjang daripada siklus yang pertama.



Gambar siklus pendek

siklus hidrologi pendek atau yang dikenal juga dengan siklus hidrologi kecil. Siklus hidrologi kecil ini merupakan siklus yang paling sederhana karena hanya melibatkan beberapa tahapan saja. adapun beberapa tahapan yang ada di dalam siklus hidrologi pendek atau siklus hidrologi kecil ini antara lain sebagai berikut:

1. Sinar matahari mengenai sumber- sumber air di Bumi dan akan membuat sumber air tersebut menjadi menguap
2. Karena penguapan tersebut maka terjadi kondensasi sehingga kemudian membentuk awan yang mengandung uap air
3. Awan yang mengandung uap air kemudian mengalami kejenuhan dan turunlah hujan di permukaan laut.

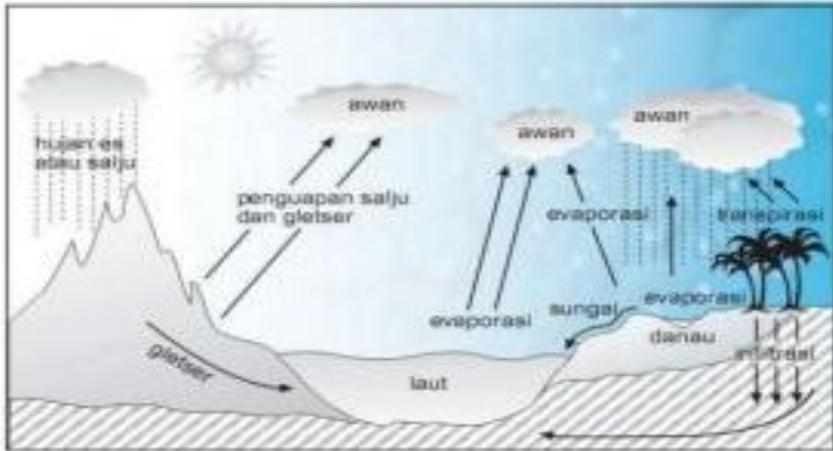


Gambar siklus sedang

Siklus air yang selanjutnya adalah siklus sedang. Siklus sedang tentunya memiliki proses yang sedikit lebih panjang daripada siklus hidrologi pendek. Adapun beberapa tahapan dari siklus hidrologi sedang ini antara lain sebagai berikut:

1. Matahari menyinari permukaan Bumi termasuk sumber-sumber air (macam-macam laut, samudera dan lainnya), sehingga sumber-sumber air tersebut mengalami penguapan.
2. Kemudian terjadi evaporasi
3. Uap air yang telah terbentuk (hasil pemanasan) bergerak karena tertiuap oleh angin ke darat.
4. Terbentuklah awan akibat dari pemanasan itu tadi.
5. Hujan turun di atas permukaan daratan Bumi
6. Air yang turun di daratan akan mengalir ke sungai kemudian mengalir lagi ke laut untuk kembali mengalami siklus hidrologi.

SIKLUS PANJANG



Gambar Siklus Panjang

Selanjutnya adalah siklus hidrologi panjang atau siklus hidrologi besar. Siklus hidrologi panjang atau besar ini memiliki tahapan yang lebih kompleks daripada dua siklus di atas. Beberapa tahapan dari siklus hidrologi panjang antara lain sebagai berikut:

1. Matahari menyinari permukaan Bumi termasuk sumber- sumber air (laut, samudera dan launnya), sehingga sumber- sumber air tersebut mengalami penguapan.
2. Kemudian terjadi evaporasi
3. Kemudian uap air mengalami sublimasi
4. Uap air yang telah terbentuk dan mengalami sublimasi kemudian menyebabkan terbentuknya awan yang mengandung kristal- kristal es.
5. Awan yang terbentuk kemudian bergerak ke darat karena tiupan angin
6. Kemudian terjadilah hujan di atas daratan Bumi
7. Air yang turun di daratan akan mengalir ke sungai kemudian mengalir lagi ke laut untuk kembali mengalami siklus hidrologi.

B. Pengertian Neraca Air (*water balance*)

Neraca air atau *water balance* merupakan bagian dari keilmuan hidrogeometeorologi yang menggambarkan hubungan antara inflow (aliran masuk) dengan outflow (aliran keluar) pada suatu wilayah selama periode tertentu. Dalam perhitungannya, neraca air dapat menggambarkan curah hujan yang tertampung dalam daerah recharge, penguapan kembali sebagai evapotranspirasi, air yang mengalir di permukaan sebagai *surface direct run off* maupun infiltrasi air tanah. Neraca air memegang peranan sangat penting dalam ilmu rekayasa terutama rekayasa teknik sipil bidang infrastruktur air seperti irigasi (Rinaldi,2015).

Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air disuatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit). Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya.

Komponen neraca air meliputi kapasitas menyimpan air (jumlah ruang pori) Infiltrasi, Run off, Evapotranspirasi, Curah hujan, Jenis vegetasi). Dalam konsep siklus hidrologi bahwa jumlah air di suatu luasan tertentu di permukaan bumi dipengaruhi oleh besarnya air yang masuk (input) dan keluar (output) pada jangka waktu tertentu. Semakin cepat siklus hidrologi terjadi maka tingkat neraca air nya semakin dinamis. Kesetimbangan air dalam suatu sistem tanah-tanaman dapat digambarkan melalui sejumlah proses aliran air yang kejadiannya berlangsung dalam satuan waktu yang berbeda-beda.

Bentuk umum persamaan *water balance* disajikan pada persamaan (1) (Mulya et al. 2013).

$$P = E_a + \Delta GS + TRO \quad (1)$$

Keterangan :

P = presipitasi (mm)

E_a = evapotranspirasi (mm)

ΔGS = perubahan groundwater storage (mm)

TRO = total runoff (mm)

Water balance merupakan siklus tertutup yang terjadi untuk suatu kurun waktu pengamatan tahunan tertentu, dimana tidak terjadi perubahan groundwater storage atau $\Delta GS = 0$. Artinya awal penentuan groundwater storage adalah berdasarkan bulan terakhir dalam tinjauan kurun waktu tahunan tersebut. Sehingga persamaan water balance yang baru disajikan pada persamaan (2) (Mulya et al. 2013):

$$P = E_a + TRO$$

C. Model-Model Neraca Air

Model neraca air cukup banyak, namun yang biasa dikenal terdiri dari tiga model, antara lain:

1. Model Neraca Air Umum.

Model ini menggunakan data-data klimatologis dan bermanfaat untuk mengetahui berlangsungnya bulan-bulan basah (jumlah curah hujan melebihi kehilangan air untuk penguapan dari permukaan tanah atau evaporasi maupun penguapan dari sistem tanaman atau transpirasi, penggabungan keduanya dikenal sebagai evapotranspirasi).

2. Model Neraca Air Lahan.

Model ini merupakan penggabungan data-data klimatologis dengan data-data tanah terutama data kadar air pada Kapasitas Lapang (KL), kadar air tanah pada Titik Layu Permanen (TLP), dan Air Tersedia (WHC = Water Holding Capacity). Kapasitas lapang adalah keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi. Air yang dapat ditahan tanah tersebut akan terus-menerus diserap akar tanaman atau menguap sehingga tanah makin lama makin kering. Pada suatu saat akar tanaman tidak lagi mampu menyerap air sehingga tanaman menjadi layu. Kandungan air pada kapasitas lapang diukur pada tegangan $1/3$ bar atau 33 kPa atau pF 2,53 atau 346 cm kolom air. Titik layu permanen adalah kondisi kadar air tanah dimana akar-kar tanaman tidak mampu lagi menyerap air tanah, sehingga tanaman layu. Tanaman akan tetap layu pada siang atau malam hari. Kandungan air pada titik layu permanen diukur pada

tegangan 15 bar atau 1.500 kPa atau pF 4,18 atau 15.849 cm tinggi kolom air. Air tersedia adalah banyaknya air yang tersedia bagi tanaman yaitu selisih antara kapasitas lapang dan titik layu permanen.

3. Model Neraca Air Tanaman.

Model ini merupakan penggabungan data klimatologis, data tanah, dan data tanaman. Neraca air ini dibuat untuk tujuan khusus pada jenis tanaman tertentu. Data tanaman yang digunakan adalah data koefisien tanaman pada komponen keluaran dari neraca air. Neraca air adalah gambaran potensi dan pemanfaatan sumberdaya air dalam periode tertentu. Dari neraca air ini dapat diketahui potensi sumberdaya air yang masih belum dimanfaatkan dengan optimal. Secara kuantitatif, neraca air menggambarkan prinsip bahwa selama periode waktu tertentu masukan air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan (change in storage). Nilai perubahan air cadangan ini dapat bertanda positif atau negatif (Soewarno,2000). Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di, dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu.

D. Kesimpulan

Siklus Hidrologi adalah siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer kebumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Siklus hidrologi dibagi menjadi tiga yaitu siklus pendek, siklus sedang, siklus panjang. Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air disuatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit). Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Model neraca air cukup banyak, namun yang biasa dikenal terdiri dari tiga model, antara lain model neraca air umum, model neraca air lahan. model neraca air tanaman.

E. Soal Latihan

Jawablah soal berikut dengan tepat!

1. Apa itu siklus hidrologi
2. Bagaimana proses terjadinya siklus hidrologi
3. Jelaskan proses siklus pendek hidrologi
4. Apa itu water balance?
5. Jelaskan tentang model neraca air lahan!

BAB 3

PRESIPITASI

A. Pengertian Presipitasi

Presipitasi adalah proses turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut. Air yang turun bisa berbentuk curah hujan maupun salju tergantung dengan dimana posisi turunnya air tersebut. Jika di daerah tropis, presipitasi yang terjadi berupa air hujan. Sedangkan jika terjadi di daerah beriklim sedang, presipitasi dapat berbentuk curah hujan ataupun salju. Mengingat lokasi Indonesia berada di daerah tropis, maka presipitasi yang terjadi adalah curah hujan. Oleh karena itu, presipitasi secara umum yang akan dibahas pada bab ini adalah presipitasi curah hujan.



Gambar 2.1 Proses Kondensasi dan Presipitasi

Sumber: *The COMET Program*

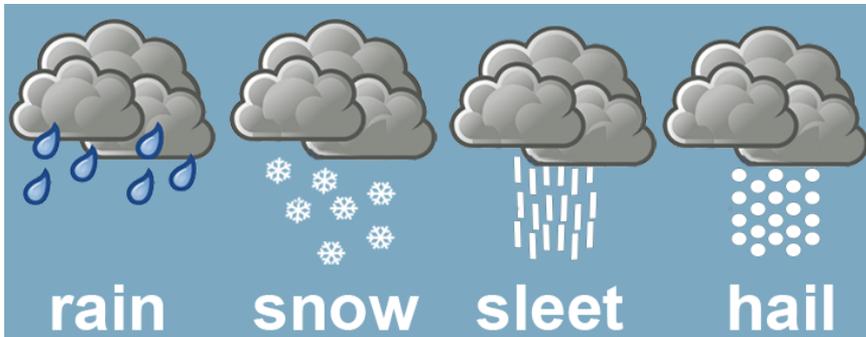
Presipitasi adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah, merupakan perubahan bentuk air dari uap menjadi cairan sebagai akibat dari proses kondensasi. Peristiwa presipitasi secara mendetail dapat dilihat pada siklus hidrologi. Proses presipitasi diawali naiknya uap air dari permukaan bumi ke atmosfer. Uap air di atmosfer menjadi dingin dan terkondensasi membentuk awan (*clouds*). Kondensasi terjadi ketika suhu udara berubah menjadi lebih dingin. Ketika awan yang terbentuk tidak mampu lagi menampung air maka awan akan melepas uap air yang ada di dalamnya ke dalam bentuk presipitasi. Secara sederhana, agar presipitasi dapat terjadi, kondisi atmosfer harus mendukung 4 hal berikut, yaitu:

1. Kelembaban udara yang cukup
2. Terdapat inti yang cukup untuk pembentukan kondensasi
3. Kondisi udara cukup baik untuk proses penguapan terjadi
4. Awan pembentukan kondensasi harus mencapai bumi

B. Bentuk-Bentuk Presipitasi

Seperti yang sudah disinggung sebelumnya, presipitasi bisa terjadi dalam beberapa bentuk. Berdasarkan ukurannya, bentuk-bentuk presipitasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Drizzle* : Presipitasi yang terdiri dari butir-butir air berdiameter kurang dari 0,02 mm atau intensitasnya kurang dari 0.04 mm per jam
2. *Rain* : Presipitasi dengan ukuran butir air lebih besar dari 0,02 mm
3. *Glaze* : Presipitasi berupa es yang terbentuk dari hujan atau *drizzle* yang membeku akibat kontak dengan lingkungan yang dingin
4. *Sleet* : Presipitasi terbentuk apabila butir-butir hujan sewaktu jatuh mengalami pembekuan akibat udara yang dingin
5. *Snow* : Presipitasi dalam bentuk Kristal es
6. *Hail* : Presipitasi dalam bentuk bola es dengan diameter lebih dari 0,2 inci.



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk Presipitasi

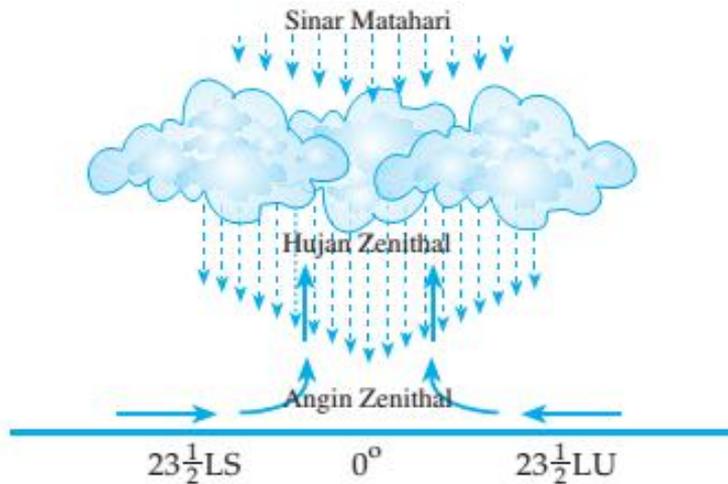
Sumber: <https://www.aboutcivil.org/mechanism-of-precipitation.html>

C. Jenis Hujan

Hujan terjadi karena udara basah yang naik ke atmosfer mengalami pendinginan sehingga terjadi proses kondensasi. Naiknya udara ke atas dapat terjadi secara siklonik, orografis, dan konvektif. Jenis hujan dibedakan berdasarkan proses terjadinya. Beberapa jenis hujan antara lain :

1. Hujan Konvektif (*Convectioanal Storms*)

Pada daerah tropis saat musim kemarau, udara yang berada di dekat permukaan tanah mengalami pemanasan yang intensif. Pemanasan tersebut menyebabkan kerapatan massa udara berkurang. Udara basah naik ke atas dan mengalami pendinginan sehingga terjadi kondensasi dan hujan. Proses kondensasi membentuk awan *cumulonimbus*. Hujan yang terjadi karena proses ini disebut hujan zenithal, mempunyai intensitas tinggi, durasi singkat dan cakupan wilayah yang tidak terlalu luas. Hujan konvektif biasanya terjadi pada akhir musim kering. Hujan konvektif disebut juga dengan hujan zenithal.

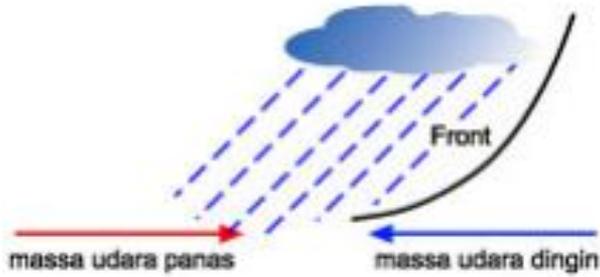


Gambar 2.3 Hujan Konvektif

2. Hujan Siklonik (*Frontal/Cyclonic Storms*)

Jika massa udara panas yang relatif ringan bertemu dengan massa udara dingin yang relatif berat, maka udara panas tersebut akan bergerak di atas udara dingin. Udara yang bergerak ke atas mengalami pendinginan akan terjadi kondensasi sehingga membentuk awan dan hujan. Hujan yang terjadi disebut hujan siklonik, mempunyai sifat tidak terlalu lebat dan berlangsung dalam waktu lebih lama.

Tergantung pada tipe hujan yang dihasilkan, hujan siklonik dapat dibedakan menjadi hujan siklonik dingin dan hujan siklonik hangat. Hujan siklonik dingin biasanya mempunyai kemiringan permukaan frontal yang besar sehingga gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi menjadi cepat dan menghasilkan hujan lebat dalam waktu singkat. Sedangkan hujan siklonik hangat, kemiringan permukaan frontal tidak terlalu besar sehingga gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi berangsur perlahan, pembentukan awan lambat. Tipe hujannya bercirikan tidak terlalu lebat dan berlangsung dalam waktu lebih lama. Hujan badai dan hujan monsoon adalah tipe hujan siklonik/frontal yang sering dijumpai.



Gambar 2.4 Hujan Siklonik

3. Hujan Orografis

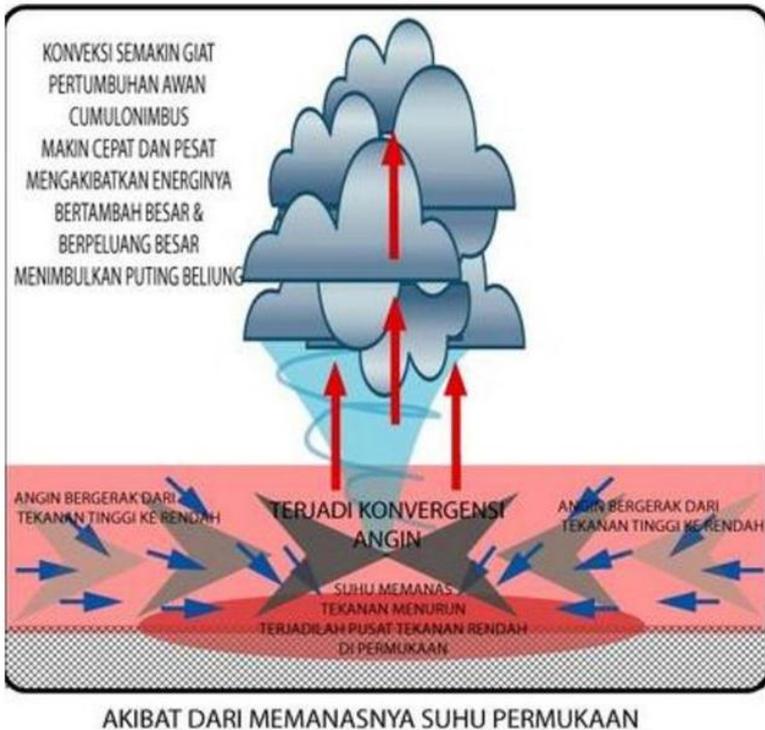
Udara lembab yang tertiuap angin yang melintasi daerah pegunungan akan naik mengalami pendinginan, sehingga terbentuk awan dan hujan. Sisi gunung yang dilalui oleh udara, akan banyak mendapatkan hujan maka disebut lereng hujan. Sisi belakangnya yang dilalui udara kering disebut lereng bayangan hujan. Daerah tersebut tidak permanen, dapat berubah tergantung musim (arah angin). Hujan ini terjadi di daerah pegunungan (hulu DAS), merupakan pemasok air tanah, danau, bendungan, dan sungai. Besarnya intensitas hujan orografis cenderung lebih besar sebanding dengan ketebalan lapisan udara lembab di atmosfer yang bergerak ke tempat yang lebih tinggi.



Gambar 2.5 Hujan Orografik

4. Hujan Konvergensi

Hujan ini terjadi karena adanya pertemuan dua massa udara yang tebal dan besar sehingga udara tersebut naik dan menyebabkan pembentukan awan lalu hujan.



Gambar 2.6 Hujan Konvergensi

D. Pengukuran Curah Hujan

Dalam melakukan pengukuran curah hujan, cara yang paling sederhana adalah menggunakan gelas ukur. Gelas ukur dapat diletakkan di lapangan terbuka. Satuan yang digunakan dalam melakukan pengukuran curah hujan yaitu centimeter (cm), millimeter (mm), atau inchi per satuan waktu.

Secara umum, pengukuran curah hujan yang biasa dilakukan oleh Stasiun Klimatologi terdiri atas dua jenis alat penakar, yaitu alat penakar curah hujan manual dan alat penakar curah hujan otomatis. Alat penakar manual berupa suatu wadah berbentuk container

dengan diameter tertentu. Alat penampung air hujan ini biasanya berbentuk bulat memanjang dengan ukuran standar diameter 20 cm dan panjang 79 cm. Bentuk seperti ini untuk memperkecil terjadinya percikan air hujan. Cara pengukuran curah hujan secara manual yaitu air hujan yang tertampung diukur volumenya setiap interval waktu tertentu atau setiap kejadian hujan.



Gambar 2.7 Alat ukur curah hujan (Ombrometer)

Alat pengukur curah hujan otomatis yang paling sering digunakan adalah *bucket rain gauge* dan *tipping bucket*. *Bucket rain gauge* terdiri dari corong penangkap air hujan yang ditempatkan di atas ember penampungan air yang terletak di atas timbangan dengan mesin pencatat otomatis. Mesin berupa pen yang dihubungkan dengan kertas grafik yang tergulung pada sebuah silinder. Setiap ada penambahan air pada ember penampung, maka timbangan akan turun dan menggerakkan alat pencatat yang terhubung.

Tipping bucket merupakan alat pengukur curah hujan berupa timbangan dimana salah satu tempat penampung (*bucket*) akan bergerak ke bawah setiap kali menerima beban air dari curah hujan.

Ketika *bucket* bergerak turun, maka secara otomatis akan tercatat oleh alat pencatat otomatis (*logger*) yang diletakkan di tempat terpisah. Dengan mengetahui setiap “*tipping*” atau jatuhnya dan waktu berlangsungnya hujan, maka dapat diketahui besarnya curah hujan pada setiap kejadian hujan. Penggunaan alat ini didukung dengan bantuan komputer untuk mencatat setiap data yang masuk secara otomatis.



Gambar 2.8 Alat pengukur curah hujan (Bucket Rain Gauge dan Tipping Bucket)

Lokasi alat pengukur curah hujan sebaiknya dapat diamati secara teratur. Hal ini dikarenakan agar mudah memantau jika alat tersebut rusak dan dapat mengganggu laporan iklim. Menurut Asdak (1995) dalam melakukan pengukuran curah hujan, paling tidak ada dua masalah dasar yang selalu timbul, yaitu:

1. Bagaimana merancang suatu alat penakar hujan yang secara tepat dapat mengukur presipitasi pada suatu tempat
2. Bagaimana menentukan lokasi jaringan kerja alat penakar tersebut agar dapat mewakili daerah yang kita kehendaki.

Sistem jaringan kerja alat pengukur curah hujan diperlukan agar pemanfaatan data curah hujan dapat berjalan. Kebutuhan akan alat pengukur curah hujan di masing-masing wilayah tentunya akan berbeda-beda. Pada wilayah yang padat penduduknya, sebaran posisi alat pengukuran akan lebih banyak dibutuhkan. Hal ini dikarenakan wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi membutuhkan informasi curah hujan yang lebih akurat

dibandingkan dengan wilayah yang penduduknya sedikit. Semakin banyaknya alat-alat pengukur curah hujan dalam 1 wilayah diharapkan dapat diketahui besarnya variasi curah hujan dan presipitasi rata-rata yang akan menunjukkan besarnya presipitasi yang terjadi di wilayah tersebut.]

E. Cara Menghitung Hujan Suatu Wilayah

Untuk mengukur curah hujan harian, bulanan, dan tahunan pada suatu tempat dapat menggunakan 3 cara:

1. Rata-rata aritmatik ; Rata-rata dari penjumlahan seluruh alat pengukur curah hujan dalam periode waktu hujan tertentu dan dibagi dengan jumlah alat pengukur yang digunakan. Teknik pengukuran ini dianggap sebagai teknik pengukuran yang paling mudah. Namun, pengukuran rata-rata aritmatik ini perlu mempertimbangkan beberapa faktor, yaitu lokasi alat pengukur curah hujan harus tersebar merata dan daerah pengamatan harus seragam terutama dalam hal ketinggian.
2. Teknik polygon; menghubungkan satu alat pengukur curah hujan terpasang dengan alat pengukur lainnya (interpolasi). Polygon Thiessen merupakan salah satu metode interpolasi yang paling banyak dipakai. Teknik polygon dapat digunakan untuk menentukan curah hujan suatu daerah. Teknik ini tidak cocok digunakan di daerah bergunung dan daerah dengan intensitas curah hujan yang tinggi (Shaw, 1985). Stasiun terdekat terhadap setiap titik di dalam DAS dapat dicari dengan menghubungkan stasiun-stasiun yang ada secara grafis, kemudian dibuat garis tegak lurus yang membagi dua stasiun terdekat, dan membentuk polygon yang mengelilingi tiap stasiun. Luasan di dalam polygon menunjukkan wilayah yang paling dekat dengan stasiun di dalamnya sehingga pemberatan yang dilakukan terhadap stasiun tersebut adalah perbandingan antara luas polygon terdekat dengan luas total DAS.
3. Isohyet; garis kontur diinterpolasi dan dihubungkan titik-titik stasiun yang jumlah curah hujannya sama. Teknik ini dinilai sebagai teknik yang paling baik. Daerah tangkapan air dan daerah yang dibatasi garis isohyet dihitung luasnya dengan

menggunakan planimeter. Curah hujan untuk daerah tangkapan air tersebut dihitung berdasarkan jumlah perkalian antara luas masing-masing bagian isohyetal (a_1) dengan curah hujan dari setiap daerah yang bersangkutan (r_1) kemudian dibagi luas total daerah tangkapan air.

4. Metode *Inverse - Distance*; metode ini menghitung hujan di suatu DAS dengan menerapkan interpolasi pada satu titik dengan mempertimbangkan data-data pada titik-titik lain di sekelilingnya dan melakukan pemberatan atas dasar jarak. Metode ini dilakukan pada daerah dengan kerapatan stasiun hujan yang memadai.

Contoh perhitungan pengukuran curah hujan untuk masing-masing teknik pengukuran dapat dilihat sebagai berikut:

Metode rata-rata aritmatik

Stasiun: A = 6 cm Rata-rata aritmatik = $(6+8+4+10)/4 = 7\text{cm}$
 B = 8 cm
 C = 4 cm
 D = 10 cm

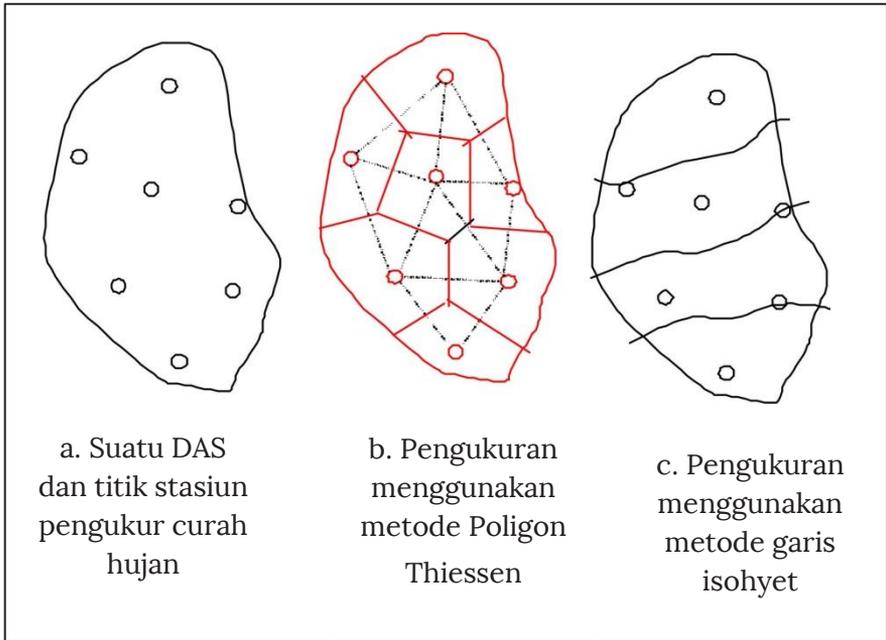
Metode Poligon

Stasiun	Kedalaman curah hujan (cm)	Luas masing-masing polygon (%)	Volume hujan
A	6	14	0,84
B	8	9	0,72
C	4	28	1,12
D	10	49	4,90
Curah hujan rata-rata			7,60

Metode Isohyet

Kedalaman rata-rata (cm)	Luas antar isohyet (%)	Volume (cm)
4,5	12	0,54
5,5	25	1,38
6,5	14	0,91
7,5	13	0,98
8,5	18	1,53
9,5	14	1,33
10,5	0,04	0,42
Curah hujan rata-rata	7,1	

Sumber: Asdak, 1995

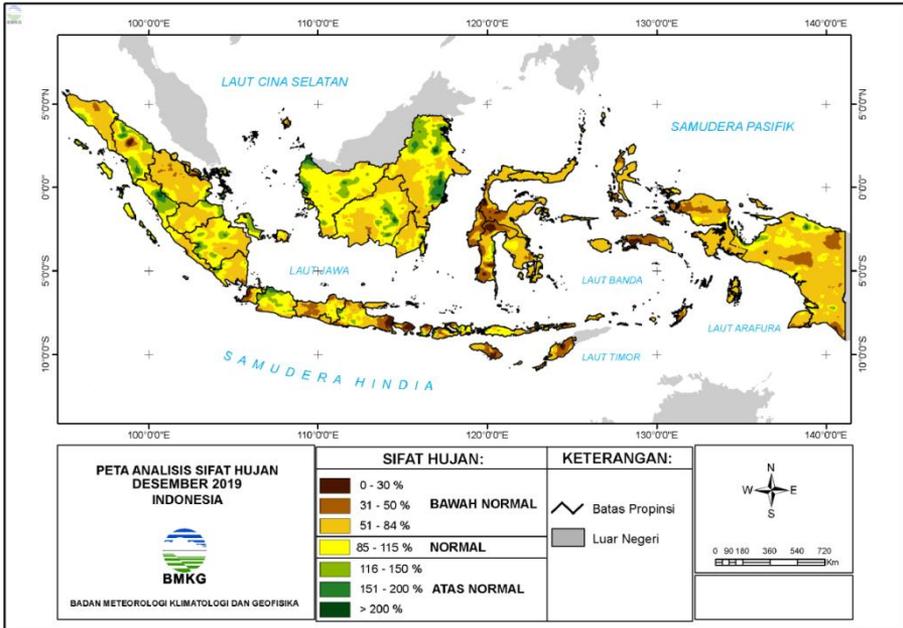


Gambar 2.10 Teknik Pengukuran Curah Hujan dalam Suatu DAS

F. Cara Menyajikan Data Hujan Secara Keruangan

Data/informasi keruangan adalah data/informasi yang objeknya berhubungan dengan ruang muka bumi atau unsur-unsur ruang muka bumi. Data informasi keruangan dalam hidrologi berupa data sebaran curah hujan di suatu wilayah, data sebaran suhu udara di suatu wilayah, data sebaran banjir di suatu wilayah dan seterusnya. Data keruangan berisi informasi yang menunjukkan kondisi suatu objek dalam ruang muka bumi. Sebagai contoh, data sebaran curah hujan di Kabupaten Lampung Selatan. Data tersebut menunjukkan kondisi curah hujan (objek) yang terjadi di berbagai tempat di Kabupaten Lampung Selatan (lokasi di permukaan bumi).

Untuk mengolah data keruangan, diperlukan suatu sistem alat bantu yang tujuannya mempermudah proses pengolahan dan penyajian data. Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah salah satu sistem yang dapat digunakan. Luaran yang dihasilkan berupa peta tematik. Berikut salah satu contoh penyajian data curah hujan secara keruangan dalam bentuk peta yang disusun oleh BMKG Indonesia.



Gambar 2.11 Peta Analisis Sifat Hujan

KESIMPULAN

- Presipitasi adalah curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang.
- Presipitasi merupakan factor utama yang mengendalikan proses daur hidrologi di suatu wilayah DAS
- Jumlah presipitasi selalu dinyatakan dengan dalamnya presipitasi (mm). salju, es, hujan dan lain-lain juga dinyatakan dengan dalamnya (seperti hujan) sesudah di cairkan.
- Suhu mempengaruhi besarnya curah hujan, laju evaporasi dan transpirasi. Suhu juga di anggap sebagai salah satu factor yang dapat memprakirakan dan menjelaskan kejadian dan penyebaran air dimuka bumi.
- Hujan berasal dari perpadatan dan kondensasi uap, yang selalu ada dalam atmosfer

SOAL

1. Mengapa di wilayah tropis dapat terjadi hujan es?
2. Mengapa dapat terjadi wilayah bayangan hujan di bagian gunung yang membelakangi laut?
3. Bagaimanakah mengukur besaran curah hujan di suatu wilayah?
4. Jelaskan mengapa hujan konvektif banyak terjadi di Indonesia?
5. Mengapa Indonesia memiliki besaran hujan yang tidak merata disetiap wilayahnya?

BAB 4

EVAPOTRANSPIRASI

A. Pengertian Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah perpaduan dua proses yakni evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan atau hilangnya air dari tanah dan badan-badan air (abiotik), sedangkan transpirasi adalah proses keluarnya air dari tanaman (biotik) akibat proses respirasi dan fotosintesis. Transpirasi pada dasarnya merupakan proses dimana air menguap dari tanaman melalui daun ke atmosfer. Sistem perakaran tanaman mengadopsi air dalam jumlah yang berbeda-beda dan ditransmisikan melalui tumbuhan dan melalui mulut daun. Kombinasi dua proses yang saling terpisah dimana kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air dari tanaman melalui proses transpirasi disebut sebagai evapotranspirasi (ET).

Faktor-faktor yang mempengaruhi evaporasi adalah suhu air, suhu udara (atmosfir), kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari. Pada waktu pengukuran evaporasi, kondisi/keadaan iklim ketika itu harus diperhatikan, mengingat faktor itu Sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan (Sosrodarsono dan Takeda,1983). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses transpirasi adalah suhu, kecepatan angin, kelembaban tanah, sinar matahari, gradien tekanan uap. Juga dipengaruhi oleh faktor karakteristik tanaman dan kerapatan tanaman (Kartasapoetra dan Sutedjo,1994).

Perbedaan Transpirasi dengan evaporasi dapat dilihat pada tabel berikut.

No	Transpirasi	Evaporasi
1	Proses fisiologis atau fisika yang termodifikasi	Proses fisika murni
2	Diatur bukaan stomata	Tidak diatur bukaan stomata
3	Diatur beberapa macam tekanan	Tidak diatur oleh tekanan
4	Terjadi di jaringan hidup	Tidak terbatas pada jaringan hidup
5	Permukaan sel basah	Permukaan yang menjalankannya menjadi kering

Proses Evaporasi dimulai saat energi dibutuhkan untuk merubah bentuk molekul air dari fase cair ke fase uap. Radiasi matahari langsung dan faktor lingkungan yang mempengaruhi suhu udara merupakan sumber energi. Gaya penggerak untuk memindahkan uap air dari permukaan penguapan adalah perbedaan tekanan antara uap air di permukaan penguapan dan tekanan udara atmosfer. Selama berlangsungnya proses, udara sekitar menjadi jenuh secara perlahan dan selanjutnya proses akan melambat dan kemungkinan akan berhenti jika udara basah tidak dipindahkan ke atmosfer. Pergantian udara jenuh dengan udara kering sangat tergantung pada kecepatan angin. Oleh karena itu, radiasi surya, temperature udara, kelembaban udara dan kecepatan angin merupakan parameter iklim yang dipertimbangkan dalam penentuan proses evaporasi. Jika permukaan penguapan adalah permukaan tanah, maka tingkat penutupan tanaman pelindung (crop canopy) dan jumlah air tersedia pada permukaan penguapan juga menjadi faktor yang mempengaruhi proses evaporasi. Ada beberapa metode untuk pengukuran evaporasi, yaitu: dengan panci evaporasi, lisimeter, pengukuran meteorologis.

Proses transpirasi meliputi penguapan cairan (air) yang terkandung pada jaringan tanaman dan pemindahan uap ke atmosfer. Tanaman umumnya kehilangan air melalui stomata. Stomata merupakan saluran terbuka pada permukaan daun tanaman melalui proses penguapan dan perubahan wujud menjadi gas. Air bersama beberapa nutrisi lain diserap oleh akar dan ditransportasikan keseluruh tanaman. Proses penguapan terjadi dalam daun, yang disebut ruang intercellular, dan pertukaran uap ke atmosfer.

dikontrol oleh celah stomata. Hampir semua air yang diserap oleh akar keluar melalui proses transpirasi dan hanya sebahagian kecil saja yang digunakan dalam tanaman.

B. Proses dan Parameter Evapotranspirasi

Evapotranspirasi (ETc) adalah proses dimana air berpindah dari permukaan bumi ke atmosfer termasuk evaporasi air dari tanah dan transpirasi dari tanaman melalui jaringan tanaman melalui transfer panas laten persatuan area (Hillel, 1983). Ada 3 faktor yang mendukung kecepatan evapotranspirasi yaitu (1) faktor iklim mikro, mencakup radiasi netto, suhu, kelembaban dan angin, (2) faktor tanaman, mencakup jenis tanaman, derajat penutupannya, struktur tanaman, stadia perkembangan sampai masak, keteraturan dan banyaknya stomata, mekanisme menutup dan membukanya stomata, (3) faktor tanah, mencakup kondisi tanah, aerasi tanah, potensial air tanah dan kecepatan air tanah bergerak ke akar tanaman (Linsley dkk., 1979).

C. Jenis-Jenis Evapotranspirasi

1. Evapotranspirasi potensial, adalah yang mungkin terjadi pada kondisi air yang tersedia berlebihan. Faktor penting yang mempengaruhi evapotranspirasi adalah tersedianya air yang cukup banyak. Evapotranspirasi potensial akan terjadi jika evapotranspirasi pada suatu daerah sempit di tengah-tengah daerah yang luas, tidak terpisah, seluruh permukaan tertutup vegetasi seragam. Dan terjadi jika dalam kondisi kelembaban tanah tidak terbatas.
2. Evapotranspirasi aktual
Jumlah air tidak berlebihan atau terbatas. Dipengaruhi oleh proporsi permukaan luar yang tidak tertutupi tumbuhan hijau pada musim kemarau.

D. Pengukuran Evapotranspirasi

Ada beberapa metode dalam penetapan nilai/besarnya evapotranspirasi, antara lain:

1. Metode Thornthwaite:

Thornthwaite telah mengembangkan suatu metode untuk memperkirakan besarnya evapotranspirasi potensial dari data klimatologi. Evapotranspirasi potensial (PET) berdasarkan suhu udara rerata bulanan dengan standar 1 bulan 30 hari dan lama penyinaran matahari 12 jam sehari. Metode ini memanfaatkan suhu udara sebagai indeks ketersediaan energi panas untuk berlangsungnya proses ET dengan asumsi suhu udara tersebut berkorelasi dengan efek radiasi matahari dan unsur lain yang mengendalikan proses ET.

Evapotranspirasi potensial tersebut berdasarkan suhu udara rata-rata bulanan dengan standar 1 bulan (30 hari) dan lama penyinaran 12 jam sehari. Rumus dasar dari metode ini adalah:

$$J = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1.514}$$

$$PE_x = 16 \left(\frac{10t}{J} \right)^a$$

$$a = (675 \times 10^{-9})J^3 - (771 \times 10^{-7})J^2 + (179 \times 10^{-4})J + 0.492$$

Keterangan:

PET = evapotranspirasi potensial bulanan (mm/bulan) dengan asumsi 30 jumlah hari dalam 1 bulan dan penyinaran rata-rata 12 jam/hari

T = temperatur udara rata-rata bulan ke-n (°C)

J = index panas tahunan

a = koefisien yang tergantung dari tempat

Apabila diinginkan nilai evapotranspirasi potensial untuk suatu bulan dengan jumlah hari = D hari dan waktu penyinaran rata-rata = T jam, maka besarnya evapotranspirasi potensial menjadi:

$$PE = PET \times \frac{DT}{360}$$

2. Metode Blaney-Criddle

Metode ini digunakan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi dari tumbuhan yang pengembangannya didasarkan pada kenyataan bahwa evapotranspirasi bervariasi sesuai dengan keadaan temperatur, lamanya penyinaran matahari, dan kebutuhan tanaman. Rumus dari metode ini adalah:

$$ET_o = c\{p(0.46t + 8)\}$$

Keterangan:

c = faktor koreksi yang tergantung (n/N) dan RH

p = persentase penyinaran matahari

t = temperatur udara bulanan rata-rata (°C)

3. Metode Modifikasi

Metode ini adalah metode yang bervariasi tergantung dari temperatur, lama penyinaran matahari, kelembaban relatif, dan kecepatan angin. Rumus dari metode ini adalah:

$$ET_o = c (W \cdot R_n + (1 - W)f(u)(e_a - e_d)$$

Keterangan:

c = Faktor koreksi akibat keadaan iklim siang atau malam

W = Faktor bobot

R_n = Radiasi netto

F(u) = Fungsi kecepatan angina

e_a = Tekanan uap jenuh

e_d = Tekanan uap aktual

E. Kesimpulan

Evapotranspirasi adalah perpaduan dua proses yakni evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan atau hilangnya air dari tanah dan badan-badan air (abiotik), sedangkan transpirasi adalah proses keluarnya air dari tanaman (biotik) akibat proses respirasi dan fotosintesis. Evapotranspirasi (ETc) adalah proses dimana air berpindah dari permukaan bumi ke atmosfer termasuk evaporasi air dari tanah dan transpirasi dari tanaman melalui jaringan tanaman melalui transfer panas laten persatuan area. Evapotranspirasi dibagi menjadi 2 yaitu evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual. Pengukuran evapotranspirasi menggunakan metode Thornthwaite, Metode Blaney-Criddle, Metode Modifikasi.

F. Latihan Soal

Jawablah soal berikut dengan tepat!

1. Jelaskan tentang evapotranspirasi!
2. Bagaimana proses terjadinya evapotranspirasi?
3. Jelaskan tentang evapotranspirasi potensial!
4. Jelaskan tentang pengukuran evapotranspirasi menggunakan metode Thornwhite!
5. Berikan contoh kejadian evapotranspirasi disekitar tempat tinggalmu!

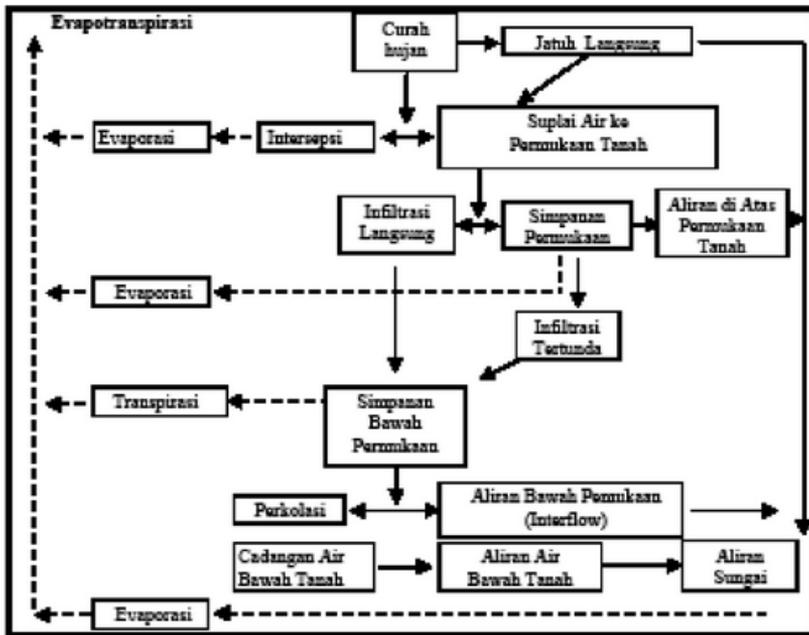
BAB 5

INFILTRASI

A. Pengertian Infiltrasi

Infiltrasi merupakan peristiwa atau proses masuknya air ke dalam tanah, umumnya (tetapi tidak mesti) melalui permukaan tanah dan secara vertikal. Infiltrasi adalah proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah dalam tingkatan prosesnya melalui 1,ambibisi,yaitu proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah atau serapan matrik tanah 2, Bergeraknya air ke dalam permukaan tanah,dimana ambibisi masih berlangsung. 3, redistribusi air tanah setelah proses ambibisi berakhir.Infoltrasi merupakan suatu peralihan atau pergerakan air dari permukaan tanah yang terus bergerak di dalam profil tanah yang prosesnya dikenal dengan perkolasi (Utomo, 2016).

Ada berbagai faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi diantaranya; Kedalaman genangan dan tebal lapisan jenuh, Kelembaban tanah, Pemampatan oleh hujan, Penyumbatan oleh butir halus, Tanaman penutup, Topografi, dan Intensitas hujan. Faktor-faktor ini yang akan menentukan nilai infiltrasi dari suatu wilayah tertentu Pada beberapa kasus, air dapat masuk melalui jalur atau rekahan tanah, atau gerakan horizontal dari samping, dan lain sebagainya. Laju infiltrasi dapat diukur di lapangan dengan mengukur curah hujan, aliran permukaan, dan menduga faktor-faktor lain dari siklus air,atau menghitung laju infiltrasi dengan analisis hidrograf.



Gambar Aliran air hujan yang jatuh di permukaan tanah
 Sumber: (Banuwa,2013)

Melalui gambar di atas maka dapat dikatakan bahwa infiltrasi merupakan satu-satunya proses yang dapat memasukkan air ke dalam tanah secara alami.

Mengingat cara tersebut memerlukan biaya yang relatif mahal, maka penetapan infiltrasi sering dilakukan pada luasan yang sangat kecil dengan menggunakan suatu alat yang dinamai infiltrometer. Ada beberapa macam infiltrometer yang dapat digunakan untuk menetapkan laju infiltrasi, yaitu:

- (1) ring infiltrometer (single ataudouble/concentric-ring infiltrometer);
- (2) wells, auger hole permeameter;
- (3) pressure infiltrometer;
- (4) closed-top permeameter;
- (5) crust test;
- (6) tension and disc infiltrometer;
- (7) driper; dan
- (8) rainfall (Clothier, 2001; Reynoldet al., 2002).

Metode yang akan diuraikan dalam bab ini adalah pengukuran infiltrasi dengan menggunakan ring infiltrometer (Ai Dariah dan Achmad Rachman).

B. Proses Terjadinya Infiltrasi

Proses infiltrasi melibatkan tiga proses yang saling tidak tergantung satu sama lain, yaitu (1) proses masuknya air hujan melalui pori-pori permukaan tanah, (2) tertampungnya air hujan tersebut di dalam tanah, (3) proses mengalirnya air tersebut ke tempat lain (bawah, samping, dan atas) (Asdak, 2014).

Ketika air hujan menyentuh permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. Proses masuknya air hujan ke dalam tanah disebabkan oleh tarikan gaya gravitasi dan gaya kapiler tanah. Laju air infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dibatasi oleh besarnya diameter pori-pori tanah. Dibawah pengaruh gaya gravitasi, air hujan mengalir tegak lurus ke dalam tanah melalui profil tanah. Pada sisi yang lain, gaya kapiler bersifat mengalirkan air tersebut tegak lurus ke atas, ke bawah dan ke arah horizontal. Gaya kapiler tanah ini bekerja nyata pada tanah dengan pori-pori yang relatif kecil (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998).

Proses infiltrasi pada dasarnya di pengaruhi oleh potensial tanah total yang dapat digambarkan sebagai berikut:

$$Y_{total} = Y_o + Y_m + Y_g + Y_p$$

Y_o = Potensial osmotik

Y_m = Potensial Matrik

Y_g = Potensial Gravitasi

Y_p = Potensial pressure

Karena curah hujan memiliki kadar larutan yang sama, kadi potensial osmotik sama dengan nol. Demikian pula potensial pressure, karena tidak tergenang maka potensial pressure sama dengan nol. Sehingga potensial tanah dipengaruhi oleh potensial matrik dan gravitasi

$$Y_{\text{total}} = Y_m + Y_g$$

(Banuwa, 2013)

C. Faktor Yang Mempengaruhi Infiltrasi

1. Vegetasi

Penutupan tanah dengan vegetasi dapat meningkatkan laju infiltrasi suatu lahan, perbedaan kapasitas infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan menunjukkan bahwa factor vegetasi memiliki peran besar dalam menentukan kapasitas infiltrasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kapasitas infiltrasi pada tanah bervegetasi akan cenderung lebih tinggi dibanding tanah yang tidak bervegetasi.

Tanah yang ditutupi oleh tanaman biasanya mempunyai laju infiltrasi lebih besar daripada permukaan tanah yang terbuka. Hal ini disebabkan oleh perakaran tanaman yang menyebabkan porositas tanah lebih tinggi, sehingga air lebih banyak dan meningkat pada permukaan yang tertutupi oleh vegetasi, dapat menyerap energi tumbuk hujan dan sehingga mampu mempertahankan laju infiltrasi yang tinggi (Sarief, 1989).

2. Intensitas Hujan

Hujan merupakan faktor yang paling penting di daerah tropika sebagai agensi yang mampu merusak tanah melalui kemampuan energy kinetiknya yang dijabarkan sebagai intensitas, durasi, ukuran butiran hujan dan kecepatan jatuhnya. Faktor iklim dibedakan dalam dua kategori yakni bila curah hujan tahunan <2500 mm diperhitungkan daya rusaknya akan lebih kecil dari pada >2500 mm (Kementrian Lingkungan Hidup, 2008).

3. Tekstur Tanah

Menurut Hardjowigeno (2007), kelas tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir-butir pasir (0,005-2 mm), debu (0,002-0,005 mm), dan liat < 0,002 mm) di dalam fraksi tanah halus. Tekstur menentukan tata air, tata udara, kemudahan pengelolaan, dan struktur tanah. fraksi-fraksi tanah, maka tekstur tanah dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu halus, sedang, dan kasar. Makin halus tekstur tanah mengakibatkan kualitas tanah semakin menurun karena berkurangnya kemampuan tanah dalam menghisap air. Profil tanah yang dalam dan permeabilitas tanah yang baik (sedang-cepat) memungkinkan air permukaan dapat masuk lebih dalam kedalam tanah dan mengisi pori-pori dan rongga-rongga yang ada jauh didalam tanah (Moehansyah, 2006).

4. Kerapatan Massa (Bulk Density)

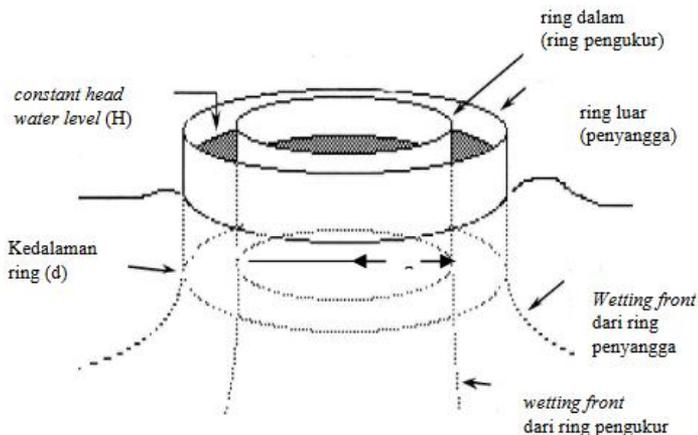
Bulk density atau kerapatan massa tanah banyak mempengaruhi sifat fisik tanah, seperti porositas, kekuatan, daya dukung, kemampuan tanah menyimpan air, drainase, dll. Sifat fisik tanah ini banyak bersangkutan dengan penggunaan tanah dalam berbagai keadaan. Bulk density sangat berhubungan dengan particle density, jika particle density tanah sangat besar maka bulk density juga besar. Hal ini dikarenakan particle density berbanding lurus dengan bulk density, namun apabila tanah memiliki tingkat kadar air yang tinggi maka particle density dan bulk density akan rendah. Dapat dikatakan bahwa particle density berbanding terbalik dengan kadar air. Hal ini terjadi jika suatu tanah memiliki tingkat kadar air yang tinggi dalam menyerap air tanah, maka kepadatan tanah menjadi rendah karena pori-pori di dalam tanah besar sehingga tanah yang memiliki pori besar akan lebih mudah memasukkan air di dalam agregat tanah (Hanafiah, 2005).

D. Pengukuran Infiltrasi

Laju infiltrasi dapat diukur di lapangan dengan mengukur curah hujan, aliran permukaan dan menduga faktor-faktor lain dari siklus air, atau menghitung laju infiltrasi dengan analisis hidrograf. Laju infiltrasi tertinggi dicapai saat air pertama kali masuk ke dalam

tanah dan menurun dengan bertambahnya waktu (Philip, 1969 dalam Jury dan Horton, 2004). Mengingat cara tersebut memerlukan biaya yang relatif mahal, maka penetapan infiltrasi sering dilakukan pada luasan yang sangat kecil dengan menggunakan suatu alat yang dinamai infiltrometer. Ada dua bentuk ring infiltrometer, yaitu single ring infiltrometer dan double atau concentric-ring infiltrometer.

Ada beberapa macam infiltrometer yang dapat digunakan untuk menetapkan laju infiltrasi, yaitu: (1) ring infiltrometer (single atau double/concentric-ring infiltrometer); (2) wells, auger hole permeameter; (3) pressure infiltrometer; (4) closed-top permeameter; (5) crust test; (6) tension and disc infiltrometer; (7) driper; dan (8) rainfall (Clothier, 2001; Reynold et al., 2002).



Gambar Double ring infiltrometer

Penggunaan double-ring infiltrometer ditujukan untuk mengurangi pengaruh rembesan lateral (Kurnia dkk, 2006). Laju infiltrasi ditentukan oleh besarnya kapasitas infiltrasi dan laju penyediaan air (Intensitas hujan). Selama intensitas hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan intensitas hujan. Jika intensitas hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka terjadilah genangan di atas permukaan atau aliran permukaan. Dengan demikian laju infiltrasi berubah-ubah sesuai dengan variasi intensitas curah hujan. Infiltrasi yang terjadi pada suatu

tempat berbeda-beda dengantempat yang lain dan waktu yang lain, salahsatunya ditentukan oleh tipe penggunaanlahan (Sudarman, Yunagaardasari (2007, 2017).

Adapun prosedur pengukuran infiltrasi di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Terlebih dahulu lokasi yang akan diukur dibersihkan.
2. Membenamkan kedua ring kedalam tanah sedalam ± 10 cm, sehingga tersisa kurang lebih 20 cm di atas permukaan.
3. Setelah itu, ruang antara ring dalam dan ring luar diisi air dan dibiarkan beberapa lama sampai habis (seluruhnya terinfiltrasi). Hal ini perlu dilakukan untuk menghilangkan retak-retak tanah yang merugikan pengukuran.
4. Kemudian ruang pada ring luar diisi kembalidan diikuti dengan pengisian ring dalam sampai mencapai batas garis atas.
5. Mengukur dan mencatat penurunan muka air tiapselang waktu 10 menit, 20 menit,30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.
6. Selanjutnya, air dituangkan kembali secepatnyake dalam ring sampai garis batas atas.
7. Hal tersebut dilakukan sebanyak tiga ulangan, sehingga diperoleh penurunan tinggi muka air selalu tetap. Dalam hal ini berarti laju infiltrasi telah tetap atau nilai konstan telah tercapai.

Tabel Kriteria Laju Infiltrasi

Kriteria	Laju Infiltrasi (cm/jam)
Sangat Cepat	> 25,4
Cepat	12,7 - 25,4
Agak Cepat	6,3 - 12,7
Sedang	2 - 6,3
Agak Lambat	0,5 – 2
Lambat	0,1 - 0,5
Sangat Lambat	< 0,1

Sumber: Uhland and O’Neal 1951 dalam Januardin dalam Nisa Andan restuti

Di dalam pengukuran infiltrasi kita harus membedakan antara berbagai kuantitas fisik yang berbeda-beda yang menjadi ciri-ciri keseluruhan atau sebagian dari proses infiltrasi. Kuantitas-kuantitas tersebut adalah:

1. Tingkat infiltrasi seketika (I_{ins}) yang merupakan volume air yang merembes melalui bidang horizontal permukaan tanah seketika itu juga dalam periode waktu yang sangat singkat. Penurunan cepat di awal yang diikuti oleh penurunan yang lebih stabil dan sangat rendah setelah 3 sampai 4 jam infiltrasi.
2. Tingkat infiltrasi kumulatif (I_{cum}) yang merupakan total volume air yang telah merembes melalui satu bidang horizontal permukaan tanah dalam periode waktu tertentu yang diukur sejak dari awal terjadinya infiltrasi.
3. Tingkat infiltrasi rata-rata (I_{av}) yang sama dengan infiltrasi kumulatif dibagi dengan waktu sejak dimulainya infiltrasi
4. Tingkat infiltrasi dasar (I_{bas}) yang merupakan tingkat infiltrasi yang relatif konstan yang berkembang setelah 3-4 jam. Kriteria yang baik untuk bisa disebut relatif konstan adalah adanya perubahan tingkat infiltrasi sebesar kurang dari 10 persen dibandingkan dengan tingkat infiltrasi pada jam sebelumnya.

Data hasil pengukuran laju infiltrasi kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$f = \left(\frac{\Delta h_c}{\Delta t} \right) \times 60$$

Dimana :

f = Laju infiltrasi (cm/jam)

Δh_c = Perubahan tinggi muka air tiap selang waktu (cm)

Δt = Perubahan selang waktu pengukuran (menit).

Selanjutnya, model infiltrasi yang

Tingkat infiltrasi ditentukan dengan menggunakan alat infiltrometer silinder tunggal atau silinder ganda. Pada infiltrometer dengan ring ganda, ring luar berfungsi untuk meminimalisir

kesalahan akibat aliran air yang mengalir dalam arah yang tidak vertikal (Wirosoedarmo,2017).

E. Perhitungan Infiltrasi

Di antara model infiltrasi yang termasuk time dependent model ialah model Horton, model Kostiokov, dan model Philip.

1. Model Perhitungan Horton

Model Horton adalah salah satu model infiltrasi yang terkenal dalam hidrologi yang dikembangkan oleh Horton pada tahun 1933. Horton mengakui bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstant. Ia menyatakan pandangannya bahwa penurunan kapasitas infiltrasi lebih dikontrol oleh faktor yang beroperasi di permukaan tanah dibanding dengan proses aliran di dalam tanah. Faktor yang berperan untuk pengurangan laju infiltrasi seperti penutupan retakan tanah oleh koloid tanah dan pembentukan kerak tanah, penghambatan struktur permukaan lahan dan pengangkutan partikel halus dipermukaan tanah oleh tetesan air hujan.

Laju infiltrasi berdasarkan Model Horton dihitung dengan rumus:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$
$$k = \frac{f_0 - f_c}{F_c}$$

Keterangan:

F = laju infiltrasi (cm/jam)

fo = laju infiltrasi awal (cm/jam)

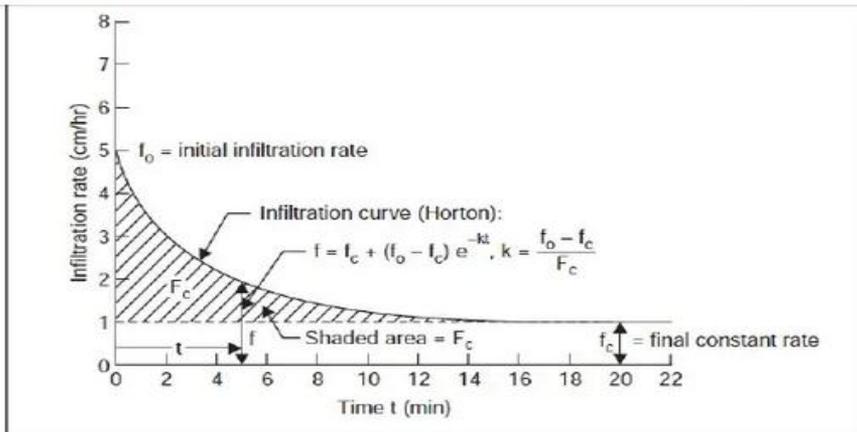
fc = laju infiltrasi akhir (cm/jam)

e = Bilangan dasar logaritma Naperian

Fc = Selisih total volume infiltrasi dengan volume infiltrasi konstan (cm)

= luas kurva yang diarsir

t = waktu yang dihitung dari mulainya hujan (jam)



Gambar Kurva Infiltrasi Menurut Horton

Sumber: Nisa Andan restuti

Penentuan laju infiltrasi dengan model Horton memerlukan data infiltrasi tanah setempat rinci, dari waktu ke waktu dalam interval waktu yang cukup pendek, misal 10-15 menit, sampai mendapatkan laju infiltrasi yang tetap/konstan. Curah hujan neto dihitung dengan mengurangi curah hujan total dengan laju infiltrasinya.

Tabel Laju Infiltrasi Tipikal Kelompok Tanah Setelah 1 Jam

Kelompok	Laju infiltrasi setelah 1 jam, mm/jam
Tinggi (tanah berpasir)	12,50 – 25,00
Menengah (banyak geluh, lempung, lumpur)	2,50 – 12,50
Rendah (banyak lempung, geluh lempung)	0,25 – 2,50

Tabel Perkiraan Parameter untuk Rumus Horton

Soil and Cover Complex	f_0 (mm/jam)	f_c (mm/jam)	K Menit ⁻¹
Standart agricultural (bare)	280	6 - 220	1,6
Standart agricultural (turfed)	900	20 - 290	0,8
Peat	325	2 - 29	1,8
Fine Sandy Clay (bare)	210	2 - 25	2,0
Fine Sandy Clay (turfed)	670	10 - 30	1,4

Sumber: Hydrology Handbook, Second Edition

2. Model Kostiakov

Model Kostiakov menggunakan pendekatan fungsi power dengan tidak memasukkan kadar air awal dan kadar air akhir (saat laju infiltrasi tetap) sebagai komponen fungsi. Fungsi infiltrasi dan laju infiltrasi disajikan berikut;

$$f = Bt^{-n}$$

Keterangan :

F = Laju infiltrasi (mm/menit)

t = waktu (menit)

n = konstanta (tanpa satuan)

B = konstanta (m. jam n-1)

Dimana B dan n adalah konstanta. Konstanta B dan n tergantung pada karakteristik tanah dan kadar air tanah awal. Konstanta ini tidak bisa ditentukan sebelumnya dan biasanya ditentukan dengan penarikan sebuah garis lurus pada kertas grafik untuk data empirik atau dengan menggunakan metode pangkat terkecil.

3. Model Philip

Infiltrasi Philips dapat digunakan untuk menghitung laju infiltrasi, maka model tersebut harus dianalisis kesesuaiannya (fitting) terlebih dahulu. Bentuk persamaan Philips (Chow et al., 1988):

$$f_t = \frac{1}{2} \cdot S \cdot t^{-1/2} + K \dots\dots\dots(1)$$

Integral dari persamaan (1) adalah:

$$F = \int (\frac{1}{2} \cdot S \cdot t^{-1/2} + K) dt$$

atau:

$$F = S \cdot t^{1/2} + K \cdot t \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- F = infiltrasi kumulatif (cm)
- t = waktu (menit)
- f_t = laju infiltrasi (cm/menit)
- S, K = Konstanta

Menghitung nilai S dan K:

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, persamaan (1) menjadi:

$$f_t = \frac{S}{2\sqrt{t}} + K \dots\dots\dots(3)$$

Kemudian dimisalkan:

$$f_t = y \quad S = b$$

$$x = K = a$$

Maka persamaan (3) menjadi : $y = b \cdot x + a \dots\dots\dots(4)$

Untuk mendapatkan nilai a dan b digunakan persamaan koefisien regresi linier. Kemudian nilai a dan b tersebut disubstitusikan ke dalam persamaan (1) untuk menghitung laju infiltrasi (ft) pada berbagai kombinasi waktu. Nilai laju infiltrasi konstan dari model infiltrasi Philips bisa diestimasi dari hasil penggambaran (plotting) hubungan antara laju infiltrasi dan waktu (sebagai absis), kemudian dengan pendekatan limit diperoleh:

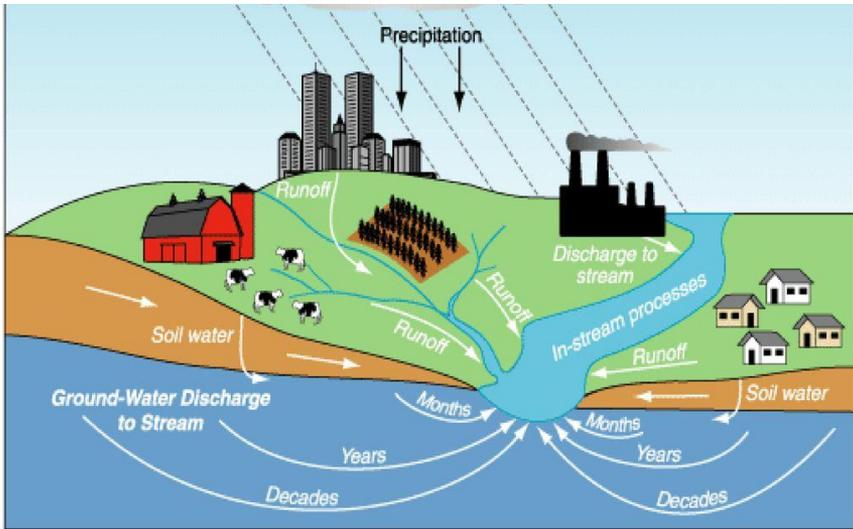
$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{df}{dt} = 0 \dots\dots\dots (5)$$

BAB 6

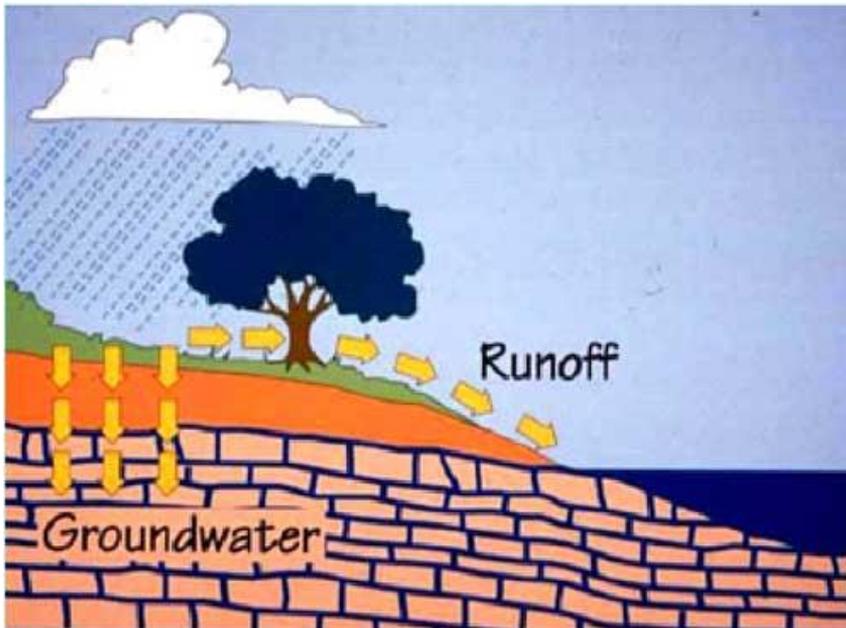
ALIRAN PERMUKAAN (RUN OFF)

A. Pendahuluan

Air keluar dari suatu areal tertentu dapat melalui beberapa bentuk (Arsyad,1989),yaitu:aliran permukaan/Limpasan/run off adalah bagian dari air hujan yang mengalir tipis diatas permukaan tanah. Air tersebut mengalir ke tempat yang lebih rendah dan kemudian bermuara ke sungai atau danau atau waduk bahkan laut.Pada akhirnya air akan terevaoperasi lagi. Limpasan permukaan atau aliran permukaan merupakan dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengangkut zat-zat dan partikel tanah. Limpasan terjadi akibat intensitas hujan yang turun melebihi kapasitas infiltrasi, saat laju infiltrasi terpenuhi maka air akan mengisi cekungan yang terdapat pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut terisi air dan penuh, maka air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah (surface runoff).



Gambar Aliran Runoff



B. Komponen-Komponen Aliran Permukaan

1. Curah hujan
2. Temperatur
3. Tipe tanah

4. Topografi
5. Luas daerah aliran
6. Tanaman penutup tanah
7. Sistem pengelolaan tanah

C. Tipe-Tipe Aliran Permukaan

Limpasan terdiri dari berbagai sumber, yaitu :

1. Aliran permukaan (Surface Flow)
Adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis diatas permukaan tanah. Aliran permukaan dapat terkonsentrasi
2. Aliran Antara (interflow)
Adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lensa tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah.
3. Aliran Air Tanah
Adalah aliran yang terjadi dibawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut.
4. Aliran di bawah permukaan
yaitu air yang masuk ke dalam tanah tetapi tidak masuk cukup dalam disebabkan adanya lapisan kedap air. Air ini mengalir di bawah permukaan tanah kemudian ke luar pada suatu tempat dibagian bawah atau masuk ke sungai.
5. Aliran sungai
Yaitu air yang mengalir di dalam saluran-saluran yang jelas seperti sungai. Sungai yang berasal dari aliran di bawah permukaan dan aliran air bawah tanah akanjernih, sedangkan yang bersumber utama dari aliran permukaan akan keruh oleh sedimen yang dikandungnya.

D. Sifat-Sifat Aliran Permukaan

1. Jumlah aliran permukaan
Jumlah air yang mengalir di permukaan tanah untuk suatu masa hujan atau masa tertentu dinyatakan dalam tinggi air (mm atau cm) atau volume air (meter kubik).

2. Laju Aliran Permukaan

Jumlah atau volume air yang mengalir melalui suatu titik per detik atau per jam. Dinyatakan dalam m^3 per jam. Laju aliran permukaan dinyatakan juga dengan debit. Besarnya debit ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan alirannya, yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = A.V$$

Q = Debit air (m^3 /detik atau m^3 /jam)

A = Luas penampang air (m^2)

V = Kecepatan air melalui penampang tersebut (m /detik)

3. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran permukaan dipengaruhi oleh dalamnya aliran atau radius hidrolis, kekasaran permukaan dan kecuraman lereng. Hubungan tersebut dinyatakan dengan persamaan Manning:

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

V = kecepatan rata-rata aliran (m /detik)

R = Radius hidrolis

S = Kecuraman lereng dalam persen

N = koefisien kekasaran permukaan

4. Gejolak

Adalah turbulensi yang terjadi sewaktu air mengalir di permukaan tanah merupakan penyebab erosi.

E. Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan besarnya air limpasan permukaan terhadap besarnya curah hujan. Nilai koefisien ini juga menunjukkan besar kecilnya air hujan yang mengalami aliran permukaan. Nilai koefisien ini berkisar antara 0 - 1. Angka 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan terutama

infiltrasi, sedangkan nilai 1 menunjukkan bahwa semua air hujan yang jatuh mengalir sebagai aliran permukaan. Nilai koefisien aliran permukaan yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi aliran permukaan. Kondisi ini tidak menguntungkan karena besarnya air yang akan menjadi air tanah akan berkurang, kerugian yang lainnya adalah dengan makin besarnya jumlah air hujan yang menjadi aliran permukaan maka ancaman terjadinya banjir dan erosi akan menjadi lebih besar. Salah satu konsep penting dalam upaya mengendalikan banjir adalah koefisien aliran permukaan (runoff) yang biasa dilambangkan dengan C.

Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (Arsyad, 2006). Koefisien aliran mempunyai peranan yang sangat penting yaitu sebagai indikator aliran permukaan dalam DAS. Jika koefisien aliran suatu DAS kecil kurang dari 50% maka menandakan bahwa DAS dalam keadaan yang cukup baik sedangkan jika lebih dari 50 % maka kondisinya kurang baik, karena DAS kurang dapat menyimpan air hujan. Koefisien aliran juga dapat dipakai sebagai tolok ukur untuk mengevaluasi aliran dalam kaitannya dengan aktifitas yang dilakukan dalam DAS (misalnya kegiatan pengelolaan DAS).

F. Proses Terjadinya Aliran Permukaan

Proses terjadinya aliran permukaan adalah curah hujan yang jatuh diatas permukaan tanah pada suatu wilayah pertama-tama akan masuk kedalam tanah sebagai air infiltrasi setelah ditahan oleh tajuk pohon sebagai air intersepsi. Infiltrasi akan berlangsung terus selama air masih berada dibawah kapasitas lapang. Apabila hujan terus berlangsung, dan kapasitas lapang telah terpenuhi, maka kelebihan air hujan tersebut akan tetap terinfiltrasi yang selanjutnya akan menjadi air perkolasi dan sebagian digunakan untuk mengisi cekungan atau depresi permukaan tanah sebagai simpanan permukaan (depression storage), selanjutnya setelah simpanan depresi terpenuhi, kelebihan air tersebut akan menjadi genangan air yang disebut tambatan permukaan (detention storage). Sebelum

menjadi aliran permukaan. (over land flow), kelebihan air hujan diatas sebagian menguap atau terevaporasi walaupun jumlahnya sangat sedikit.

G. Kesimpulan

Limpasan permukaan atau aliran permukaan merupakan dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah yang mengangkut zat-zat dan partikel tanah. Limpasan terjadi akibat intensitas hujan yang turun melebihi kapasitas infiltrasi, saat laju infiltrasi terpenuhi maka air akan mengisi cekungan yang terdapat pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut terisi air dan penuh, maka air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah (surface runoff). Proses terjadinya aliran permukaan adalah curah hujan yang jatuh diatas permukaan tanah pada suatu wilayah pertama-tama akan masuk kedalam tanah sebagai air infiltrasi setelah ditahan oleh tajuk pohon sebagai air intersepsi. Infiltrasi akan berlangsung terus selama air masih berada dibawah kapasitas lapang.

H. Soal Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jelaskan pengertian aliran permukaan!
2. Komponen-komponen apa saja yang menjadi bagian dari aliran permukaan?
3. Jelaskan tentang tipe-tipe aliran permukaan!
4. Mengapa kita perlu mempelajari aliran permukaan?
5. Jelaskan tentang koefisien air larian !

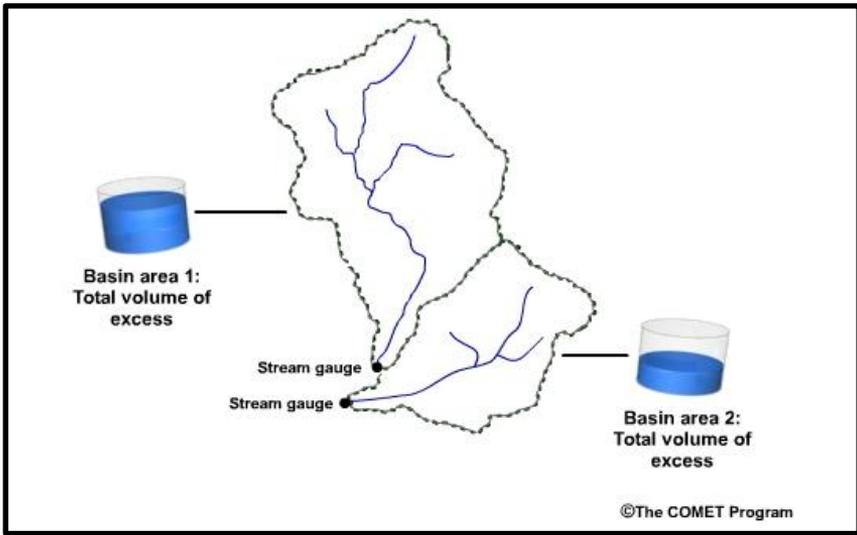
BAB 7

DAERAH ALIRAN SUNGAI

A. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama. Ukuran besar dan kecilnya daerah tangkapan hujan yang memberi kontribusi terhadap aliran sungai di dalam DAS berpengaruh langsung terhadap total volume aliran yang keluar dari DAS.

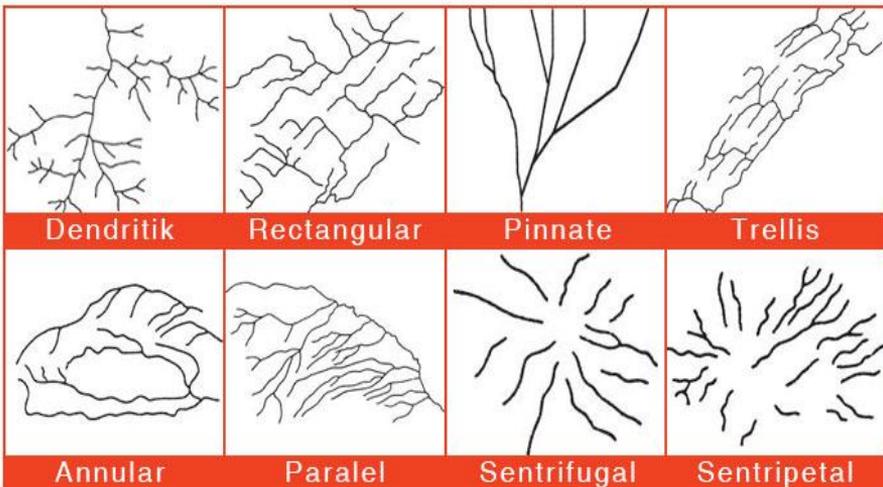
Jika hujan jatuh merata di dalam dua DAS yang berbeda ukuran, maka total volume aliran yang dihasilkan pada DAS besar dengan daerah tangkapan hujannya relatif luas akan lebih banyak dibandingkan dengan DAS kecil yang daerah tangkapan air hujannya sempit. Volume air proposional terhadap luas daerah tangkapannya.



Gambar 6.1 Pengaruh DAS terhadap volume aliran
 Sumber: The COMET Program

B. Pola Aliran Sungai

Pola aliran sungai merupakan gerak arus sungai yang menggambarkan bagaimana dan ke mana air mengalir yang akhirnya bermuara ke laut. Macam-macam pola aliran sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain adalah morfologi, struktur geologi, batuan penyusun, dan erosi.



1. Dendritik

Dendritik adalah pola aliran yang memiliki cabang anak sungai yang kelihatan macam ranting pohon. Sungai induk pada pola ini memiliki percabangan yang menuju ke segala arah dan alirannya membentuk sudut yang tidak teratur. Pola dendritik ini biasanya terdapat di daerah dataran rendah dengan struktur batuan homogen.

2. Radial Sentrifugal

Radial sentrifugal adalah pola aliran yang menyebar secara radial dari titik ketinggian tertentu. Pola radial sentrifugal ini biasanya terdapat di daerah pegunungan yang alirannya menyebar ke arah lereng.

3. Rectangular

Rectangular adalah pola aliran yang cenderung berbentuk siku-siku. Pola rectangular ini biasanya terdapat di daerah yang struktur geologinya merekah. Sungai ini biasanya bentuknya lurus mengikuti arah patahan dengan mengikuti pola dari struktur geologi tersebut.

4. Trellis

Trellis merupakan pola aliran yang biasanya memiliki anak sungai hampir sejajar dengan sungai utama. Pola trellis ini biasanya terdapat di daerah dengan morfologi lipatan.

5. Sentripetal

Sentripetal adalah pola aliran yang arus airnya mengalir ke satu tempat yang berupa cekungan. Dengan begitu, pola sentripetal ini berlawanan dengan radial sentrifugal.

6. Paralel

Paralel adalah pola aliran yang terbentuk dari lereng yang curam dengan beberapa bantuan. Karena lereng yang curam, alirannya deras dan lurus. Lalu dengan sangat sedikit anak sungai dan

semuanya mengalir ke arah yang sama. Pola paralel ini terbentuk di mana terdapat kemiringan yang jelas di permukaan.

7. Annular

Annular adalah pola aliran yang memiliki anak sungai melingkar. Pola annular ini biasanya terdapat di daerah morfologi kubah.

8. Pinnate

Pinnate adalah pola aliran yang mana muara anak sungai membentuk sudut lancip dengan sungai induk. Pola pinnate ini biasanya terdapat pada bukit yang memiliki lereng terjal.

C. Menentukan Intensitas Hujan, Luas DAS, dan Debit Puncak

Menurut Triatmodjo (2008: 7), “Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai pada suatu titik/ stasiun tertentu”. Daerah aliran sungai dapat ditentukan dengan menggunakan peta topografi skala 1:50.000 yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Garis kontur tersebut dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan permukaan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah. Luas DAS dapat dihitung dengan metode elips, dimana A_s yang pendek sekurang-kurangnya $2/3$ dari A_s panjang. Luas daerah aliran sungai dengan metode elips ditentukan dengan rumus.

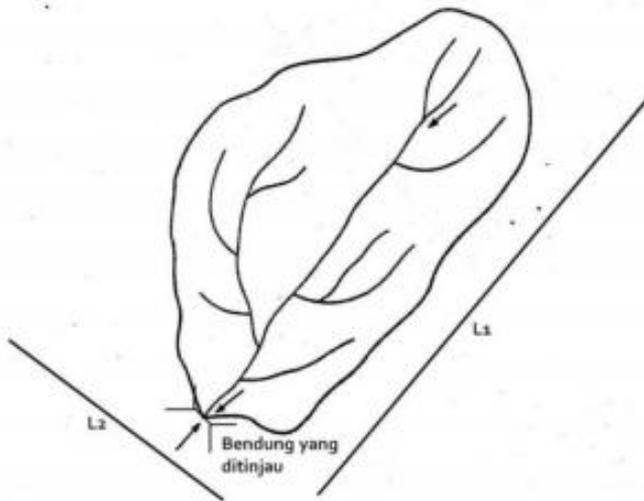
$$F = \frac{1}{4} \times \pi \times L_1 \times L_2 \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

F = luas daerah aliran sungai (km^2)

L_1 = sumbu terpanjang (km)

L_2 = sumbu terpendek (km)



Gambar 6.2 Luas DAS

Menurut Hadisusanto (2010), Untuk menentukan besarnya debit sungai berdasarkan hujan perlu meninjau kembali hubungan antara hujan dan aliran sungai. Besarnya aliran sungai sangat ditentukan oleh besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah pengaliran sungai, lamanya waktu hujan dan karakteristik daerah pengaliran itu. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung debit banjir rencana adalah sebagai berikut:

1. Metode Hasper

Menurut Hadisusanto (2010), “Hasper melakukan penelitian pada beberapa daerah aliran sungai dengan luas maksimum lebih dari 100 km²”. Rumus untuk mencari debit banjir dengan metode Hasper dalam Joesron (1987) adalah.

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q \times F \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

Q_n = debit maksimum untuk periode ulang n tahun (m³/det)

α = koefisien pengaliran

β = koefisien reduksi

q = hujan maksimum (m³/det/km²)

F = luas daerah pengaliran (km²)

2. Metode Melchior

Menurut Hadisusanto (2010:159), “Pada penelitiannya Melchior banyak membuat rumusan-rumusan tentang memperkirakan debit puncak banjir pada tahun 1895-1896”. Rumus untuk menghitung debit banjir dengan rumus Melchior dalam Hadisusanto (2010: 159) sebagai berikut

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q \times F \times \frac{R_n}{200} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

Q_n = debit maksimum untuk periode ulang n tahun (m^3/det)

α = koefisien pengaliran

β = koefisien reduksi

q = hujan maksimum ($m^3/det/km^2$)

F = luas daerah pengaliran (km^2)

R_n = curah hujan maksimum periode ulang n tahun (mm)

Metode yang umum digunakan untuk memperkirakan laju aliran puncak (debit banjir atau debit rencana) yaitu Metode Rasional USSCS (1973). Metode ini digunakan untuk daerah yang luas pengalirannya kurang dari 300 ha (Goldman et.al., 1986, dalam Suripin, 2004). Metode Rasional dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Persamaan matematik Metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

dimana :

Q : Debit ($m^3/detik$)

0,278 : Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan km^2

C : Koefisien aliran

I : Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A : Luas daerah aliran (km^2)

Di wilayah perkotaan, luas daerah pengaliran pada umumnya terdiri dari beberapa daerah yang mempunyai karakteristik permukaan tanah yang berbeda (subarea), sehingga koefisien pengaliran untuk masing-masing subarea nilainya berbeda, dan untuk menentukan koefisien pengaliran pada wilayah tersebut dilakukan penggabungan dari masing-masing subarea. Variabel luas subarea dinyatakan dengan A_j dan koefisien pengaliran dari tiap subarea dinyatakan dengan C .

D. Parameter Morfometri DAS

Karakteristik dasar alami suatu DAS disebut morfometri DAS. Morfometri merupakan sifat atau karakteristik yang dipengaruhi faktor-faktor alamiah dari suatu DAS yang tidak dapat diubah manusia (Murtiono, 2001). Kombinasi antara faktor morfometri DAS dengan faktor-faktor yang dapat diubah manusia (*manageable*) seperti tata guna lahan, kemiringan dan panjang lereng akan memberikan respon spesifik dari DAS terhadap curah hujan yang jatuh. Respon tersebut akan mempengaruhi besar-kecilnya nilai parameter karakteristik hidrologi seperti evapotranspirasi, infiltrasi, aliran permukaan, kandungan air tanah dan perilaku aliran sungai (Glennon, 2001; Luo and Howard, 2006; Nöges, 2009; Rahayu, Widodo, Noordwijk, Suryadi dan Verbist, 2009). Karakteristik morfometri DAS selain dapat mempengaruhi karakteristik kualitas air yang keluar dari daerah tangkapannya (Nöges, 2009), juga dapat digunakan untuk menduga hidrograf satuan (alih ragam hujan menjadi limpasan) (Slamet, 2008). Karakteristik morfometri DAS bersama-sama penggunaan lahan dapat digunakan untuk mengevaluasi terjadinya banjir bandang dalam suatu kawasan (Nugroho, 2009).

Parameter morfometri DAS meliputi : luas DAS, panjang sungai utama, lebar DAS, panjang DAS, kerapatan aliran, panjang aliran, lereng rata-rata DAS, lereng rata-rata alur sungai, *circulation ratio* (kedekatan DAS dengan bentuk bulat), *limniscate constant* (konstanta yang menunjukkan bentuk DAS), *bifurcation ratio* (indeks percabangan sungai), rata-rata tertimbang ordo sungai, keliling DAS, panjang sungai total, dan koefisien bentuk DAS.

Pada dua yang bentuknya serupa namun mempunyai ukuran yang berbeda, aliran permukaan yang berjalan dari suatu titik di bagian hulu DAS besar akan menempuh waktu yang lebih lama sebelum sampai ke outlet. Sedangkan, jika ada dua DAS dengan luas yang sama namun bentuknya berbeda (salah satu DAS memanjang dan sempit, lainnya melebar dan pendek), maka titik air pada DAS yang relatif melebar akan sampai ke outlet lebih cepat dan aliran airnya akan sampai di outlet pada waktu yang bersamaan sehingga akan menghasilkan debit puncak yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada bentuk DAS yang memanjang, maka titik-titik air dari berbagai lokasi di wilayah hulu DAS relatif kecil kemungkinannya untuk sampai di outlet pada waktu bersamaan.

Meander atau bentuk lika-liku ruas aliran di sepanjang sungai menambah jarak tempuh lebih panjang bagi air untuk mengalir sampai ke outlet. *Meander* meningkatkan waktu tempuh air dari hulu untuk mencapai outlet. Pada dua DAS yang bentuknya sama jika salah satu DAS mempunyai *meander* maka panjang sungai tersebut lebih panjang. Maka air mengalir akan lebih lambat.

Kemiringan (*slope*) mempengaruhi jumlah dan waktu aliran untuk mencapai outlet. *Slope* yang besar akan menyebabkan kontak antara air hujan dan permukaan tanah tidak lagi tegak lurus. Akibatnya aliran permukaan akan lebih besar karena potensi infiltrasi berkurang akibat berkurangnya gaya gravitasi. Adanya aliran mengakibatkan sedimen terbawa (*transport*). Erosi dapat terjadi ketika air menggerus sedimen di permukaan tanah. Erosi akan meningkat sejalan dengan kemiringan. Pada umumnya, semakin miring permukaan tanah maka semakin miring pula saluran drainase alami di dalam DAS dan semakin cepat aliran ke bawah serta semakin tinggi debit teramati di outlet.

Kerapatan jaringan sungai (*stream density*) adalah jumlah panjang semua sungai dan anak sungai di dalam DAS dibagi dengan luas DAS. Suatu DAS dengan satu sungai dan anak sungai yang banyak tentu kerapatannya lebih tinggi dibandingkan dengan DAS dengan satu sungai dan beberapa anak sungai. Kerapatan yang tinggi ini memungkinkan mengurangi debit puncak karena air teraliri ke anak-anak sungai. Jika DAS kerapatan sungainya rendah,

DAS tersebut pada umumnya mengandung tanah yang baik sehingga air akan lebih terinfiltrasi ke dalam tanah.

E. Pendekatan dan metode pengukuran debit sesaat

Ada beberapa metode dalam pengukuran debit air suatu sungai atau sumber air di dalam kawasan, mulai dari metode yang cukup sederhana (menggunakan alat-alat sederhana) sampai dengan menggunakan metode yang cukup rumit dan mahal (menggunakan alat manual dan otomatis). Metode pengukuran debit air secara sederhana dapat membantu mempermudah pengambilan data debit air suatu sumber mata air yang ada di dalam kawasan.

Pengukuran debit air dengan Metode Tampung

Metoda ini dilakukan untuk pengukuran sumber mata air yang tidak menyebar dan bisa dibentuk menjadi sebuah terjunan (pancuran). Waktu rata-rata merupakan hasil pembagian antara jumlah total waktu pengukuran dengan jumlah pengulangan pengukuran.

$$T_{rata-rata} = \frac{S_{waktu}}{n} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- T_{rata-rata} = Waktu rata-rata (detik)
- S_{waktu} = Total Waktu Pengukuran
- N = Pengulangan Pengukuran

Debit air (Q) merupakan hasil perkalian antara luas penampang (A) saluran/aliran dengan kecepatan (v) aliran air.

$$Q = A.V \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

- Q = Debit aliran (m³/detik)
- A = Luas penampang saluran (m²)
- V = Kecepatan aliran air (m/detik)

Pengukuran debit air dengan Metoda Apung

Metoda ini menggunakan alat bantu suatu benda ringan (terapung) untuk mengetahui kecepatan air yang diukur dalam satu aliran terbuka. Biasanya dilakukan pada sumber air yang membentuk aliran yang seragam (*uniform*).

Pengukuran dilakukan oleh 3(tiga) orang yang masing- masing bertugas sebagai pelepas pengapung di titik awal, pengamat di titik akhir lintasan dan pencatat waktu perjalanan alat pengapung dari awal sampai titik akhir.

Pengukuran dilakukan dengan cara menghanyutkan benda terapung dari suatu titik tertentu (start) kemudian dibiarkan mengalir mengikuti kecepatan aliran sampai batas titik tertentu (finish), sehingga diketahui waktu tempuh yang diperlukan benda terapung tersebut pada bentang jarak yang ditentukan tersebut.

Luas penampang (A) merupakan hasil perkalian antara Lebar rata-rata (L) saluran/aliran dengan Kedalaman rata-rata (H) saluran /aliran air.

$$A = L \text{ rata-rata} \times H \text{ rata-rata} \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

A = Luas Penampang (m²)

L rata-rata = Lebar rata-rata (meter)

H rata-rata = Kedalaman rata-rata (meter)

F. Kesimpulan

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan satu kesatuan ekosistem yang unsur-unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam tanah, air dan vegetasi serta sumberdaya manusia sebagai pelaku pemanfaat sumberdaya alam tersebut. Sebagai suatu kesatuan tata air, DAS dipengaruhi kondisi bagian hulu khususnya kondisi biofisik daerah tangkapan dan daerah resapan air yang di banyak tempat rawan terhadap ancaman gangguan manusia

G. SOAL

1. Jelaskan pengertian DAS menurut beberapa ahli!
2. Sebutkan keterkaitan antara presipitasi dengan Kondisi Daerah Aliran Sungai?
3. Jelaskan Hubungan morfologi wilayah dengan debit yang dihasilkan di wilayah DAS?
4. Diketahui suatu DAS mempunyai luas 12 m^2 dengan kecepatan aliran air 5 m/det . Berapa debit air DAS tersebut?
5. Jelaskan cara pengukuran debit air dengan metode Apung!

BAB 8

STASIUN PENGAMATAN ARUS SUNGAI

A. Pendahuluan

Sungai adalah sebuah sistem alur alam yang secara menerus menyesuaikan dirinya terhadap perubahan lingkungan sekitarnya dalam bentuk aksi dan reaksi. Kerusakan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dimonitor dengan menggunakan data fluktuasi debit, tingkat sedimentasi, serta rasio antara curah hujan dengan aliran permukaan (respon hidrologis). Penyusunan rencana pengelolaan sumberdaya air pada suatu DAS yang baik dan akurat membutuhkan seperangkat informasi yang memadai dan berkelanjutan mulai dari data curah hujan, tingkat sedimentasi, dan debit aliran. Sebagai sumber informasi dalam perencanaan dan pengelolaan suatu DAS, dibangun sebuah Stasiun Pengamat Arus Sungai (SPAS) yang dilengkapi alat pemantau otomatis yang akan memudahkan pihak-pihak terkait dalam pemantauan kondisi hidrologis daerah aliran sungai tersebut (Asdak, 2002).

Stasiun Pengamat Arus Sungai (SPAS) merupakan sarana yang berfungsi sebagai pendeteksi indikator kesehatan DAS atau daerah tangkapan di atasnya. Air yang merupakan indikator kesehatan DAS dalam system hidrologi dipengaruhi oleh beberapa aspek yaitu, penutupan lahan, jenis tanah, kemiringan lahan, jaringan sungai serta sosial ekonomi. Suatu DAS diamati bagaimanerespon hidrologinya, dimana respon tersebut menunjukkan kualitas dari kondisi DAS, sehingga lebih jauh bias di evaluasi apakah pengelolaannya sudah benar, bijak, dan mendukung siklus hidrologi

yang sehat atau belum, bahkan atau malah sebaliknya pengelolaannya tidak benar dan menyebabkan kerusakan yang lebih besar.

Maksud pembangunan dan pengelolaan SPAS (pos hidrologi) adalah untuk memperoleh data dan informasi tata air guna meningkatkan dan memperbaiki pengelolaan lahan area DAS atau Sub DAS sehingga dapat diketahui kondisi kesehatan dari DAS atau Sub DAS tersebut dengan memakai standar dan kriteria tertentu. Tujuan diketahuinya kondisi tata air di DAS atau Sub DAS adalah sebagai parameter kinerja pengelolaan lahan dan hutan yang lestari sehingga menjadi alat pendukung bagi Dinas Tata Air, Balai Pengelolaan DAS, ataupun pihak-pihak yang terkait dalam kegiatan perencanaan, monitoring, dan evaluasi pengelolaan DAS atau Sub DAS.



Macam-macam bentuk SPAS

Dengan Penampang Sungai Alami



B. Pemilihan Lokasi SPAS

Penentuan lokasi titik pembangunan SPAS:

1. Alur sungai lurus sejauh lebih dari 4 kali lebar sungai rata-rata pada saat banjir
2. Pada waktu banjir air sungai tidak melimpah bibir sungai•Lokasi mudah dicapai terutama pada saat banjir
3. Penyebaran aliran di penampang bersifat merata dan mengumpul, baik pada saat air kecil, sedang maupun banjir
4. Tersedia lokasi pengukuran debit dari muka air rendah sampai tinggi
5. Lokasi sedapat mungkin dekat dengan tempat tinggal penduduk.
6. Ruas sungai lurus dan uniform di bagian hulu dan hilir lokasi stasiun (kira-kira sepanjang 5 -10 kali lebar sungai ke arah hulu dan hilir).
7. Tebing dan dasar sungai relative stabil tidak banyak mengalami perubahan karena gerusan dan sedimentasi (lebih disukai tanah lempung daripada pasir) agar hubungan luas -debit tidak banyak berubah

8. Tebing dan dasar sungai tidak terganggu oleh gangguan aliran (penyempitan, vegetasi, tampang jembatan yang sempitdll).
9. Tebing cukup dalam sehingga pada saat banjir tidak terjadi luapan debit keluar dari ruas sungai sehingga masih cukup dalam untuk menurunkan current meter sehingga kecepatan terukurnya bebas dari pengaruh kekasaran dasar sungai.
10. Pada saat pengukuran dipilih tampang sungai yang mempunyai kecepatan aliran antara 0.3 s/d 1.2 m/det.

C. Pengambilan Data Tata Air

1. Data Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari hasil pencatatan alat pengukur curah hujan otomatis ARR (Automatic Rainfall Recorder), alat pengukur curah hujan digital dan catatan manual pengamat.

2. Data Tinggi Muka Air (TMA)

Data tinggi muka air diperoleh dari hasil pencatatan alat pengukur tinggi muka air AWLR (Automatic Water Level Recorder), alat pengukur TMA digital atau catatan manual pengamat. Data Curah Hujan dan TMA direkam dalam bentuk digital di komputer.

3. Data ukuran penampang sungai

Di setiap SPAS ukuran penampang sungai sudah dibuat sedemikian rupa sehingga sistematis, oleh karena itu pengukurannya tinggal menghitung langsung di lapangan dengan menggunakan meteran atau dengan tambahan alat penunjang selang plastik yang diisi air. Bidang yang diukur adalah:

1. lebar dasar sungai
2. panjang jalur pengukuran
3. kemiringan tebing sungai

4. Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran bisa dengan menggunakan rumus empiris dan juga dengan menggunakan pelampung.

5. Pengukuran Sedimen

Pengukuran sedimen dilakukan terhadap sample air yang diambil pada saat terjadi kenaikan tinggi muka air akibat hujan di setiap lokasi SPAS. Sedimentasi adalah jumlah

material tanah terangkut oleh aliran sungai yang berasal dari proses erosi di atasnya. Indikator terjadinya sedimentasi dapat dilihat dari kandungan sedimen yang terangkut oleh aliran sungai. Makin kecil konsentrasi sedimen yang terbawa oleh aliran berarti semakin sehat kondisi DAS.

6. Lengkung Aliran

Lengkung aliran atau "rating curve" adalah grafik hubungan antara muka air dengan debit aliran pada waktu yang sama. Untuk membuat lengkung aliran diperlukan pengamatan tinggi muka air dan debit aliran dari mulai tinggi muka air terendah sampai tertinggi. Oleh karena itu rekaman tinggi muka air dan debit dari setiap SPAS mutlak diperlukan.

7. Lengkung Sedimen

Lengkung sedimen menggambarkan hubungan antara debit aliran dengan kandungan sedimen.

D. Cara-Cara Pengukuran Debit Aliran

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 2014). Debit aliran merupakan satuan untuk mendekati nilai-nilai hidrologis proses yang terjadi di lapangan. Kemampuan pengukuran debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumberdaya air di suatu wilayah DAS. Dalam praktek, sering variasi kecepatan pada tampang lintang diabaikan, dan kecepatan aliran dianggap seragam di setiap titik pada tampang lintang yang besarnya sama dengan kecepatan rerata V , sehingga debit aliran adalah:

$$Q = A \times V$$

Dengan :

Q = Debit Aliran (m^3/s)

A = Luas Penampang (m^2)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

Ada beberapa metode pengukuran debit aliran sungai yaitu :

1. Area-velocity method
2. Flood area method
3. Metode kontinyu

1. Velocity Method

Pada prinsipnya adalah pengukuran luas penampang basah dan kecepatan aliran. Penampang basah (A) diperoleh dengan pengukuran lebar permukaan air dan pengukuran kedalaman dengan tongkat pengukur atau kabel pengukur. Kecepatan aliran dapat diukur dengan metode:

metode current-meter dan metode apung. Current meter adalah alat untuk mengukur kecepatan aliran (kecepatan arus). Ada dua tipe current meter yaitu tipe baling-baling (proppeler type) dan tipe canting (cup type). Oleh karena distribusi kecepatan aliran di sungai tidak sama baik arah vertikal maupun horisontal, maka pengukuran kecepatan aliran dengan alat ini tidak cukup pada satu titik. Debit aliran sungai dapat diukur dengan beberapa metode. Tidak semua metode pengukuran debit cocok digunakan. Pemilihan metode tergantung pada kondisi (jenis sungai, tingkat turbulensi aliran) dan tingkat ketelitian yang akan dicapai.

2. Pengukuran Debit dengan Cara Apung (Flood area method)

Kecepatan aliran (V) ditetapkan berdasarkan kecepatan pelampung (U) luas penampang (A) ditetapkan berdasarkan pengukuran lebar saluran (L) dan kedalaman saluran (D) debit sungai (Q) = A x V atau $A = \frac{Q}{k}$ dimana k adalah konstanta

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

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{det)}$$

$$U = \text{kecepatan pelampung (m/det)}$$

$$A = \text{luas penampang basah sungai (m}^2\text{)}$$

$$k = \text{koefisien pelampung}$$

3. Pengukuran Debit dengan Metode Kontinyu.

Current meter diturunkan kedalam aliran air dengan kecepatan penurunan yang konstant dari permukaan dan setelah mencapai dasar sungai diangkat lagi ke atas dengan kecepatan yang sama.

E. Kesimpulan

Stasiun Pengamat Arus Sungai (SPAS) merupakan sarana yang berfungsi sebagai pendeteksi indikator kesehatan DAS atau daerah tangkapan diatasnya. Air yang merupakan indikator kesehatan DAS dalam system hidrologi dipengaruhi oleh beberapa aspek yaitu, penutupan lahan, jenis tanah, kemiringan lahan, jaringan sungai serta sosial ekonomi. Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari DaerahAliran Sungai (DAS).

F. Soal Latihan

Jawablah soal berikut dengan benar !

1. Jelaskan pengertian dari spas!
2. Jelaskan tentang debit aliran!
3. Bagaimana syarat unuk pendirian SPAS?
4. Bagaimana cara pengukuran debit aliran?
5. Bagaimana pengukuran debit aliran dengan cara apung?

BAB 9

AIR TANAH

A. Konsep Air Tanah

Secara umum Air tanah dapat didefinisikan sebagai salah satu bentuk air yang berada di sekitar bumi kita dan terdapat di dalam tanah. Air tanah pada umumnya terdapat dalam lapisan tanah baik dari yang dekat dengan permukaan tanah sampai dengan yang jauh dari permukaan tanah. Namun jika kita artikan dalam kaidah keilmuan maka air tanah dapat di definisikan sebagai berikut:

- Menurut (Kodoatie, 2012) Air Tanah merupakan bagian air di alam yang terdapat di bawah permukaan tanah. Pembentukan air tanah mengikuti siklus peredaran air di bumi yang disebut daur hidrologi, yaitu proses alamiah yang berlangsung pada air di alam yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus.
- Menurut (Sanropie, 1984) Air tanah adalah air yang tersimpan di dalam lapisan batuan yang mengalami penambahan secara terus menerus oleh alam secara terus menerus.
- Menurut Bouwer, 1978; Freeze dan Cherry, 1979;- Air Tanah adalah sejumlah air dibawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase atau dengan pemompaan. Dapat pula disebut aliran alami yang mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan.
- Menurut Soemarto, 1989 - Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang berada

dibawah permukaan tanah dinamakan lajur jenuh (saturated zone) dan lajur yang tidak jenuh terletak diatas lajur sampai ke permukaan tanah yang rongga-rongganya berisi air dan udara.

- Menurut Fetter, 1994 – Air tanah adalah air yang tersimpan pada lajur jenuh kemudian bergerak sebagai aliran melalui batuan dan lapisan-lapisan tanah yang ada di bumi hingga air tersebut kelaur sebagai mata air, terkumpul ke kolam, danau, sungai, dan laut. Batas atas lajur jenuh air disebut dengan muka air tanah (water table)
- Menurut Asdak, 2002 – Air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir dibawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, perbedaan potensi kelembapan tanah, dan gaya gravitasi bumi.
- Undang Undang No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, yaitu air yang terdapat dalam lapisan tanah atau baruan dibawah permukaan tanah.

Air tanah terbentuk berkaitan dengan adanya siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah suatu siklus yang terjadi di lingkungan perairan. Siklus ini akan terus berjalan dan tidak akan berhenti, dimana proses air dari atmosfer yang turun ke bumi dalam bentuk hujan atau salju akan kembali lagi ke atmosfer secara berulang terus menerus.

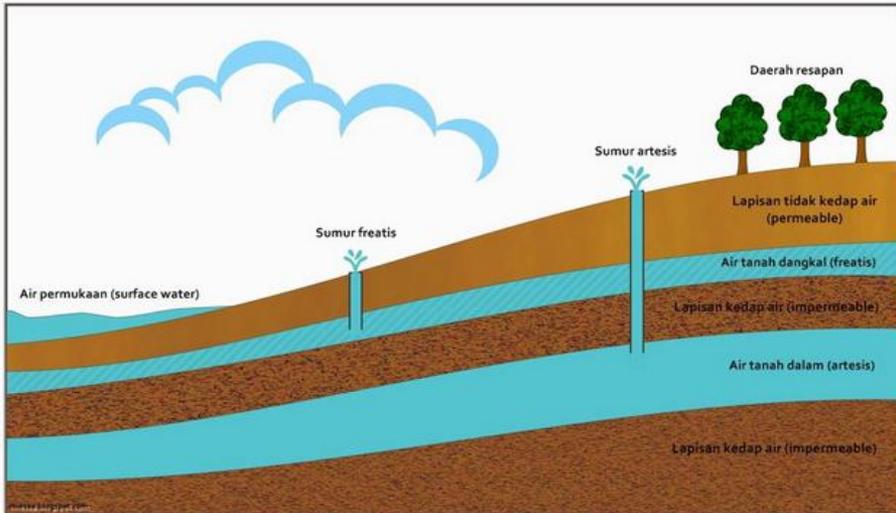
Air yang turun ke bumi sebagai air hujan sebagian besar akan mengalir dipermukaan tanah sebagai air permukaan, seperti sungai, danau, atau rawa. Sebagian kecil air hujan tersebut juga meresap ke dalam tanah dan masuk ke dalam zona jenuh, sehingga menjadi air tanah.



Gambar 12.1. Sumur adalah contoh Pemanfaatan Air tanah oleh rumah tangga (<https://hydromart.co.id>)

Air bawah tanah memiliki peran yang penting dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air, baik untuk makhluk hidup, rumah tangga dan industri. Air memiliki manfaat penting bagi seluruh aspek kehidupan, baik untuk air minum, kegiatan rumah tangga, serta kepentingan industri. Ketergantungan manusia akan air bersih saat ini telah mencapai 70% dan kemungkinan akan meningkat jika musim kemarau melanda. Apabila pasokan atau cadangan air menipis, maka akan terjadi ancaman bencana kekeringan.

Air tanah dapat berada dibawah permukaan tanah dalam bentuk kumpulan air, seperti pada gua bawah tanah atau sungai bawah tanah. Keberadaan air bawah tanah dapat mencapai kedalaman puluhan bahkan ratusan meter dibawah permukaan bumi. Semakin kedalam akan ditemukan lapisan-lapisan batuan yang lolos air dan tidak lolos air. Lapisan permeable atau lapisan lolos air adalah lapisan batuan yang terdiri dari kerikil, pasir, batu apung, dan batuan yang retak. Sedangkan, lapisan impermeable atau lapisan tidak lolos air adalah lapisan batuan yang kedap air dan terdiri dari napal, tanah liat, dan tanah lempung. Meski tanah lempung dapat menyerap air, akan tetapi memiliki sifat jenuh air sehingga daya serapnya terbatas.



Gambar 12.2. Skema Lapisan Air Tanah (<https://rimbakita.com>)

Air hujan yang turun ke bumi akan meresap secara infiltrate ke zona tak jenuh (zone of aeration). Setelah itu akan masuk lebih dalam secara percolate hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Terbentuknya air tanah adalah bagian dari tahap siklus air atau daur hidrologi. Air tanah dapat berinteraksi dengan air permukaan dipengaruhi oleh berbagai komponen lain, seperti topografi, jenis batuan penutup, tumbuhan penutup, penggunaan lahan, dan kegiatan manusia di permukaan. Kualitas air tanah dan air permukaan saling berkaitan satu sama lain.

Air tanah digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu berdasarkan letak di permukaan tanah dan berdasarkan asalnya. Air tanah berdasarkan letaknya dibagi kembali menjadi 2 jenis, yaitu Air Tanah Freatik dan Air Tanah Dalam (Artesis).

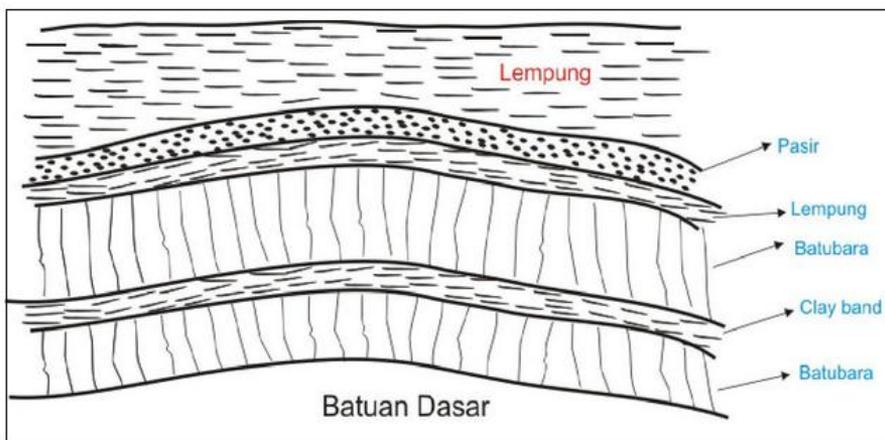
- Air Tanah **Freatik** adalah air tanah dangkal yang terletak tidak jauh dari permukaan tanah dan berada diatas lapisan impemeable atau kedap air, contohnya adalah air sumur.
- Air Tanah Dalam (**Artesis**) adalah air tanah yang terletak di antara lapisan akuifer dan batuan kedap air, contohnya adalah sumur artesis.

Sedangkan, air tanah berdasarkan asalnya kembali dibagi menjadi 3 jenis, yaitu Air Tanah Meteorit (Vados), Air Tanah Baru (Juvenil), dan Air Konat.

- Air Tanah Meteorit (**Vados**) adalah air tanah yang berasal dari proses presipitasi (hujan) dari awan yang mengalami kondensasi dan tercampur dengan debu meteorit.
- Air Tanah Baru (**Juvenil**) adalah air tanah yang berasal dari dalam bumi karena tekanan intrusi magma, contohnya adalah geysir atau sumber air panas.
- Air **Konat** adalah air tanah yang terkurung pada lapisan batuan purba.

B. Jenis Jenis Akifer

Menurut Danaryanto, dkk, 2005 - Terbentuknya air tanah merupakan proses yang melewati beberapa lapisan batuan dibawah permukaan tanah yang memiliki keterdapatan, penyebaran dan pergerakan air ranah dengan penekanan pada hubungan terhadap kondisi geologi suatu daerah.



Gambar 12.3. Komposisi Batuan Pembentuk Air Tanah (<https://rimbakita.com>)

Berdasarkan sikap batuan terhadap air, maka terdapat beberapa karakteristik batuan yang dibagi menjadi Akuifer (aquifer), Akuiklud (aquiclude), Akuitar (aquitard), Akuifug (aquifuge).

- Akuifer (aquifer) adalah lapisan pembawa air. Berupa lapisan batuan yang memiliki susunan tertentu yang mampu menyimpan air dan mengalirkan air dalam jumlah cukup pada kondisi lapang. Sifat dari batuan akuifer adalah permeabel, terdiri dari pasir, keriki, batuan retak dan batu gamping yang berlubang
- Akuiklud (aquiclude) adalah lapisan batuan yang mampu menyimpan air, tapi tidak dapat mengalirkan air dalam jumlah yang cukup. Batuan ini terdiri dari lempung, shale, tuf halus dan silt
- Akuitar (aquitard) adalah lapisan batuan yang memiliki formasi tertentu dan mampu menyimpan air serta hanya dapat mengalirkan air dalam jumlah tertentu
- Akuifug (aquifuge) adalah lapisan batuan yang memiliki formasi tertentu. Pada lapisan ini air tidak dapat disimpan dan dialirkan. Batuan ini terdiri dari granit dan batuan padat

Berdasarkan pengertian dan karakteristiknya, lapisan batuan akuifer merupakan lapisan yang paling baik dalam menyimpan air tanah. Menurut Undang-undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan, cekungan air tanah adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung. Tipe akuifer dibagi menjadi tiga, yaitu akuifer bebas (unconfined aquifer), akuifer tertekan (confined aquifer), dan akuifer semi tertekan (leaky aquifer).

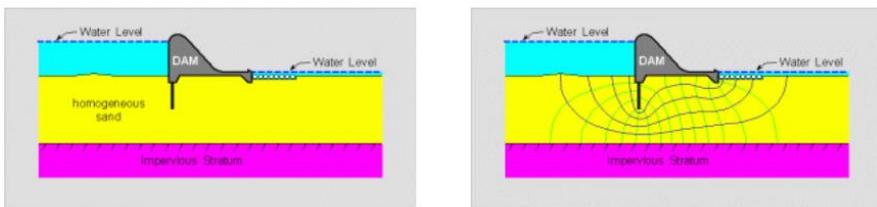
- Akuifer bebas (unconfined aquifer) adalah akuifer jenuh air dengan lapisan pembatas pada bagian bawah dan tidak ada pembatas di lapisan atas atau langsung berbatasan dengan permukaan tanah
- Akuifer tertekan (confined aquifer) adalah akuifer dengan batas lapisan atas dan lapisan bawah berupa formasi tidak tembus air, muka air akan muncul diatas formasi tertekan bawah. Akuifer ini terisi penuh oleh air tanah, sehingga jika dilakukan pengeboran

akan menyebabkan naiknya muka air tanah pada sumur bor yang melebihi kondisi semula

- Akuifer semi tertekan (leaky aquifer) adalah akuifer jenuh air dengan batasan lapisan atas berupa akuitard dan lapisan bawah berupa akuiklud. Akuifer semi-tertekan atau akuifer bocor adalah akuifer jenuh yang sempurna, pada bagian atas dibatasi lapisan semi-lulus air dan bagian bawah adalah lapisan lulus air ataupun semi-lulus air.

C. Jaring Aliran Air Tanah

Jaring aliran merupakan penggambaran hukum kontinuitas aliran air didalam tanah, umumnya digunakan untuk tanah dengan batasan tertentu Misalnya pada kasus bendungan, bila beda gradien hidrolis total dari bagian hulu dan hilir bendungan telah diketahui, maka jaring aliran yang terjadi di dalam pasir dapat digambarkan (homogeneous sand). Flownet merupakan metode grafis yang awalnya dikembangkan oleh Philipp Forchheimer seorang Insinyur Austria dan disempurnakan oleh Arthur Casagrande, seorang insinyur Amerika yang merupakan salah satu dari pengembang pertama bidang keilmuan mekanika tanah.

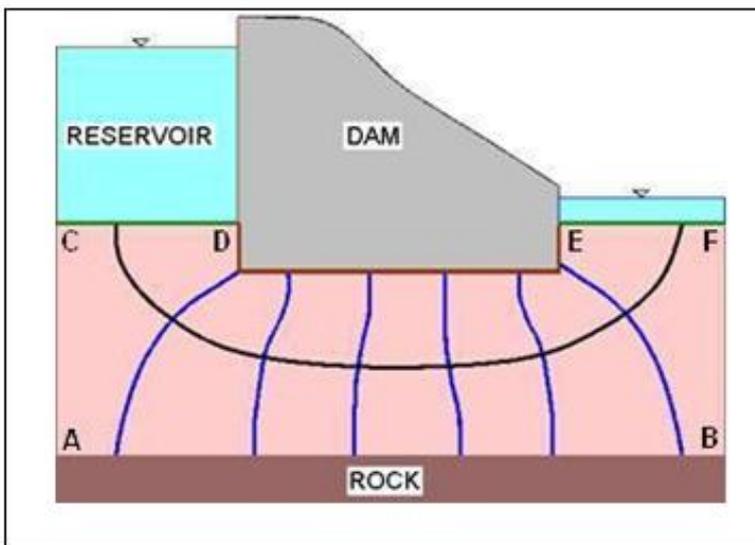


Gambar 12.4. Bendungan dengan garis aliran dan garis ekuipotensial (<http://sml.sipil.ft.unand.ac.id>)

Tekanan efektif tanah adalah tekanan yang bekerja pada butir-butir tanah. Sedangkan tekanan yang bekerja pada air yang ada di dalam pori tanah disebut dengan tekanan pori. Jika suatu tanah menerima tekanan dari luar, maka tekanan tersebut akan diterima oleh butir-butir tanah dan air yang ada di dalam pori tanah. Dengan demikian tekanan total dalam tanah merupakan penjumlahan antara

tekanan efektif dan tekanan pori (Holtz and Kovacs, 1981). Jumlah tekanan total ini tetap selalu sama dengan tekanan dari luar yang bekerja pada tanah. Jika ada penambahan tekanan dari luar, kemungkinan air dalam tanah akan keluar sehingga tekanan porinya berkurang. Pengurangan tekanan pori ini akan mengakibatkan bertambahnya tekanan efektif tanah sebesar pengurangan tekanan pori tersebut.

Pada konstruksi bendung sungai, bagian dasarnya akan menerima tekanan angkat yang diakibatkan oleh tekanan air. Hal ini terjadi karena sifat tekanan air akan selalu tegak lurus terhadap bidang tekannya. Tekanan angkat akibat air ini berasal dari tekanan hidrostatik dan tekanan rembesan. Sedangkan tekanan rembesan akan tergantung dari besarnya tinggi tekanan rembesan yang dapat dilihat pada garis ekipotensial yang ada pada gambar jaringan aliran. Tekanan rembesan merupakan akibat dari adanya perbedaan antara muka air bagian hulu dan bagian hilir. Kecepatan rembesan tergantung dari permeabilitas tanah dan tentunya gradien hidrolis yang ada



Gambar 12.5. Contoh Jaringan Aliran pada bendungan (<http://sml.sipil.ft.unand.ac.id>)

D. Perhitungan Debit Air Tanah

Bagian dari hidrologi yang membahas tentang pengukuran air dan pengumpulan data untuk analisis hidrologi disebut hidrometri. Pada umumnya pengukuran debit tidak dapat dilakukan secara kontinyu sehingga sering didapat kesulitan dalam menentukan besarnya debit dalam keadaan tertentu misalnya pada saat banjir. Bila dimungkinkan dalam pengukuran debit aliran diusahakan dilakukan pada daerah :

1. Alirannya stabil tidak ada turbulensi (little flow turbulence)
2. Alirannya lurus (straight channel)
3. Alirannya mengecil ke arah lebar (channel constriction not expansion)
4. Saluran tunggal (single channel)
5. Tidak ada aliran air yang tertahan karena pasang bending (no backwater influence)

Pada dasarnya dalam pengukuran debit dibutuhkan data

1. Luas penampang aliran (A)
2. Kecepatan aliran air rata-rata (V)

Apabila kedua data tersebut sudah didapat maka untuk menghitung debit sangatlah mudah

Dengan rumus:

$$Q = A \times V$$

Kecepatan aliran air (sungai bawah tanah) merupakan komponen yang sangat penting, hal ini disebabkan oleh pengukuran debit secara langsung di suatu penampang sungai tidak dapat dilakukan (paling tidak dengan cara konvensional). Kecepatan aliran ini diukur dalam satuan panjang setiap satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam m/detik

KESIMPULAN

- Air tanah adalah air yang terdapat di dalam tanah. Air tanah berasal dari salju, hujan atau bentuk curahan lain yang meresap ke dalam tanah dan tertampung pada lapisan kedap air.
- Air yang tersimpan di bawah tanah itu disebut air tanah. Sementara air yang tidak bisa diserap dan berada di permukaan tanah disebut air permukaan.
- Air artesis adalah air tanah yang terletak jauh di dalam tanah, di antara dua lapisan kedap air.
- Lapisan di antara dua lapisan kedap air tersebut disebut lapisan akuifer. Lapisan tersebut banyak menampung air. Jika lapisan kedap air retak, secara alami air akan keluar ke permukaan. Air yang memancar ke permukaan disebut mata air artesis. Air artesis dapat dapat diperoleh melalui pengeboran. Sumur pengeborannya disebut sumur artesis.
- Air yang berhasil meresap ke bawah tanah akan terus bergerak ke bawah sampai dia mencapai lapisan tanah atau batuan yang jarak antar butirannya sangat-sangat sempit yang tidak memungkinkan bagi air untuk melewatinya. Ini adalah lapisan yang bersifat impermeabel. Lapisan seperti ini disebut lapisan aquitard

SOAL

1. Jelaskan mengapa air sumur bisa mengering pada saat musim kemarau ?
2. Jelaskan tipe akuifer pada air tanah!
3. Jelaskan mengapa karakteristik tutupan batuan menentukan kualitas air tanah?
4. Mengapa perhitungan debit sungai pada morfologi sungai berbelok-belok sulit dilakukan?
5. Jelaskan mengenai jaringan aliran air tanah untuk pembangunan!

BAB 10

KUALITAS AIR

A. Pengertian Kualitas Air

Kualitas air adalah kondisi kualitatif air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter parameter tertentu berdasarkan perundang-undangan yang berlaku (Pasal 1 Kepmen Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003). Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang dilakukan adalah uji kimia, fisika, biologi, atau uji kenampakan (bau dan warna). Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kondisi air tetap dalam kondisi alamiahnya.

Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu kegiatan atau keperluan tertentu. Dengan demikian kualitas air akan berbeda dari suatu kegiatan ke kegiatan lain, sebagai contoh kualitas air untuk keperluan irigasi berbeda dengan kualitas air untuk keperluan air minum.

Peraturan Pemerintah no 20 tahun 1990 mengelompokkan kualitas air menjadi beberapa golongan menurut peruntukannya. Adapun penggolongan kualitas air menurut penggolongannya adalah:

1. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan B air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum

3. Golongan C air yang dapat digunakan untuk perikanan dan peternakan.
4. Golongan D air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri dan pembangkit tenaga listrik.

B. Tujuan Pemantauan Kualitas Air

Tujuan utama pemantauan kualitas air adalah (Mason,1990):

1. *Environmental Surveillance*, yakni tujuan untuk mendeteksi dan mengukur pengaruh yang ditimbulkan oleh suatu pencemar terhadap kualitas lingkungan setelah pencemar tersebut dihilangkan.
2. *Establishing Water-Quality Criteria*, yakni tujuan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara perubahan variabel-variabel ekologi perairan dengan parameter fisika dan kimia untuk mendapatkan baku mutu kualitas air.
3. *Appraisal of resources*, yakni tujuan untuk mengetahui gambaran kualitas air pada suatu tempat secara umum.

Pada hakikatnya, pemantauan kualitas air pada perairan umum memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai kualitas air dalam bentuk fisika, kimia dan biologi.
2. Membandingkan nilai kualitas air dengan baku mutu sesuai dengan peruntukannya, menurut peraturan Pemerintah no 20 tahun 1990.
3. Menilai kelayakan suatu sumber daya air untuk kepentingan tertentu.

C. Jenis Sampel Air

Sampel air dapat dikelompokkan menjadi tiga sebagai berikut, yaitu:

1. Sampel sesaat, sampel yang diambil secara langsung dari badan air yang sedang dipantau. Sampel ini hanya menggambarkan karakteristik air pada saat pengambilan sampel.
2. Sampel komposit, Sampel campuran dari beberapa waktu pengamatan. Pengambilan sampel komposit dapat dilakukan secara manual ataupun secara otomatis dengan menggunakan

peralatan yang dapat mengambil air pada waktu-waktu tertentu dan sekaligus dapat mengukur debit air.

3. Sampel gabungan tempat, yaitu sampel gabungan yang diambil secara terpisah dari beberapa tempat dengan volume yang sama.

D. Lokasi Pengambilan Sampel Air

1. Air Permukaan

Air permukaan meliputi air sungai, danau, waduk, rawa, dan genangan air lainnya. Pengambilan sampel di sungai yang dekat dengan muara atau laut yang dipengaruhi oleh air pasang harus dilakukan agak jauh dari muara. Untuk pengambilan air sungai dapat dilakukan ditempat-tempat berikut:

1. Sumber Alamiah, yaitu lokasi yang belum pernah atau masih sedikit mengalami pencemaran
2. Sumber air tercemar, yaitu lokasi yang telah tercemar
3. Sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi pemanfaatan sumber air
4. Pengambilan sampel air danau atau waduk dapat dilakukan ditempat masuknya air, ditengah danau atau waduk atau ditempat keluarnya air.

2. Air tanah

Air tanah dibagi menjadi dua jenis yaitu air tanah bebas dan air tanah tertekan. Pengambilan sampel yang berupa air tanah bebas, dapat dilakukan ditempat-tempat berikut:

1. Bagian hulu dan hilir dari lokasi penimbunan/pembuangan sampah kota
2. Bagian hilir daerah pertanian yang diperlakukan menggunakan pupuk kimia secara intensif.
3. Daerah Pantai yang mengalami intrusi air laut

Adapun pengambilan sampel untuk air tanah tertekan yaitu:

1. Sumur produksi air tanah untuk pemenuhan kebutuhan perkotaan, perdesaan, pertanian dan industri
2. Sumur produksi air tanah PAM maupun sarana umum
3. Sumur pemantauan kualitas air tanah
4. Lokasi kawasan industri

E. Standar Kualitas Air

Standart Kualitas Air adalah karakteristik mutu yang dibutuhkan untuk pemanfaatan tertentu dari sumber – sumber air. Standar kualitas air bersih dapat diartikan sebagai ketentuan-ketentuan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan standar kualitas air minum No.492/MENKES/PER/IV/2010 yang biasanya dituangkan dalam bentuk pernyataan atau angka yang menunjukkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi agar air tersebut tidak menimbulkan gangguan kesehatan, penyakit, gangguan teknis, serta 10 gangguan dalam segi estetika. Kualitas air dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu :

a. Fisik

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum menyatakan bahwa air yang layak dikonsumsi dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah air yang mempunyai kualitas yang baik sebagai sumber air minum maupun air baku (air bersih), antara lain harus memenuhi persyaratan secara fisik, tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh, serta tidak berwarna.

Alat ukur yang digunakan antara lain current meter, digunakan untuk mengukur debit air dan kecepatan arus. Salinometer, mengukur kadar garam dalam air. Termometer air, digunakan untuk mengukur suhu berdasarkan termometrik. Turbidity Meter, digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air.

1. Current Meter



Current meter

2. Salinometer



Salinometer

3. Termometer Air



4. Turbidity meter



b. Kimia

Air bersih yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain Besi (Fe), Flourida (F), Mangan (Mn), Derajat keasaman (pH), Nitrit (NO₂), Nitrat (NO₃) dan zat-zat kimia lainnya. Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan untuk standar baku mutu air minum dan air bersih.

c. Bakteriologi

Dalam parameter bakteriologi digunakan bakteri indikator polusi atau bakteri indikator sanitasi. Bakteri indikator sanitasi adalah bakteri yang dapat digunakan sebagai petunjuk adanya polusi feses dari manusia maupun dari hewan, karena organisme tersebut merupakan organisme yang terdapat di dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan. Air yang tercemar oleh kotoran manusia maupun hewan tidak dapat digunakan untuk keperluan minum, mencuci makanan atau memasak karena dianggap mengandung 11 mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan, terutama patogen penyebab infeksi saluran pencernaan.

F. Sistem Penyediaan Air Bersih

Hingga saat ini permasalahan air bersih masih terjadi di wilayah perdesaan yang pada umumnya memiliki sumber air bersih (air permukaan, air bawah tanah, dan mata air) yang melimpah. Kendala yang dihadapi masyarakat perdesaan adalah akses sumber air bersih yang sulit dijangkau, hal tersebut merupakan hambatan bagi wanita dan anak-anak sehingga waktu mereka banyak tersita untuk mendapatkan air. Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Kualitas menyangkut mutu air, bak air baku maupun air hasil pengolahan yang siap di distribusikan. Kuantitas menyangkut jumlah atau ketersediaan air baku yang akan diolah. Perlu pertimbangan apakah sumber air baku tersebut dapat memenuhi kebutuhan air baku selama umur rencana. Kontinuitas menyangkut

kebutuhan air yang terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus-menerus terutama ketika musim kemarau.

1. Kualitas air bersih

Kualitas atau mutu air yang mengalir dalam suatu jaringan pipa distribusi air sangatlah penting. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi air. Bersih adalah agar para konsumen dapat mengkonsumsi air tersebut dengan aman. Air bersih di pengaruhi oleh bahan baku air itu sendiri atau mutu air tersebut baik yang langsung berasal dari alam atau yang sudah melalui proses pengolahan. Pada pengembangan sistem peyedian air bersih, hal yang penting adalah kuantitas dan kualitas air. Air baku yang digunakan untuk menghasilkan air bersih harus memenuhi aturan yang tertuang dalam peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada pasal 8 PP mengenai klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

1. Kelas Satu, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum.
2. Kelas Dua, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman.
3. Kelas Tiga, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman.
4. Kelas Empat, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman.

Syarat-syarat air minum secara umum meliputi sebagai berikut :

1) Syarat-syarat fisik :

1. Air tidak boleh berwarna(harus jernih)
2. Air tidak boleh berasa
3. Air tidak boleh berbau-
4. Bebas dari pantogen organik

2) Syarat-syarat kimia :

1. Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat mineral atau zat-zat kimia yang tercantum dalam jumlah melampaui batas.
2. Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (patogen) dan tidak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan Coli yang melebihi batas-batas yang telah ditentukan yaitu 1 Coli per 100 ml air. Bakteri golongan Coli ini berasal dari usus besar (feces) dan tanah.

2. Kuantitas Air Bersih

Secara umum penyediaan air bersih adalah berasal dari sumber air permukaan atau air dalam tanah. Dimana kuantitas air yang berasal dari air permukaan ini mencukupi untuk di distribusikan. Kuantitas atau jumlah air yang mengalir dari pusat distribusi sangatlah penting dalam merencanakan jaringan distribusi. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya air bersih dapat terlayani dengan baik.

3. Kontinuitas Air Bersih

Air harus bisa tersedia secara terus-menerus meskipun dimusim kemarau selama umur rencana. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi air adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya air bersih dapat terpenuhi secara terus-menerus walaupun dimusim kemarau. Salah satu cara agar menjaga kontinuitas air tetap tersedia adalah dengan membuat tempat penampungan air (Reservoir) untuk menyimpan air sebagai persediaan air.

G. Kesimpulan

Kualitas air adalah kondisi kualitatif air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter parameter tertentu berdasarkan perundang-undangan yang berlaku. Kualitas air dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu factor fisik, factor kimia, faktor biologi. Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu kualitas, kuantitas, dan kontinuitas.

H. Soal Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar !

1. Apa yang dimaksud dengan kualitas air?
2. Bagaimana air dikatakan berkualitas baik?
3. Syarat-syarat air minum ada syarat fisik dan syarat kimia? jelaskan
4. Apa saja syarat-syarat air layak minum?
5. Mengapa dibutuhkan kontinuitas air bersih?

BAB 11

PARAMETER KUALITAS AIR

A. Pendahuluan

Kualitas adalah karakteristik mutu yang diperlukan untuk pemanfaatan tertentu dari berbagai sumber air. Kriteria mutu air merupakan suatu dasar baku mengenai syarat kualitas air yang dapat dimanfaatkan. Baku mutu air adalah suatu peraturan yang disiapkan oleh suatu negara atau suatu daerah yang bersangkutan. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang dilakukan adalah uji kimia, fisik, biologi, atau uji kenampakan (bau dan warna).

B. Parameter Kualitas Air

1. Kadar Keasinan

Kadar keasinan air dapat diukur berdasarkan dua kriteria yaitu: Total Dissolved Solids (TDS) dan Daya Hantar Listrik (DHL). Total Dissolved Solids (TDS) menunjukkan banyaknya zat yang terlarut atau yang mengendap (padat) dalam air. TDS biasanya diukur secara gravimetri, dan mempunyai satuan mg/l. Keuntungan memakai parameter ini adalah bahwa TDS tidak tergantung/independen terhadap suhu, dan tidak terpengaruh oleh jenis garam maupun kombinasinya yang berasal dari sumber yang berbeda. Besarnya nilai TDS juga tidak tergantung dari aspek fisik air yang lain. Nilai TDS dapat diperoleh di laboratorium secara gravimetri atau secara sederhana adalah sebagai berikut : $TDS = \sum (\text{anion} + \text{kation} + \text{silika} + \text{unsur minor} + \text{metal} + \text{unsur terlarut lain})$.

Daya hantar listrik (DHL). Sering juga dikenal sebagai Electrical Conductivity (EC), yaitu kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik yang merupakan fungsi dari konsentrasi larutan (air) termasuk didalamnya total valensi ion yang terlarut serta tingkat ion yang dapat bergerak dalam air. Satuan dari DHL yang biasa dipakai adalah mikrosiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). DHL yang tinggi menunjukkan jumlah ion yang terlarut tinggi. Air laut mempunyai nilai DHL mencapai $50000 \mu\text{S}/\text{cm}$, sementara air tawar mempunyai DHL tidak lebih dari $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Akibatnya, jika kita mencari hubungan antara DHL dan TDS akan terlihat hubungan linier. semakin banyak jumlah ion yang terlarut dalam air, maka akan semakin tinggi pula nilai TDS dan EC-nya.

2. pH (aktivitas ion hidrogen)

Dalam Bahasa Indonesia pH, lebih dikenal sebagai derajat kebasaaan/derajat keasaman. Skala asam-basa ini mempunyai variasi nilai 0 -14.

Tabel 4.8. Klasifikasi Nilai pH dalam airtanah

Nilai pH	Kategori
< 5	asam
5 – 7	agak asam
7	netral
7 – 9	agal basa
> 9	basa

Sumber : Jankowski (2001)

Hubungan antara pH air dan kehidupan hewan (ikan) budidaya

pH air	Kondisi kultur
< 4.5	Air bersifat toksik
5 – 6.5	Pertumbuhan ikan terhambat; pengaruh pada ketahanan tubuh
6.5 – 9.0	Pertumbuhan optimal
> 9.0	Pertumbuhan ikan terhambat

3. Dissolved Oxygen (DO)

Dalam Bahasa Indonesia dikenal sebagai oksigen yang terlarut dalam air. Jika banyak O_2 yang terlarut, maka air yang dievaluasi tentu saja sering kontak dengan udara, sebagai contoh airtanah dangkal. Sebaliknya air tanah dalam pada akuifer tertekan mengandung O_2 yang lebih sedikit. Kelarutan suatu gas pada cairan merupakan karakteristik dari gas tersebut sendiri dan dipengaruhi oleh tekanan, ketinggian suatu tempat, suhu dan salinitas. Setiap kenaikan 100 m dpl, tekanan atmosfer menurun 8-9 mmHg, dan kelarutan gas menurun 1,4%. -Kelarutan oksigen di medium cair menurun seiring dengan naiknya suhu dan banyaknya mineral yang terlihat di medium tersebut. Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh:

1. Suhu air
2. Tekanan atmosfer
3. Kandungan garam-garam terlarut
4. Kualitas pakan
5. Aktivitas biologi perairan

4. Suhu

Kisaran optimal suhu (umum) : 28-32

C--konsumsi oksigen mencapai 2,2 mg/g berat tubuh/jam Pada suhu rendah (<25

C)--konsumsi oksigen meningkat; 3,2 mg/g berat tubuh/jam

Pengukuran menggunakan thermometer -Satuan Unit:°C.

C. Kesadahan

Kesadahan atau hardness adalah salah satu sifat kimia yang dimiliki oleh air. Penyebab air menjadi sadah adalah karena adanya ion-ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , atau dapat juga disebabkan karena adanya ion-ion lain dari polyvalent metal (logam bervalensi banyak) seperti Al, Fe, Mn, Sr dan Zn dalam bentuk garam sulfat, klorida dan bikarbonat dalam jumlah kecil. Konsentrasi total dari ion logam yang bervalensi dua terutama Ca dan Mg yang dinyatakan dalam mg/L setara $CaCO_3$ menunjukkan tingkat kesadahan air (Candra, 2007). Kation ini (Ca^{2+} , Mg^{2+}) apabila bereaksi dengan sabun akan membentuk

endapan dan apabila bereaksi dengan ion-ion dalam air akan dapat membentuk kerak.

Tabel jenis-jenis ion yang mempengaruhi kesadahan

Kation	Anion
Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻
Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
Si ²⁺	Cl ⁻
Fe ²⁺	NO ₃ ⁻
Mn ²⁺	SiO ₃ ²⁻

Kesadahan dinyatakan dengan unit mg/L sebagai CaCO₃ atau sebagai meq/L.

Tabel Kesadahan relatif air

Tingkat kesadahan	meq/L	mg/l sebagai CaCO ₃
Lunak	<1	0 - 75
Sedang	1 -3	75 - 150
Tinggi	3 - 6	150 - 300
Sangat tinggi	> 6	> 300

Air yang mempunyai tingkat kesadahan terlalu tinggi sangat merugikan karena beberapa hal di antaranya dapat menyebabkan korosi pada alat-alat yang terbuat dari besi, menyebabkan sabun kurang berbuih, dan dapat menimbulkan kerak. Menurut WHO, air yang bersifat sadah akan menimbulkan dampak : 1. Terhadap kesehatan dapat menyebabkan cardiovascular disease (penyumbatan pembuluh darah jantung) dan urolithiasis (batu ginjal) 2. Menyebabkan pengerakan pada peralatan logam untuk memasak sehingga penggunaan energi menjadi boros 3. Penyumbatan pada pipa logam karena endapan CaCO₃ 4. Pemakaian sabun mandi menjadi lebih boros karena buih yang dihasilkan sedikit.

Berdasarkan kadar kalsium terdapat lima tingkatan kesadahan air, berikut adalah tingkat kesadahan air berdasarkan kadungan kalsium: 1) Kesadahan Lunak: 0-50 mg/L 2) Kesadahan Medium: 50-150 mg/L 3) Kesadahan Keras: 150-300 mg/L 4) Kesadahan Sangat

Keras: >300 mg/L. Kesadahan dihitung di dalam unit mg/L sebagai CaCO₃ sebagai berikut:

$$\text{Kesadahan (mg/L)} = M_2 \text{ (mg/L)} \times \frac{50}{\text{Berat ekuivalen } M^{2+}}$$

Kesadahan air dibagi menjadi dua sifat, yaitu kesadahan sementara (temporary) dan kesadahan tetap (permanent). Kesadahan sementara (temporary), Air yang memiliki kesadahan sementara adalah air sadah yang mengandung ion bikarbonat (HCO₃⁻) dari Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) atau garam-garam Karbonat (CO₃⁻). Air yang mengandung ion atau senyawa-senyawa tersebut disebut air dengan kesadahan sementara karena kesadahannya dapat dihilangkan dengan pemanasan air, sehingga air tersebut terbebas dari ion Ca²⁺ dan atau Mg²⁺. Kesadahan tetap (permanent) Air dengan kesadahan tetap adalah air yang mengandung anion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion Cl⁻, NO₃⁻ dan SO₄²⁻. Berarti senyawa yang terlarut boleh jadi berupa kalsium klorida (CaCl₂), kalsium nitrat {Ca(NO₃)₂}, kalsium sulfat (CaSO₄), magnesium klorida (MgCl₂), magnesium nitrat {Mg(NO₃)₂}, dan magnesium sulfat (MgSO₄). Air yang mengandung senyawa-senyawa tersebut disebut air dengan kesadahan tetap, karena kesadahannya tidak bisa dihilangkan hanya dengan cara pemanasan. Untuk menghilangkan kesadahan tetap dapat dilakukan dengan cara kimia, yaitu dengan mereaksikan air tersebut dengan zat-zat kimia tertentu. Pereaksi yang digunakan adalah larutan karbonat yaitu Na₂CO₃ atau K₂CO₃. Penambahan larutan karbonat dimaksudkan untuk mengendapkan ion Ca²⁺ dan Mg²⁺.

D. Pengolahan Air Sadah

Air yang mengandung kadar kesadahan yang tinggi perlu dilakukan pengolahan, agar kesadahan tidak menyebabkan dampak bagi pengunanya. Menurut Candra (2007) kesadahan air dapat dikurangi bahkan dihilangkan. Metode yang dapat digunakan untuk mengolah air sadah yaitu:

a. Pemanasan

Proses pengolahan air sadah dengan pemanasan hanya dapat dilakukan untuk air yang memiliki kesadahan sementara.

b. Pengendapan Kimia

Pengendapan kimia menjadi salah satu cara untuk proses menghilangkan kesadahan pada air. Tujuan dari pengendapan kimia ini untuk membentuk garam-garam kalsium dan magnesium menjadi garam-garam yang tidak larut, sehingga dapat dipisahkan dengan air. Pengendapan kimia yang dilakukan untuk menghilangkan kesadahan dapat dilakukan dengan proses soda kaustik.

c. Pertukaran ion Ion exchanger

Adalah proses penyerapan ion-ion oleh resin dengan cara Ion-ion dalam fasa cair (biasanya dengan pelarut air) diserap lewat ikatan kimiawi karena bereaksi dengan padatan resin. Resin sendiri melepaskan ion lain sebagai ganti ion yang diserap. Selama operasi berlangsung setiap ion akan dipertukarkan dengan ion penggantinya hingga seluruh resin jenuh dengan ion yang diserap. Beberapa bahan penukar ion antara lain resin, zeolit, dan bentonit.

Resin Resin penukar ion adalah senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang (cross-linking) serta gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat dipertukarkan (Dewi, 2012). Resin penukar ion umumnya terbuat dari partikel cross-linked polystyrene. Sebagai zat penukar ion, resin mempunyai karakteristik yang berguna dalam analisis kimia, antara lain kemampuan menggelembung, kapasitas pertukaran dan selektivitas pertukaran. Pada saat dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ionlain dalam kesetaraan ekuivalen (Paramita, 2015).

Proses pertukaran ion tidak membutuhkan energy yang besar karena sederhana dalam desain dan pengoperasiannya. Mekanisme pertukaran ion dalam resin mirip dengan pertukaran ion-ion kisi kristal. Pertukaran ion dalam resin terjadi pada keseluruhan struktur gel dari resin dan tidak hanya terbatas pada efek permukaan (Dewi, 2012).

E. Ion dalam air

Semua air alami mengandung ion terlarut dalam berbagai jumlah. Ion yang dominan didalam air hujan adalah khlorida, sebagaimana air hujan berasal dari laut. Kandungan ion yang banyak terdapat di dalam air permukaan atau air bawah tanah adalah bikarbonat dan ion bivalensi yang banyak adalah kalsium dan magnesium. Ion mayor dikenal sebagai ion yang mempunyai prosentase terbesar yang dapat larut dalam air. Ion mayor diklasifikasikan menjadi dua yaitu :

- a. Ion yang mempunyai muatan negatif (anion); dan
- b. Ion yang mempunyai muatan positif (cation)

Secara alami, dikenal 7 ion mayor yang dapat larut dalam air yaitu: Ca^{2+} (kalsium), K^{+} (kalium), Mg^{2+} (magnesium), Na^{+} (natrium), Cl^{-} (klorida), HCO_3^{-} (bikarbonat), dan sulfat (SO_4^{-}). Unsur atau ion mayor ini biasanya memiliki konsentrasi diatas 1 mg/l dalam air. Ion mayor berada dalam konsentrasi ppm. Ion-ion lainnya (ion minor) dikelompokkan karena konsentrasinya di dalam air dalam unit ppb (part per bilion) atau (part per trilion). Ion mayor dan minor dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel ion-ion utama di dalam air

Kelompok Ion	Kandungan Ion	Air Hujan (mg/L)	Rata-rata air Sungai di Dunia* (mg/L)
Kation	Kalsium, Ca^{2+}	0,09	1,5
	Magnesium, Mg^{2+}	0,27	4,1
	Sodium, Na^{+}	1,98	6,3
	Potasium, K^{+}	0,30	2,3
Anion	Bikarbonat, HCO_3^{-}	0,12	58,4
	Sulfat, SO_4^{2-}	0,58	11,2
	Khlorida, Cl^{-}	3,79	7,8
	Nitrat, NO_3^{-}	-	1,0
Karakter umum	TDS	7,13	120
	Total kesadahan (sebagai CaCO_3)	-	56
	pH	5,7	

Tabel Ion-ion minor di dalam air

Kation	Anion
Aluminium, Al ³⁺	Bisulfat, HSO ₄ ⁻
Ammonium, NH ₄ ⁺	Bisulfit, HSO ₃ ⁻
Arsenik, As ⁺	Karbonat, CO ₃ ²⁻
Barium, Ba ₂ ⁺	Fluorida, F ⁻
Borat, BO ₄ ³⁻	Hidroksida, OH ⁻
Tembaga, Cu ²⁺	Fosfat, H ₂ PO ₄ ⁻
Besi, Fe ³⁺	Sulfit, S ₂ ⁻
Mangan, Mn ²⁺	Sulfat, SO ₄ ²⁻

Sumber: Machdar, 2018

F. Metode Penentuan Kualitas Air

1. Metode Storet

Metode Storet merupakan salah satu metode yang biasa digunakan untuk menentukan status mutu air. Penentuan status mutu dilakukan dengan cara membandingkan data kualitas air dengan baku mutu yang telah ditetapkan sesuai dengan peruntukannya.

2. Metode IP (Indek Pencemaran)

Sebagai metode berbasis indeks, metode IP dibangun berdasarkan dua indeks kualitas. Yang pertama adalah indeks rata-rata (IR). Indeks ini menunjukkan tingkat pencemaran rata-rata dari seluruh parameter dalam satu kali pengamatan. Yang kedua adalah indeks maksimum (IM). Indeks ini menunjukkan satu jenis parameter yang dominan menyebabkan penurunan kualitas air pada satu kali pengamatan (Marganingrum, 2013).

Rumus yang digunakan untuk menghitung IP adalah

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}}$$

IP_j : Indeks Pencemaran bagi peruntukan j

C_i : Konsentrasi hasil uji parameter

L_{ij} : Konsentrasi parameter sesuai baku mutu peruntukan air j

(C_i/L_{ij})_M : Nilai C_i/L_{ij} maksimum

(C_i/L_{ij})_R : Nilai C_i/L_{ij} rata rata

Tabel penentuan status mutu air metode IP

No	Skor IP	Deskripsi
1	0 - 1,0	Kondisi Baik
2	1,1 - 5,0	Cemar Ringan
3	5,1 - 10	Cemar Sedang
4	>10	Cemar Berat

Sumber : Kepmen LH No. 115 Tahun 2003

G. Kesimpulan

Kesadahan atau hardness adalah salah satu sifat kimia yang dimiliki oleh air. Penyebab air menjadi sadah adalah karena adanya ion-ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , atau dapat juga disebabkan karena adanya ion-ion lain dari polyvalent metal (logam bervalensi banyak) seperti Al, Fe, Mn, Sr dan Zn dalam bentuk garam sulfat, klorida dan bikarbonat dalam jumlah kecil. Kesadahan air dibagi menjadi dua sifat, yaitu kesadahan sementara (temporary) dan kesadahan tetap (permanent). Ion mayor dikenal sebagai ion yang mempunyai prosentase terbesar yang dapat larut dalam air. Ion minor dikelompokkan karena konsentrasinya di dalam air dalam unit ppb (part per bilion) atau (part per trilion). Metode Penentuan Kualitas Air yaitu Metode Storet dan Metode IP (Indek Pencemaran).

H. Soal Latihan

Jawablah soal berikut!

1. Jelaskan parameter kualitas air!
2. Apa yang dimaksud dengan kesadahan?
3. Apa saja yang termasuk dalam ion mayor yang ada dalam air?
4. Metode apa saja yang dapat digunakan untuk mengolah air sadah?
5. Jelaskan tentang metode storet!

BAB 12

DANAU, WADUK, RAWA

A. DANAU

Perairan danau merupakan salah satu bentuk ekosistem air tawar yang ada di permukaan bumi. Secara umum, danau merupakan perairan umum daratan yang memiliki fungsi penting bagi pembangunan dan kehidupan manusia (Wulandari, 2013, hlm. 1). Sementara itu menurut Barus (2004,) “Perairan disebut danau apabila perairan itu dalam dengan tepi yang umumnya curam. Air danau biasanya bersifat jernih dan keberadaan tumbuhan air terbatas hanya pada daerah pinggir saja. Berdasarkan pada proses terjadinya danau dikenal danau tektonik yang terjadi akibat gempa dan danau vulkanik yang terjadi akibat aktivitas gunung berapi”.

Dari pemaparan tersebut dapat disimpulkan bahwa danau merupakan suatu genangan air tawar alami yang jernih dengan kualitas air yang berbeda-beda pada setiap danau serta memiliki fungsi penting bagi kehidupan manusia. Berdasarkan proses terjadinya danau dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu danau alami dan danau buatan. Danau alami merupakan danau yang terbentuk sebagai akibat dari kegiatan sdx xbalamiah, misalnya bencana alam, kegiatan vulkanik dan kegiatan tektonik. Sedangkan danau buatan adalah danau yang dibentuk dengan sengaja oleh kegiatan manusia dengan tujuan-tujuan tertentu dengan jalan membuat bendungan pada daerah dataran rendah.

Perairan danau selalu menerima masukan air dari daerah tangkapan air di sekitar danau, sehingga perairan danau cenderung

menerima bahan-bahan terlarut yang terangkut bersamaan dengan air yang masuk. Kualitas perairan danau sangat tergantung pada pengelolaan atau pengendalian daerah aliran sungai (DAS) yang berada di atasnya. Berdasarkan proses kejadiannya danau dibedakan menjadi 6 macam yaitu danau: Tektonik, Vulkanik, Tektono-Vulkanik, Karst, Glasial dan Waduk atau Bendungan.

1. Danau Tektonik

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. Contoh: danau Poso, danau Tempe, danau Tondano, dan danau Towuti di Sulawesi. Danau Singkarak, danau Maninjau, dan danau Takengon di Sumatera.



Gambar 13.1. Contoh danau tektonik

2. Danau Vulkanik

Danau yang terdapat pada kawah lubang kepunden bekas letusan gunung berapi. Ketika gunung meletus batuan yang menutup kawasan kepunden rontok dan meninggalkan bekas lubang disana. Ketika terjadi hujan lubang tersebut terisi air dan

membentuk sebuah danau. Contoh: 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 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 Toba di Sumatera Utara

4. Danau Karst

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. Contoh : Doline, Uvala

5. Danau Glasial

Danau yang terjadi karena adanya erosi gletser. Pencairan es akibat erosi mengisi cekungan-cekungan yang dilewati sehingga terbentuk danau. Contohnya danau yang terdapat di perbatasan antara Amerika dengan Kanada yaitu danau Superior, danau Michigan dan danau Ontario.

6. Waduk atau Bendungan

Danau yang sengaja dibuat oleh manusia. Pembuatan waduk biasanya berkaitan dengan kepentingan pengadaan listrik tenaga air, perikanan, pertanian dan rekreasi. Contoh: Saguling, Cirata dan Jatiluhur, Darma di Jawa Barat,

B. WADUK

Waduk adalah kolam besar tempat menyimpan air sediaan untuk berbagai kebutuhan. Waduk dapat terjadi secara alami maupun dibuat manusia. Waduk buatan dibangun dengan cara membuat bendungan yang lalu dialiri air sampai waduk tersebut

penyempitan. Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air.

Waduk menurut pengertian umum adalah tempat pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air saat terjadi kelebihan air/musim penghujan sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada musim kering. Sumber air waduk terutama berasal dari aliran permukaan ditambah dengan air hujan langsung.

Berdasarkan fungsinya, waduk diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :

1. Waduk eka guna (single purpose)

Waduk eka guna adalah waduk yang dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan saja, misalnya untuk kebutuhan air irigasi, air baku atau PLTA. Pengoperasian waduk eka guna lebih mudah dibandingkan dengan waduk multi guna dikarenakan tidak adanya konflik kepentingan di dalam. Pada waduk eka guna pengoperasian yang dilakukan hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

2. Waduk multi guna (multi purpose)

Waduk multi guna adalah waduk yang berfungsi untuk memenuhi berbagai kebutuhan, misalnya waduk untuk memenuhi kebutuhan air, irigasi, air baku dan PLTA. Kombinasi dari berbagai kebutuhan ini dimaksudkan untuk dapat mengoptimalkan fungsi waduk dan meningkatkan kelayakan pembangunan suatu waduk.

C. RAWA

Rawa- rawa disebut juga dengan rawa adalah daerah rendah yang tergenang air. Pada umumnya permukaan air rawa selalu di bawah atau setara dengan permukaan air laut, sehingga airnya selalu menggenang dan permukaan airnya selalu tertutup oleh tumbuhan-tumbuhan air. Pengertian lain dari rawa adalah lahan yang tergenang oleh air secara ilmiah dan terjadi secara terus menerus atau terjadi secara musiman yang diakibatkan karena drainase yang terhambat serta mempunyai ciri-ciri khusus secara fisika, secara

kimiawi, dan juga secara biologis. Ada pula definisi tentang rawa lainnya yakni tanah berlumpur yang terbuat secara alami, atau juga buatan manusia dengan cara mencampurkan air tawar dan juga air laut yang dilakukan secara permanen maupun sementara, termasuk juga daerah laut yang kedalaman airnya kurang dari 6 meter.

Di Indonesia, rawa-rawa seperti ini biasanya terdapat di area perhutanan yang memiliki banyak pohon-pohon besar, lebat, dan juga liar. Terkadang, rawa-rawa ini sulit dibedakan dengan sungai. Terkadang kita menjumpai adanya sungai yang mirip dengan rawa-rawa. Sungai tersebut jika dilihat akan sangat mirip dengan rawa. Jika kita merupakan rang yang awam dengan kenampakan-kenampakan alam yang ada di bumi ini, pastilah kita akan mudah tertipu antara rawa dengan sungai ini. Namun jika kita serigkali mengamati kenampakan-kenampakan alam bumi ini maka kita tidak akan mudah tertipu. Rawa ini mempunyai beberapa ciri khusus yang membedakannya dengan sungai.

Ciri- ciri Rawa

Beberapa ciri rawa akan kita bahas agar kita dapat membedakan yang mana rawa dan yang mana sungai. Yang pasti ciri khusus dari rawa ini menandakan bahwasannya rawa berbeda dengan sungai. Rawa ini mempunyai beberapa ciri khusus. Beberapa ciri khusus dari rawa antara lain:

- Dilihat dari segi air, rawa memiliki air yang asam dan berwarna coklat, bahkan sampai kehitam-hitaman.
- Berdasarkan tempatnya, rawa-rawa ada yang terdapat di area pedalaman daratan, namun banyak pula yang terdapat di sekitar pantai.
- Air rawa yang berada di sekitar pantai sangat dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut.
- Ketika air laut sedang pasang, maka permukaan rawa akan tergenang banyak, sementara ketika air laut surut, daerah ini akan nampak kering bahkan tidak ada air sama sekali. (baca: manfaat pasang surut air laut)

- Rawa yang berada di tepian pantai banyak ditumbuhi oleh pohon-pohon bakau, sementara rawa yang berada di pedalaman banyak ditumbuhi oleh pohon-pohon palem atau nipah.

Itulah beberapa ciri khusus yang akan kita temukan dari rawa ini. Jika kita menemui daerah dengan ciri-ciri tersebut mungkin saja daerah tersebut adalah rawa-rawa dan bukan sungai yang airnya mengalir dari hulu ke hilir.

Berbagai macam jenis rawa tersebut antara lain dibedakan dari segi kandungan airnya. Dari segi kandungan airnya ini rawa-rawa dibedakan menjadi tiga macam yakni:

1. Rawa air tawar

Rawa memang terkenal memiliki air yang tawar. Rawa air tawar ini merupakan rawa yang airnya tawar dan airnya tidak mengalami pergerakan. Rawa yang demikian ini biasanya terdapat di area hutan-hutan dengan lokasinya dekat dengan aliran sungai. Air rawa jenis ini mempunyai sifat asam dikarenakan banyak sisa-sisa jasad makhluk hidup yang membusuk.

2. Rawa air asin

Meskipun lebih dikenal dengan air tawar, namun ternyata ada pula jenis rawa yang mempunyai air yang asin. Rawa yang memiliki air asin ini biasanya terdapat di sekitar pantai. Pada jenis rawa yang demikian ini, air dapat mengalami pergerakan sehingga terjadi pergantian air. Hal ini terjadi karena adanya gelombang laut pasang yang merendam sebagian atau seluruh kawasan rawa. Air rawa jenis ini biasanya tidak terlalu asam seperti jenis rawa yang pertama.

3. Rawa air payau

Rawa air payau ini merupakan rawa yang memiliki air yang bercampur dari air tawar dan juga air asin. Rawa yang seperti ini biasanya berada di dekat muara sungai dan air rawa ini dapat mengalami pergerakan, sehingga airnya dapat mengalami pergantian. Sama seperti rawa air asin, rawa jenis ini biasanya airnya tidak terlalu asin.

D. Potensi Danau, Waduk, Rawa Bagi Kehidupan

Danau merupakan salah satu sumber daya alam akuatik yang terbentuk dari kumpulan air (tawar atau asin) yang dikelilingi oleh daratan. Danau terjadi karena pencairan gletser, aliran air sungai, atau karena adanya sumber mata air. Sebuah danau dapat menopang kehidupan berbagai organisme, sehingga danau memiliki ekosistem sendiri.

Bagi makhluk hidup, danau merupakan salah satu sumber mata air dan keberadaannya sangatlah penting untuk menunjang kehidupan. Baik kehidupan organisme didalam danau itu sendiri, maupun kehidupan di sekitarnya. Beberapa manfaat danau bagi kehidupan manusia dan lingkungan sekitarnya sebagai berikut :

1. Memenuhi kebutuhan air sehari-hari

Keberadaan danau sangatlah penting, apalagi disaat musim kemarau sedang melanda. Tak jarang danau digunakan sebagai sumber untuk memenuhi kebutuhan air bagi penduduk di sekitarnya. Manfaat air putih bagi kehidupan manusia sangat penting untuk minum, memasak, mencuci, dan lainnya.

2. Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Beberapa perusahaan milik pemerintah air danau digunakan sebagai salah satu sumber pembangkit untuk memproduksi aliran listrik. Manfaat pembangkit listrik yang nantinya akan disalurkan ke rumah-rumah penduduk. Misalnya untuk thermoelectric, hydroelectric, dan hydropower.

3. Sarana Irigasi

Luasnya lahan pertanian dan perkebunan memberikan andil tersendiri bagi keberadaan sebuah danau. Pada masa-masa musim kemarau dimana tidak ada curah hujan sedikitpun, tak jarang air danau digunakan untuk mengalir ke lahan-lahan pertanian dan perkebunan penduduk sekitar.

4. Membantu Proses Produksi Barang

Di pabrik-pabrik besar yang biasanya membutuhkan jumlah suplai air yang sangat besar, biasanya air danau akan sangat

membantu untuk mensuplai kebutuhan tersebut. Misalnya saja untuk pabrik pengolahan makanan, fiber serta biochemical.

5. Sarana rekreasi menarik

Kita bisa memanfaatkan danau sebagai tempat untuk berlibur dan bersantai bersama keluarga. Udara sejuk yang ada di sana dapat membuat pikiran kembali segar setelah aktivitas sehari-hari. Kita bias memancing, berenang, berselancar, dan menikmati keindahan alam sekitar danau tersebut. Kita juga bisa memanfaatkan berbagai sarana yang tersedia di sana, seperti menjelajah dengan menggunakan speedboat atau perahu kayu.

6. Memelihara ikan air tawar

Kebanyakan danau merupakan danau air tawar. Hal ini juga sangat berguna untuk sarana pemeliharaan air tawar baik dibuat tambak atau hanya sekedar menangkap ikan. Hal ini tentu saja dapat menunjang manfaat ikan, yang akan menunjang perekonomian penduduk sekitar.

7. Pengembangan nilai budaya

Sebuah danau terkadang digunakan sebagai sarana untuk pelaksanaan upacara adat bagi sebagian penduduk. Misalnya saja untuk upacara adat larung sesajen, dan sebagainya.

8. Sebagai sarana edukasi dan penelitian ilmiah

9. Sebagai sarana penunjang transportasi untuk mendukung mobilitas penduduk

10. Sebagai wadah resapan air tanah sehingga dapat membantu mengendalikan banjir dan erosi

11. Membantu mengatur keanekaragaman hayati

12. Membantu proses pembentukan tanah

13. Membantu menjaga siklus zat-zat yang berguna bagi makhluk hidup sekitar
14. Sebagai sumber kekayaan hewani seperti udang, ikan, dan sebagainya

Waduk yang merupakan perairan berbentuk bendungan, maka debit air yang muat di waduk pun biasanya sangat banyak. Hal ini dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik dalam operasional maupun investasi. Maksudnya, stock air di waduk biasanya selain digunakan untuk minum, mencuci, dan kebutuhan rumah tangga lainnya, waduk juga digunakan untuk mengairi lahan masyarakat yang mempunyai profesi sebagai petani. Oleh karena itulah keberadaan waduk ini sangatlah berguna atau bermanfaat. Selain yang telah disebutkan di atas, masih banyak lagi manfaat yang dapat dihadirkan oleh waduk ini. Berbagai macam manfaat waduk antara lain adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sumber pengairan lahan maupun sawah

Fungsi waduk yang paling utama dan paling terasa di masyarakat adalah waduk sebagai salah satu sarana untuk mengairi lahan atau persawahan. Seperti yang kita ketahui bersama bahwasannya selain dikenal sebagai negara maritim, Indonesia juga sangat dikenal sebagai negara agraris. Negara agraris mempunyai arti bahwa sebagian besar penduduk Indonesia ini bekerja di sektor pertanian maupun perkebunan atau bisa dikatakan sebagai hal-hal yang berbaur dengan tanam.

2. Cara mendapatkan hasil tanaman yang subur

Untuk menghasilkan tanaman yang subur (baca: ciri-ciri tanah yang subur dan tidak subur) dan berbuah banyak sehingga menguntungkan, pastinya membutuhkan perjuangan yang tidak sedikit. Perjuangan para petani dimulai dari pemilihan bibit yang unggul, kemudian perawatan tanaman seperti pupuk dan juga pengairan harus diperhatikan sungguh-sungguh. Selain itu, menjaga tanaman dari serangan hama juga salah satu hal yang sangat perlu

diperhatikan. Sehingga bisa dikatakan bahwa untuk menjadi petani yang sukses dengan hasil yang berlimpah, pasti membutuhkan kesabaran, ketelitian dan juga kekonsistenan.

3. Sebagai pembangkit listrik tenaga air

Manfaat yang selanjutnya dari adanya waduk adalah sebagai pembangkit listrik. Pembangkit listrik, seperti yang kita ketahui bersama bisa dibentuk dengan beberapa bantuan atau hal. Listrik ini setidaknya bisa dibangkitkan oleh tenaga air (PLTA), tenaga uap (PLTU), tenaga angin, dan tenaga nuklir. Biasanya pembangkit listrik tenaga air ini memanfaatkan aliran sungai untuk dapat menggerakkan turbin atau kincir air.

4. Memenuhi kebutuhan air dalam kehidupan sehari-hari

Fungsi dari waduk yang selanjutnya adalah memenuhi kebutuhan air di kehidupan sehari-hari. Tidak bisa dipungkiri bahwa manusia selalu membutuhkan air dalam kehidupannya sehari-hari, baik untuk minum, mencuci, mandi, dan lain sebagainya. Sekarang ini hampir di setiap rumah sudah mempunyai sumber airnya masing-masing, baik berupa sumur milik pribadi maupun menyalur dari sumur umum yang disediakan pemerintah. Jika masyarakat perkotaan, sebagian besar menggunakan jasa dari perusahaan penyedia air.

5. Menyediakan stok atau persediaan air minum

Selain air waduk yang menyediakan air untuk kehidupan sehari-hari, yakni memenuhi berbagai macam kegiatan manusia yang menggunakan air, persediaan air di waduk pun juga dapat digunakan sebagai air minum. Seperti yang kita ketahui bersama bahwasannya semua makhluk hidup di dunia ini pasti membutuhkan minum, baik manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Apabila musim kemarau datang, dimana banyak ditemukan sumber air yang mengering, maka air waduk dapat digunakan sebagai alternatif air minum bagi manusia.

6. Sebagai tempat tumbuh berbagai macam biota air

Selain untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari (termasuk urusan kebersihan dan juga minum), waduk juga bermanfaat sebagai tempat hidup berbagai macam binatang-binatang yang hidup di air. Sehingga dapat dikatakan bahwa waduk tidak hanya berguna bagi manusia (meskipun dibangun oleh manusia), namun juga bagi makhluk hidup yang lainnya. Berbagai macam biota air tumbuh di waduk, khususnya biota air tawar. Karena hampir semua waduk merupakan waduk air tawar.

7. Sebagai tempat budidaya ikan air tawar

Waduk juga dapat bermanfaat sebagai tempat untuk membudidayakan ikan air tawar. Ya, karena memang waduk mempunyai air yang tawar. Ikan air tawar ini dapat berkembang dengan sendirinya. Kita bias memberikan bibit pada awalnya. Kemudian untuk merawatnya agar ikan tumbuh dan berkembang, kita bisa menanam beberapa tumbuhan air untuk menjadi makanan dari ikan tersebut. Atau biasanya ikan juga akan memakan fitoplankton dan juga zooplankton yang ada di waduk tersebut,

8. Merupakan tempat untuk budidaya tanaman air tertentu

Selain bisa digunakan sebagai tempat budidaya ikan air tawar, keberadaan waduk juga bisa digunakan untuk budidaya tanaman air tertentu. Misalnya adalah kangkung air dan enceng gondok. Kedua tanaman ini seringkali kita lihat menutupi permukaan-permukaan air yang tenang, seperti waduk ataupun danau. Keduanya apabila tumbuh dengan subur maka bisa menutupi semua permukaan air. Lalu, apakah tumbuhan-tumbuhan tersebut bisa dimanfaatkan? Tentu saja bisa. Kangkung air dapat digunakan untuk menjadi pakan ternak. Sementara enceng gondok dapat digunakan untuk membuat berbagai macam jenis kerajinan seperti tas, kursi, meja, dan barang-barang lainnya yang bisa dibuat dengan menggunakan anyaman. Industri kerajinan enceng gondok ini sangat diminati oleh wisatawan-wisatawan mancanegara.

9. Menyediakan berbagai macam sumber makanan bagi manusia

Sudah dijelaskan di atas bahwa enceng gondok dapat menjadi tempat untuk membudidayakan jenis-jenis binatang maupun tumbuh-tumbuhan air tawar. Hal ini secara tidak langsung mempunyai arti bahwasannya waduk menyediakan berbagai macam sumber makanan bagi manusia.

10. Sebagai sarana hiburan dan rekreasi

Selain mempunyai fungsi untuk memenuhi kebutuhan jasmani manusia, waduk juga bisa menjadi sarana pemuas kebutuhan rohani manusia. Waduk bisa digunakan sebagai sarana rekreasi atau piknik bersama keluarga atau sendiri saja. Waduk hampir menyerupai danau sehingga akan ada banyak ketenangan yang kita dapatkan apabila memandang permukaan airnya. Selain dinikmati keindahannya, akan ada beberapa aktivitas yang bisa kita lakukan seperti memancing, atau bermain kereta air jika memang disediakan. Namun dengan melihat pemandangan di sekitar waduk saja kita sudah bisa terhibur karena keindahannya.

11. Sebagai tempat edukasi atau pendidikan

Selain fungsi ekologi dan juga rekreasi, waduk juga bisa menghasilkan fungsi edukasi. Waduk bisa digunakan sebagai sarana pembelajaran, penelitian dan juga pengembangan. Tentu saja bidang yang berkaitan adalah yang berhubungan dengan lingkungan maupun sosial, karena keberadaan waduk sedikit banyak akan mempengaruhi kehidupan masyarakat yang ada di sekitarnya.

Beberapa manfaat rawa dapat secara langsung kita peroleh maupun secara tidak langsung, antara lain:

1. Sebagai tempat budidaya jenis- jenis ikan tertentu.
2. Sebagai tempat budidaya beberapa je is tanaman tertentu seperti anggrek, enceng gondok, dan lain sebagainya.
3. Sebagai lahan pengganti sawah yang tidak perlu diirili lagi.
4. Sebagai tempat berkembangnya berbagai keanekaragaman hayati.
5. Sebagi pengurang polusi dan pencemaran udara.

KESIMPULAN :

- Danau adalah cekungan besar di permukaan bumi yang digenangi oleh air bisa tawar ataupun asin yang seluruh cekungan tersebut dikelilingi oleh daratan.
- Waduk adalah danau alam atau danau buatan, kolam penyimpanan atau pembendungan sungai yang bertujuan untuk menyimpan air.
- Rawa adalah lahan genangan air secara ilmiah yang terjadi terus-menerus atau musiman akibat drainase yang terhambat serta mempunyai ciri-ciri khusus secara fisika, kimiawi dan biologis.

SOAL :

1. Jelaskan mengapa di muka bumi di temukan danau air asin?
2. Mengapa daerah rawa yang dijadikan sebagai pemukiman sangat rawan terjadi banjir besar?
3. Jelaskan fungsi waduk untuk menopang kegiatan pertanian?
4. Mengapa Wilayah indonesia timur jarang/tidak ada danau/waduk besar?
5. Sebutkan fungsi waduk yang ada di indonesia!

BAB 13

BANJIR

A. Pengertian Banjir

Banjir adalah suatu peristiwa yang terjadi saat aliran air berlebihan merendam suatu daratan. Meskipun kerusakan yang diakibatkan dari bencana banjir dapat dihindari dengan pindah menjauh dari sungai, danau, atau aliran air lainnya, orang-orang akan tetap menetap dan bekerja di daerah yang dekat aliran air tersebut untuk mencari nafkah serta memanfaatkan biaya murah.

Manusia masih terus menetap kawasan yang rawan terkena banjir yang menjadi bukti bahwa nilai menetap di daerah yang rawan banjir lebih besar apabila dibandingkan dengan kerusakan yang disebabkan oleh bencana banjir periodik tersebut.

Dalam cakupan pembicaraan yang luas, kita bisa melihat banjir sebagai suatu bagian dari siklus hidrologi, yaitu pada bagian air di permukaan Bumi yang bergerak ke laut. Dalam siklus hidrologi kita dapat melihat bahwa volume air yang mengalir di permukaan Bumi dominan ditentukan oleh tingkat curah hujan, dan tingkat peresapan air ke dalam tanah.

Air hujan sampai di permukaan Bumi dan mengalir di permukaan Bumi, bergerak menuju ke laut dengan membentuk alur-alur sungai. Alur-alur sungai ini di mulai di daerah yang tertinggi di suatu kawasan, bisa daerah pegunungan, gunung atau perbukitan, dan berakhir di tepi pantai ketika aliran air masuk ke laut. Secara sederhana, segmen aliran sungai itu dapat kita bedakan menjadi daerah hulu, tengah dan hilir.

1. Daerah hulu: terdapat di daerah pegunungan, gunung atau perbukitan. Lembah sungai sempit dan potongan melintangnya berbentuk huruf “V”. Di dalam alur sungai banyak batu yang berukuran besar (bongkah) dari runtuhnya tebing, dan aliran air sungai mengalir di sela-sela batu-batu tersebut. Air sungai relatif sedikit. Tebing sungai sangat tinggi. Terjadi erosi pada arah vertikal yang dominan oleh aliran air sungai.
2. Daerah tengah: umumnya merupakan daerah kaki pegunungan, kaki dasar alur sungai terdapat endapan sungai yang berukuran butir kasar. Bila debit air meningkat, aliran air dapat naik dan menutupi endapan sungai yang di dalam alur, tetapi air sungai tidak melewati tebing sungai dan keluar dari alur sungai. gunung atau kaki bukit. Alur sungai melebar dan potongan melintangnya berbentuk huruf “U”. Tebing sungai tinggi. Terjadi erosi pada arah horizontal, mengerosi batuan induk
3. Daerah hilir: umumnya merupakan daerah dataran. Alur sungai lebar dan bisa sangat lebar dengan tebing sungai yang relatif sangat rendah dibandingkan lebar alur. Alur sungai dapat berkelok-kelok seperti huruf “S” yang dikenal sebagai “meander”. Di kiri dan kanan alur terdapat

Dataran yang secara teratur akan tergenang oleh air sungai yang meluap, sehingga dikenal sebagai “dataran banjir”. Di segmen ini terjadi pengendapan di kiri dan kanan alur sungai pada saat banjir yang menghasilkan dataran banjir. Terjadi erosi horizontal yang mengerosi endapan sungai itu sendiri yang diendapkan sebelumnya.

B. Faktor –Faktor Penyebab Banjir

1. Saluran Air yang Buruk

Pada kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung, dan lainnya yang kerap terjadi biasanya dikarenakan saluran air yang mengalirkan air hujan dari jalan ke sungai sudah tidak terawat. Banyak saluran air di perkotaan yang tertutup sampah, memiliki ukuran yang kecil, bahkan tertutup beton bangunan sehingga fungsinya sebagai saluran air tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya

lalu kemudian terjadi genangan air di jalanan yang menyebabkan banjir.

2. Daerah Resapan Air yang Kurang

Selain karena saluran air yang buruk ternyata daerah resapan air yang kurang juga mempengaruhi suatu wilayah dapat terjadi banjir. Daerah resapan air merupakan suatu daerah yang banyak ditanami pohon atau yang memiliki danau yang berfungsi untuk menampung atau menyerap air ke dalam tanah dan disimpan sebagai cadangan air tanah. Akan tetapi karena di daerah perkotaan seiring meningkatnya bangunan yang dibangun sehingga menggeser fungsi lahan hijau sebagai resapan air menjadi bangunan beton yang tentunya akan menghambat air untuk masuk ke dalam tanah. Sehingga terjadi genangan air yang selanjutnya terjadi banjir.

3. Penebangan Pohon Secara Liar

Pohon memiliki fungsi untuk mempertahankan suatu kontur tanah untuk tetap pada posisinya sehingga tidak terjadi longsor, selain itu pohon juga memiliki fungsi untuk menyerap air sebagaimana telah disebutkan pada poin sebelumnya. Jika pada wilayah yang seharusnya memiliki pohon yang rimbun seperti daerah pegunungan ternyata pohonnya ditebangi secara liar, maka sudah pasti jika terjadi hujan pada daerah tersebut air hujannya tidak akan diserap ke dalam tanah tetapi akan langsung mengalir ke daerah rendah contohnya daerah hilir atau perkotaan dan perdesaan yang menyebabkan banjir.

4. Sungai yang Tidak Terawat

Sungai sebagai media mengalirnya air yang tertampung dari hujan dan saluran air menuju ke laut lepas tentunya sangat memegang peranan penting pada terjadi atau tidaknya banjir di suatu daerah. Jika sungainya rusak dan tercemar tentu fungsinya sebagai aliran air menuju ke laut akan terganggu dan sudah dipastikan akan terjadi banjir. Biasanya kerusakan yang terjadi di sungai yaitu endapan tanah atau sedimentasi yang tinggi, sampah yang dibuang ke sungai sehingga terjadi pendangkalan, serta fungsi sempadan sungai atau bantaran sungai yang disalahgunakan menjadi pemukiman warga.

5. Kesadaran Masyarakat yang Kurang Baik

Sikap masyarakat yang kurang sadar terhadap lingkungan juga ternyata sangat berpengaruh pada resiko terjadinya banjir. Sikap masyarakat yang kurang sadar mengenai membuang sampah agar pada tempatnya, menjaga keasrian lingkungan, dan pentingnya menanam pohon menjadi faktor yang sangat penting untuk terjaganya lingkungan dan agar terhindar dari bencana banjir. Selain dapat menghindarkan banjir, sikap peduli lingkungan juga dapat menyehatkan dan tentunya akan meningkatkan taraf hidup masyarakatnya.

C. Banjir Sungai (River Flood)

Banjir sungai terjadi ketika permukaan air naik di atas tepian sungai (riverbanks) karena hujan berlebihan. Banjir sungai terjadi akibat badai terus menerus yang terjadi di daerah yang sama dalam periode waktu lama, gabungan curah hujan dan pencairan salju atau sumbatan akibat es. Banjir sungai adalah salah satu jenis banjir pedalaman yang paling umum terjadi ketika badan air melebihi kapasitasnya. Ketika sebuah sungai meluap ke tepiannya, biasanya karena curah hujan yang tinggi dalam periode waktu yang lama. Banjir yang terlokalisasi dapat menyebabkan kerusakan yang cukup besar pada properti di sekitarnya serta menimbulkan ancaman keamanan yang signifikan. Untuk mencegah banjir, sungai membutuhkan penahan yang baik (seperti tanggul) terutama di daerah datar atau padat penduduk

D. Banjir Bandang

Tidak hanya banjir dengan materi air, tetapi banjir yang satu ini juga mengangkut material air berupa lumpur. Banjir seperti ini jelas lebih berbahaya dari pada banjir air karena seseorang tidak akan mampu berenang ditengah-tengah banjir seperti ini untuk menyelamatkan diri. Banjir bandang mampu menghanyutkan apapun, karena itu daya rusaknya sangat tinggi. Banjir ini biasa terjadi di area dekat pegunungan, dimana tanah pegunungan seolah longsor karena air hujan lalu ikut terbawa air ke daratan yang lebih rendah. Biasanya banjir bandang ini akan menghanyutkan sejumlah pohon-

pohon hutan atau batu-batu berukuran besar. Material-material ini tentu dapat merusak pemukiman warga yang berada di wilayah sekitar pegunungan.

BAB 14

KONSERVASI TANAH DAN AIR

A. Pendahuluan

Dalam Undang-undang 1945 pasal 33 ayat 3 dijelaskan bahwa sumber daya air merupakan bagian dari kekayaan alam yang dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk kemakmuran rakyat Indonesia. Menurut Undang-undang no 7 tahun 2004 bab 1 tentang ketentuan umum pasal 1 ayat 1 menyatakan bahwa sumberdaya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Air sendiri adalah semua air yang terdapat pada; diatas, ataupun dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Air yang tersedia harus terus dijaga, dipelihara dan dikelola dengan baik agar tidak rusak atau bahkan tercemar demi keberlanjutan fungsi sumberdaya air itu sendiri.

Meskipun pengelolaan sumber daya air sudah di atur dalam konstitusi negara, akan tetapi tingkat kesadaran Indonesia dalam menghargai sumber daya air masih kurang. Pengelolaan air yang baik harus berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS) dan memperhitungkan semua keperluan akan air. Pengelolaan berbasis DAS artinya pengelolaan air yang meliputi berbagai kebijakan dan upaya harus mulai dari daerah hulu, sebagai daerah tangkapan air, sampai ke daerah dibagian tengah dan hilir, tempat sebageaian besar pemakaian air terjadi, secara terintegrasi (Arsyad, 2008). Untuk itu, penting bagi masyarakat Indonesia untuk mengetahui tentang konservasi sumber

daya air agar ketersediaan air yang ada dapat digunakan dengan optimal dan terjaga kelestariaannya.

Konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang. Konservasi air pada prinsipnya adalah penggunaan air yang jatuh ke tanah seefisien mungkin dan pengaturan waktu pengaliran air yang tepat sehingga tidak menjadi banjir yang merusak pada musim hujan dan cukup air pada saat musim kemarau (Subagyono, 2004). Tindakan konservasi tanah juga berarti pula tindakan konservasi air karena dilakukan dengan cara memperlakukan tanah agar mempunyai ketahanan terhadap gaya yang menghancurkan dan kemampuan untuk menyerap air lebih besar (Sukrianto,1990).

B. Metode Konservasi Tanah dan Air

No	Teknik konservasi air	Persyaratan	Kegunaan	Kendala Penerapan
1	Saluran peresapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tanah bertekstur berat, sehingga infiltrasi dan permiabilitasnya lambat 2. tersedia tenaga dan biaya pembuatan dan pemeliharaan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan kesempatan kepada air untuk meresap lebih lama 2. Mengendalikan Kecepatan aliran permukaan agar melaju dengan kecepatan yang tidak merusak 3. Mengarahkan aliran permukaan agar tidak merusak bagian yang diinginkan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada lahan yang sempit, petani tidak berminat, karena mengurangi lahan Yang biasa ditanami 2. Menambah tenaga kerja/biaya
2	Rorak, Jebakan sedimen, sumur resapan, gully plug, terjunan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tersedia tenaga dan biaya pembuatan dan pemeliharaan 2. Bahan cukup tersedia di sekitar lokasi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menurunkan kecepatan dan volume air aliran permukaan, menekan laju erosi, dan sedimentasi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Umumnya biaya pembuatan tinggi sehingga tidak terjangkau oleh petani atau memerlukan bantuan pemerintah untuk pembuatan

			<ol style="list-style-type: none"> 2. Meningkatkan simpanan air tanah sehingga fluktuasi debit maksimum dan minimum menurun 3. Memperpanjang musim tanam karena air tanah tersedia lebih lama 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Mengurangi luas lahan tanam 3. Perlu disertai dengan teknik efisiensi penggunaan air
3	Mulsa vertikal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan mulsa cukup tersedia 2. Tidak terdapat kontradiksi kepentingan misalnya, konservasi dan ternak 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan kesempatan air untuk meresap 2. Menampung sedimen 3. Memelihara kelembaban tanah secara vertikal dan horizontal 4. Memberikan kondisi yang baik untuk kehidupan mikroorganisme tanah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biasanya bahan mulsa kurang tersedia 2. Ada kontradiksi kepentingan, misalnya antara aplikasi teknik konservasi dan ternak
4	Embung, kedung, situ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tanah bagian bawah cukup kedap air 2. Lahan cukup tersedia 3. Tersedia tenaga dan biaya 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menampung air aliran permukaan sehingga tidak mengalir ke tempat yang tidak diinginkan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terjadi pengurangan luas areal tanaman utama sebesar 5 - 15%

			<p>2. Menyediakan kebutuhan air untuk tanaman terutama pada musim kemarau</p> <p>3. Memperpanjang musim tanam</p> <p>4. Untuk budidaya perikanan</p>	<p>2. Perlu biaya yang cukup besar untuk pembuatan dan pemeliharaan</p>
5	<p>Gulud permanen air</p>	<p>1. Tanah dengan permeabilitas dan kapasitas infiltrasi tinggi</p> <p>2. Sesuai untuk lahan dengan lereng 10%-40%</p> <p>3. Diperlukan SPA untuk mengalirkan air permukaan ke sungai</p>	<p>1. Mengalirkan air aliran permukaan dari bidang olah ke SPA</p> <p>2. Meningkatkan kelengasan tanah pada bidang olah</p>	<p>Apabila rumput penguat gulud belum tumbuh sempurna, guludan tidak stabil sehingga mudah dihanyutkan oleh air aliran permukaan saat hujan lebat</p>
6	<p>Pemberian mulsa</p>	<p>Bahan mulsa cukup tersedia di lokasi misalnya: legum, sisa panen</p>	<p>1. Memperbaiki struktur tanah</p> <p>2. Meningkatkan produksi tanaman</p>	<p>1. Jika bahan mulsa tidak cukup menyebabkan penutupannya kurang dapat merangsang pertumbuhan gulma</p>

			<p>3. Menekan pertumbuhan gulma</p> <p>4. Mengurangi penguapan (evaporasi)</p>	<p>2. Kadang-kadang dapat menjadi sarang hama/penyakit tanaman</p> <ul style="list-style-type: none"> • Petani lebih suka melihat lahannya bersih
7	Tanaman Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ditanam pada bibir, tanggapan teras, menurut strip sejajar kontour, atau ditanam sebagai tanaman penutup di lahan perkebunan 2. Petani beternak ruminansia 3. Perlu diusahakan agar semua petani di dalam satu desa atau sekurangnya dalam satu kelompok ikut menanam 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menurunkan erosi sampai seperempat dari erosi plot kontrol 2. Sumber pakan Memberikan proteksi terhadap erosi dan aliran permukaan 3. Sumber bahan organik/ bahan mulsa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terjadi pengurangan luas areal tanaman utama sebesar 5% - 15% 2. Dapat menyaingi tanaman pokok 3. Perlu biaya pemeliharaan

8	Tanaman MPTS (Multi purpose tree species)	Status pemilikan tanah tetap atau adanya hak guna usaha > 10 tahun	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memberi proteksi jangka panjang 2. Sumber pendapatan dan devisa 3. Daun dan ranting yang jatuh merupakan sumber bahan organik setelah terdekomposisi 4. Sumber kayu bakar 5. Sumber bibit 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bila tiba saat penebangan tanaman kayukayuan maka lahannya kembali terbuka 2. Setelah ditebang perlu biaya untuk penanaman kembali
---	--	--	--	--

Dalam usaha konservasi tanah dan air, ada tiga cara pendekatan yang dapat dilakukan, yaitu, metode vegetatif, metode mekanik dan metode kimia.

1. Metode vegetatif

Metode vegetatif adalah metode yang menggunakan tanaman dan sisa-sisa tanaman yang bertujuan untuk:

1. Melindungi tanah terhadap daya perusak butir-butir hujan.
2. Melindungi tanah terhadap daya perusak aliran air diatas permukaan tanah
3. Menurunkan kecepatan aliran dengan meningkatkan tahanan hidrolis pada saluran sehingga akan sangat mengurangi daya rusak dan abrasi dari aliran.
4. Memperbaiki kapasitas infiltrasi dan penahan air yang langsung mempengaruhi besarnya aliran permukaan (Satriawan.H.2014).

Tabel Efisiensi Vegetasi terhadap Pengendalian erosi

No	Golongan Vegetasi	Contoh
1	Vegetasi permanen	Hutan lebat dengan semak dan seresah
		Padang rumput lebat
		Kebun tahunan dengan penutup yang baik
		Alang-alang lebat
2	Padang rumput campuran	Alfalfa + rumput brome
		Clover + timothy
		Alfa fercue + birdsfoot trefoil
3	Leguminosa berbiji kecil	Clover dan alfalfa
4	Serealia berbiji kecil	Rye, Wheat, Barley, Oats
5	Leguminosa berbiji besar	Kedelai, kacang tanah, field peas
6	Tanaman semusim yang ditanam dalam barisan	Tembakau, kentang, ubi kayu, jagung/sorghum
7	Tanah gundul tanpa vegetasi	Saat pengolahan tanah sampai tanaman tumbuh, tanah terbuka tanpa vegetasi penutup

Sumber: (Kongke dan Betrand, 1959 dalam Arsyad 2000)
(Satriawan.H.2014)

Enam metode vegetatif, yaitu

1. Penanaman tanaman secara terus-menerus (pola bertani)
2. Penanaman dalam strip (strip cropping)
3. Pergiliran tanaman antara tanaman pupuk hijau dengan tanaman penutup tanah
4. Sistem pertanian hutan (agroforestry)
5. Pemanfaatan sisa-sisa tanaman/tumbuhan
6. Penanaman saluran pembuangan dengan rumput

2. Metode Mekanik

Cara-cara konservasi tanah dan air dengan metode mekanik diantaranya untuk konservasi tanah dengan teras gulud, teras bangku atau teras tangga, teras individu, teras kebun, teras datar, pengolahan tanah.

Untuk konservasi air menggunakan rorak, saluran draenase, DAM pengendali, DAM parit.

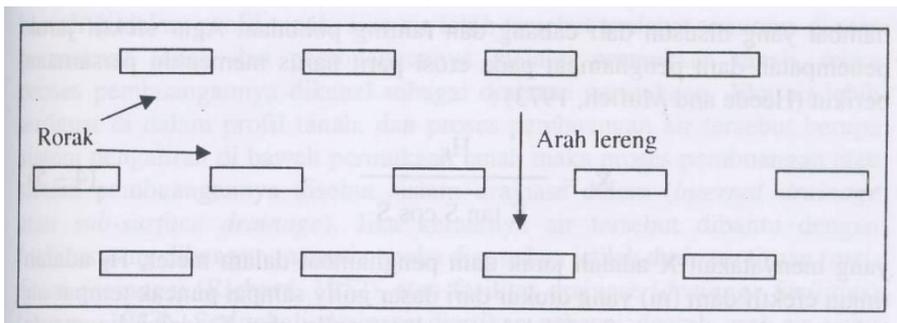
1. Rorak (CATCH DITCH/SEDIMENT TRAP)

Rorak adalah lubang-lubang buntu dengan ukuran tertentu yang dibuat pada bidang olah dan sejajar dengan garis kontur. Fungsi rorak adalah untuk menjebak dan meresapkan air ke dalam tanah serta menampung sedimen-sedimen dari bidang olah. Pembuatan rorak dapat dikombinasikan dengan mulsa vertikal untuk memperoleh kompos.



Adanya rorak akan menjebak aliran permukaan dan memberikan kesempatan kepada air hujan untuk terinfiltrasi ke dalam tanah. Dengan demikian rorak akan menurunkan aliran permukaan yang keluar dari persil lahan secara signifikan. Hal ini tentu saja akan ikut berkontribusi terhadap pengendalian banjir.

Ukuran dan jarak rorak yang direkomendasikan cukup beragam. Arsyad (2006) merekomendasikan dimensi rorak: dalam 60 cm, lebar 50 cm dengan panjang berkisar antara satu meter sampai 5 meter. Jarak ke samping disarankan agar sama dengan panjang rorak dan diatur penempatannya di lapangan dilakukan secara berselang-seling seperti pada gambar agar terdapat penutupan areal yang merata. Jarak searah lereng berkisar dari 10 sampai 15 meter pada lahan yang landai (3%-8%) dan agak miring (8%-15%), 5 sampai 3 meter untuk lereng yang miring (15% - 30%).

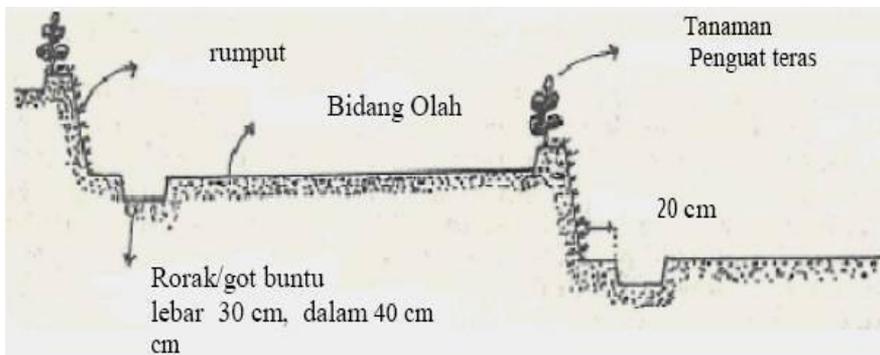


Penempatan rorak berselang seling. Sumber: Arsyad (2006)

Standar teknis pembangunan rorak/saluran buntu dalam upaya konservasi tanah dan air menurut Direktorat Pengelolaan Lahan, Departemen Pertanian (2006), yaitu:

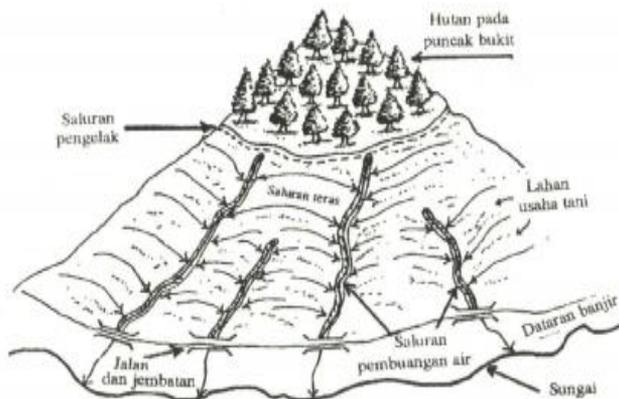
1. Lahan berupa lahan kering/upland dan terletak dalam satu hamparan minimal seluas 8 hektar. Dalam satu hektar dibangun konstruksi rorak sebanyak 30 unit.
2. Panjang rorak/saluran buntu 5 meter, lebar 0,30 meter dan kedalaman 0,4 meter.
3. Kemiringan lahan 3 % s/d 30%. Untuk menjamin keberhasilan sebaiknya dipilih lahan yang tidak terlalu curam sehingga tidak diperlukan adanya pembangunan teras bangku yang relatif mahal.

4. Ketinggian tempat lebih rendah dari 1.500 meter di atas permukaan laut dimana berbagai jenis tanaman masih memungkinkan untuk diusahakan.
5. Lahan peka terhadap erosi.
6. Lahan masih diusahakan oleh petani, tetapi produktivitasnya telah mengalami degradasi/menurun.



2. Saluran Drainase

Saluran drainase digunakan untuk mencegah genangan dan mengalirkan aliran permukaan, sehingga air mengalir dengan kekuatan tidak merusak tanah, tanaman dan/atau bangunan konservasi tanah lainnya. Bentuk saluran drainase permukaan, khususnya pada lahan usaha tani dapat dibedakan menjadi: (a) saluran pengelak; (b) saluran teras; dan (c) saluran pembuangan air, termasuk didalamnya bangunan terjunan.



Gambar Letak saluran drainase pada suatu bukit

Saluran drainase bermacam-macam:

1. Saluran pengelak

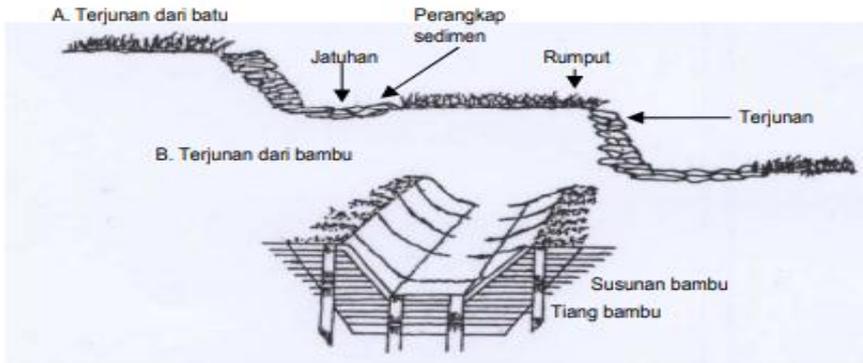
Saluran ini dibuat searah garis kontur berfungsi untuk mencegah masuknya aliran permukaan dari bidang lahan di lereng bagian atas ke lahan pertanian, dimana aliran tersebut dapat menyebabkan terjadinya erosi, atau gangguan terhadap komponen-komponen lahan lain, misalnya tanaman, bangunan konservasi dan lain sebagainya (Agus dan Widiyanto, 2004). Ukuran saluran pengelak ditentukan oleh jumlah aliran permukaan yang akan dialirkan. Faktor yang diperhitungkan dalam menentukan dimensi saluran pengelak diantaranya adalah kemiringan lahan, luas daerah yang dicakup. Saluran pengelak dibuat memotong lereng dengan sedikit membentuk sudut (0,1-0,5%) dengan garis kontur (Dariah,2005).

2. Saluran teras

merupakan saluran yang terletak dekat perpotongan antara bidang olah dan tampingan teras. Saluran teras dibuat agar air yang mengalir dari bidang olah dapat dialirkan secara aman ke saluran pembuangan air. Agar aman untuk menyalurkan air, sebaiknya saluran teras diperkuat oleh tanaman rumput seperti *Paspallum conyugatum*.

3. Saluran pembuangan air dan air terjunan

Saluran pembuangan air (SPA) merupakan saluran drainase yang dibuat untuk mengalirkan air dari saluran pengelak dan/atau saluran teras ke sungai atau tempat penampungan atau pembuangan air lainnya. Saluran pembuangan air (SPA) dibuat searah lereng atau berdasarkan cekungan alami. Pada lahan yang kemiringannya $>15\%$, SPA harus dilengkapi dengan bangunan terjunan, yaitu bangunan yang terbuat dari susunan batu atau bambu atau bahan lainnya pada SPA yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan aliran air pada SPA. bangunan terjunan diperlukan bila kemiringan lahan $>8\%$ atau apabila tanah peka terhadap erosi parit. Pada tanah yang mudah longsor, bangunan terjunan sebaiknya dilengkapi dengan gorong-gorong.



Bangunan terjunan dari batu dari batu dan dari bambu

3. DAM Pengendali (Check DAM)

Dam pengendali merupakan bangunan lebih besar dan lebih kuat dari pada dam penahan. Umumnya dam pengendali dibangun dengan tanah dipadatkan atau berupa beton sehingga dapat mengendalikan banjir. Dam pengendali ini dapat berupa bendungan yang besar.

Tujuan dibangunnya DAM pengendali adalah untuk mengendalikan endapan/aliran air yang ada dipermukaan tanah yang berasal dari daerah tangkapan air dibagian hulunya. Menaikkan permukaan air tanah sekitarnya. tempat persediaan air bagi masyarakat.

Syaratnya dibangunnya DAM pengendali terkait dengan lokasi DAM, maka syarat lokasinya adalah lahan kritis dan potensial kritis. Vegetasi pada daerah tangkapan belum efektif dalam pengendalian erosi/sedimentasi. Sedimentasi dan erosi sangat tinggi di wilayah tersebut. Untuk wilayah yang akan dibangun DAM, kondisi tanahnya harus stabil. Luasnya 100-250 ha. Kemiringan rata-rata wilayah tangkapan adalah 15-35%.

4. DAM Penahan

Dam penahan adalah bendungan kecil yang lolos air dengan konstruksi bronjong batu atau crucuk kayu/bamboo yang dibuat pada alur jurang dengan tinggi maksimum 4m. Manfaat DAM Penahan adalah untuk mengendalikan endapan dan aliran air

permukaan dari Daerah Tangkapan Air (Catchment Area) di bagian hulu serta meningkatkan permukaan air tanah di bagian hilirnya.

5. DAM Parit

Dam parit (*channel reservoir*) adalah suatu cara untuk mengumpulkan/membendung aliran air pada suatu parit (*drainage network*) dengan tujuan untuk menampung volume aliran permukaan, sehingga selain dapat digunakan untuk mengairi lahan di sekitarnya juga dapat menurunkan kecepatan run off, erosi dan sedimentasi (Puslitbang Tanah dan Agroklimat, 2002).

Keunggulan dam parit antara lain:

1. Dapat menampung air dalam volume besar, karena mencegat dari saluran/parit.
2. Tidak menggunakan areal produktif.
3. Dapat mengairi lahan cukup luas, karena dibangun berseri (*cascade series*) di seluruh DAS.
4. Dapat menurunkan kecepatan aliran permukaan, sehingga dapat mengurangi erosi permukaan (tanah lapisan atas yang subur), dan sedimentasi.
5. Terdapat kesempatan (waktu dan volume) meresap/menyimpan air ke dalam tubuh tanah (*recharging*) di seluruh DAS, sehingga mengurangi risiko kekeringan pada musim kemarau.
6. Biaya pembuatan relatif lebih murah.

Dam Parit berfungsi sebagai penurun debit puncak, yaitu debit yang paling tinggi yang terjadi pada aliran tersebut. Biasanya pada musim penghujan debit air pada suatu parit/saluran sangat tinggi sehingga dapat menimbulkan banjir dan tanah longsor serta erosi dengan membawa serta lapisan tanah atas yang subur. Dengan dibangunnya dam parit yang memotong aliran, itu akan mengurangi kecepatan aliran parit. Memperpanjang waktu respon, yaitu memperpanjang selang waktu antara saat curah hujan maksimum dengan debit maksimumnya. Dengan lamanya air tertahan dalam DAS, maka sebagian air akan meresap ke dalam tanah untuk mebiuisi (*recharge*) cadangan air tanah dan sebagian air dapat dialirkan ke lahan yang membutuhkan air/lahan yang tidak pernah mendapat air

irigasi melalui parit-parit. Pada parit-parit itu pun selanjutnya juga dibuat dam/bendung lagi. Demikian seterusnya, sehingga luas lahan yang dapat dialiri dapat dimaksimalkan.



DAM Parit

Sumber: <https://bebasbanjir2025.wordpress.com/teknologi-pengendalian-banjir/dam-parit/>

3. Metode Kimia

Teknik atau metoda konservasi tanah dan air secara kimiawi adalah penggunaan setiap bahan-bahan kimia baik organik maupun anorganik (soil conditioner) atau penggunaan bahan-bahan pemantap tanah yang bertujuan memperbaiki sifat dan struktur tanah sehingga tanah akan tetap resisten terhadap erosi + menekan laju erosi pada tanah.

C. KESIMPULAN

Konservasi sumber daya air adalah upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat, dan fungsi sumber daya air agar senantiasa tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang. Tiga cara pendekatan yang dapat dilakukan dalam upaya konservasi tanah dan air yaitu, metode vegetatif, metode mekanik dan metode kimia.

D. SOAL LATIHAN

Jawablah pertanyaan dibawah ini!

1. Jelaskan pengertian konservasi tanah dan air?
2. Mengapa perlu dilakukan adanya konservasi?
3. Jelaskan bagaimana proses pembuatan rorak?
4. Mengapa dalam konservasi tanah dan air diperlukan adanya metode kimia?
5. Mana yang lebih efektif, DAM parit, DAM Penahan atau DAM Pengendali? jelaskan jawaban saudara.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris Rinaldi, 2015. Modul Perhitungan Neraca Air Studi Kasus Kota Cirebon. ITB
- Asdak, C. 2014. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Arsyad, S. 2008. Penyelamatan Air, Tanah dan Lingkungan. Yayasan Obor Indonesia dan Crestpent Press. Jakarta Bogor
- Agus, F., A. Abdurachman, A. Rachman, Sidik H.T., A. Dariah, B. R. Prawiradiputra, B. Hafif, dan S. Wiganda. 1999. Teknik Konservasi Tanah dan Air. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat. Departemen Kehutanan.
- Danaryanto, H. 2005. Air Tanah di Indonesia dan Pengelolaannya. Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan,
- Irawan, D. E. and Puradimaja, D. J. 2015. Hidrogeologi Umum. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Kodoatie, J.K, 2013, Tata Ruang Air Tanah, Andy, Yogyakarta.
- Machdar Izarul, 2018. Pengantar Pengendalian Pencemaran: Pencemaran air, pencemaran udara, dan kebisingan. Deepublish Publisher. Yogyakarta.
- Pusat Pendidikan Dan Pelatihan sumber Daya Air Dan Konstruksi. 2017. Modul Hidrologi Sungai pelatihan perencanaan Teknik Sungai. PUPR. Bandung.
- Sukrianto, T. 1990 Tesis Analisis keberhasilan Kegiatan Konservasi Tanah dan Air Dalam Rangka Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. IPB. Bogor

Satriawan.H.2014.teknologi Konservasi Tanah dan Air. Deepublish.
Yogyakarta

Sanropie, 1984. Pedoman Bidang Studi Penyediaan Air Bersih, APK,
Pusdinakes, Jakarta.

Undang-undang republik Indonesia Nomor 7 tahun 2004 tentang
Sumber daya air.Pustaka Widyatama.Yogyakarta

Yunagardasari,C.et all.2017.Model Infiltrasi Pada Berbagai
Penggunaan Lahan Di Desa Tulo Kecamatan Dolo Kabupaten
Sigi.jurnal e-J. Agrotekbis 5(3) : 315-323, Juni2017
<https://rimbakita.com>)
<https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/hutan/rawa-rawa>
<https://dediirawan66.blogspot.com/2013/06/penghitungan-debit-air-dalam-tanah.html>
<https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/waduk/manfaat-waduk>