



BUKU AJAR HIDROLOGI HUTAN

Badaruddin
H.Syarifuddin Kadir
Khairun Nisa



Penerbit CV. BATANG

Hidrologi Hutan

BUKU AJAR
HIDROLOGI HUTAN

BADARUDDIN
H.SYARIFUDDIN KADIR
KHAIRUN NISA



Penerbit CV. BATANG

Hidrologi Hutan

BUKU AJAR

HIDROLOGI HUTAN

**BADARUDDIN
H.SYARIFUDDIN KADIR
KHAIRUN NISA**

Diterbitkan oleh: **CV. BATANG, 2021**

Penerbitan Buku

Jl. Alalak Utara RT. 02 RW. 01 Kelurahan Alalak Utara
Kecamatan Banjarmasin Utara, Kode Pos 70125
Banjarmasin – Kalimantan Selatan
Telp. 0813 5001 0956

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit, kecuali untuk kutipan singkat demi penelitian ilmiah atau resensi

vi + 125 halaman, 15,5 x 23 cm
Cetakan pertama, Februari 2021

ISBN 978-623-95666-6-1

Dewan Redaksi:

Editor : Hery Fajeriyadi, S.Pd., M.Pd

PRAKATA PENULIS

Buku ajar hidrologi hutan ini disusun untuk mempermudah mahasiswa mempelajari dan memahami teori dalam mata kuliah hidrologi hutan. Jam tatap muka yang sedikit dan komunikasi yang terbatas dengan staf pengajar selama di perkuliahan, akan membatasi mahasiswa dalam pemahaman teori. Diharapkan buku ini dapat membantu mahasiswa mengingat kembali di luar perkuliahan dan memberi wawasan ilmu dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan hidrologi hutan.

Dengan buku ini diharapkan mahasiswa lebih peduli terhadap lingkungan dan masyarakat. Sehingga manfaat ilmu hidrologi dapat diterapkan dalam pendekatan solusi kasus, pengembangan pembangunan atau mitigasi bencana alam.

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua rekan kerja di Fakultas kehutanan atas kerjasamanya. Ucapan terima kasih juga disampaikan pada mahasiswa kehutanan ULM atas berbagai masukkannya.

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUT Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI..... v
BAB I HIDROLOGI HUTAN **1**
A. Pengertian 1
B. Ruang Lingkup Hidrologi Hutan 3
C. Daur (Siklus) Hidrologi 5
D. Istilah-istilah Hidrologi 6
E. Evaluasi 16
Referensi 17
BAB II PRESIPITASI..... **18**
A. Pengertian 18
B. Mekanisme Presipitasi 21
C. Jaringan Pengukur Hujan 23
D. Pengukuran Presipitasi 28
E. Intensitas dan Lama Waktu Hujan 33
F. Analisis Data Presipitasi 34
G. Spektrum Curah Hujan dan Pemanenan air Hujan 35
H. Kuantitas dan Kuantitas Air Hujan 37
I. Evaluasi 38
Referensi 39
BAB III INFILTRASI..... **40**
A. Pengertian 40
B. Proses Terjadinya Infiltrasi 42
C. Faktor yang Berpengaruh Terhadap Laju Infiltrasi 43
D. Pengukuran Infiltrasi 44
E. Perhitungan Infiltrasi dan Laju Infiltrasi 45
F. Evaluasi 50
Referensi 51
BAB IV INTERSEPSI..... **52**
A. Pengertian 52
B. Faktor-Faktor Penentu Intersepsi 53
C. Pengukuran Intersepsi 56
D. Perhitungan besarnya intersepsi: 59
E. Perhitungan Intersepsi dengan Persamaan Matematik 60
F. Evaluasi 61
Referensi 61

BAB V EVAPOTRANSPIRASI	62
A. Pengertian Evapotranspirasi	62
B. Model-model Analisis Evapotranspirasi.....	63
C. Analisis Evapotranspirasi Metode Meyer.....	64
D. Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Thornwaite.....	64
E. Analisis Neraca Air Metode Thornwaite Mather.....	65
F. Analisis Evapotranspirasi Metode Turc Langbein.....	66
G. Evaluasi.....	68
Referensi	68
BAB VI KONSEP NERACA AIR	69
A. Pengertian	69
B. Neraca Air.....	69
C. Evaluasi.....	73
Referensi	73
BAB VII DEBIT AIR DAN ESTIMASI DEBIT BANJIR	74
A. Pengertian	74
B. Pengukuran Debit.....	74
C. Metode Pengukuran Debit Sungai.....	76
D. Estimasi Debit Banjir	83
E. Evaluasi.....	91
Referensi.....	91
BAB VIII SUSPENSI.....	92
A. Pengertian	92
B. Debit Suspensi dan Suspended Rating Curve.....	93
C. Evaluasi.....	96
Referensi.....	97
BAB IX ALIRAN PERMUKAAN	98
A. Pengertian	98
B. Pemisahan Aliran	99
C. Evaluasi.....	102
Referensi.....	103
BAB X HIDROMETRI.....	104
A. Pengertian	104
B. Stasiun Pengamatan Arus Sungai (SPAS).....	106
C. Peilskal (Papan Duga).....	107
D. AWLR (Automatic Water Level Recorder).....	109
E. Evaluasi.....	110
Referensi	110
BAB XI PERAN HUTAN DALAM PENGENDALIAN DAUR AIR DAN LONGSOR LAHAN.....	111

Hidrologi Hutan

A. Pengertian	111
B. Fungsi Hutan dalam Pengendalian Daur Hidrologi	112
C. Hubungan Hutan dengan Tata Air	117
D. Faktor Penyebab Longsor Lahan	120
E. Pengendalian Longsor Lahan	121
F. Pengaruh Hutan Terhadap Erosi	124
G. Evaluasi	125
Referensi	126
GLOSARIUM DAN INDEKS	127

BAB I HIDROLOGI HUTAN

Sasaran belajar

Setelah mengikuti mata kuliah ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan konsep tentang hidrologi hutan termasuk berbagai parameter dan pengaruhnya terhadap komponen ekosistem yang lain, sehingga dapat menjadi dasar bagi proses perkuliahan selanjutnya dan menjadi bekal untuk melakukan analisis hidrologi.

A. Pengertian

Secara meteorologis, air merupakan unsur pokok paling penting dalam atmosfer bumi. Air terdapat sampai pada ketinggian 12.000 hingga 14.000 meter, dalam jumlah yang kisarannya mulai dari nol di atas beberapa gunung serta gurun sampai empat persen di atas samudera dan laut. Bila seluruh uap air berkondensasi (atau mengembun) menjadi cairan, maka seluruh permukaan bumi akan tertutup dengan curah hujan kira-kira sebanyak 2,5 cm.

Air terdapat di atmosfer dalam tiga bentuk: dalam bentuk uap yang tak kasat mata, dalam bentuk butir cairan dan hablur es. Kedua bentuk yang terakhir merupakan curahan yang kelihatan, yakni hujan, hujan es, dan salju.

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat berharga. Tanpa air tidaklah mungkin ada kehidupan di muka bumi ini. Disamping mempunyai manfaat biologis, air juga mempunyai daya energi yang berupa daya angkut dan pikul. Energi air dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk menunjang kebutuhannya, tetapi kadang-kadang air menjadi tenaga perusak. Tetes hujan dan aliran air dapat menyebabkan kerusakan tanah (erosi) dan sedimentasi. Hujan dan aliran air yang berlebihan dapat mendatangkan bencana banjir yang sering merugikan baik harta maupun jiwa manusia.

Hidrologi adalah cabang Geografi Fisis yang berurusan dengan air di bumi, sorotan khusus pada propertis, fenomena, dan distribusi air di daratan. Khususnya mempelajari kejadian air di daratan, deskripsi pengaruh bumi terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan, dan

Hidrologi Hutan

mempelajari hubungan air dengan kehidupan di bumi.

Ruang lingkup hidrologi mencakup:

1. Pengukuran, mencatat, dan publikasi data dasar.
2. Deskripsi propertis, fenomena, dan distribusi air di daratan.
3. Analisa data untuk mengembangkan teori-teori pokok yang ada pada hidrologi.
4. Aplikasi teori-teori hidrologi untuk memecahkan masalah praktis. Hidrologi bukanlah ilmu yang berdiri sendiri, tetapi ada hubungan dengan ilmu lain seperti meteorologi, klimatologi.
5. Geologi, agronomi kehutanan, ilmu tanah, dan hidrolika.

Menurut The International Association of Scientific Hydrology, hidrologi dapat dibagi menjadi:

1. Potamologi (Potamology), khusus mempelajari aliran permukaan (surface streams)
2. Limnologi (Limnology), khusus mempelajari air danau
3. Geohidrologi (Geohydrology), khusus mempelajari air yang ada di bawah permukaan tanah (mempelajari air tanah = groundwater)
4. Kriologi (Cryology), khusus mempelajari es dan salju
5. Hidrometeorologi (Hydrometeorology), khusus mempelajari problema-problema yang ada diantara hidrologi dan meteorologi.

Secara umum hidrologi dimaksudkan sebagai ilmu yang menyangkut masalah air. Akan tetapi dengan alasan-alasan praktis hanya dibatasi pada beberapa aspek saja. Konsep pokok untuk ilmu hidrologi adalah siklus hidrologi yang didefinisikan sebagai berikut:

Hidrologi adalah ilmu tentang seluk beluk air di bumi, kejadiannya, peredarannya dan distribusinya, sifat alam dan kimianya, serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungan dengan kehidupan (Federal Council for Science and Technology, USA, 1959 dalam Varshney, 1977). Wisler and Brater, (1959) dalam Varshney 1977, menyatakan bahwa; — Hydrology is the science that deals with the processes governing the depletion and replenishment of the water resources of the land areas of the earth”,

Lebih jauh Ray K. Linsley dalam Yandi Hermawan (1986), menyatakan pula bahwa: Hidrologi ialah ilmu yang membicarakan tentang air yang ada di bumi, yaitu mengenai kejadian, perputaran dan

Hidrologi Hutan

pembagiannya, sifat-sifat fisik dan kimia, serta reaksinya terhadap lingkungan termasuk hubungannya dengan kehidupan.

Secara khusus menurut SNI No. 1724-1989-F, hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem sirkulasi/siklus air yang ada pada bumi. Definisi tersebut terbatas pada hidrologi rekayasa. Secara luas hidrologi meliputi pula berbagai bentuk air termasuk transformasi antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi ini.

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan sipil seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (air bersih, irigasi, perikanan dan peternakan), pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, pengendalian erosi dan sedimentasi, transportasi air, drainase dan limbah dan lain-lain.

Singh, 1992 menyatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air bumi, termasuk didalamnya kejadian, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen.

Dari beberapa pendapat di atas dapat dikemukakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang air, baik di atmosfer, di bumi, dan di dalam bumi, tentang perputarannya, kejadiannya, distribusinya serta pengaruhnya terhadap kehidupan yang ada di alam ini.

B. Ruang Lingkup Hidrologi Hutan

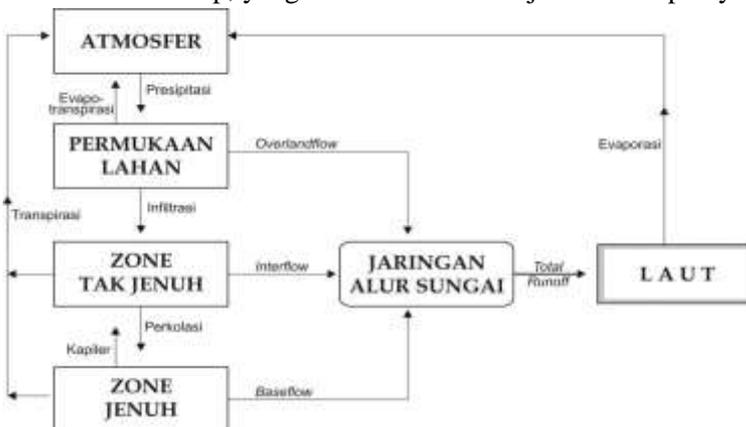
Secara umum hidrologi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang bersangkutan paut dengan kuantitas dan kualitas air di bumi dalam segala bentuknya (cair, gas, padat) pada, dalam, dan di atas permukaan tanah. Termasuk di dalamnya adalah penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri. Namun, secara lebih rinci hidrologi didefinisikan

Hidrologi Hutan

sebagai ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi, baik di atas, pada maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik air, kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan.

Dengan pengertian tersebut di atas ruang lingkup hidrologi menjadi sangat luas baik yang mencakup ilmu murni maupun sebagai ilmu terapan. Sebagai ilmu terapan ruang lingkungannya antara lain meliputi hidrologi hutan, hidrologi pertanian, sumberdaya air, beberapa cabang hidrologi keteknikan dan hidrologi daerah aliran sungai. Hidrologi hutan merupakan suatu ilmu fenomena yang berkaitan dengan air yang dipengaruhi oleh penutupan hutan. Sesuai dengan batasan subyek yang ada yaitu hidrologi hutan maka bahasan selanjutnya merupakan hidrologi terapan dengan lingkup operasionalnya adalah daerah aliran sungai terutama yang bervegetasi hutan atau yang dapat berfungsi sebagai vegetasi hutan serta daerah yang dipengaruhi oleh kawasan tersebut.

Air menutupi 70% permukaan bumi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (sleet), hujan gerimis atau kabut. Jumlah air di bumi secara keseluruhan relatif tetap, yang berubah adalah wujud dan tempatnya.



Gambar 1.1 Model Sederhana Siklus Hidrologi

C. Daur (Siklus) Hidrologi

Daur Hidrologi yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti. Air tersebut tertahan sementara di sungai, danau dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya.

Proses daur hidrologi (Gambar 1.2.), energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya *evaporasi* pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut, danau, sungai atau badan air lainnya. Hasil *evaporasi* (uap) dibawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung ataupun datar dan bila memungkinkan sebagai uap ini akan terkondensasi dan turun sebagai hujan (ada pengaruh gravitasi bumi).

Air hujan sebelum ke tanah akan tertahan oleh tajuk vegetasi dan batangnya dan akan *terevaporasi* kembali ke atmosfer selama dan setelah hujan yang disebut sebagai *interception loss*.

Air hujan yang tertahan oleh vegetasi didistribusikan dengan berbagai cara yaitu air lolos yang jatuh langsung dari tajuk ke permukaan tanah (*throughfall*). Sebagian mengalir melalui batang (*stemflow*) menuju permukaan tanah.

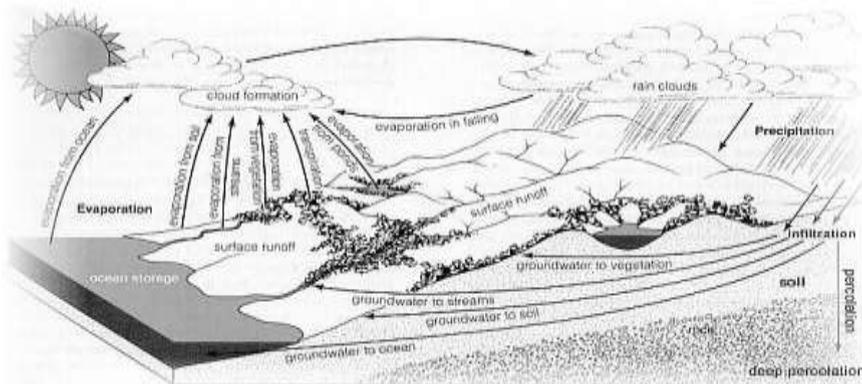
Sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan tanah masuk terserap ke dalam tanah (*infiltrasi*). Proses berlangsungnya air masuk ke permukaan tanah kita kenal dengan infiltrasi, sedang perkolasi adalah proses Bergeraknya air melalui profil tanah karena tenaga gravitasi.

Air yang tidak terserap akan mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*) selanjutnya menuju ke sungai dan sebagai tertampung di cekungan permukaan tanah (*surface detention*). Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah (pengaruh gaya kapiler) yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Pada saat tingkat air tanah jenuh maka air hujan yang baru masuk tanah akan bergerak horizontal selanjutnya keluar lagi ke permukaan tanah (*subsurface flow*) dan akhirnya mengalir ke sungai. Air tanah ini juga dapat mengalir vertikal ke tanah lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Air tanah tersebut akan mengalir perlahan menuju sungai, danau atau penampungan lainnya.

Air infiltrasi dalam top soil sebagai diuapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah (*soil evaporation*). Sebagai lagi diserap oleh vegetasi melalui proses fisiologis lalu diuapkan kembali melalui daun/tajuk

Hidrologi Hutan

vegetasi (*transpirasi*). Proses transpirasi berlangsung selama tidak ada hujan. Gabungan keduanya disebut sebagai evapotranspirasi yang besarnya angkanya ditentukan selama 1 tahun.



Gambar 1.2 Gambar Siklus Hidrologi

Konsep daur hidrologi ini diperluas dengan memasukkan gerakan perjalanan sedimen, unsur hara, biota yang terlarut dalam air. Konsep daur hidrologi yang luas ini digunakan sebagai konsep kerja untuk analisis dari berbagai masalah misalnya dalam perencanaan dan evaluasi pengelolaan hutan dan DAS.

Air tawar yang diproses dari daur hidrologi dan dimanfaatkan manusia ini tidak lebih dari 1 % saja. Sisanya tersimpan sebagai air laut (asin) sebesar 97,3 % atau air es (glacier) 2,14 % yang tersimpan di kutub.

D. Istilah-istilah Hidrologi

1. Presipitasi

Hujan (presipitasi) merupakan masukan utama dari daur hidrologi dalam DAS. Dampak kegiatan pembangunan terhadap proses hidrologi sangat dipengaruhi intensitas, lama berlangsungnya, dan lokasi hujan. Karena itu perencana dan pengelola DAS harus memperhitungkan pola presipitasi dan sebaran geografinya.

2. Intersepsi

Hujan yang jatuh di atas tegakan pohon sebagian akan melekat pada tajuk daun maupun batang, bagian ini disebut tampungan/simpanan intersepsi yang akhirnya segera menguap. Besar kecilnya intersepsi dipengaruhi oleh sifat hujan (terutama intensitas hujan dan lama hujan), kecepatan angin, jenis pohon (kerapatan tajuk dan bentuk tajuk). Simpanan intersepsi pada hutan pinus di Italia utara sekitar 30% dari hujan (Allewijn, 1990). Intersepsi tidak hanya terjadi pada tajuk daun bagian atas saja, intersepsi juga terjadi pada seresah di bawah pohon. Intersepsi akan mengurangi hujan yang menjadi run off.

Hasil penelitian intersepsi di hutan pinus berumur 18 tahun dengan jarak pohon 3mX4m dan kerapatan tegakan 670 batang/Ha, tinggi rata-rata tegakan 17,5m dan penutupan tajuk 45%, hasil intersepsi terukur dengan rata-ratanya berkisar 27% - 38% dari total hujan.

3. Throughfall, Crown drip, Steamflow

Hujan yang jatuh di atas hutan ada sebagian yang dapat jatuh langsung di lantai hutan melalui sela-sela tajuk, bagian hujan ini disebut *throughfall*. Simpanan intersepsi ada batasnya, kelebihannya akan segera menetes sebagai *crown drip*. *Steamflow* adalah aliran air hujan yang lewat batang, besar kecilnya *stemflow* dipengaruhi oleh struktur batang dan kekasaran kulit batang pohon. Pengukuran *throughfall*, *crown drip* dan *steamflow* sangat menarik bagi pakar kehutanan.

Dalam praktek sangat sukar membedakan antara *throughfall* dan *crown drip*, pada umumnya yang terhitung adalah *throughfall* + *crown drip* dan *steamflow*. *Steamflow* akan segera menjadi *overlandflow*. Bilamana tumbuhan tidak baik, elemen ini akan menjadi tenaga erosi yang potensial, sering nampak akar di sekitar batang pohon muncul di permukaan tanah.

4. Infiltrasi dan Perkolasi

Proses berlangsungnya air masuk ke permukaan tanah kita kenal dengan infiltrasi, sedang perkolasi adalah proses Bergeraknya air melalui profil tanah karena tenaga gravitasi. Laju infiltrasi dipengaruhi tekstur dan struktur, kelengasan tanah, kadar materi tersuspensi dalam air juga waktu.

Hidrologi Hutan

Pada umumnya tanah yang tertutup hutan tak terganggu mempunyai laju infiltrasi dan perkolasi tinggi dan hal ini ada kaitannya dengan aktifitas biologi dalam tanah, sistem perakaran, sampah organik hutan dalam DAS mengakibatkan struktur tanah granular dan sarang (porous) yang mengakibatkan infiltrasi cepat.

5. Kelengasan Tanah

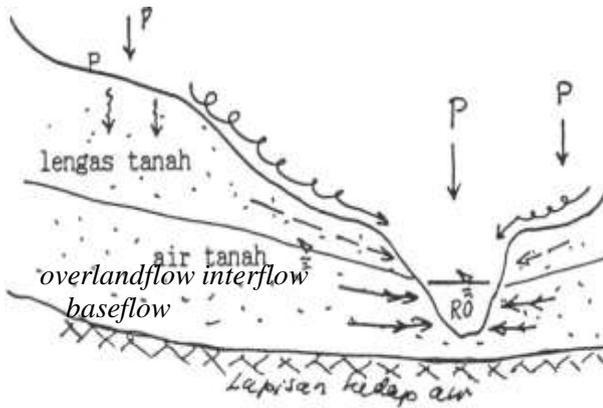
Kelengasan tanah menyatakan jumlah air yang tersimpan di antara pori-pori tanah. Kelengasan tanah sangat dinamis, hal ini disebabkan oleh penguapan melalui permukaan tanah, transpirasi, dan perkolasi. Pada saat kelengasan tanah dalam keadaan kondisi tinggi, infiltrasi air hujan lebih kecil daripada saat kelengasan tanah rendah. Kemampuan tanah menyimpan air tergantung dari porositas tanah. Masing-masing batuan mempunyai porositas yang berbeda.

6. Simpanan Permukaan (Surface Storage)

Simpanan permukaan ini terjadi pada depresi-depresi pada permukaan tanah, pada perakaran pepohonan atau di belakang pohon-pohon yang tumbang. Simpanan permukaan menghambat atau menunda bagian hujan ini mencapai limpasan permukaan dan memberi kesempatan bagi air untuk melakukan infiltrasi dan evaporasi.

7. Runoff

Runoff adalah bagian curahan hujan (curah hujan dikurangi evapotranspirasi dan kehilangan air lainnya) yang mengalir ke dalam air sungai karena gaya gravitasi; airnya berasal dari permukaan maupun dari subpermukaan (*sub surface*). *Runoff* terdiri dari beberapa komponen:



Gambar 1.3 Penampang Alur Sungai dan Komponen Runoff

Runoff dapat terdiri dari tebal runoff, debit aliran (river discharge) dan volume runoff. Gambar 3 menunjukkan konsep debit aliran; debit aliran adalah volume aliran yang lewat penampang bawah per satuan waktu. Tebal runoff adalah volume runoff dibagi luas DAS.

$$\text{Volume runoff} = \int_0^t Q dt$$

dimana; Q = debit aliran; t = waktu.

8. Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan (*Surface Runoff*) adalah bagian curah hujan setelah dikurangi dengan infiltrasi dan kehilangan air lainnya. Limpasan permukaan ini berasal dari *overlandflow* yang segera masuk ke dalam alur sungai. Aliran ini merupakan komponen aliran banjir yang utama.

9. Aliran Bawah Permukaan (Subsurface Runoff)

Aliran bawah permukaan merupakan bagian dari presipitasi yang mengalami infiltrasi dalam tanah yang kemudian mengalir di bawah permukaan tanah dan menuju alur sungai sebagai rembesan maupun mata air.

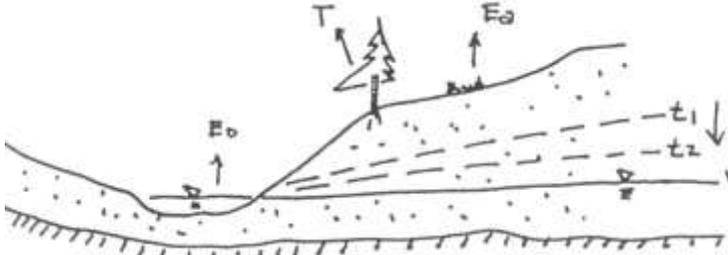
10. Proses Runoff

a. Periode Tidak Hujan (Kemarau)

- 1) Input dari hujan = nol

Hidrologi Hutan

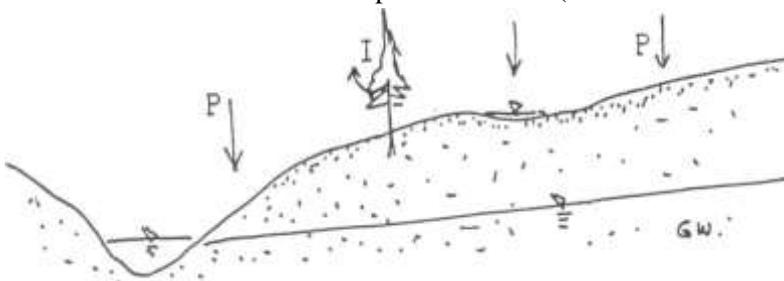
- 2) Air tanah mengalir masuk alur sebagai aliran dasar, maka freatik turun terus
- 3) Evapotranspirasi menambah defisiensi lengas tanah
- 4) Hidrograf aliran berupa kurva deplesi



Gambar 1.4 Proses Runoff pada Periode Tidak Hujan

b. Periode Hujan Awal

- 1) Awal musim hujan, mulai ada hujan
- 2) Sebagian hujan menjadi intersepsi
- 3) Sebagian menjadi simpanan depresi
- 4) Surface Runoff hampir tidak ada, air hujan digunakan untuk membasahi tanah (Lengas tanah meningkat).
- 5) Hidrograf aliran agak bergeser ke atas karena ada sebagian hujan yang jatuh langsung di alur sungai
- 6) Muka freatik masih turun terus karena aliran dasar masih berlangsung dan air infiltrasi belum mencapai muka freatik (air tanah belum naik).



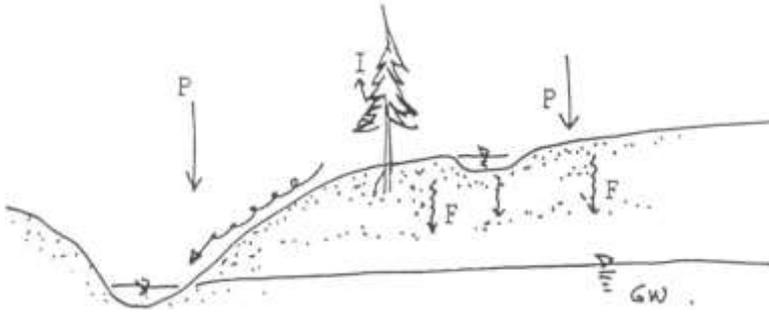
Gambar 1.5 Proses Runoff pada Periode Hujan Awal

Keterangan:

P = Presipitasi, I = Intersepsi, Gw = Ground water

c. Periode Hujan

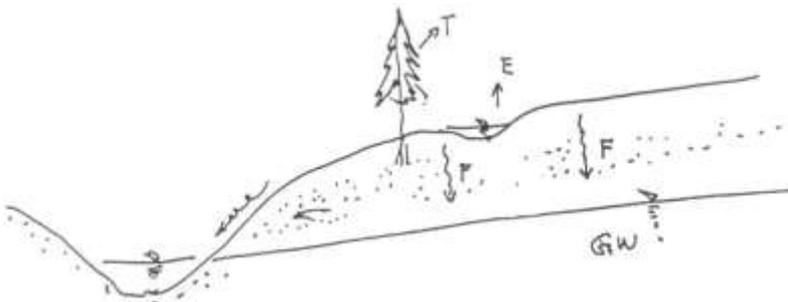
- 1) Intersepsi mencapai kapasitas maksimum, *stemflow* dan *throughfall* terjadi
- 2) Simpanan depresi maksimum
- 3) *Surface runoff* mulai terjadi, sehingga aliran sungai naik.
- 4) *Soil Moisture Deficiency* berkurang
- 5) Air Infiltrasi dan perkolasi belum mencapai muka freatik (air tanah belum naik).



Gambar 1.6 Proses Runoff pada Periode Hujan

d. Saat Hujan Berhenti

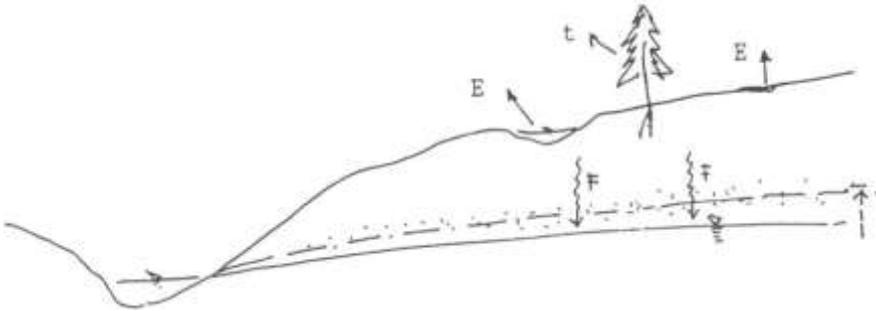
- 1) Di permukaan tanah masih ada air dan mengalir
- 2) Infiltrasi terus berlangsung
- 3) *Stream runoff* berasal dari *channel storage*
- 4) *Channel storage* berkurang dan habis
- 5) *Stream runoff* dari *groundwater*



Gambar 1.7 Proses Runoff pada Saat Hujan Berhenti

e. Saat tak ada Hujan

- 1) Lugas tanah pada kapasitas lapang
- 2) Input air tak ada, lugas tanah berkurang
- 3) Air perlokasi mencapai muka freatik air tanah mendapat recharge.
- 4) Kurva deplesi terus berlangsung, *stream runoff* menyusut.
- 5) Air tanah naik



Gambar 1.8. Proses Runoff pada Saat Tidak Ada Hujan

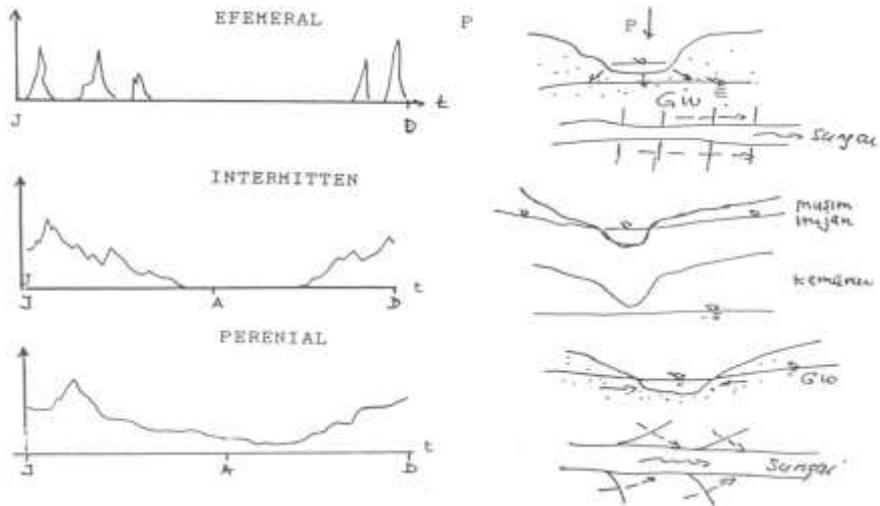
11. Hubungan aliran sungai dan air tanah

Pada lembah sungai yang cukup dalam sehingga muka freatik terpotong maka banyak mata air dan rembesan disepanjang alur sungai, untuk daerah yang air tanahnya dalam, keadaan ini tidak terjadi. Memperhatikan kontinuitas aliran dan kedudukan muka freatik ada 3 macam tipe aliran (Gambar 9) yaitu: a) Efemeral, b) Intermitten dan c) Perenial.

12. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Runoff

a. Faktor-faktor yang mempengaruhi volume runoff

- 1) Faktor iklim
 - Presipitasi
 - Evapotranspirasi
- 2) Faktor DAS
 - Ukuran DAS
 - Elevasi DAS



Gambar 1.9 Tipe Sungai dan Hubungan antara *Runoff*-Air Tanah

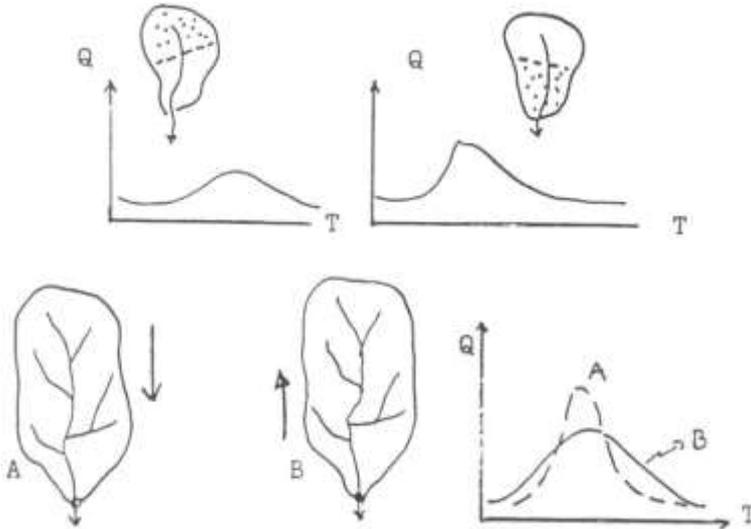
b. Faktor yang mempengaruhi distribusi runoff

1) Faktor meteorologi

- Presipitasi (tipe, intensitas, durasi, distribusi menurut waktu dan ruang)
- Faktor cuaca (suhu, kelembaban, angin, radiasi, keasaman)

2) Faktor DAS

- Topografi (bentuk, lereng, aspek DAS)
- Geologi (struktur dari batuan)
- Jenis tanaman (struktur dan tekstur)
- Vegetasi (= liputan lahan)
- Jaringan sungai



Gambar 1.10

Pengaruh Distribusi Hujan dan Arah Hujan terhadap Bentuk Hidrograf

- 3) Faktor manusia
 - a) Bangunan air
 - b) Teknik pertanian
 - c) Urbanisasi

13. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai adalah kawasan (Gambar 1.11) yang dibatasi oleh pemisah topografi (igir pegunungan), kawasan tersebut menampung, menyimpan dan mengalirkan air melalui sistem sungai dan mengeluarkannya melalui titik tunggal (*single outlet*). Gambar 13 menunjukkan konsep DAS dan sistem DAS. Respon DAS terhadap hujan terdiri dari respon DAS pada limpasan langsung (*direct runoff*) dan respon DAS pada aliran dasar (*baseflow*).

Gambar 1.11 menunjukkan model siklus hidrologi yang disederhanakan. Kelihatan bahwa *runoff* yang ada dalam alur sungai terdiri dari 3 komponen aliran yaitu *overlandflow* (Q_s), aliran antara (*interflow* = Q_i) dan aliran dasar (Q_d). Sistem DAS dapat dibagi lagi menjadi sistem yang lebih khusus yaitu

Hidrologi Hutan

sistem air pada permukaan lahan, sistem air pada zona tidak jenuh, sistem air pada zona jenuh air dan sistem air pada jaringan alur sungai.

DAS sebagai suatu sistem selalu ada masukan (input), proses dan keluaran (output).

Masukan:

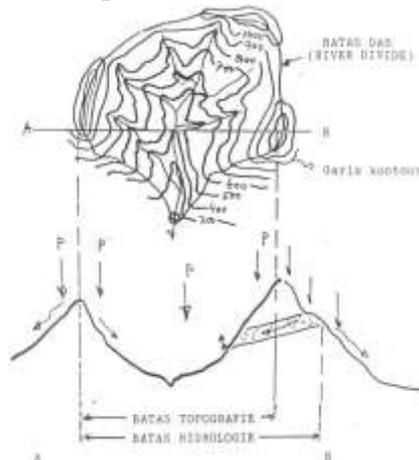
- Curah hujan (alami)
- Teknologi (buatan)

Keluaran:

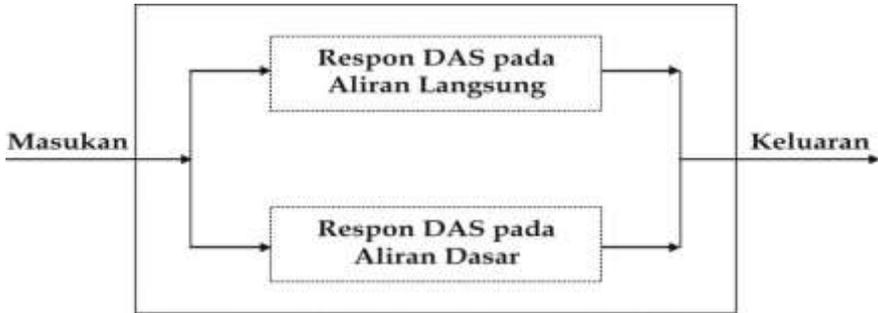
- Aliran
- Sedimen
- Evapotranspirasi

Proses, terdiri dari beberapa variabel. Proses yang berpengaruh terhadap perubahan hujan menjadi runoff.

- Infiltrasi & Perlokasi
- Evapotranspirasi
- Penampungan air/aliran
- Perjalanan aliran atau pemindahan aliran



Gambar 1.11 Proyeksi horizontal dan vertikal daerah aliran sungai.



Gambar 1.12 Konsep DAS dan Sistem DAS

14. Aliran Air Tanah

Air bawah tanah yang sepenuhnya ada di zona jenuh dikenal sebagai air tanah. Air tanah terdapat pada formasi geologi yang permeabel yang mampu menyimpan dan memindah air dalam jumlah yang cukup sampai besar dikenal dengan akuifer. Akuifer ini dapat dikatakan sebagai reservoir air tanah (waduk=reservoir). Air tanah dapat mempertahankan diri karena imbuh air (*recharge*) dari air yang mengalami perkolasi dari lapisan tanah bagian atas selama dan sesudah hujan atau imbuh dari aliran lateral mengikuti gradien hidolik dari daerah sumber yang lain.

Bila muka air tanah cukup tinggi relative di permukaan air sungai, air tanah muncul sebagai rembesan atau mata air yang disebut sebagai aliran dasar (*base flow*). Aliran dasar inilah yang biasanya memelihara aliran sungai dalam DAS sewaktu periode musim kemarau. Bila muka air tanah tetap rendah terhadap permukaan pengatusan tanah (dasar alur tanah) maka tak ada aliran dasar, dan sungai menjadi sungai *intermittent*. Air tanah merupakan sumber utama air bersih bagi kepentingan umat manusia, penerapannya dengan membuat sumur, baik sumur gali ataupun sumur bor.

E. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan hidrologi?
2. Jelaskan daur hidrologi dan gambarkan
3. Sebutkan dan jelaskan berbagai macam aplikasi hidrologi terutama dalam kaitannya dengan konservasi sumberdaya hutan.

Referensi

Chow, Ven Te., 1985, *Hidrologi Saluran Terbuka*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Linsley, Ray K. JR; Max A. Kohler and Joseph L.H. Paulhus. 1989. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Terjemah Hermawan. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Montarcih, Lily, 2010. *Hidrologi Teknik Dasar*. CV Citra Malang.

Sri Harto.B.R , 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Soemarto, CD., 1999, *Hidrologi teknik*, Edisi Dua, Erlangga , Jakarta.

Triatmojo, Bambang, 1993. *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta.

Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung.

BAB II PRESIPITASI

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa akan mengerti dan memahami proses terjadinya hujan, faktor-faktor yang mempengaruhi, mampu memilih lokasi pemasangan stasiun hujan dan mampu melakukan perhitungan data hujan untuk analisis hidrologi suatu kawasan, sehingga tujuan proses pembelajaran dapat tercapai.

A. Pengertian

Presipitasi atau hujan adalah merupakan uap air yang terkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dengan segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi. Jika air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (*rainfall*) dan jika berupa padat disebut salju (*snow*). Syarat terjadinya hujan yaitu Tersedia udara lembab dan sarana sehingga terjadi kondensasi.

Air hujan merupakan salah satu sumber daya alam yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibiarkan mengalir ke saluran-saluran drainase menuju ke sungai-sungai yang akhirnya mengalir ke laut. Padahal jika mampu diolah dan dikelola dengan baik, air hujan tersebut akan memiliki banyak manfaat bagi keberlangsungan hidup manusia, terutama untuk keberlangsungan penyediaan air bersih di masyarakat. Air hujan sendiri dapat digunakan untuk memenuhi berbagai keperluan manusia antara lain untuk mandi, mencuci bahkan untuk air minum.

Presipitasi adalah peristiwa jatuhnya cairan (dapat berbentuk cair atau beku) dari atmosphere ke permukaan bumi dan lau dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang. Presipitasi cair dapat berupa hujan dan embun dan presipitasi beku dapat berupa salju dan hujan es. Dalam uraian selanjutnya pemakaian istilah presipitasi saling menggantikan dengan istilah curah hujan. Presipitasi adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah yaitu perubahan bentuk dari uap air di atmosfer menjadi curah hujan sebagai akibat proses kondensasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya presipitasi diantara lain berupa:

1. Adanya uap air di atmosphere
2. Faktor-faktor meteorologis
3. Lokasi daerah
4. Adanya rintangan misal adanya gunung.

Terbentuknya ekologi, geografi dan tataguna lahan di suatu daerah sebagian besar ditentukan atau tergantung pada fungsi daur hidrologi, dengan demikian presipitasi merupakan kendala sekaligus kesempatan dalam usaha pengelolaan sumberdaya tanah dan air.

Presipitasi merupakan faktor pengontrol keadaan daerah yang relatif mudah diamati. Namun, perlu juga mempertimbangkan bahwa prakondisi untuk berlangsungnya hujan melibatkan tingkat kelembaban udara dan faktor-faktor lain yang turut berperan untuk berlangsungnya hujan seperti energi matahari, arah dan kecepatan angin, dan suhu udara.

1. Kelembaban udara

Salah satu fungsi utama kelembaban udara adalah sebagai lapisan pelindung permukaan bumi. Kelembaban udara dapat menurunkan suhu dengan cara menyerap atau memantulkan, sekurang-kurangnya setengah radiasi matahari gelombang pendek yang menuju kepermukaan bumi. Kelembaban udara juga membantu menahan keluarnya radiasi matahari gelombang panjang dari permukaan bumi pada waktu siang dan malam hari.

Sejalan dengan meningkatnya suhu udara, meningkat pula kapasitas udara dalam menampung air. Sebaliknya, ketika udara bertambah dingin, gumpalan awan menjadi bertambah besar, dan pada gilirannya akan jatuh sebagai air hujan. Dalam mempelajari besarnya kandungan air dalam udara, dikenal dua unsure kelembaban udara, kelembaban spesifik dan kelembaban absolute.

Kelembaban spesifik adalah banyaknya uap air (dalam gram) yang terdapat di dalam 1 kg udara basah (gr/kg). Sedangkan kelembaban absolute adalah perbandingan masa uap air dengan volum udara total (gr/m³). Perbedaan kedua jenis kelembaban tersebut adalah bahwa pada kelembaban spesifik, perubahan tekanan udara tidak akan mempengaruhi

besar kecilnya kelembaban. Sebaliknya, pada kelembaban absolute, perubahan tekanan udara akan memberikan pengaruh pada angka kelembaban pada tempat tersebut.

2. Energi Matahari

Energi matahari merupakan mesin yang mempertahankan berlangsungnya daur hidrologi. Selain itu, energi matahari juga bersifat mempengaruhi terjadinya perubahan iklim. Pada umumnya, besarnya energi matahari yang mencapai permukaan bumi adalah 0,5 langley/menit. Namun demikian, besarnya energi matahari bersih yang diterima permukaan bumi bervariasi tergantung pada letak geografis dan kondisi permukaan bumi.

Adanya perbedaan keadaan geografis tersebut mendorong terjadinya gerakan udara di atmosfer, dengan demikian juga berfungsi dalam penyebaran energi matahari. Energi matahari bersifat memproduksi gerakan massa udara di atmosfer dan di atas lautan. Energi ini merupakan sumber tenaga untuk terjadinya proses evaporasi dan transpirasi. Evaporasi berlangsung pada permukaan badan perairan sedangkan transpirasi adalah kehilangan air dari dalam vegetasi.

Energi matahari mendorong terjadinya daur hidrologi melalui proses radiasi. Sementara penyebaran kembali energi matahari dilakukan melalui proses konduksi dari daratan dan konveksi yang berlangsung di dalam badan air dan atmosfer. Konduksi adalah suatu proses transportasi udara antara dua lapisan (udara) yang berdekatan apabila suhu kedua lapisan tersebut berbeda. Konveksi adalah pindah panas yang timbul oleh adanya gerakan massa udara atau air dengan arah gerakan verbal.

3. Angin

Angin adalah gerakan massa udara, yaitu gerakan atmosfer atau udara nisbi terhadap permukaan bumi. Parameter tentang angin yang biasa dikaji adalah arah dan kecepatan angin. Kecepatan angin penting karena dapat menentukan besarnya kehilangan air melalui proses evapotranspirasi dan mempengaruhi kejadian-kejadian hujan. Untuk terjadinya hujan diperlukan adanya gerakan udara lembab yang berlangsung terus menerus. Dalam hal ini, gerakan udara (angin)

berfungsi sebagai tenaga penggerak terjadinya gerakan udara lembab tersebut. Peralatan yang digunakan untuk menentukan besarnya kecepatan angin dinamakan anemometer.

Dalam satu hari, kecepatan dan arah angin dapat berubah-ubah. Perubahan ini seringkali disebabkan oleh adanya beda suhu antara daratan dan lautan. Angin umumnya bertiup dari bidang permukaan dingin ke bidang permukaan yang lebih hangat. Dapat dikatakan bahwa arah horizontal gerak atmosfer terhadap permukaan bumi disebabkan oleh satu atau gabungan dari gaya gradien tekanan, gaya coriolis dan gaya gesekan.

4. Suhu udara

Suhu mempengaruhi besarnya curah hujan, laju evaporasi dan transpirasi. Suhu juga dianggap sebagai salah satu faktor yang dapat memprakirakan dan menjelaskan kejadian dan penyebaran air di muka bumi. Dengan demikian, adalah penting untuk mengetahui bagaimana cara menentukan besarnya suhu udara.

B. Mekanisme Presipitasi

Proses terjadinya presipitasi diawali ketika sejumlah uap air di atmosfer bergerak ke tempat yang lebih tinggi oleh adanya beda tekanan uap air. Uap air bergerak dari tempat dengan tekanan uap air lebih besar ke tempat dengan tekanan uap air lebih kecil. Uap air yang bergerak ke tempat yang lebih tinggi (dengan suhu udara menjadi lebih rendah) tersebut pada ketinggian tertentu akan mengalami penjumlahan dan apabila hal ini diikuti dengan terjadinya kondensasi maka uap air tersebut akan berubah bentuk menjadi butiran-butiran air hujan.

Udara di atmosfer mengalami proses pendinginan melalui beberapa cara antara lain, oleh adanya pertemuan antara dua massa udara dengan suhu yang berbeda atau oleh sentuhan antara massa udara dengan obyek atau benda dingin. Proses pendinginan yang paling umum adalah terjadinya gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi oleh adanya beda tekanan uap air. Adanya pembentukan awan tidak dengan sendirinya diikuti dengan terjadinya hujan. Namun demikian, keberadaan awan dapat dijadikan indikasi awal untuk berlangsungnya presipitasi.

Hidrologi Hutan

Secara ringkas dan sederhana, terjadinya hujan terutama karena adanya perpindahan massa air basah ke tempat yang lebih tinggi sebagai respon adanya beda tekanan udara antara dua tempat yang berbeda ketinggiannya. Di tempat tersebut, karena adanya akumulasi uap air pada suhu yang rendah maka terjadilah proses kondensasi, dan pada gilirannya massa air basah tersebut jatuh sebagai air hujan. Namun demikian, mekanisme berlangsungnya hujan melibatkan tiga faktor utama. Dengan kata lain, akan terjadi hujan apabila berlangsung tiga kejadian sebagai berikut:

1. Kenaikan massa uap ke tempat yang lebih tinggi sampai saatnya atmosfer menjadi jenuh.
2. Terjadinya kondensasi atas partikel-partikel uap air di atmosfer.
3. Partikel-partikel uap air tersebut bertambah besar sejalan dengan waktu untuk kemudian jatuh ke bumi dan permukaan laut (sebagai hujan) karena gaya gravitasi.

Hujan juga dapat terjadi oleh pertemuan antara dua massa air basah dan panas. Tiga tipe hujan yang umum dijumpai di daerah tropis dapat disebutkan sebagai berikut:

1. Hujan konvektif (*Convective storms*), tipe hujan ini disebabkan oleh adanya beda panas yang diterima permukaan tanah dengan panas yang diterima oleh lapisan udara di atas permukaan tanah tersebut. Tipe hujan konvektif biasanya dicirikan dengan intensitas yang tinggi, berlangsung relative cepat, dan mencakup daerah yang tidak terlalu luas. Tipe hujan konvektif inilah yang seringkali digunakan untuk membedakan dari tipe hujan yang sering dijumpai di daerah beriklim sedang (tipe hujan frontal) dengan intensitas hujan lebih rendah.
2. Hujan frontal (*Frontal/cyclonic storms*), tipe hujan yang umumnya disebabkan oleh bergulungnya dua massa udara yang berbeda suhu dan kelembaban. Pada tipe hujan ini, massa udara lembab yang hangat dipaksa bergerak ke tempat yang lebih tinggi (suhu lebih rendah dengan kerapatan udara dingin lebih besar). Tergantung pada tipe hujan yang dihasilkannya, hujan frontal dapat dibedakan menjadi hujan frontal dingin dan hangat. Hujan frontal dingin biasanya mempunyai kemiringan permukaan frontal yang besar dan menyebabkan gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi lebih

cepat sehingga bentuk hujan yang dihasilkan adalah hujan lebat dalam waktu yang singkat. Sebaliknya, pada hujan frontal hangat, kemiringan permukaan frontal tidak terlalu besar sehingga gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan perlahan-lahan (proses pendinginan berlangsung bertahap). Tipe hujan yang dihasilkan adalah hujan yang tidak terlalu lebat dan berlangsung dalam waktu lebih lama (hujan dengan intensitas rendah). Hujan badai dan hujan monsoon (monsoon) adalah tipe hujan frontal yang lazim dijumpai.

3. Hujan orografik (Orographic storms), jenis hujan yang umum terjadi di daerah pegunungan, yaitu ketika massa udara bergerak ke tempat yang lebih tinggi mengikuti bentang lahan pegunungan sampai saatnya terjadi proses kondensasi. Ketika massa udara melewati daerah bergunung, pada lereng dimana angin berhembus (windward side) terjadi hujan orografik. Sementara pada lereng dimana gerakan massa udara tidak atau kurang berarti (leeward side), udara yang turun akan mengalami pemanasan dengan sifat kering, dan daerah ini disebut daerah “bayangan” dan hujan yang terjadi disebut hujan di daerah “bayangan” (jumlah hujan lebih kecil daripada hujan yang terjadi di daerah windward side). Besarnya intensitas hujan orografik cenderung menjadi lebih besar dengan meningkatnya ketebalan lapisan udara lembab di atmosfer yang bergerak ke tempat yang lebih tinggi. Tipe hujan orografik dianggap sebagai pemasok air tanah, danau, bendungan, dan sungai karena berlangsung di daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS).

Seorang perencana akan mudah menentukan karakteristik hujan suatu wilayah dari hasil pengamatan atau pengumpulan data dan perhitungan atau analisis data hujan yang ada. Sebelum data didapat sudah barang tentu harus ditentukan bagaimana cara pengumpulan datanya serta bagaimana analisisnya.

C. Jaringan Pengukur Hujan

Sistem jaringan kerja alat pengukur hujan harus direncanakan sesuai dengan keperluan pemanfaatan data curah hujan yang akan dikumpulkan. Tingkat ketelitian hasil pengukuran curah hujan dalam

suatu sistem jaringan kerja tergantung tidak hanya pada keseluruhan kerapatan alat-alat pengukur hujan tetapi juga pada penyebaran alat pengukur hujan.

Dengan segala kekurangan dan kelebihan, alat pengukur hujan ada 2 macam yaitu alat pengukur hujan manual dan alat pengukur hujan otomatis. Alat pengukur hujan manual pada dasarnya hanya berupa kontainer atau ember yang telah diketahui diameternya. Untuk mendapatkan data presipitasi yang memadai dengan menggunakan alat pengukur hujan manual, alat pengukur hujan biasanya dibuat dalam bentuk bulat memanjang ke arah vertical untuk memperkecil terjadinya percikan air hujan. Diameter dan ketinggian bidang penangkap air hujan bervariasi dari satu Negara ke Negara lainnya. Di Amerika Serikat, alat pengukur hujan manual (standar) yang digunakan mempunyai dimensi diameter 20 cm dan ketinggian 79 cm. Sehingga dalam bidang pengukuran curah hujan, apabila alat pengukur hujan yang digunakan memiliki dimensi diameter dan ketinggian seperti tersebut di atas dikenal sebagai alat pengukur hujan —standar. Untuk memudahkan prosedur pengukuran curah hujan dengan memanfaatkan alat pengukur hujan manual, dimensi diameter dan ketinggian alat yang disarankan adalah berkisar antara 15-30 cm dan antara 50-75 cm (Dunne dan Leopold, 1978 dalam Asdak, 2001).

Alat pengukur hujan otomatis adalah alat pengukur hujan yang mekanisme pencatatan besarnya curah hujan bersifat otomatis. Dengan cara ini, data hujan yang diperoleh selain besarnya curah hujan selama periode waktu tertentu, juga dapat dicatat lama waktu hujan, dengan demikian besarnya intensitas hujan dapat ditentukan.

Dua jenis alat pengukur hujan yang sering digunakan adalah weighing bucket raingauge dan tipping bucket raingauge. Jenis alat pengukur hujan yang pertama terdiri atas corong penangkap air hujan yang ditempatkan di atas ember penampung air yang terletak di atas timbangan yang dilengkapi dengan alat pencatat otomatis. Alat pencatat (pen) pada timbangan tersebut dihubungkan ke permukaan kertas grafik yang tergulung pada sebuah kaleng silinder. Dengan demikian, setiap terjadi hujan, air hujan tertampung oleh corong akan dialirkan ke dalam ember yang terletak di atas timbangan. Setiap ada penambahan air hujan

ke dalam ember, timbangan akan bergerak turun. Gerakan timbangan ini akan menggerakkan alat pencatat (pen) yang berhubungan dengan kertas grafik sedemikian rupa sehingga perubahan volume air hujan yang masuk ke dalam ember dapat tercatat pada kertas grafik. Setiap periode waktu tertentu gulungan kertas grafik dilepaskan untuk dilakukan analisis dan apabila sudah waktunya, kertas grafik dan tinta perlu diganti dengan yang baru.

Jenis alat pengukur hujan yang kedua dan dianggap lebih canggih adalah tipping bucket raingaug. Alat ini beroperasi secara otomatis dan tidak memerlukan tinta dan kertas dalam mencatat data hujan sehingga tidak perlu mengganti tinta atau kertas setiap beberapa hari sekali. Mekanisme kerjanya, sesuai dengan namanya, adalah dengan cara tipping atau seperti cara kerja timbangan (duduk) dimana salah satu bucket atau kantong/ember penampung air bergerak (jatuh) ke bawah setiap kali menerima beban (air hujan) dengan volume tertentu. Dengan cara ini, curah air hujan dihitung/dicatat oleh alat pencatat otomatis (logger) yang diletakkan terpisah dari alat ukur tipping bucket. Dengan mengetahui tipping dan waktu berlangsungnya hujan, maka dapat diketahui intensitas hujan untuk setiap kejadian hujan. Pada alat ukur hujan otomatis yang kedua ini pengambilan data hujan di lapangan dilakukan dengan bantuan komputer karena data hujan dan waktu terjadinya hujan tersimpan dalam data logger. Untuk keperluan yang lebih canggih, misalnya pemantauan besarnya curah hujan untuk pengendalian banjir atau pembangkit listrik tenaga air, maka alat pengukur hujan tersebut dihubungkan ke pusat pemantauan hujan (yang dilengkapi dengan komputer) melalui satelit. Sehingga hanya dalam waktu beberapa detik hujan yang terjadi di daerah dengan jarak puluhan kilometer dapat dimonitor oleh pusat pemantauan hujan tersebut.

Dalam melakukan pengukuran presipitasi, sekurang- kurangnya ada dua masalah dasar yang selalu timbul, yaitu:

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

Persoalan yang pertama seringkali berkaitan dengan kesalahan

Hidrologi Hutan

karena alat (instrumental error) dan yang berikutnya adalah kesalahan yang berhubungan dengan cara mengambil sampel (sampling error). Faktor utama yang dapat mengganggu cara kerja alat pengukur hujan yang kita pasang terutama datang dari hembusan angin disekitar alat tersebut. Dinding penghambat seperti bangunan yang tinggi, jajaran pohon, punggung gunung dapat mempengaruhi arah dan kecepatan angin dan pada gilirannya akan mempengaruhi data yang kita kumpulkan. Menentukan lokasi yang tepat untuk alat pengukur presipitasi tidak gampang. Alat ukur tersebut harus mampu mewakili daerah yang kita amati. Tempat terbaik untuk lokasi alat pengukur hujan adalah bidang permukaan tanah yang landai. Hindarkan punggung gunung yang bergelombang. Khususnya daerah miring yang menentang arus angin.

Lokasi alat pengukur hujan sebaiknya dapat diamati secara teratur. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perubahan terjadi pada alat pengukur hujan tersebut atau mungkin ada tanaman pengganggu yang perlu disingkirkan. Gagal melakukan hal tersebut, dapat menimbulkan gangguan pengukuran, misalnya perubahan arah angin, alat pengukur hujan ternaungi pohon, dengan demikian merubah data curah hujan yang diamati. Gangguan-gangguan lain yang sering dijumpai dalam pengukuran besarnya presipitasi adalah ukuran penangkap air hujan (corong pada alat pengukur hujan otomatis dan ember pada alat pengukur hujan standar). Pada curah hujan dengan intensitas rendah dan berlangsung cukup lama. Luas permukaan penangkap air hujan sebaiknya dibuat lebih luas. Hal ini perlu untuk meningkatkan volume air hujan yang akan diukur besarnya. Permasalahan lain yang berkaitan dengan alat pengukur hujan adalah kedudukan penangkap air hujan pada alat pengukur hujan yang bersangkutan.

Pemasangan alat pengukur hujan pada suatu daerah didasarkan kepada keperluan pengukuran curah hujan pada daerah tersebut. Apabila daerah yang akan dipasang alat penakar hujan tidak mempunyai peralatan yang dapat menunjukkan pola penyebaran spasial curah hujan maka informasi tersebut dapat diperoleh dari tempat lain yang memiliki karakteristik (fisik dan klimatik) kurang lebih sama dengan tempat yang menjadi kajian. Dengan cara ini penentuan sistem jaringan kerja alat-alat pengukur hujan dapat dilakukan dengan hasil yang memadai.

Hidrologi Hutan

Cara statistika lainnya yang dapat dimanfaatkan untuk evaluasi sistem jaringan kerja alat-alat penakar hujan meliputi beberapa langkah serta menggunakan analisis korelasi untuk menentukan besarnya korelasi antar alat penakar hujan dan untuk memprakirakan besarnya kesalahan yang terjadi ketika hasil pengukuran curah hujan dari daerah yang mempunyai sistem jaringan kerja diinterpolasikan ke daerah yang tidak memiliki sistem jaringan kerja alat-alat pengukur hujan.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi pada saat menempatkan alat pengukur hujan yaitu:

1. Harus diletakkan di tempat yang bebas halangan atau pada jarak 4 kali tinggi obyek penghalang.
2. Alat harus tegak lurus dan tinggi permukaan penakar antara 90- 120 cm di atas permukaan tanah.
3. Bebas dari angin balik
4. Alat harus dilindungi baik dari gangguan binatang maupun manusia.
5. Secara teknis alat harus standart.
6. Dekat dengan tenaga pengamat.

Ketelitian didalam pengukuran curah hujan dapat ditingkatkan dengan cara mempertimbangkan pola variabilitas spasial curah hujan di tempat pengukuran dan menggunakan pola variabilitas spasial curah hujan di tempat tersebut dan menggunakan pola variabilitas tersebut sebagai dasar penentuan jumlah dan kedudukan alat-alat pengukur hujan. Variabilitas hujan dan tujuan penggunaan data hujan menentukan kepadatan jaringan pengukuran hujan dalam perancangan hidrologik. Ketidakpastian dalam perancangan hidrologik menyangkut:

1. Ketidak pastian dalam pengalih ragam antara masukan hujan ke debit.
2. Ketidak pastian dalam penyusunan model
3. Ketidak pastian dalam ekstrapolasi informasi titik (point information) ke informasi wilayah (DAS).
4. Keterbatasan panjang data.

Di samping itu juga akan dijumpai kendala di dalam menentukan jumlah stasiun antara lain yaitu:

1. Pembelian dan pemasangan alat
2. Pengamatan

3. Perawatan alat
4. Administrasi pengumpulan, pengiriman, penyimpanan dan penyebaran data.

Upaya yang harus dilakukan untuk mengurangi kendala tersebut antara lain:

1. Menetapkan jumlah stasiun hujan optimum
2. Menetapkan pola penyebarannya di Daerah Aliran Sungai
3. Mendapatkan informasi sebanyak mungkin
4. Mencapai ketelitian maksimum
5. Menekan biaya pemasangan dan pengoperasian.

Dasar perancangan jaringan dititik beratkan kepada:

1. Menitikberatkan pada sifat-sifat statistik hujan dan sifat fisik DAS (luas, topografi).
2. Menitikberatkan pada analisis ekonomi
3. Gabungan antara keduanya

Kepadatan minimum jaringan hujan berikut ini telah direkomendasi guna maksud-maksud hidro meteorologis umum (Linsley, et-al, 1982):

1. Untuk daerah datar, beriklim sedang, mediteranean dan zona tropis 600 - 900 km² untuk setiap stasiun
2. Untuk daerah-daerah pegunungan beriklim sedang, mediteranean dan zone tropis, 100 - 250 km² untuk setiap stasiun.
3. Untuk pulau-pulau dengan pegunungan kecil dengan hujan yang beraturan, 25 km² untuk setiap stasiun.
4. Untuk zone-zone kering dan kutub, 1500-10.000 km² untuk setiap stasiun.

D. Pengukuran Presipitasi

Para pakar hidrologi dalam melaksanakan pekerjaannya seringali memerlukan informasi besarnya volume presipitasi rata-rata untuk suatu daerah tangkapan air arau daerah aliran sungai. Untuk mendapatkan data curah hujan yang dapat mewakili daerah tangkapan air tersebut diperlukan alat pengukur hujan yang dapat mewakili daerah tangkapan air tersebut diperlukan alat pengukur hujan dalam jumlah yang cukup. Dengan semakin banyaknya alat- alat pengukur hujan yang dipasang di lapangan diharapkan dapat diketahui besarnya variasi curah hujan di

tempat tersebut dan juga besarnya presipitasi yang terjadi di daerah tersebut.

Sistem jaringan kerja dari sejumlah alat penakar hujan akan mewakili sejumlah titik-titik pengamatan besarnya atau ketebalan curah hujan di daerah tersebut. Dalam menentukan besarnya presipitasi (rata-rata) di suatu daerah aliran sungai dengan memanfaatkan sistem jaringan kerja dari alat-alat pengukur hujan. Ketelitian hasil pengukuran presipitasi akan tergantung pada variabilitas spasial curah hujan, dengan demikian diperlukan lebih banyak lagi alat-alat pengukur hujan, terutama di daerah dengan kemiringan lereng besar dan daerah-daerah yang banyak menerima tipe curah hujan lebat (thunderstorms) dibandingkan tipe curah hujan frontal.

Secara umum, ketelitian hasil pengukuran presipitasi akan meningkatkan dengan meningkatnya jumlah alat penakar hujan yang digunakan. Tetapi, tingkat kerapatan alat pengukur hujan yang tinggi seringkali sulit mengaturnya di lapangan, disamping mahal biayanya. Cara penyelesaian yang merupakan kompromi antara keterbatasan jumlah alat pengukur hujan yang digunakan dengan hasil ketelitian tetap memadai adalah dengan membuat klasifikasi, antara lain, klasifikasi tentang karakteristik topografi seperti ketinggian tempat, kemiringan lereng, dll.

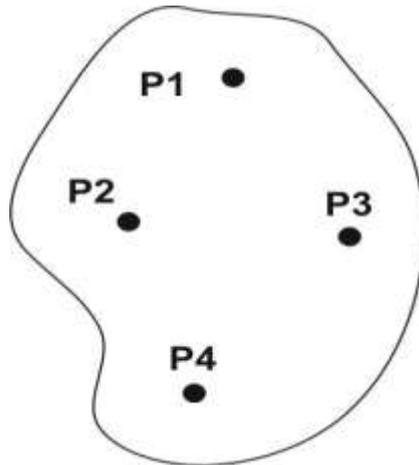
Hasil pengukuran data hujan dari masing-masing alat pengukuran hujan adalah merupakan data hujan suatu titik (point rainfall). Padahal untuk kepentingan analisis yang diperlukan adalah data hujan suatu wilayah (areal rainfall). Ada beberapa cara untuk mendapatkan data hujan wilayah yaitu:

1. Cara rata-rata aljabar
2. Cara poligon Thiessen
3. Cara isohyet

1. Cara Rata-rata Aljabar

Cara ini merupakan cara yang paling sederhana yaitu hanya dengan membagi rata pengukuran pada semua stasiun hujan dengan jumlah stasiun dalam wilayah tersebut. Sesuai dengan kesederhanaannya maka cara ini hanya disarankan digunakan untuk wilayah yang relatif mendatar

dan memiliki sifat hujan yang relatif homogen dan tidak terlalu kasar.



Gambar 3.1 Metode Rata-rata Aljabar

$$\frac{P1 + P2 + P3 + P4}{4} = \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

P = hujan rata-rata

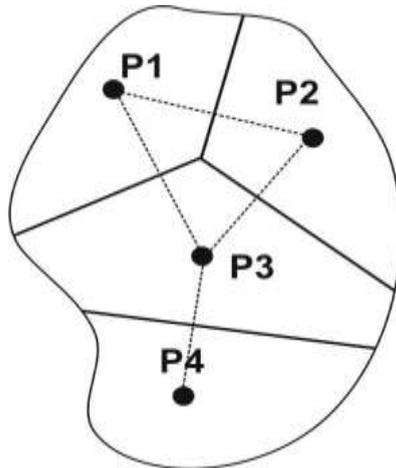
P1; P2; P3; P4 = tebal hujan stasiun 1,2,3,4

2. Cara Poligon Thiessen

Teknik polygon dilakukan dengan cara menghubungkan satu alat pengukur hujan dengan cara menghubungkan satu alat pengukur hujan dengan lainnya menggunakan garis lurus. Pada peta daerah tangkapan air untuk masing-masing alat pengukur hujan, daerah tersebut dibagi menjadi beberapa polygon (jarak garis pemabagi dua pengukur hujan yang berdekatan lebih kurang sama). Hasil pengukuran pada setiap alat pengukur hujan terlebih dahulu diberi bobot (weighing) dengan menggunakan bagian-bagian wilayah dari total daerah tangkapan air yang diwakili oleh alat pengukur hujan masing- masing lokasi, kemudian dijumlahkan.

Teknik polygon termasuk memadai guna menentukan curah hujan suatu darah, namun demikian hasil yang baik akan ditentukan oleh sejauh

mana penempatan alat pengukur hujan mampu mewakili daerah pengamatan. Teknik polygon tidak cocok digunakan di daerah bergunung-gunung. Cara ini selain memperhatikan tebal hujan dan jumlah stasiun, juga memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun untuk digunakan sebagai salah satu faktor dalam menghitung hujan rata-rata daerah yang bersangkutan. Poligon dibuat dengan cara menghubungkan garis-garis berat diagonal terpendek dari para stasiun hujan yang ada.



Gambar 3.2 Metode Poligon Thiessen

$$\frac{1A_1+P_2A_2+P_3A_3+P_4A_4}{A_1+A_2+A_3+A_4} = \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

P = hujan rata-rata

P1, P2, P3, P4 = tebal hujan pada stasiun 1,2,3,4

A1, A2, A3, A4 = luas wilayah yang diwakili oleh stasiun 1,2,3,4.

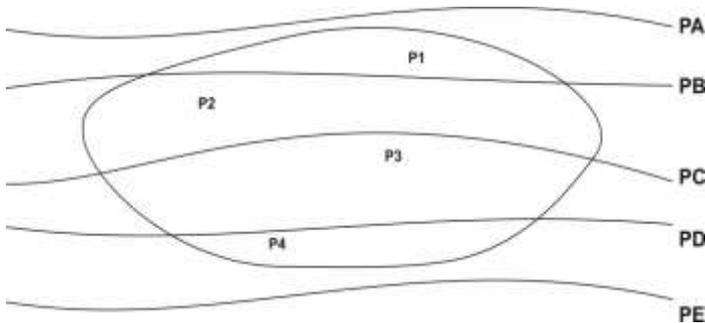
3. Cara Isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai tinggi hujan yang sama. Metode ini menggunakan isohiet sebagai garis-garis yang membagi daerah aliran sungai menjadi daerah-daerah yang diwakili oleh stasiun-stasiun yang bersangkutan, yang

luasnya dipakai sebagai faktor koreksi dalam perhitungan hujan rata-rata.

Teknik Isohiet dipandang lebih baik, tapi bersifat subyektif dan tergantung pada keahlian, pengalaman, dan pengetahuan pemakaian terhadap sifat curah hujan di daerah setempat. Ketepatan dalam memprakirakan besarnya curah hujan rata-rata untuk suatu daerah tergantung pada kerapatan jaringan stasiun pencatat hujan dan tipe serta ukuran hujan. Didaerah gurun dengan badai hujan local (localized thunderstorms), sangat sulit untuk menentukan besarnya curah hujan rata-rata di tempat tersebut dibandingkan dengan daerah dengan curah hujan.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa cara isohiet lebih teliti, tetapi cara perhitungannya memerlukan banyak waktu karena garis-garis isohiet yang baru perlu ditentukan untuk setiap curah hujan. Metoda isohiet terutama berguna untuk mempelajari pengaruh curah hujan terhadap perilaku aliran air sungai terutama di daerah dengan tipe curah orografik.



Gambar 3.3 Metode Isohiet

$$P_1 = \frac{P_A + P_B}{2}$$

$$P_2 = \frac{P_B + P_C}{2}$$

$$P_3 = \frac{P_C + P_D}{2}$$

$$P_4 = \frac{P_D + P_E}{2}$$

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + P_4 A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

P_A, P_B, P_C, P_D, P_E = tebal hujan pada isohiet A, B, C, D, E yang bersifat siklon (*cyclonic storms*).

E. Intensitas dan Lama Waktu Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu. Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan di suatu tempat maka alat pengukur hujan yang digunakan harus mampu mencatat besarnya volume hujan dan waktu mulai berlangsungnya hujan sampai hujan tersebut berhenti. Dalam hal ini, alat pengukur hujan yang dapat dimanfaatkan adalah alat pengukur hujan yang otomatis. Alat pengukur hujan standar juga dapat digunakan asal waktu selama hujan tersebut berlangsung diketahui (dapat dilakukan dengan menandai waktu berlangsung dan berakhirnya hujan dengan jam dinding misalnya).

Intensitas hujan atau ketebalan hujan persatuan waktu lazimnya dilaporkan dalam satuan millimeter per jam. Stasiun Pengukur Cuaca Otomatis dilengkapi dengan alat pengukur hujan yang dapat mencatat data intensitas hujan secara terus menerus. Data intensitas hujan tersebut umumnya dalam bentuk tabular atau grafik (hyetograph). Cara lain untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan adalah dengan menggunakan teknik interval waktu yang berbeda. Intensitas hujan maksimum, misalnya untuk lama waktu 5 menit, dapat dihitung dari grafik curah hujan yang dihasilkan secara otomatis (harian atau bulanan). Data intensitas harian biasanya dimanfaatkan untuk perhitungan-perhitungan prakiraan besarnya erosi, debit puncak (banjir), perencanaan drainase, dan bangunan air lainnya. Data intensitas hujan (kejadian hujan tunggal) juga dapat dimanfaatkan untuk memprakirakan besarnya dampak yang ditimbulkan oleh kegiatan perubahan tataguna lahan dalam skala besar terhadap kemungkinan perubahan karakteristik hidrologi.

Lama waktu hujan adalah lama waktu berlangsungnya hujan, dalam hal ini dapat mewakili total curah hujan atau periode hujan yang singkat dari curah hujan yang relative seragam. Cara untuk menentukan besarnya intensitas hujan adalah dengan memanfaatkan data pengukuran hujan yang dihasilkan oleh alat pengukur hujan weighing bucket.

Selain intensitas dan lama waktu hujan, informasi tentang

kecepatan jatuhnya hujan penting untuk diketahui. Kecepatan curah hujan dapat diartikan sebagai kecepatan jatuhnya air hujan dan dalam hal ini dipengaruhi oleh besarnya intensitas hujan. Informasi tentang kecepatan air hujan untuk mencapai permukaan tanah adalah penting dalam proses erosi dan sedimentasi. Kecepatan tergantung pada bentuk dan ukuran diameter air hujan. Ketika kecepatan menjadi cukup besar, air hujan akan pecah membentuk tetesan air yang lebih kecil dengan kecepatan jatuh lebih lambat.

F. Analisis Data Presipitasi

Ada beberapa aspek data presipitasi yang menjadi perhatian khusus para ahli hidrologi. Data presipitasi yang umum menjadi kajian adalah:

1. Jumlah hujan tahunan total untuk luas wilayah tertentu.
2. Variasi curah hujan musiman dan tahunan serta reliabilitas hujan musiman.
3. Prakiraan Besarnya curah hujan (presipitasi) rata-rata untuk luas wilayah tertentu atau penentuan pola spasial dan perubahan kejadian hujan tunggal.
4. Frekuensi kejadian hujan untuk besaran yang berbeda dan untuk mempelajari karakteristik statistic data presipitasi.
5. Prakiraan besarnya kejadian hujan terbesar untuk suatu wilayah tertentu. Hal terakhir inilah dalam bidang hidrologi, sering dikenal dengan istilah kemungkinan presipitasi maksimum (Probable Maximum Precipitation, PMP)

Bemacam-macam teknik untuk memprakirakan besarnya presipitasi suatu daerah tangkapan telah banyak dikembangkan. Untuk menentukan teknik prakiraan mana yang dianggap paling memadai untuk daerah kajian tertentu akan tergantung pada beberapa factor, terutama tersedianya tenaga ahli (teknisi yang handal) dan waktu yang tersedia, kerapatan dan sebaran alat pengukur hujan di lapangan, dan informasi tentang variabilitas (spasial) curah hujan di daerah kajian tersebut.

Secara umum, ketelitian hasil prakiraan besarnya presipitasi seperti dikemukakan diatas akan meningkat dengan:

1. Kerapatan alat pengukur hujan yang digunakan,
2. Lama waktu pengukuran, dan

3. Ukuran atau luas daerah tangkapan air yang dikaji.

Satuan curah hujan yang umumnya dipakai oleh BMKG adalah millimeter (mm). Jadi jumlah curah hujan yang diukur, sebenarnya adalah tebalnya atau tingginya permukaan air hujan yang menutupi suatu daerah luasan di permukaan bumi/tanah. Curah hujan 1 (satu) millimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 (satu) millimeter atau tertampung air sebanyak 1 (satu) liter atau 1000 ml. Misalnya disuatu daerah atau lokasi pengamatan curah hujannya 10 mm., itu berarti daerah luasan sekitar daerah/lokasi tergenangi oleh air hujan setinggi atau tebalnya 10 millimeter (mm).

Contoh gambar alat pengukur hujan yaitu:



Gambar 3.4 Pengukur hujan manual.(kiri) Pengukur hujan otomatis (kanan)

G. Spektrum Curah Hujan dan Pemanenan air Hujan

Siklus hidrologi air hujan yang jatuh ke bumi akan bergerak secara kontinu melalui tiga cara berbeda. Setiap terjadinya hujan, intensitas yang terjadi tidak selalu sama (konstan) karena dipengaruhi oleh faktor penguapan, kelembaban dan tekanan udara, angin dan sebagainya .

Hujan yang terjadi memiliki distribusi intensitas curah hujan yang berbeda-beda. Distribusi intensitas curah hujan ini dapat digolongkan menjadi kelompok tertentu yang biasanya disebut dengan spektrum curah hujan. Penggolongan spektrum curah hujan ini dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

Hidrologi Hutan

1. Hujan kecil dengan intensitas sebesar 75% (0-20 mm)
2. Hujan besar dengan intensitas sebesar 20% (21-51 mm)
3. Hujan sangat besar (ekstrim) dengan intensitas sebesar 5% (>50mm)

Dari sebaran hujan ini tidak semuanya air hujan yang jatuh dibiarkan begitu saja mengalir ke sungai atau laut, sebenarnya dapat dilakukan beberapa manajemen praktis berdasarkan hujan yang terjadi.

Pemanenan air hujan (*Rain Water Harvesting*) merupakan metode atau teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai salah satu sumber suplai air. Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama di daerah yang tidak terdapat sistem penyediaan air bersih, kualitas air permukaan yang rendah serta tidak tersedia air tanah

Berdasarkan UNEP (2001), beberapa keuntungan penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber air bersih adalah sebagai berikut:

1. Meminimalisasi dampak lingkungan: penggunaan instrumen yang sudah ada (atap rumah, tempat parkir, taman, dan lain-lain) dapat menghemat pengadaan instrumen baru dan meminimalisasi dampak lingkungan. Selain itu meresapkan kelebihan air hujan ke tanah dapat mengurangi volume banjir di jalan-jalan di perkotaan setelah banjir;
2. Lebih bersih: air hujan yang dikumpulkan relatif lebih bersih dan kualitasnya memenuhi persyaratan sebagai air baku air bersih dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut;
3. Kondisi darurat: air hujan sebagai cadangan air bersih sangat penting penggunaannya pada saat darurat atau terdapat gangguan sistem penyediaan air bersih, terutama pada saat terjadi bencana alam. Selain itu air hujan bisa diperoleh di lokasi tanpa membutuhkan sistem penyaluran air;
4. Sebagai cadangan air bersih: pemanenan air hujan dapat mengurangi ketergantungan pada sistem penyediaan air bersih;
5. Sebagai salah satu upaya konservasi; dan
6. Pemanenan air hujan merupakan teknologi yang mudah dan fleksibel dan dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan. Pembangunan,

operasional dan perawatan tidak membutuhkan tenaga kerja dengan keahlian tertentu.

H. Kuantitas dan Kuantitas Air Hujan

Untuk menentukan ukuran air hujan yang dibutuhkan, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan antara lain volume air yang dibutuhkan per hari, ukuran tangkapan air hujan, tinggi rendahnya curah hujan, kegunaan air hujan sebagai alternatif air bersih, dan tempat yang tersedia. Untuk mengetahui kebutuhan air secara total, harus ditentukan kuantitas air yang diperlukan untuk keperluan outdoor seperti: irigasi, reservoir (liter/hari) dan indoor seperti: mandi, cuci, toilet, kebocoran (liter/hari).

Jika volume air yang dibutuhkan sudah ditentukan, maka volume air hujan yang dapat ditangkap akan menentukan ukuran sistem PAH yang dibutuhkan. Cara sederhana yang dapat digunakan untuk menghitung volume air hujan yang dibutuhkan adalah menggunakan curah hujan tahunan dikalikan dengan luasan tangkapan air hujan, dengan rumus dibawah ini:

Tinggi curah hujan tahunan (mm) x Luas tangkapan hujan (m²) = Total air hujan yang ditangkap (m³)

Effisiensi air hujan yang ditangkap ditentukan oleh koefisien tangkapan air hujan, dimana koefisien ini merupakan presentase air hujan yang ditangkap dari sistem PAH yang memperhitungkan kehilangan air. Koefisien ini bergantung dari desain sistem PAH dan pemanfaatan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air. Untuk kebutuhan indoor koefisien efisiensi sebesar 75-90%, sedangkan untuk kebutuhan outdoor sebesar 50%.

Kualitas air hujan umumnya sangat tinggi (UNEP, 2001). Air hujan hampir tidak mengandung kontaminan, oleh karena itu air tersebut sangat bersih dan bebas kandungan mikroorganisme. Namun, ketika air hujan tersebut kontak dengan permukaan tangkapan air hujan (catchment), tempat pengaliran air hujan (conveyance) dan tangki penampung air hujan, maka air tersebut akan membawa kontaminan baik

fisik, kimia maupun mikrobiologi. Beberapa literatur menunjukkan simpulan yang berbeda mengenai kualitas PAH dari atap rumah. Kualitas PAH sangat bergantung pada karakteristik wilayah PAH seperti topografi, kondisi cuaca, tipe wilayah tangkapan air hujan, tingkat pencemaran udara, tipe tangki penampungan dan pengelolaan air hujan.

Daerah pinggiran kota atau di pedesaan, umumnya air hujan yang ditampung sangat bersih, tetapi di daerah perkotaan dimana banyak terdapat area industri dan padatnya arus transportasi, kualitas air hujan sangat terpengaruh sehingga mengandung logam berat dan bahan organik dari emisi gas buang. Selain industri dan transportasi, permukaan bahan penangkap air hujan juga mempengaruhi kualitas airnya.

Dengan pemahaman bagaimana proses kontaminasi air hujan terjadi, dan bagaimana kontaminan terbawa oleh air hujan, maka pengelolaan air hujan yang memenuhi syarat akan menghasilkan air bersih yang berkualitas (UNEP, 2001). Di bawah ini beberapa cara sederhana dalam mengolah air hujan menjadi air bersih:

1. permukaan tangkapan air hujan dan interior tangki penampungan air hujan harus dibersihkan secara berkala
2. memasang saringan (screen) sebelum masuk ke pipa tangki penampungan air hujan;
3. membuang beberapa liter air hujan pada beberapa menit pertama ketika hujan tiba dengan menggunakan pipa khusus pembuangan.
4. desinfeksi (chlorination) merupakan cara yang umum digunakan dalam mengurangi kontaminan mikroorganisme. Dosis klorinasi yang digunakan sebaiknya berkisar 0.4–0.5 mg/lit berupa free chlorine dalam bentuk tablet atau gas
5. penyaringan air hujan dengan menggunakan saringan pasir lambat (slow sand filter)
6. pasteurisasi merupakan metode pengolahan dengan menggunakan sinar ultraviolet dan panas dari sinar matahari. Metode sangat efektif jika suhu pemanasan mencapai 50°C dan air mengandung oksigen yang cukup.

I. Evaluasi

3. Apa yang dimaksud dengan presipitasi?
4. Jelaskan proses terjadinya hujan!
5. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya presipitasi!
6. Sebutkan dan jelaskan tiga tipe hujan yang umum dijumpai di daerah tropis!
7. Sebutkan dan jelaskan cara untuk mendapatkan data hujan wilayah!

Referensi

- Abdulla Fayez A., AW Al Shareef.2009. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan Desalination 243: 195-207
- Achmad, F. M. (2011). Mensyiasati Pengelolaan Sumber Daya Air Untuk Pertanian Masa Depan .Buletin IPTEK Tanaman Pangan ,3-5
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Linsley, Ray K. JR; Max A. Kohler and Joseph L.H. Paulhus. 1989. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Terjemah Hermawan. Penerbit Erlangga, Jakarta .
- Montarich, Lily, 2010. *Hidrologi Teknik Dasar*. CV Citra Malang
- Soemarto, CD., 1999, *Hidrologi teknik*, Edisi Dua, Erlangga , Jakarta
- Sosrodarsono, Ruyono. 1977. *Hidrologi untuk pengairan*.Pradnya Pramita. Jakarta
- Sri Harto,Br. 1995. *Analisis Hidrologi*.PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Vershney, R.M. 1978. *Engineering Hydrology*. Irrigation konsentration Research Institute, Central Water & Power Commission. New Delhi.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung

BAB III INFILTRASI

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa akan mengerti dan memahami proses infiltrasi, faktor-faktor yang mempengaruhi, mampu melakukan pengukuran dan perhitungan untuk analisis hidrologi suatu kawasan

A. Pengertian

Infiltrasi adalah aliran air masuk ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (gerakan air ke tanah lateral) dan gravitasi (gerakan air ke arah vertical). Setelah lapisan tanah bagian atas jenuh, kelebihan air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat gaya gravitasi bumi dan dikenal sebagai proses perkolasi.

Laju maksimal gerakan air masuk ke dalam tanah dinamakan kapasitas infiltrasi. Kapasitas infiltrasi terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah dalam menyerap kelembaban tanah. Sebaliknya, apabila intensitas hujan lebih kecil daripada kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan laju curah hujan. Laju infiltrasi umumnya dinyatakan dalam satuan yang sama dengan satuan intensitas curah hujan, yaitu millimeter per jam (mm/jam).

Air hujan yang mengalir masuk ke dalam tanah, dalam batas tertentu bersifat mengendalikan ketersediaan air untuk berlangsungnya proses evapotranspirasi. Pasokan air hujan ke dalam tanah ini sangat berarti bagi kebanyakan tanaman di tempat berlangsungnya infiltrasi dan daerah sekelilingnya.

Air infiltrasi yang tidak kembali lagi ke atmosfer melalui proses evapotranspirasi akan menjadi air tanah untuk seterusnya mengalir ke sungai di sekitarnya. Meningkatkan kecepatan dan luas wilayah infiltrasi dapat memperbesar debit aliran selama musim kemarau (baseflow) adalah penting untuk memasok kebutuhan air pada musim kemarau, untuk pengenceran kadar pencemaran air sungai dan berbagai keperluan lainnya.

Infiltrasi adalah proses aliran air (umumnya berasal dari curah

hujan) masuk ke dalam tanah. Sedangkan perkolasi merupakan proses kelanjutan aliran air yang berasal dari infiltrasi ke tanah yang lebih dalam dan merupakan proses aliran air dalam tanah secara vertikal akibat gaya berat. Memang keduanya saling berpengaruh akan tetapi hendaknya secara teoritis pengertian keduanya dibedakan.

Dalam kaitan ini terdapat beberapa pengertian tentang infiltrasi untuk memudahkan uraian selanjutnya supaya diperjelas defenisi dari beberapa istilah yang digunakan:

1. Kapasitas infiltrasi (*infiltration capacity*) adalah kecepatan infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu. Kapasitas infiltrasi terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah dalam menyerap kelembaban tanah. Sebaliknya apabila intensitas hujan lebih kecil dari pada kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan laju curah hujan.
2. Laju infiltrasi (*infiltration rate*) adalah Laju infiltrasi nyata suatu jenis tanah tertentu. Laju infiltrasi umumnya dinyatakan dalam satuan yang sama dengan satuan intensitas curah hujan, yaitu millimeter per jam (mm/jam). Air infiltrasi yang tidak kembali lagi ke atmosfer melalui proses evapotranspirasi akan menjadi air tanah untuk seterusnya mengalir ke sungai disekitar.
3. Perkolasi (*percolation*) kecepatan perkolasi yang ditentukan oleh sifat tanah pada aeration zone.
4. (*Field capacity*) adalah besarnya kandungan air maksimum yang dapat ditahan tanah terhadap gaya tarik gravitasi.
5. (*Soil moisture deficiency*) adalah jumlah kandungan air yang masih diperlukan, untuk membawa tanah pada (*fieldcapacity*).
6. Abstraksi awal (*initial abstraction*) adalah jumlah intersepsi dan penampungan cekungan (*depression storage*), yang hams dipenuhi lebih dahulu, sebelum terjadi limpahan hujan (*overlandflow*).

Proses infiltrasi sangat ditentukan oleh waktu. Jumlah air yang masuk kedalam tanah dalam suatu periode waktu disebut kecepatan infiltrasi atau laju infiltrasi. Laju infiltrasi pada suatu tempat akan semakin kecil seiring kejenuhan tanah oleh air. Pada saat tertentu laju infiltrasi menjadi tetap. Nilai laju inilah yang kemudian disebut laju perkolasi.

Ketika air hujan jatuh di atas permukaan tanah, tergantung pada kondisi biofisik permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut akan mengalir masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah.

Proses mengalirnya air hujan ke dalam tanah disebabkan oleh tarikan gaya gravitasi dan gaya kapiler tanah. Di bawah pengaruh gaya gravitasi air hujan mengalir vertikal ke dalam tanah, sedangkan pada gaya kapiler bersifat mengalirkan air tersebut tegak lurus ke atas, ke bawah, dan ke arah horizontal (lateral). Gaya kapiler bekerja nyata pada tanah dengan pori-pori yang relatif kecil.

B. Proses Terjadinya Infiltrasi

Ketika air hujan jatuh di atas permukaan tanah, tergantung pada kondisi biofisik permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut akan mengalir masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. Proses mengalirnya 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. Di bawah pengaruh gaya gravitasi, air hujan mengalir vertikal 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 (lateral). Gaya kapiler tanah ini bekerja nyata pada tanah dengan pori-pori besar, gaya ini dapat diabaikan pengaruhnya dan air mengalir ke tanah yang lebih dalam oleh pengaruh gaya gravitasi. Dalam perjalanannya tersebut, air juga mengalami penyebaran ke arah lateral akibat tarikan gaya kapiler tanah, terutama ke arah tanah dengan pori-pori yang lebih sempit dan tanah lebih kering.

Mekanisme infiltrasi, dengan demikian melibatkan tiga proses yang tidak saling mempengaruhi:

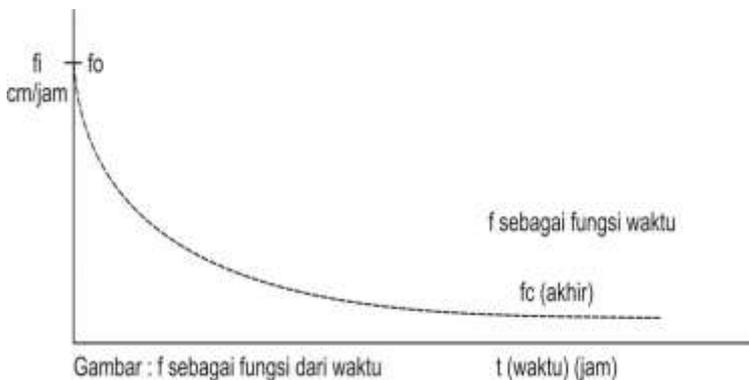
1. Proses masuknya air hujan melalui pori-pori permukaan tanah.
2. Tertampungnya air hujan tersebut di dalam tanah.
3. Proses mengalirnya air tersebut ke tempat lain (bawah, samping, dan atas).

Meskipun tidak saling mempengaruhi secara langsung, ketiga proses tersebut di atas tidak saling terkait. Uraian di atas menunjukkan

bahwa besarnya laju infiltrasi pada permukaan tanah tidak bervegetasi tidak akan pernah melebihi laju intensitas hujan. Untuk wilayah berhutan, besarnya laju infiltrasi tidak akan pernah melebihi laju intensitas curah hujan efektif. Curah hujan efektif adalah volume hujan total dikurangi air hujan yang mengalir masuk ke dalam tanah (air infiltrasi).

C. Faktor yang Berpengaruh Terhadap Laju Infiltrasi

1. Beberapa faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi laju infiltrasi adalah:
2. Dalamnya genangan di atas permukaan tanah dan tebal lapisan yang jenuh. Kelembaban tanah
3. Pemampatan tanah oleh curah hujan
4. Penyumbatan oleh bahan yang halus (bahan endapan)
5. Pemampatan oleh orang dan hewan
6. Struktur tanah
7. Tumbuh-tumbuhan
8. Udara yang terdapat dalam tanah
9. Topografi
10. Intensitas hujan
11. Kekasaran permukaan
12. Mutu air
13. Suhu udara
14. Adanya kerak di permukaan.



Gambar 3.1 Grafik infiltrasi

Apabila faktor-faktor di atas dipisahkan maka akan terbagi menjadi 2 faktor pengaruh utama yaitu:

1. Faktor yang mempengaruhi air untuk tinggal di suatu tempat sehingga air mendapat kesempatan untuk berinfiltrasi.
2. Faktor yang mempengaruhi proses masuknya air ke dalam tanah.

D. Pengukuran Infiltrasi

Ada tiga cara untuk menentukan besarnya infiltrasi, yaitu:

1. Menentukan beda volume air hujan buatan dengan volume air larian pada percobaan laboratorium menggunakan simulasi hujan buatan.
2. Menggunakan alat infiltrometer
3. Teknik pemisahan hidrograf aliran dari data aliran air hujan.

Alat infiltrometer yang biasa digunakan adalah jenis infiltrometer ganda (double ring infiltrometer), yaitu satu infiltrometer silinder ditempatkan di dalam infiltrometer silinder lain yang lebih besar. Infiltrometer silinder yang lebih kecil mempunyai ukuran diameter sekitar 30 cm dan infiltrometer yang besar mempunyai diameter 46 hingga 50 cm.

Pengukuran hanya dilakukan terhadap silinder yang kecil. Silinder yang lebih besar berfungsi sebagai penyangga yang bersifat menurunkan efek batas yang timbul oleh adanya silinder. Kedua infiltrometer tersebut ditanamkan ke dalam tanah pada kedalaman antara 5 hingga 50 cm. Kemudian air dimasukkan ke dalam kedua silinder tersebut dengan kedalaman 1-2 cm dan dipertahankan besarnya kedalaman dengan cara mengalirkan air ke dalam silinder tersebut (dari suatu kantong air yang dilengkapi skala). Laju air yang dimasukkan ke dalam silinder tersebut diukur dan dicatat.

Laju air tersebut merupakan laju infiltrasi yang diukur. Cara pengukuran infiltrasi tersebut di atas relative mudah pelaksanaannya, tetapi perlu diingat bahwa dengan cara ini hasil laju infiltrasi yang diperoleh biasanya lebih besar daripada keadaan yang berlangsung di lapangan (infiltrasi dari curah hujan), yaitu 2-10 kali lebih besar.

Telah dikemukakan bahwa laju infiltrasi adalah kecepatan air masuk ke dalam tanah selama hujan berlangsung. Laju infiltrasi atau kapasitas infiltrasi ditentukan dari petak percobaan. Bila curah hujan

(alamiah atau buatan) pada petak percobaan tersebut lebih besar daripada kapasitas infiltrasi, maka kurva kapasitas infiltrasi akan bervariasi sejalan dengan waktu.



Gambar 3.2 Double ring infiltrometer

Laju infiltrasi diukur dalam satuan panjang per waktu. Satuan yang sama berlaku untuk laju curah hujan. Satu sentimeter curah hujan dalam waktu satu jam pada satuan luas tertentu, menandakan bahwa satu jam setelah permulaan hujan, air yang dapat ditampung dalam ember misalnya, akan mempunyai kedalaman 1 cm tersebar merata pada dasar ember tersebut. Dapat dilihat bahwa untuk ember kecil atau besar kedalaman tetap sama, 1 cm. Dengan demikian, kedalaman air 1 cm per jam tidak tergantung pada luas penampang air tersebut.

E. Perhitungan Infiltrasi dan Laju Infiltrasi

Penentuan besarnya infiltrasi dapat dilakukan dengan melalui tiga cara, yaitu:

1. Menentukan perbedaan volume air hujan buatan dengan volume air larian pada percobaan laboratorium menggunakan simulasi hujan buatan (Rainfall Simulator).

2. Menggunakan alat Single/Double Ring Infiltrometer (metode pengukuran lapangan).
3. Teknik pemisahan hidrograf aliran dari data aliran air hujan (metode separasi hidrograf).

Beberapa model infiltrasi yang telah diusulkan dan digunakan pada kebanyakan analisa hidrologi dan hidraulik yang berkaitan dengan sistem keairan. Model-model tersebut dapat dikelompokkan ke dalam dua kelas, yakni:

1. Model empiris.

Model empiris menyatakan kapasitas infiltrasi sebagai fungsi waktu. Dimana kadar lengas tanah memiliki sifat dinamis terhadap waktu, sehingga laju infiltrasi ditentukan oleh kondisi lengas tanah mula-mula saat proses infiltrasi mulai terjadi. Adapun model-model empiris infiltrasi diantaranya adalah Model Kostikov, Model Horton, Model Holtan dan Model Overton.

2. Model konseptual.

Model infiltrasi selain model empiris adalah model konseptual yang menganalogikan proses infiltrasi sebagai faktor terinterasi dengan aspek hidrologi lain. Beberapa model konseptual adalah Model SCS, Model HEC, Model Philip, dan Model Hidrograf.

Pada penelitian ini, dalam perhitungan laju infiltrasi menggunakan model empiris yaitu metode Horton. Metode perhitungan ini dilakukan setelah data-data pengukuran infiltrasi di lapangan menggunakan alat *single ring infiltrometer* telah didapatkan.

Secara praktis pengukuran infiltrasi ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran tentang besaran dan laju infiltrasi serta variasinya sebagai fungsi waktu. Ada dua cara dalam menentukan kapasitas infiltrasi (Sri Harto, 1993), yaitu:

1. Dengan pengukuran langsung dilapangan.
2. Dengan analisis hidrograf.

Beberapa alat maupun perlengkapan yang dapat digunakan untuk mengukur infiltrasi di lapangan diantaranya adalah:

1. Infiltrometer ring tunggal (*Single ring infiltrometer*)
2. Infiltrometer ring ganda (*Double ring infiltrometer*)
3. *Rainfall simulator*

Selain menggunakan infiltrometer laju infiltrasi dapat diukur dengan cara berikut.

1. Dengan *Testplot*
2. Dengan *Lysimeter*
3. Test penyiraman (*Sprinkling Test*)

Pada penelitian digunakan cara mengukur laju infiltrasi di lapangan dengan menggunakan alat single ring infiltrometer. Single ring infiltrometer dalam bentuk yang paling sederhana terdiri atas tabung baja yang ditekankan ke dalam tanah. Permukaan tanah di dalam tabung diisi air. Tinggi air dalam tabung akan menurun, karena proses infiltrasi. Kemudian banyaknya air yang ditambahkan untuk mempertahankan tinggi air dalam tabung tersebut harus diukur.

Makin kecil diameter tabung makin besar gangguan akibat aliran ke samping di bawah tabung. Dengan cara ini infiltrasinya dapat dihitung dari banyaknya air yang ditambahkan kedalam tabung sebelah dalam per satuan waktu.



Gambar 3.3 *Single Ring Infitrometer*

Penggunaan *single ring infiltrometer* pada dasarnya tidak ada perbedaan dengan *double ring infiltrometer*, pengukuran dengan *single ring infiltrometer* dapat menggunakan lingkaran tengah *double ring infiltrometer*. Perbedaan alat tersebut pendekatannya dimana untuk *double ring infiltrometer*, ring bagian luar bertujuan untuk mencegah

Hidrologi Hutan

peresapan keluar dari air dalam lingkaran tengah setelah meresap ke dalam tanah supaya mengurangi pengaruh rembesan lateral.

Kedua jenis alat ukur infiltrasi ini mempunyai persoalan-persoalan yang sama yaitu:

1. Efek pukuan butir-butir hujan tidak diperhitungkan
2. Efek tekanan udara dalam tanah tidak terjadi
3. Struktur tanah sekeliling dinding tepi alat itu telah terganggu pada waktu pemasukan tanah.

Setelah data-data pengukuran infiltrasi di lapangan menggunakan alat *single ring infiltrometer* telah didapatkan, selanjutnya pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus metode Horton..

Metode Horton adalah salah satu model infiltrasi yang terkenal dalam hidrologi. Horton mengakui bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstan. 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, penghancuran struktur permukaan lahan dan pengangkutan partikel halus dipermukaan tanah oleh tetesan air hujan. Metode Horton dapat dinyatakan secara matematis mengikuti persamaan berikut:

Pada perhitungan data hasil praktikum infiltrasi menggunakan rumus Horton:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} ; i \geq f_c \text{ dan } k = \text{konstan}$$

Keterangan;

f : laju infiltrasi nyata (cm/h)

f_c : laju infiltrasi tetap (cm/h)

f_0 : laju infiltrasi awal (cm/h)

k : konstanta geofisik

Kurva kapasitas merupakan hubungan antara kapasitas infiltrasi dengan waktu yang terjadi selama dan beberapa saat setelah terjadinya

Hidrologi Hutan

hujan. Kapasitas infiltrasi secara umum akan tinggi pada awal terjadinya hujan, akan tetapi semakin lama kapasitasnya maka akan mencapai penurunan hingga mencapai titik konstan.

Besarnya penurunan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu:

- Kelembapan tanah
- Kompaksi
- Penumpukan bahan liatan
- Tekstur tanah
- Struktur tanah

Mengumpulkan data infiltrasi dapat dilakukan dengan tiga cara yakni:

- Inflow-outflow
- Analisis data hujan dan hidrograf

Contoh perhitungan:

Tabel 3.1 Hasil yang diperoleh dari data lapangan

No.	Lokasi	t	fo-fc
1	Padang Rumput	5	3
		5	3
		5	2.5
		5	2.5
		5	2.5

Maka dilakukan perhitungan Rumus:

Model Horton (1968)

$$f = fc + (fo - fc)e^{-kt}$$

$$K = \frac{fo - fc}{Fc}$$

$$Fc = \sum (fo - fc) - fc$$

$$v = fc.t + ((fc-fo)/k).(1-e^{-(k.t)})$$

Keterangan:

t : waktu

f : kapasitas infiltrasi (mm/jam) fc:infiltrasi konstan (mm/jam)

Hidrologi Hutan

f_0 : infiltrasi saat awal (mm/jam) k : konstanta

e : 2,718

v : volume infiltrasi (mm³)

F_c : selisih jumlah semua infiltrasi dikurangkan dengan infiltrasi konstan

Contoh Perhitungan:

$$F_c = \sum (f_0 - f_c) - f_c$$

$$= 13,5 - 2,5 = 11$$

$$K = \frac{f_0 - f_c}{c}$$

$$= \frac{3 - 2,5}{11}$$

$$= 0,045$$

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

$$f = 2,5 + (3 - 2,5) 2,718^{0,045 \times 5}$$

$$f = 2,5 + (0,5) 0,798$$

$$f = 2,5 + 0,399$$

$$f = 2,899 \text{ mm/jam}$$

$$v = f_c \cdot t + \left(\frac{f_0 - f_c}{k}\right) \cdot (1 - e^{-k \cdot t})$$

$$v = 2,5 \cdot 5 + \left(\frac{3 - 2,5}{0,045}\right) \cdot (1 - 2,718^{-0,225})$$

$$v = 12,5 + (11,111) \cdot (0,202) \cdot 0,798$$

$$v = 12,5 + 2,224$$

$$v = 14,744 \text{ mm}^3$$

F. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan infiltrasi?
2. Apa yang dimaksud dengan perkolasi?
3. Jelaskan proses terjadinya infiltrasi!
4. Sebutkan proses yang berpengaruh terhadap laju infiltrasi!
5. Sebutkan dan jelaskan tiga cara untuk menentukan besarnya infiltrasi!
6. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi daya infiltrasi

Referensi

- Asdak, Chay, 2010, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Haridjaja, O, Murtalakso, K dan Rachman, LM, 1991, *Hidrologi Pertanian*, Buku, Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.
- Kartasapoetra,A,G,2005, *Tekhnologi Konservasi Tanah dan Air*, Rineka Cipta,Jakarta,
- Sudaryono, 2001. Pengaruh Pemberian Bahan Pengkondisi Tanah Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah Pada Lahan Marginal Berpasir. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2 (1) 106-112.
- Sosrodarsono, 2003, *Hidrologi untuk Pengairan*, Departemen pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Syukur, S 2009. Laju Infiltrasi dan Peranannya terhadap Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Allu-Bangkala. *Jurnal. Agroland* 16 (3): 231 – 236.
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- .

BAB IV INTERSEPSI

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa dapat melakukan pengukuran dan analisis Intersepsi melalui pendekatan rumus. Harapannya mahasiswa mampu melakukan monitoring dan evaluasi suatu kawasan hutan melalui pendekatan neraca air kawasannya.

A. Pengertian

Intersepsi air hujan (rainfall interception loss) adalah proses ketika air hujan jatuh pada permukaan vegetasi di atas permukaan tanah, tertahan beberapa saat, untuk kemudian diuapkan kembali ke atmosfer atau diserap oleh vegetasi yang bersangkutan. Proses intersepsi terjadi selama berlangsungnya curah hujan dan setelah hujan berhenti sampai permukaan tajuk vegetasi menjadi kering kembali. Setiap kali hujan jatuh di daerah bervegetasi, ada sebagian air yang tak pernah mencapai permukaan tanah, dengan demikian tidak berperan dalam membentuk kelembaban tanah, air larian atau air tanah. Air tersebut akan kembali lagi ke udara sebagai air intersepsi tajuk, seresah dan tumbuhan bawah.

Intersepsi adalah proses ketika air hujan jatuh pada permukaan vegetasi di atas permukaan tanah, tertahan beberapa saat untuk kemudian diuapkan kembali ke atmosfer atau diserap oleh vegetasi yang bersangkutan. Proses intersepsi terjadi selama berlangsungnya curah hujan dan setelah hujan berhenti. Proses intersepsi terhadap curah hujan dari tutupan vegetasi adalah sebagai salah satu proses dalam siklus hidrologi dalam hutan. Air hujan yang jatuh menembus tajuk vegetasi dan menyentuh tanah akan menjadi bagian air tanah. Besarnya intersepsi tidak dapat dihitung secara langsung karena morfologi tajuk tanaman yang beragam sehingga sulit untuk dilakukan pengukuran, namun nilai intersepsi pada ekosistem hutan dapat dihitung dengan mengukur besarnya curahan tajuk dan aliran batang pada vegetasi. Intersepsi dapat diketahui jika kedua nilai tersebut diperoleh, nilai intersepsi merupakan perbedaan dari besarnya presipitasi total (P_g) dengan presipitasi bersih (P_n)

Hidrologi Hutan

Intersepsi dianggap faktor penting dalam daur hidrologi karena berkurangnya air hujan yang sampai di permukaan tanah oleh adanya proses intersepsi adalah cukup besar. Besarnya intersepsi di hutan hujan tropis berkisar antara 10-35 % dari curah hujan total. Perubahan tegakan penutup tanah dari satu jenis vegetasi menjadi vegetasi lain dapat mempengaruhi neraca air tahunan di daerah tersebut.

Air hujan yang jatuh di atas permukaan vegetasi yang lebat, terutama pada permulaan hujan, tidak langsung mengalir ke permukaan tanah. Untuk sementara, air tersebut akan ditampung oleh tajuk, batang dan cabang vegetasi. Setelah tempat-tempat tersebut jenuh dengan air, maka air hujan yang datang kemudian akan menggantikan air hujan yang tertampung tersebut untuk selanjutnya menetes ke tajuk, batang dan cabang vegetasi di bawahnya sebelum akhirnya sampai di atas tumbuhan bawah, seresah, dan permukaan tanah. Besarnya air yang tertampung di permukaan tajuk, batang, dan cabang vegetasi dinamakan kapasitas simpan intersepsi (*canopy storage capacity*) dan besarnya ditentukan oleh bentuk, kerapatan, dan tekstur vegetasi. Air hujan jatuh pada permukaan tajuk vegetasi akan mencapai permukaan lantai hutan melalui dua proses mekanis, yaitu air lolos (*throughfall*) dan aliran batang (*stemflow*). Air lolos jatuh langsung ke permukaan tanah melalui ruangan antar tajuk/daun atau menetes melalui daun, batang dan cabang. Sedangkan aliran batang adalah air hujan yang dalam perjalanan mencapai permukaan tanah mengalir melalui batang vegetasi. Dengan demikian, intersepsi hujan adalah beda antara curah hujan total dan hasil pertambahan antara air lolos dan aliran batang.

B. Faktor-Faktor Penentu Intersepsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses intersepsi dapat dikelompokkan menjadi dua, vegetasi dan iklim. Yang termasuk dalam kelompok vegetasi adalah luas vegetasi hidup dan mati, bentuk dan ketebalan daun dan cabang vegetasi. Faktor iklim termasuk jumlah dan jarak lama waktu antara satu hujan dengan hujan berikutnya, intensitas hujan, kecepatan angin, dan beda suhu antara permukaan tajuk dan suhu atmosfer.

Bila daun basah, proses intersepsi akan berlangsung beberapa kali

lebih cepat daripada transpirasi dari permukaan vegetasi yang tidak terlalu basah. Besarnya air hujan yang terintersepsi merupakan fungsi dari:

1. Karakteristik hujan
2. Jenis, umur dan kerapatan tegakan
3. Musim pada tahun yang bersangkutan.

Umumnya antara 10 sampai 20 % dari total jumlah hujan akan terintersepsi oleh suatu tegakan pada musim pertumbuhan. Vegetasi yang sangat rapat kehilangan air hujan oleh proses intersepsi dapat mencapai 25-35 %. Intersepsi umumnya besar pada hujan tidak lebat. Sejalan dengan bertambah besarnya curah hujan, maka jumlah air terintersepsi menjadi semakin kecil.

Semakin rapat vegetasi pada suatu area, maka jumlah air hujan yang diuapkan kembali ke atmosfer menjadi semakin besar. Hal ini erat kaitannya dengan faktor luas/kerapatan bidang penguapan, yaitu tajuk vegetasi atau dengan kata lain, besarnya intersepsi akan ditentukan oleh angka indeks luas tajuk (leaf area index, LAI). Berdasarkan prinsip ini maka besarnya intersepsi hujan di hutan alam tidak dipanen (unlogged forest) akan berbeda dengan besarnya intersepsi pada hutan alam yang telah mengalami pembalakan (logged forest). Perbedaan besarnya intersepsi tersebut disebabkan oleh berkurangnya angka indeks luas tajuk (LAI) akibat pembalakan, dan dengan demikian menurunkan besarnya kapasitas tampung air pada permukaan tajuk vegetasi (canopy storage capacity, S).

Besarnya intersepsi hujan suatu vegetasi juga dipengaruhi oleh umur tegakan vegetasi yang bersangkutan. Dalam perkembangannya, bagian-bagian tertentu vegetasi akan mengalami pertumbuhan atau perkembangan. Pertumbuhan bagian-bagian vegetasi yang mempunyai pengaruh terhadap besar-kecilnya intersepsi adalah perkembangan kerapatan/luas tajuk vegetasi semakin banyak air hujan yang dapat ditahan sementara untuk kemudian diuapkan kembali ke atmosfer. Demikian juga halnya dengan jumlah percabangan pohon.

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa semakin tua, luas dan kerapatan tajuk kebanyakan vegetasi akan semakin besar. Jumlah percabangan pohon juga menjadi semakin banyak. Oleh kombinasi kedua

faktor tersebut menyebabkan jumlah air hujan yang dapat ditahan sementara oleh vegetasi tersebut menjadi semakin besar sehingga kesempatan untuk terjadinya penguapan juga menjadi besar. Sifat alamiah tajuk vegetasi merupakan unsur penting lain dalam mengendalikan terjadinya proses intersepsi.

Di daerah perkotaan yang ditandai dengan banyak bangunan kedap air serta kekerasan bidang permukaan yang relative besar, kesempatan air hujan tertampung di bidang permukaan tersebut berkisar antara 2- 5mm. besarnya suhu udara di daerah perkotaan telah meningkatkan laju evaporasi sehingga evaporasi di daerah perkotaan lebih besar daripada daerah pedesaan, dengan demikian juga berlaku untuk intersepsi. Namun demikian, belum banyak daya yang menunjukkan besarnya intersepsi di daerah perkotaan.

Di daerah yang didominasi oleh vegetasi (pedesaan), faktor- faktor pengendali besarnya intersepsi adalah tipe, kerapatan, dan umur vegetasi yang dominant di daerah tersebut. Jenis vegetasi juga berpengaruh terhadap besarnya intersepsi karena ada jenis vegetasi tertentu yang mempunyai intersepsi berbeda dari musim ke musim. Musim pertumbuhan memberikan nilai intersepsi lebih besar dari pada musim tidak aktif (dormant season). Demikian pula ada jenis vegetasi yang mempunyai intersepsi relative sama sepanjang tahun (evergreen species).

Perbedaan besarnya intersepsi juga ditentukan oleh bentuk komunitas vegetasi. Tegakan pohon, semak-belukar, padang rumput, dan tanaman pertanian mempunyai porsi intersepsi yang berbeda. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin rapat tajuk vegetasi, semakin besar intersepsi yang terjadi. Kerapatan dalam hal ini termasuk tajuk-tajuk yang berada di bawah tajuk utama. Di daerah berhutan, untuk mengetahui besarnya intersepsi, diperlukan pemahaman tentang mekanisme terjadinya intersepsi oleh seresah. Kemampuan seresah untuk menahan air dan menguapkan kembali air tertahan tersebut akan ditentukan oleh ketebalan seresah dan karakteristik seresah dalam mengikat air hujan.

C. Pengukuran Intersepsi

Pengukuran besarnya intersepsi pada skala tajuk vegetasi dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu pendekatan neraca volume (volume balance approach) dan pendekatan neraca energi (energy balance approach). Cara pendekatan yang pertama adalah cara tradisional yang paling umum dilakukan yaitu dengan mengukur curah hujan, aliran batang, dan air lolos. Intersepsi adalah beda antara besarnya curah hujan total dan curah hujan bersih (aliran batang + air lolos). Cara yang kedua adalah perhitungan besarnya intersepsi dengan memanfaatkan persamaan matematis dengan masukan parameter-parameter meteorologi dan struktur tajuk serta tegakan yang diperoleh dari pengukuran di lapangan.

Berikut ini adalah uraian cara perhitungan intersepsi hujan dengan menggunakan pendekatan neraca volume. Curah hujan harian atau mingguan adalah komponen pertama yang harus diperoleh dengan menggunakan alat penakar hujan (standar atau otomatis) di tempat terbuka (ketinggian vegetasi atau bangunan di sekitar alat pengukur hujan tidak boleh membentuk sudut lebih dari 45° dari tempat alat pengukur hujan). Apabila di daerah penelitian tidak terdapat tempat terbuka (misalnya di hutan alam) maka perlu didirikan menara sehingga alat penakar hujan dapat ditempatkan di atas tajuk hutan atau mencari tempat terbuka yang memungkinkan untuk pengukuran curah hujan. Jarak alat pengukur hujan dari tempat pengukuran air lolos dan aliran batang (pada kondisi umum) sebaiknya tidak terlalu jauh mengingat variabilitas spasial curah hujan di daerah tropis adalah besar.

Dalam penelitian intersepsi hujan yang paling mutakhir biasanya pengukuran air lolos dilakukan dengan cara kombinasi botol (corong) dan alat tipping bucket. Alat tipping bucket (dapat mencatat besarnya air lolos yang jatuh di bawah tegakan hutan) ditempatkan secara acak dan tidak direlokasi. Sementara botol (corong) direlokasikan secara acak setiap minggu atau sekali setiap satu kejadian hujan. Dengan menempatkan alat ukur air lolos secara permanen (tipping bucket) dimaksudkan untuk mengetahui besarnya perbedaan air lolos antara dua plot dengan perlakuan berbeda dan untuk keperluan permodelan intersepsi hujan. Sedang alat ukur air lolos yang harus direlokasi setiap satu kejadian hujan (botol + corong) dimaksudkan untuk mengetahui besarnya variabilitas

spasial dan temporal air lolos dalam suatu plot.

Aliran batang diperoleh dengan cara memasang lempengan seng atau plastik melingkar atau melilit batang pohon agar aliran yang melalui percabangan dan batang tersebut keseluruhannya dapat dialirkan dan ditampung ke dalam bak penampung sehingga dapat diukur volumenya atau langsung dicatat melalui alat tipping bucket. Ukuran lebar plastik atau seng yang digunakan adalah antara 20-30 cm. Pada salah satu sisi plastik atau seng ini dibuat saluran yang akan mengalirkan air yang tertampung tersebut ke bak penampungan atau alat tipping bucket.

Pemilihan pohon yang akan dijadikan sampel aliran batang diusahakan mewakili hutan yang diteliti baik dalam hal sebaran diameter maupun karakteristik permukaan batang pohon. Dalam hutan alam tropis umumnya diameter paling kecil yang dijadikan pohon sampel adalah mulai 10 cm.

Secara matematis besarnya intersepsi dinyatakan dengan $I = P - Q$ dengan nilai $Q = P_n + S_f$ (throughfall (Tf) + stemflow (Sf)), nilai P_n didapatkan dari hasil pengukuran di daerah kajian. Nilai persentase intersepsi hujan pada tajuk vegetasi di daerah hutan hujan tropis adalah bervariasi (Asdak, 1995). Hujan terintersepsi oleh tajuk vegetasi sebesar 21% dari total air hujan total di hutan campuran Jawa Barat. Sementara pada hutan yang tidak lebat dan telah dilakukan banyak penebangan persentase intersepsi tajuk berkurang hingga 6% dari total intersepsi sebesar 11%. Besarnya intersepsi bervariasi antara 35 – 55%, Besar intersepsi hujan berkisar antara 35 – 75% dari keseluruhan ET di atas tegakan pohon/hutan Di hutan hujan tropis berkisar antara 10 – 35% dari CH total. Besarnya air yang tertampung dipermukaan tajuk, batang dan cabang vegetasi (Kapasitas simpan Intersepsi/Canopy storage capacity) yang ditentukan oleh bentuk, kerapatan dan tekstur vegetasi. Air hujan yang jatuh pada permukaan tajuk akan turun melalui sela-sela daun, batang dan cabang atau antar tajuk dan batang vegetasi.

$I_c = P_g - (T_f + S_f)$ Intersepsi total (I) = $I_c + I_i$ (I_i) Intersepsi Serasah, (I_c) Intersepsi Tajuk, (P_g) Curah Hujan Jumlah air hujan yang sampai dilantai hutan = $T_f + S_f$ Curah hujan bersih (P_n) = $T_f + S_f - I_i$ Intersepsi adalah beda antara CH total dan CH bersih (aliran batang + air lolos Intersepsi dapat dipengaruhi oleh 2 kelompok:Ø

Hidrologi Hutan

1. Vegetasi ; luas vegetasi hidup dan mati, bentuk dan ketebalan daun dan cabang vegetasi
2. Iklim ; Jumlah dan jarak, lama waktu antara satu hujan dengan hujan berikutnya, intensitas hujan, kecepatan angin, dan beda suhu antara permukaan tajuk dengan atm

Air pada permukaan tajuk lebih siap terjadinya evaporasi \emptyset dibandingkan yang lainnya, maka bila daun basah, proses intersepsi akan berlangsung beberapa lebih cepat dari transpirasi dari permukaan vegetasi yang tidak terlalu basah. Besarnya air hujan yang terintersepsi merupakan fungsi dari:

1. Karakteristik hujan (lebat , Intersepsi rendah) Jenis, umur dan kerapatan tegakan (makin tua tegakan, intersepsi makin tinggi, rapat, makin besar intersepsi)
2. Musim pada tahun yang bersangkutan Umumnya ; 10 -20% dari total jumlah hujan akan terintersepsi oleh tegakan pada musim pertumbuhan dan 25 – 35% di daerah yang sangat rapat.
3. Intersepsi umumnya besar pada hujan yang tidak lebat sekitar 90% dan 5% jika lebat.
4. Semakin luas atau rapat tajuk vegetasi semakin banyak air hujan yang dapat ditahan.
5. Intersepsi menurun dengan berkurangnya aktifnya masa pertumbuhan tanaman (semua jenis)
6. Kemampuan serasah menahan air dan menguap kembali air tersebut ditentukan oleh (1) Ketebalan serasah dan (2) Karakteristik serasah dalam mengikat air hujan.

Pengukuran intersepsi dengan 2 pendekatan \emptyset

1. Neraca volume (CH, Aliran batang, air lolos = tradisional)
2. Neraca energi (persamaan matematis)

Dari kasus proses intersepsi tegakan hutan mulai muda sampai tua maka berlaku hal-hal sbb: \emptyset yaitu Air lolos (Tf); semakin berkurang sejalan dengan bertambah rapatnya tajuk tegakan, Aliran batang (Sf); semakin bertambah tp tidak terlalu banyak dari aliran batang sebelumnya dan Kapasitas tampung permukaan tajuk dan serasah, dalam hubungannya dengan bidang permukaan tajuk juga akan meningkat.

Kegunaan: \emptyset yaitu menentukan besarnya CH bersih atau jumlah

CH yang tersedia untuk air infiltrasi, air larian, aliran air bawah permukaan atau aliran air tanah. CH bersih = CH tot – intersepsi total atau jumlah aliran batang dengan air lolos ($T_f + S_f$).

D. Perhitungan besarnya intersepsi:

$$I_c = P_g - (T_f + S_f)$$

I_c = Intersepsi tajuk (mm)

P_g = Curah hujan (mm)

S_f = Aliran batang *Stemflow* (mm)

T_f = Air lolos, *Throughfall* (mm)

Intersepsi total (I) = $I_c + I_1$

I_1 = Intersepsi serasah

Jumlah air hujan yang sampai di lantai hutan = $T_f + S_f$

Curah hujan bersih (P_n) = $T_f + S_f - I$

Dalam kasus proses intersepsi tegakan hutan dari mulai tegakan muda sampai menjadi tegakan hutan tua, maka berlaku hal-hal berikut:

1. Air lolos (T_f) akan semakin berkurang sejalan dengan bertambah rapatnya tajuk tegakan hutan.
2. Aliran batang (S_f) akan semakin bertambah tapi tidak terlalu banyak dari aliran batang sebelumnya.
3. Kapasitas tampung permukaan tajuk (atas dan bawah) dan serasah dalam hubungannya dengan bidang permukaan tajuk, juga akan meningkat.

Memperoleh nilai intersepsi tentunya tidak semudah teori yang telah dijelaskan di atas. Hal ini karena air lolos yang ditampung tentunya akan jauh lebih besar dari air hujan dalam satu kaleng penampungan. Kondisi ini karena penampung aliran batang mendapatkan jumlah air berlimpah yang merupakan kumulatif dari tajuk yang ranting dan cabangnya terpusat di batang pohon. Oleh karena itu agar tidak terjadi kesalahan dalam pengumpulan data, diperlukan konversi luas 1 kaleng menjadi seluas proyeksi tajuknya. Sedangkan total aliran batang diasumsikan sudah merupakan kumulatif dari total luas tajuknya.

Kesalahan dalam mendapatkan data rata-rata curah hujan di dalam kaleng jauh lebih kecil dari jumlah air lolosnya. Kemudian jika

dijumlahkan antara air lolos dan aliran batang dalam luasan proyeksi tajuknya ternyata hasilnya jauh lebih besar dari curah hujan seluas proyeksi tajuknya. Ini tentu tidak masuk akal karena seharusnya curah hujan lebih besar dari pada penjumlahan air lolos dan aliran batang, sehingga dapat diperoleh nilai intersepsinya.

E. Perhitungan Intersepsi dengan Persamaan Matematik

Intersepsi hujan oleh vegetasi dapat mengurangi erosi melalui dua cara yaitu (a) mengurangi jumlah air yang sampai ke tanah sehingga mengurangi aliran permukaan, (b) mengurangi kekuatan perusak butir-butir hujan yang jatuh menimpa tanah. Kemampuan vegetasi hutan untuk menahan air untuk kemudian diintersepsikan dinamakan simpanan intersepsi, yang besarnya bergantung pada jenis pohon dan curah hujan. jumlah air yang diintersepsi oleh vegetasi menurut persamaan matematik sebagai berikut:

$$X = a + bt,$$

X = jumlah air hujan yang diintersepsi.

a = kapasitas intersepsi yang ditunjukkan oleh biomas tajuk

b = kecepatan evaporasi. t = lama hujan.

Dengan curah hujan antara 50 mm sampai 250 mm, mendapatkan hubungan linier antara besarnya intersepsi dengan curah hujan bulanan untuk beberapa jenis tanaman sebagai berikut:

1. Intersepsi oleh Pinus mercusii berumur 30 tahun: $Y = 7,53 + 0,26 X$; $R^2 = 0,55$
2. Intersepsi oleh tegakan hutan alami: $Y = 3,06 + 0,24 X$; $R^2 = 0,65$
3. Intersepsi oleh tagakan Eucalyptus deglupta: $Y = 2,84 + 0,13 X$; $R^2 = 0,50$
4. Intersepsi oleh semak yang didominasi oleh Eupatorium sp: $Y = 3,38 + 0,31 X$; $R^2 = 0,86$

Lambang Y adalah jumlah air hujan yang terintersepsi (mm) dan X adalah curah hujan bulanan (mm).

F. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan intersepsi?
2. Sebutkan dan jelaskan faktor-faktor mempengaruhi proses intersepsi!
3. Jelaskan perbedaan mengenai besarnya intersepsi yang berlangsung di daerah perkotaan dan daerah pedesaan!
4. Sebutkan dan jelaskan pendekatan pengukuran besarnya intersepsi pada skala tajuk vegetasi!
5. Tuliskan dan jelaskan perhitungan besarnya intersepsi!

Referensi

- Arsyad. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Penerbit Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Nasir A.N, dan S. Effendy. 1999. Konsep Neraca Air Untuk Penentuan Pola Tanam. Kapita Selekta Agroklimatologi Jurusan Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika dan IPA. Institut Pertanian Bogor.
- Soewarno. 2000. *Hidologi Operasional*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono, S. 1985. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Paradyna Paramita. Jakarta.
- Sri Harto, BR. 2000. *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian*. Yogyakarta
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko. 2010. *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung

BAB V EVAPOTRANSPIRASI

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa dapat melakukan pengukuran dan analisis evapotranspirasi melalui pendekatan model-model neraca air. Harapannya mahasiswa mampu melakukan monitoring dan evaluasi suatu kawasan hutan melalui pendekatan neraca air kawasannya.

A. Pengertian Evapotranspirasi

Evapotranspirasi didefinisikan sebagai jumlah air total yang dikembalikan lagi ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air, dan vegetasi oleh adanya pengaruh faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi, iklim, tipe tanaman. Pertumbuhan tanaman, variasi tanaman, jumlah populasi tanaman per satuan luas, penutupan permukaan tanah, dan ketersediaan air tanah. Pengeringan tanah berlanjut pada suatu laju yang tinggi sampai transpirasi dihambat oleh mekanisme-mekanisme tumbuhan sehubungan dengan berkurangnya potensial air pada zone perakaran, akibatnya volume total air yang dipindahkan dari tanah hutan adalah jauh lebih besar.

Evapotranspirasi sangat erat hubungannya dengan ketersediaan air dalam tanah dan tingkat kelembaban dari permukaan tanah maupun vegetasi. Hal tersebut dapat diamati apabila keadaan kelembaban tanah lebih rendah dari titik yang disebut titik layu, maka tanaman akan layu dan apabila tidak segera diberi air (irigasi atau siraman) maka tanaman akan mati. Laju evaporasi dan transpirasi dipengaruhi oleh suhu, kelembaban udara, tekanan uap angin dan intensitas sinar matahari . penyinaran matahari (jumlah, lama, dan intensitas), kecepatan angin, tekanan udara, kelembaban udara, dan curah hujan.

Peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara disebut evaporasi (penguapan). Peristiwa penguapan dari tanaman disebut transpirasi. Kedua-duanya bersama-sama disebut evapotranspirasi. Dengan demikian, evapotranspirasi adalah jumlah air total yang dikembalikan lagi ke

atmosfer dari permukaan tanah, badan air, dan vegetasi oleh adanya pengaruh faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi. Sesuai dengan namanya, ET juga merupakan gabungan antara proses-proses evaporasi, intersepsi, dan transpirasi.

Untuk mengetahui faktor-faktor yang dianggap berpengaruh terhadap besarnya evapotranspirasi, maka dalam hal ini evapotranspirasi perlu dibedakan menjadi evapotranspirasi potensial (PET) dan evapotranspirasi aktual (AET). PET lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi, sementara AET lebih dipengaruhi oleh faktor fisiologi tanaman dan unsur tanah. Uraian tentang pengaruh faktor lingkungan terhadap evapotranspirasi akan lebih ditekankan pada pengaruh faktor-faktor tersebut pada PET.

Faktor-faktor utama yang berpengaruh adalah:

1. Faktor-faktor meteorologi
 - a. Radiasi Matahari
 - b. Suhu udara dan permukaan
 - c. Kelembaban
 - d. Angin
 - e. Tekanan Barometer
2. Faktor-faktor Geografi
 - a. Kualitas air (warna, salinitas dan lain-lain)
 - b. Jeluk tubuh air
 - c. Ukuran dan bentuk permukaan air
3. Faktor-faktor lainnya
 - a. Kandungan lengas tanah
 - b. Karakteristik kapiler tanah
 - c. Jeluk muka air tanah
 - d. Warna tanah
 - e. Tipe, kerapatan dan tingginya vegetasi
 - f. Ketersediaan air (hujan, irigasi dan lain-lain)

B. Model-model Analisis Evapotranspirasi

Perkiraan evapotranspirasi adalah sangat penting dalam kajian-kajian hidrometeorologi. Pengukuran langsung evaporasi maupun

evapotranspirasi dari air maupun permukaan lahan yang luas akan mengalami banyak kendala. Untuk itu maka dikembangkan beberapa metode pendekatan dengan menggunakan input data-data yang diperkirakan berpengaruh terhadap besarnya evapotranspirasi. Apabila jumlah air yang tersedia tidak menjadi faktor pembatas, maka evapotranspirasi yang terjadi akan mencapai kondisi yang maksimal dan kondisi itu dikatakan sebagai evapotranspirasi potensial tercapai atau dengan kata lain evapotranspirasi potensial akan berlangsung bila pasokan air tidak terbatas bagi stomata maupun permukaan tanah.

Pada daerah-daerah yang kering besarnya evapotranspirasi sangat tergantung pada besarnya hujan yang terjadi dan evapotranspirasi yang terjadi pada saat itu disebut evapotranspirasi aktual. Dengan menggunakan informasi data-data meteorologi besarnya evapotranspirasi dapat didekati dengan beberapa rumus empiris, diantaranya yang dikembangkan oleh Meyer, Turc Langbein dan Thornwhite.

C. Analisis Evapotranspirasi Metode Meyer

$$E = 0,35 (ea - ed) (1 + V/100) \text{ mm/hari}$$

$$Ed = ea * RH$$

ea \longrightarrow lihat tabel berdasar t bola kering

RH \longrightarrow lihat tabel berdasar t bola basah & \square t

V = kecepatan angin (mile/hari)

Evapotranspirasi merupakan faktor dasar untuk menentukan kebutuhan air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi.

D. Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Thornwaite

Metode Thornwaite 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 mengandalkan proses ET.

Data yang diperlukan dalam metode ini adalah suhu rata-rata bulanan yang didapat dari suhu rata-rata harian. Data tersebut dianalisis dengan rumus-rumus:

$$E_p^* = 16 \left(\frac{10 T}{I} \right)^a$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$I = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = 675 * 10^{-9} I^3 - 771 * 10^{-7} I^2 + 1792 * 10^{-5} I + 0,49239$$

$$E_p = E_p^* \times f$$

Keterangan:

E_p^* = evapotranspirasi potensial baku (mm/bulan)

E_p = evapotranspirasi potensial terkoreksi (mm/bulan)

T = suhu rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

I = indeks panas tahunan

i = indeks panas bulanan

a = tetapan

f = faktor koreksi

E. Analisis Neraca Air Metode Thornwaite Mather

Perhitungan neraca air menurut fungsi meteorologis sangat berguna untuk evaluasi ketersediaan air di suatu wilayah terutama untuk mengetahui kapan ada surplus dan defisit air. Neraca air ini umumnya dihitung dengan metoda Thornthwaite Mather. Data yang diperlukan berupa:

1. Curah hujan bulanan;
2. Suhu udara bulanan;
3. Penggunaan lahan;
4. Jenis tanah atau tekstur tanah;
5. Letak garis lintang

Langkah-langkah perhitungan:

1. Hitung suhu udara bulanan rata-rata

Data suhu udara pada umumnya sulit diperoleh, oleh karena itu

suhu udara dapat diperkirakan dengan data suhu yang ada di suatu tempat

$$\Delta t = 0,006 \times \Delta h$$

$$t_1 = t_2 \pm \Delta t$$

Δh = beda tinggi tempat lokasi 1 dengan lokasi 2 (dalam meter)

Δt = beda suhu udara ($^{\circ}$ C);

t_2 = suhu udara di lokasi 2.

2. Hitung Evapotranspirasi dengan metode Thornthwaite Mather (E_p)
3. Hitung selisih hujan (P) dengan evapotranspirasi
4. Hitung accumulated potential water losses \parallel (APWL)
5. Hitung Water Holding Capacity (St_o)
6. Hitung soil moisture storage (St .)

$$- \frac{APWL}{St_o}$$

$$St = St_o e \quad e = \text{bilangan napier}$$

St_o dihitung atas dasar data tekstur tanah, kedalaman akar.

7. Hitung delta St tiap bulannya
 $\Delta st = St_i$ bulan ke i dikurangi St bulan ke $(i - 1)$
8. Hitung evapotranspirasi aktual (E_a)
untuk bulan basah ($P > E_p$), maka $E_a = E_p$
untuk bulan kering ($P < E_p$), maka $E_a = P + | - \Delta St |$
9. Hitung surplus air (S); Bila $P > E_p$, maka $S = (P - E_p) - \Delta St$.
10. Hitung defisit (D), $D = E_p - E_a$.

F. Analisis Evapotranspirasi Metode Turc Langbein

Potensi sumberdaya air adalah sejumlah air yang dapat berupa air permukaan dan air tanah yang dapat disajikan dalam bentuk angka rata-rata tahunan. Jumlah air tersedia yang dapat dipergunakan untuk kehidupan sebesar 25% - 35% dari curah hujan yang jatuh setelah dikurangi dengan besarnya evapotranspirasi. Air yang tersedia tersebut disebut aliran mantap yaitu aliran yang tersedia setiap waktu pada angka rata-rata tahunan. Estimasi jumlah air di suatu wilayah dapat didekati dengan menggunakan neraca air secara hidrometeorologis dengan wilayah perhitungan menggunakan satuan pulau atau satuan daerah aliran sungai. Rumus umum yang digunakan yaitu konsep neraca air secara meteorologis pada suatu

$$P = R + Ea \pm \Delta St.$$

Dalam hal ini:

P = curah hujan

R = limpasan permukaan

Ea = evapotranspirasi aktual

$\Delta St.$ = perubahan simpanan

Apabila neraca air tersebut diterapkan untuk periode rata-rata tahunan, maka ΔSt dapat dianggap nol, sehingga surplus air yang tersedia adalah: $R = P - Ea$. Dan jumlah air yang tersedia diperkirakan sebesar 25% hingga 35% dari surplus air. Evapotranspirasi aktual tahunan dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus Turc-Langbein:

$$E = \frac{P}{\sqrt{(0,9 + P^2/Eo^2)}}$$
$$Eo = 325 + 21T + 0,9 T^2$$

Dalam hal ini:

E = evapotranspirasi aktual (mm/tahun)

Eo = evaporasi air permukaan (mm/tahun)

P = curah hujan rata-rata (mm/tahun)

T = suhu udara rata-rata (oC)

Nilai suhu udara dapat diketahui berdasarkan data suhu udara rata-rata tahunan dari stasiun yang diketahui dengan persamaan:

$$T1 = T2 \pm (Z1 - Z2) 0,006$$

Dalam hal ini:

T1 = suhu udara yang dihitung pada stasiun 1

T2 = suhu udara yang diketahui dari stasiun 2

Z1 = elevasi stasiun 1

Z2 = elevasi stasiun 2

G. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan evaporasi dan transpirasi?
2. Apa yang dimaksud dengan evapotranspirasi?
3. Apa yang dimaksud dengan perkiraan evapotranspirasi?
4. Sebutkan dan jelaskan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besarnya evapotranspirasi!
5. Sebutkan dan jelaskan beberapa analisis evapotranspirasi!

Referensi

- Chay Asdak. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- David Keith Todd. 1980. *Ground Water Hydrology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Ersin Seyhan. 1995. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Sosrodarsono, Suyono. 2006. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung.

BAB VI KONSEP NERACA AIR

Sasaran belajar

Setelah mengikuti kuliah pada bab ini mahasiswa diharapkan mengerti dan memahami konsep neraca air terutama dalam kawasan hutan. Harapannya dengan mengetahui konsep neraca air, mahasiswa dapat menganalisa dan mendesain pembangunan hutan yang memiliki tujuan-tujuan tertentu misalnya untuk penyediaan sumberdaya air kawasan.

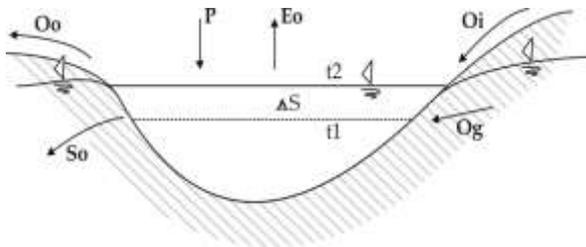
A. Pengertian

Interpelasi secara kuantitative dari siklus hidrologi dapat dicapai dengan menggunakan persamaan umum yang disebut persamaan neraca air. Prinsip dari persamaan neraca air adalah sebagai berikut: Selama kurun waktu tertentu, total masukan (input) seimbang atau sama dengan total keluaran (output).

Neraca air dapat menggambarkan bahwa di dalam suatu sistem hidrologi (DAS, waduk, danau, aliran permukaan) dapat dievaluasi air yang masuk dan yang keluar dari sistem tersebut dalam suatu periode waktu tertentu. Dalam hal ini, neraca air meliputi kondisi ketersediaan air dan kebutuhan atau kehilangan air pada suatu sistem hidrologi. Neraca air dapat dinyatakan dalam interval waktu singkat atau untuk durasi panjang, untuk suatu DAS atau badan air seperti waduk atau danau.

B. Neraca Air

1. Neraca Air di Danau atau Waduk



Gambar 6.1 Neraca Air Waduk atau Danau

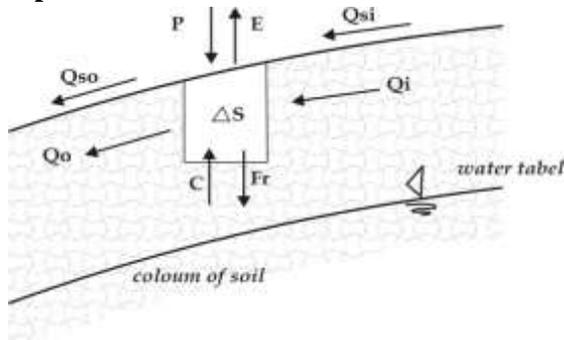
Persamaan neraca air pada waduk atau danau:

$$Q_i + Q_g + P + \Delta S = Q_o + S_o + E_o$$

Keterangan:

- Q_i = Aliran masuk (inflow), aliran ini berasal dari sungai yang bermuara di danau atau waduk.
- Q_g = Aliran masuk dari air tanah di sekitar waduk atau danau P = Presipitasi yang jatuh dipertemuan waduk atau danau
- ΔS = Perubahan timbunan air
- Q_o = Aliran keluar melalui permukaan, berupa aliran sungai yang keluar dari waduk atau danau
- S_o = Aliran keluar melalui bawah permukaan tanah. berupa seepage
- E_o = Evaporasi dari permukaan air waduk atau danau

2. Neraca Air pada Tanah



Gambar 6.2

Neraca Air pada Kolom Tanah Persamaan neraca air pada kolom tanah:

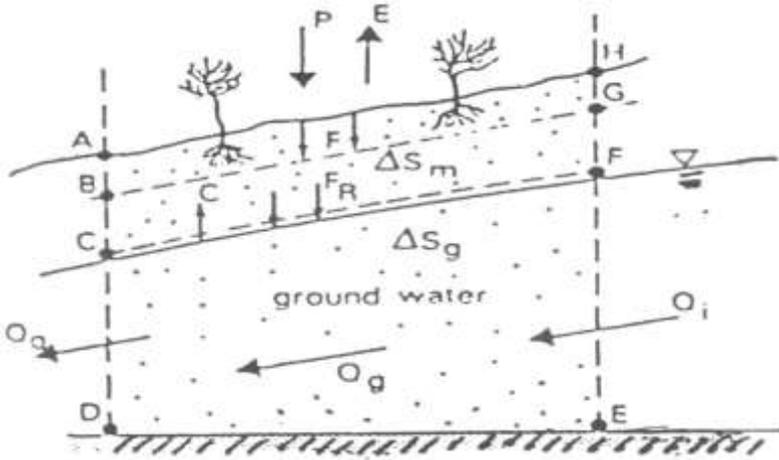
$$Q_{si} + Q_i + P + C + \Delta S = Q_{so} + Q_o + Fr + E$$

Keterangan:

- Q_{si} = Aliran masuk, berupa overland flow
- Q_i = Aliran masuk dari aliran bawah permukaan tanah
- P = Masukan air presipitasi yang mengalami infiltrasi
- ΔS = Perubahan timbunan air pada kolom tanah
- Q_o = Aliran keluar di bawah permukaan tanah
- Q_{so} = Aliran keluar di atas permukaan tanah

- Fr = Infiltrasi pada lapisan tanah yang lebih dalam
- C = Air kapiler

3. Neraca Air pada Aquifer



Gambar 6.3 Neraca Air Tanah Pada Unconfined Aquifer

Batas ruang akuifer tergantung dari tujuan penelitian:

- ABGH: For Flood engineers
- ACFH: For agricultural engineers
- CDEF: for ground water engineers
- ADEH: for water rescurces

Untuk penelitian air tanah, persamaan neraca air sebagai berikut:

$$Q_i + Fr = Q_o + \Delta S_g + C$$

Keterangan:

- Qi = Aliran air tanah yang masuk ke akuifer yang diteliti
- Fr = Aliran air masuk dari lapisan tanah atas, berupa air perkolasi
- Qo = Aliran air tanah yang keluar dari akuifer yang diteliti
- C = Aliran keluar dari akuifer, berupa air kapiler
- ΔSg = Perubahan timbunan air tanah dalam akuifer yang diteliti

4. Neraca Air dalam Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (*River Basin, drainage basin, watershed*).
Persamaan neraca air dalam daerah aliran sungai dapat disederhanakan menjadi:

$$P = Q_o + E_a \pm \Delta S$$

Keterangan:

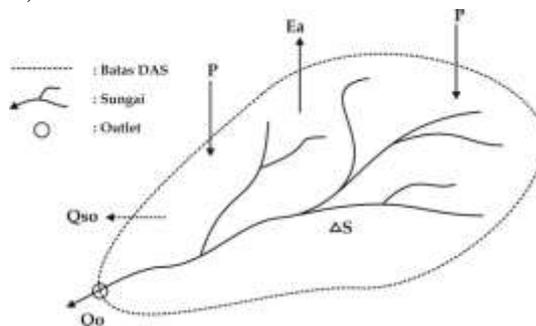
- P = Presipitasi yang jatuh kedalam DAS
- Q_o = Aliran sungai yang keluar dari DAS di outletnya
- E_a = Evapotranspirasi
- ΔS = Perubahan timbunan air dalam DAS

Neraca air tersebut di atas menganggap tidak adanya masukan atau keluaran air dari DAS yang disebelahnya. Kalau ada masukan ataupun keluaran yang terjadi karena keadaan struktur geologi dan litologinya (batuan) maka persamaan neraca air ditulis dengan persamaan:

$$P + Q_{si} = Q_o + Q_{so} + E_a + \Delta S$$

Keterangan:

- Q_{si} = Aliran masuk bawah permukaan (Transbasin Ground Water inflow)
- Q_{so} = Aliran keluar bawah permukaan (Transbasin Ground Water outflow)



Gambar 6.4 Neraca Air Pada Daerah Aliran Sungai

C. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan neraca air?
2. Jelaskan prinsip dari persamaan neraca air!
3. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis neraca air!
4. Sebutkan ilmu-ilmu pendukung di dalam siklus hidrologi!
5. Tuliskan dan jelaskan persamaan neraca air pada waduk atau danau!

Referensi

- Asdak. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press.
Yogyakarta.
- Fakhrudin, M, 2003, *Kajian Respon Hidrologi Akibat Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Ciliwung*, Bahan Seminar Program Pascasarjana IPB, Bogor
- Irianto, G., N, Pujilestari dan N, Heryani, 2001, *Pengembangan Teknologi Panen Hujan dan Aliran Permukaan*, Laporan Akhir, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat
- Seyhan E. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung

BAB VII DEBIT AIR DAN ESTIMASI DEBIT BANJIR

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa mampu melakukan pengukuran di lapangan untuk memperoleh data debit dan melakukan analisis data untuk dapat ditampilkan sebagai suatu hasil analisis yang baik. Harapannya mahasiswa mampu mendesain suatu model untuk monitoring dan evaluasi suatu DAS.

A. Pengertian

Debit aliran adalah laju air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam system SI besarnya debti dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Sedangkan dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran adalah suatu perilaku debit sebagai respon adanya perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS oleh adanya kegiatan pengelolaan DAS dan/atau adanya perubahan (fluktuasi musiman atau tahunan) iklim local.

Data debit atau aliran sungai merupakan informasi yang paling penting bagi pengelola sumberdaya air. Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara data debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan alokasi (pemanfaatan) air untuk berbagai macam keperluan, terutama pada musim kemarau panjang. Debit aliran rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai.

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt).

B. Pengukuran Debit

Teknik pengukuran debit aliran langsung di lapangan pada

dasarnya dapat dilakukan melalui empat katagori:

1. Pengukuran volume air sungai
2. Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai.
3. Pengukuran debit dengan menggunakan bahan kimia (pewarna) yang dialirkan dalam aliran sungai (substance tracing method).
4. Pengukuran debit dengan membuat bangunan pengukuran debit seperti weir (aliran air lambat) atau flume (aliran cepat).

Pengukuran debit pada kategori pertama, biasanya dilakukan untuk keadaan aliran (sungai) lambat. Pengukuran debit dengan cara ini dianggap paling akurat, terutama untuk debit aliran lambat seperti pada aliran mata air. Cara pengukurannya dilakukan dengan menentukan waktu yang diperlukan untuk mengisi container yang telah diketahui volumenya. Prosedur yang biasa dilakukan untuk pengukuran debit dengan cara pengukuran volume adalah dengan membuat dam kecil (alat semacam weir) di salah satu bagian dari badan aliran air yang akan diukur. Gunanya adalah agar aliran air dapat terkonsentrasi pada satu outlet. Di tempat tersebut pengukuran volume air dilakukan. Pembuatan dam kecil harus sedemikian rupa sehingga permukaan air di belakang dam tersebut cukup stabil. Besarnya debit aliran dihitung dengan cara:

$$Q = V/t$$

Keterangan:

Q = debit (m³/dt)

V = Volume air (m³)

t = Waktu pengukuran (detik)

Pada kategori pengukuran debit yang kedua, yaitu pengukuran debit dengan bantuan alat ukur current meter atau sering dikenal sebagai pengukuran debit melalui pendekatan velocity-area method paling banyak dipraktekkan dan berlaku untuk kebanyakan aliran sungai. Sedang pengukuran debit dengan menggunakan bahan-bahan kimia, pewarna atau radioaktif sering digunakan untuk jenis sungai yang aliran airnya tidak beraturan (turbulent). Untuk maksud-maksud pengukuran hidrologi,

bahan-bahan penelusur (tracers) seperti tersebut di atas seharusnya dalam bentuk:

1. Mudah larut dalam aliran sungai
2. Bersifat stabil
3. Mudah dikenali pada konsentrasi rendah
4. Tidak bersifat meracuni biota perairan dan tidak menimbulkan dampak (negative) yang permanent pada badan perairan.
5. Relatif tidak terlalu mahal harganya.

Kategori pengukuran debit keempat, yaitu pembuatan bangunan pengukur debit, biasanya untuk pengukuran debit jangka panjang di stasiun-stasiun pengamatan hidrologi.

Pada katagori pengukuran debit yang kedua, yaitu pengukuran debit dengan bantuan alat ukur current meter atau sering dikenal sebagai pengukuran debit melalui pendekatan velocity-area method yang paling banyak digunakan dan berlaku untuk kebanyakan aliran sungai. Current meter berupa alat yang berbentuk propeller dihubungkan dengan kotak pencatat (monitor yang akan mencatat jumlah putaran selama propeller tersebut berada dalam air) kemudian dimasukkan ke dalam sungai yang akan diukur kecepatannya. Bagian ekor alat tersebut yang berbentuk seperti sirip akan berputar karena gerakan lairan air sunagi. Kecepatan lairan air akan ditentukan dengan jumlah putaran per detik yang kemudian dihitung akan disajikan dalam monitor kecepatan rata-rata aliran air selama selang waktu tetentu..Pengukuran dilakukan dengan membagi kedalaman sungai menjadi beberapa bagian dengan lebar permukaan yang berbeda.

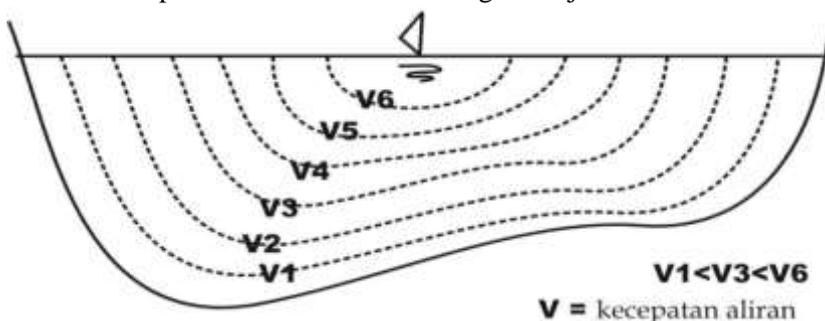
C. Metode Pengukuran Debit Sungai

Ada beberapa metode pengukuran debit aliran sungai yaitu:

1. Area-velocity method
2. Tracer method
3. Slope area method
4. Weir dan flume
5. Volumetric method

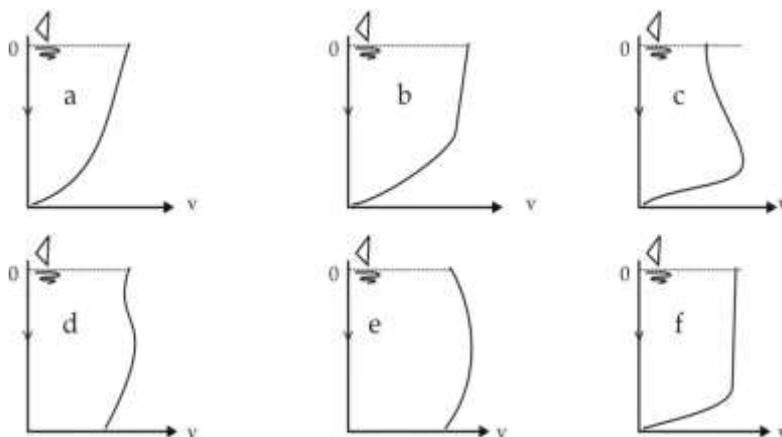
1. Pengukuran Kecepatan Arus Sungai

Perlu diingat bahwa distribusi kecepatan aliran di dalam alur tidak sama arah horisontal maupun arah vertikal. Dengan kata lain kecepatan aliran pada tepi alur tidak sama dengan tengah alur, dan kecepatan aliran dekat permukaan air tidak sama dengan kecepatan pada dasar alur. Distribusi kecepatan aliran dalam alur sungai disajikan dalam Gambar 7.1



Gambar 7.1 Distribusi kecepatan aliran dalam alur sungai.

Distribusi kecepatan aliran sungai berbeda-beda jika terdapat halangan baik di permukaan ataupun di dasar sungai seperti sampah, tumbuhan, dasar berbatu atau dasar halus yang dapat digambarkan seperti Gambar 7.2



Gambar 7.2 Distribusi Kecepatan Aliran

Keterangan:

A: teoritis

- B: dasar saluran kasar dan banyak tumbuhan
- C: gangguan permukaan (sampah)
- D: aliran cepat, aliran turbulen pada dasar
- E: aliran lambat, dasar saluran halus
- F: dasar saluran kasar/berbatu

Area 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 (Float Area Methode)

Pengukuran Debit dengan Cara Apung (Float Area Methode) adalah pengukuran debit aliran yang paling sederhana. Caranya dengan menempatkan benda yang tidak dapat tenggelam di permukaan aliran sungai untuk jarak tertentu dan mencatat waktu yang diperlukan oleh benda apung tersebut bergerak dari satu titik pengamatan ke titik pengamatan lain yang telah ditentukan. Benda apung yang dapat digunakan dalam pengukuran ini pada dasarnya adalah benda apa saja sepanjang dapat terapung dalam aliran sungai. Pemilihan tempat pengukuran sebaiknya pada bagian sungai yang relative lurus dengan tidak banyak arus tidak beraturan. Jarak antara dua titik pengamatan yang diperlukan ditentukan sekurang- kurangnya yang memberikan waktu perjalanan selama 20 detik. Pengukuran dilakukan beberapa kali sehingga dapat diperoleh angka kecepatan aliran rata-rata yang

memadai.

Jenis-jenis pelampung dapat dilihat pada Gambar 7.3 prinsip:

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

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

Keterangan:

Q = debit (m^3/det)

U = kecepatan pelampung (m/det)

A = luas penampang basah sungai (m^2)

k = koefisien pelampung

Nilai k tergantung jenis pelampung:

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

α = kedalaman tangkai (h) per kedalaman air (d)

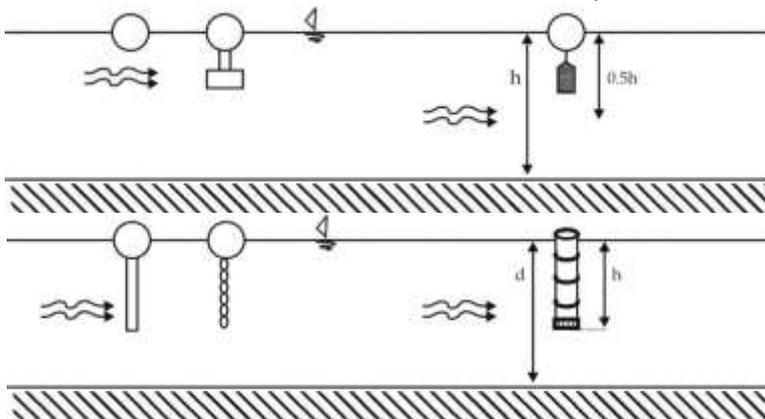
yaitu kedalaman bagian pelampung yang tenggelam dibagi kedalaman air

a. rod and chain float

b. bambu

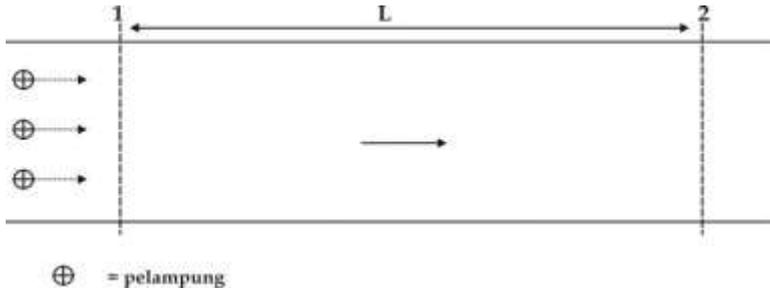
c. surface float

d. buoyant float



Gambar 7.3 Jenis-jenis Pelampung

Menghitung waktu (t detik), kecepatan pelampung $U = L/T$ (m/det)
 Gambarjalannya pelampung dapat digambarkan seperti pada Gambar 7.4



Gambar 7.4 Titik jalannya Pelampung

3. Pengukuran Debit dengan Current-meter

Prinsip:

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

Pengukuran:

Ada 4 cara pengukuran kecepatan aliran yang disajikan dalam Tabel 7.1 berikut:

Tabel 7.1 Cara Pengukuran Kecepatan Aliran

Tipe	Kedalaman Air (d)	Titik Pengamatan	Kecepatan rata-rata pada vertikal (V)
Satu titik	0.3 – 0.6 m	0,6 dari permukaan	$V = V$
Dua titik	0.6 – 3 m	0,2 dan 0,8 d	$V = \frac{1}{2} (V_2 + V_8)$
Tiga titik	3 – 6 m	0,2 ; 0,6 ; 0,8 d	$V = \frac{1}{4} (V_2 + V_6 + V_8)$
titik Lima titik	lebih dari 6 m	S; 0,2 ; 0,6 ; 0,8 dan B	$V = \frac{1}{10} (V_s + 3V_2 + 2V_6 + 3V_8 + V_b)$

Keterangan:

V_s di ukur 0,3 m dari permukaan air

V_b di ukur 0,3 m di atas dasar sungai

Kecepatan aliran dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling per waktu putarannya ($N = \text{putaran}/dt$). Kecepatan aliran $V = aN + b$ dimana a dan b adalah nilai kalibrasi alat current meter. Hitung jumlah putaran dan waktu putaran baling-baling (dengan stopwatch).

4. 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.

$$\bar{V}_{\text{seksi ybs}} = a \frac{N}{t} + b$$

N = jumlah putaran baling-baling.

5. Menghitung Luas Seksi

Cara menghitung luas seksi ada 2 cara:

- Mean Section

$$a_n = \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \times b_n$$

a_n = luas seksi A

d_n = kedalaman sungai (1)

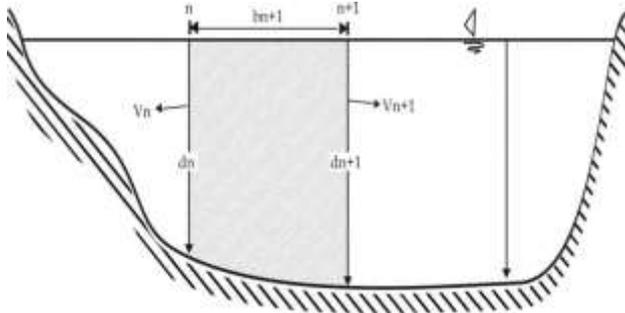
d_{n+1} = kedalaman sungai (2)

b_{n+1} = lebar seksi

$$\bar{V}_n = \frac{V_n + V_{n+1}}{2}$$

\bar{V}_n = kecepatan rata-rata pada seksi ke n

\bar{V} = kecepatan rata-rata pada penampang air.



Gambar 7.5 Menghitung Luas Seksi dengan Mean Section

- Mid Section

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

V_{n+1} = kecepatan rata-rata pada kedalaman d_{n+1} Cara menghitung debit (Q) dan debit seksi (q)

$$q_n = a_n \times V_{n+1}$$

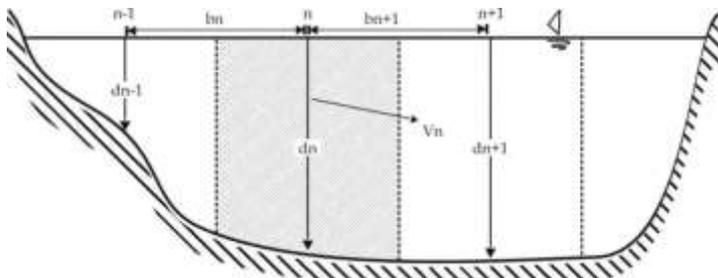
$$Q = \sum_{i=1}^n q_i$$

q_n = debit seksi ke n

q_i = debit tiap seksi ke I an = luas seksi ke n

V_n = kecepatan air rata-rata pada seksi yang bersangkutan (ke n).

Q = debit sungai



Gambar 7.6 Menghitung Luas Seksi dengan Mid Section

6. Bangunan Pengukur Debit aliran

Persoalan ketersediaan tenaga pelaksana yang sering muncul ketika melakukan pengukuran debit sungai, misalnya lokasi yang sulit dijangkau, terbatasnya tenaga yang tersedia, mendorong para ahli hidrologi mengembangkan alat/bangunan pengontrol aliran sungai untuk tujuan pengukuran debit. Bangunan tersebut antara lain weir dan flume. Cara kerja kedua bangunan pengukur debit air tersebut di atas adalah menggunakan kurva aliran air untuk mengubah kedalaman aliran air menjadi debit aliran.

Perbedaan pemakaian kedua alat ukur tersebut adalah bahwa flume digunakan untuk mengukur debit pada sungai dengan aliran air besar, sering disertai banyak sampah atau bentuk kotoran lainnya. Sedang untuk aliran air yang kecil atau dengan ketinggian aliran (h) tidak melebihi 50 cm, biasanya dipakai weir. Aliran air yang melewati lempengan weir akan menunjukkan besar kecilnya debit di tempat tersebut. Kegunaan utama alat tersebut adalah untuk mengurangi kesalahan dalam menentukan hubungan debit (Q) dan tinggi muka air (h).

D. Estimasi Debit Banjir

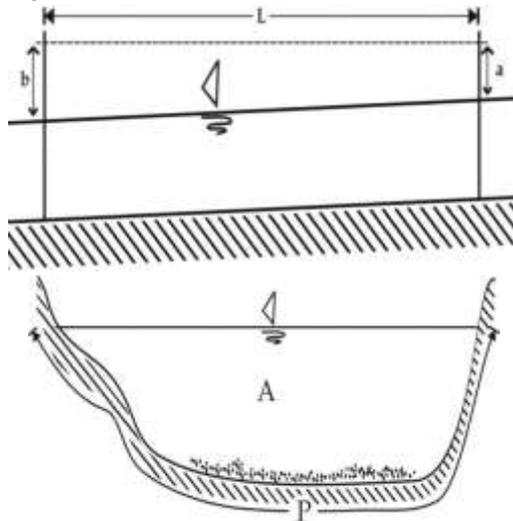
Banyak cara yang dapat dipakai untuk membuat estimasi debit banjir, dan ini tergantung pada data yang tersedia. Bilamana tidak tersedia debit banjir, debit banjir dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus-rumus empiris. Metode perkiraan debit banjir dapat dikelompokkan atas dasar kelompok data hidrologi sebagai berikut:

Tabel 7.2 Metode Perkiraan Debit Banjir

Kelompok	Metode
1. Tidak ada data	1.1. Analisis regional
Data hujan	1.2. Slope-area method
2. Data hujan	2.1. Rasional
	2.2. Modifikasi Rasional
	2.3. Curve Number
	2.4. Hidrograf-satuan-sintetik
3. Data hujan dan periode aliran pendek	3.1. Hidrograf satuan
	3.2. Run off – routing

Kelompok	Metode
4. Debit puncak periode panjang	3.3. Storege-function method 4.1. Weibul (Plotting position) 4.2. Log-Pearson Type III 4.3. Gumbel's type I

Estimasi debit banjir dapat menggunakan cara "regional flood estimation". Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa debit banjir merupakan fungsi dari luas DAS. Dengan menggunakan bekas banjir yang ada pada tebing alur sungai dapat ditentukan luas penampang basah dan gradient garis energi.



Gambar 7.7 Penampang Sungai dan Profil

Rumus MANNING :

$$V = \frac{1}{n} R^{(2/3)} S'^{(1/2)}$$

$$S' = \frac{L'}{A}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = \frac{P}{n} V A$$

V = kecepatan aliran (m/detik) R = jari-jari hidraulis (m)
A = luas penampang basah (m²)
P = keliling basah (m)
n = koefisien kekasaran Manning
S' = kemiringan permukaan aliran/energi slope/gradient garis energi (desimal)
Q = debit (m³/detik)
L = panjang segmen sungai yang diukur

Faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien kekasaran Manning:

1. Kekasaran permukaan, yang ditandai oleh ukuran dan bentuk butiran bahan yang membentuk luas penampang basah.
2. Tumbuh-tumbuhan, yaitu tumbuhan yang memperkecil dan menghambat aliran yang efeknya tergantung pada tinggi, kerapatan, distribusi dan jenisnya.
3. Ketidak teraturan saluran, mencakup ketidak teraturan keliling basah dan variasi penampang; ukuran & bentuk di sepanjang saluran.
4. Trase Saluran, kelengkungan yang landai dengan garis tengah yang besar akan mengakibatkan nilai n yang relatif rendah dan kelengkungan yang tajam dengan belokan-belokan yang patah akan memperbesar nilai n.
5. Pengendapan dan penggerusan, pengendapan dapat merubah saluran yang tidak beraturan menjadi beraturan memperkecil n.
6. Hambatan, adanya balok sekat, pilar jembatan dan sejenisnya cenderung memperbesar n.
7. Ukuran dan bentuk saluran, perbesaran jari-jari hidraulis dapat memperbesar maupun memperkecil n, tergantung pada keadaan saluran.
8. Tinggi air dan debit, nilai n pada saluran umumnya berkurang bila tinggi muka air dan debit bertambah.

Bila debit besar sehingga air melimpah ke bantaran banjir maka n yang terjadi bermacam-macam.

Tabel 7.3 Nilai n berbagai h di sungai Nishnabotna, IQWA untuk musim semi.

Kedalaman	Pada Penampang saluran	Penutup bantaran banjir				
		Jagung	Padang gembala	Padang rumput	Tan.ber-butir kecil	Semak belukar
< 1	0.03	0.06	0.05	0.10	0.10	0.12
1 - 2	0.03	0.06	0.05	0.08	0.09	0.11
2 - 3	0.03	0.07	0.04	0.07	0.08	0.10
3 - 4	0.03	0.07	0.04	0.06	0.07	0.09
> 4	0.03	0.06	0.04	0.05	0.06	0.08

9. Perubahan musim, perubahan musim dapat menyebabkan perubahan faktor lainnya misal pertumbuhan tanaman air, rumput dan semak di saluran atau di tebing.
10. Endapan melayang dan endapan dasar, bahan-bahan yang melayang dan endapan dasar, baik yang bergerak maupun yang tak bergerak akan menyerap energi dan menyebabkan kehilangan tinggi energi atau menyebabkan kekasaran saluran.

Dari beberapa faktor utama yang mempengaruhi koefisien kekasaran Manning, COWAN telah mengembangkan suatu cara untuk memperkirakan besarnya n.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

Cara ini mendasarkan pada rumus Manning. Cara ini sebetulnya untuk sungai yang mempunyai aliran yang uniform. Perhitungan koefisien kekasaran Manning menurut Cowan disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 7.4 Perhitungan Koefisien Kekasaran Manning Menurut Cowan

KEADAAN SALURAN		Nilai koefisien	
Material dasar	Tanah	no	0,020
	Batu		0,025
	Gravel halus		0,024
	Gravel kasar		0,028
Tingkat ketidak	Halus		0,000

Hidrologi Hutan

KEADAAN SALURAN		Nilai koefisien	
seragaman saluran	Agak halus	n ₁	0,005
	Sedang		0,010
	Kasar		0,020
Variasi penampang melintang saluran	Lambat laun	n ₂	0,000
	Berubah (kadang kadang)		0,005
	Sering berubah		0,010 - 0,015
Pengaruh adanya bangunan, penyempitan, dll. pada penampang melintang	Diabaikan	0,00 n ₃	0,000
	Agak berpengaruh		0,010-0,015
	Cukup berpengaruh		0,020-0,030
	Terlalu berpengaruh		0,040-0,060
Tanaman	Rendah	n ₄	0,005-0,010
	Menengah/sedang		0,010-0,025
	Tinggi		0,025-0,050
	Sangat tinggi		0,050-0,100
Tingkat dari pada meander	Rendah	n ₅	1,000
	Menengah		1,150
	Tinggi		1,300

$$\text{Harga } n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

Bila hanya tersedia data hujan, maka estimasi debit banjir dapat dikerjakan dengan persamaan Rasional.

Pertama kali diajukan oleh Kuichling di USA tahun 1889.

Asumsinya:

- hujan yang turun dengan kurun waktu sama dengan tc.
- hujan jatuh merata di seluruh DAS dengan intensitas yang seragam selama durasi hujan.
- periode ulang debit puncak yang dihasilkan sama dengan periode ulang intensitas hujan.
- hujan yang jatuh semua menjadi run-off.

$$Q = f \cdot C I A$$

Keterangan:

Q = peak discharge (m³/detik)

f = faktor korelasi satuan

f = 0,278 apabila

A = km² dan I = mm/jam

C = run off koefisien yang besarnya ditentukan oleh watak/
karakteristik DAS

I = intensitas hujan maksimum dalam selang waktu konsentrasi A =
luas DAS (km²).

T_c = time concentration adalah waktu yang diperlukan untuk
bergeraknya air dari titik aliran terjauh dari suatu DAS sampai
dengan titik pelepasan.

Rumus Kirpich:

$$T_c = 0,0195 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right] \text{ menit}$$

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

dimana:

L = panjang sungai (m)

S = kemiringan sungai (desimal)

ΔH = beda tinggi dari tempat terjauh sampai dengan outlet yang
dimaksud (m).

$$\text{Koefisien run-off (C)} = \frac{\text{Tebal aliran langsung}}{\text{Tebal hujan}}$$

Koefisien run-off ada 3 macam:

- C untuk storm rainfall
- C bulanan
- C tahunan

Hidrologi Hutan

dipakai dalam rumus Rasional yang C Storm rainfall.

Besarnya koef. aliran (C) dipengaruhi oleh:

- tanah: tekstur, tebal solum, struktur, lengas tanah sebelum jatuh hujan.
- vegetasi : jenis, kerapatan, keadaan.
- karakteristik hujan : intensitas dan lama hujan
- kelerengan DAS
- penggunaan lahan.

Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan rumus MONONOBE:

$$T = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{T_c} \right] m$$

I = intensitas hujan (mm/jam)

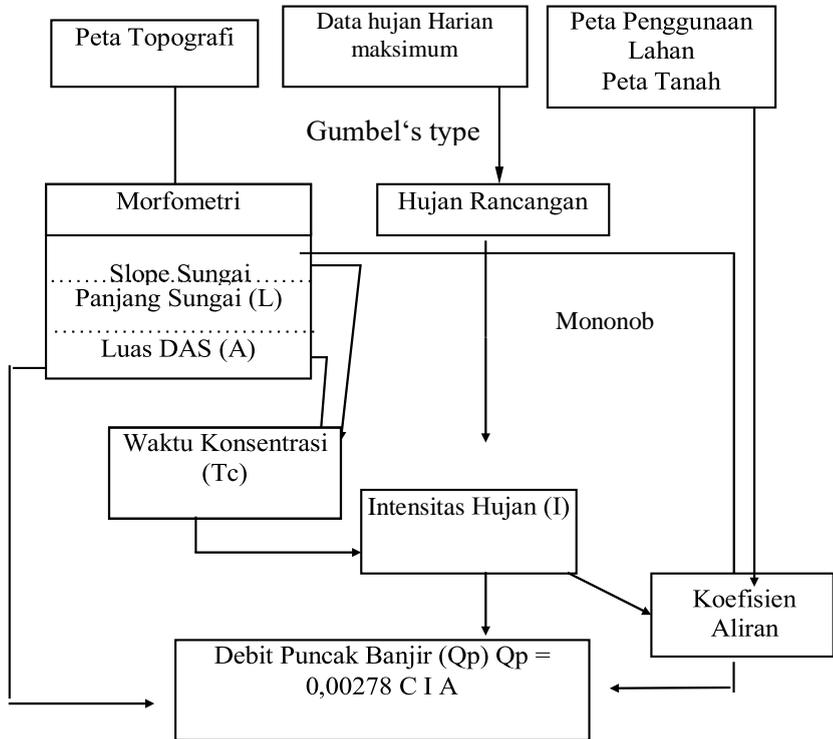
T_c = waktu konsentrasi hujan (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

m = tetapan = 0,6

Rumus rasional sangat berguna untuk merancang saluran pembuang air hujan dari teras. Debit puncak dihitung atas dasar rancangan curah hujan dengan periode ulang tertentu tergantung nilai penting bangunan atau resiko banjir. Adapun tahapan perhitungannya disajikan dalam Gambar 7.8.

Hidrologi Hutan



Gambar 7.8 Diagram Alir Menghitung Q_p dengan Rumus Rasional.

E. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan debit aliran?
2. Apa yang dimaksud dengan Area Velocity Method?
3. Sebutkan dan jelaskan cara-cara pengukuran debit aliran!
4. Tuliskan dan jelaskan rumus pengukuran besarnya debit aliran!
5. Jelaskan kegunaan mengetahui debit puncak (banjir)!
6. Apa yang dimaksud dengan estimasi debit banjir?
7. Jelaskan cara yang digunakan dalam estimasi debit banjir!
8. Sebutkan dan jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien kekasaran Manning!

Referensi

- Arsyad, S, 2010, *Konservasi Tanah dan Air*, Serial Pustaka, IPB Press.
- Asdak, C., (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press; Yogyakarta.
- Subarkah, Iman. (1970). *Hidrologi untuk Bangunan Air*. Jakarta.
- Suripin, 2002, *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*, ANDI, Yogyakarta.
- Wilson, A.M. (1976). *Engineering Hydrologi*. England.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung.

BAB VIII SUSPENSI

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa mampu melakukan pendataan suspensi baik langsung atau tidak langsung. Pengumpulan data dan perhitungan dari rumus-rumus yang ada ini dapat ditampilkan sebagai suatu hasil analisis yang baik. Harapannya mahasiswa mampu mendesain suatu model untuk monitoring dan evaluasi suatu DAS.

A. Pengertian

Debit suspensi dan suspended rating curve jumlah seluruh muatan yang tersuspensi melalui suatu penampang sungai tertentu, dinyatakan dalam satuan berat persatuan waktu serta hubungan antara debit dan suspensinya. Muatan suspensi merupakan hasil kejadian erosi baik erosi permukaan maupun erosi tebing sungai. Dalam bab ini disajikan berbagai macam metode pengukuran debit suspensi dan berbagai rumus yang dipakai pada kondisi tertentu. Dari hasil analisis debit suspensi ini kemudian dapat digunakan untuk berbagai rencana seperti rencana pencegahan dan penanggulangan sedimen, serta evaluasi DAS.

Muatan suspensi merupakan hasil kejadian erosi baik erosi permukaan maupun erosi tebing sungai. Kadar muatan suspensi adalah banyaknya material suspensi yang dikandung oleh sejumlah air dari aliran sungai dalam satuan volume tertentu, setelah material dikeringkan dan dinyatakan dalam miligram/liter (mg/l). Besarnya muatan suspensi antara 80 – 90 % dari muatan sedimen dan penyebarannya pada sungai tidak teratur.

Material dasar pada umumnya berasal dari erosi alur sungai, ukuran dapat bermacam-macam dapat berupa pasir, kerikil atau boulder (tergantung dari materi dasar sungai dan kecepatan aliran). Untuk mengukur material dasar digunakan bed load sampler atau menggunakan kolam jebakan (trap) di bawah SPAS.

Mekanisme pengangkutannya, sedimen dibagi menjadi:

- Muatan sedimen melayang (suspended load) Muatan sedimen melayang merupakan material dasar sungai (bed material) yang melayang di dalam

aliran sungai dan terutama terdiri dari butiran-butiran pasir halus.

- Muatan sedimen dasar (bed load) Muatan sedimen dasar berupa partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai.

B. Debit Suspensi dan Suspended Rating Curve

Debit suspensi adalah jumlah seluruh muatan yang tersuspensi melalui suatu penampang sungai tertentu, dinyatakan dalam satuan berat persatuan waktu (Gregory, 1976). Pengukuran suspensi selalui disertai dengan pengukuran debit. Perhitungan hasil suspensi dari suatu DAS pada suatu stasiun pengukuran diperkirakan dari analisis muatan suspensi.

Perhitungan Debit Suspensi

1. Hitung berat suspensi

$$\begin{aligned}\text{Berat suspensi} &= g_2 - g_1 \\ g_2 &= \text{berat filter isi} \\ g_1 &= \text{berat filter kosong}\end{aligned}$$

2. Hitung konsentrasi suspensi (C_s)

$$C_s = \frac{(g_2 - g_1)}{\text{Volume air}} \text{ satuannya gr/ltr}$$

Volume air adalah volume air contoh suspensi, dihitung dalam satuan liter.

3. Konsentrasi suspensi rata-rata (C_s)

Pada waktu mengukur debit, diambil beberapa contoh suspensi dalam setiap seksi-seksinya mempunyai konsentrasi suspensi yang berbeda. Berapa suspensi rata-rata pada debit aliran yang bersangkutan.

$$C_s = \frac{(q_1 \times C_{s1}) + (q_2 \times C_{s2}) + \dots + (Q_n \times C_{sn})}{Q_1 + q_2 + \dots + Q_n}$$

$$\bar{C}_s = \frac{\sum (q_i \times C_{si})}{\sum q_i}$$

Q_i = debit aliran pada seksi ke i (m³/det)

C_{si} = konsentrasi suspensi pada seksi ke i (kg/m³)

C_s = konsentrasi suspensi rata-rata (kg/m³)

4. Hitung debit suspensi

Setiap debit aliran mempunyai atau mengangkut suspensi. Bila diketahui debit aliran sungai dan konsentrasi suspensinya (konsentrasi

suspensi pada debit bersangkutan) maka debit suspensi (Q_s) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_s = C_s Q$$

Q_s = debit suspensi (kg/dt) pada debit Q

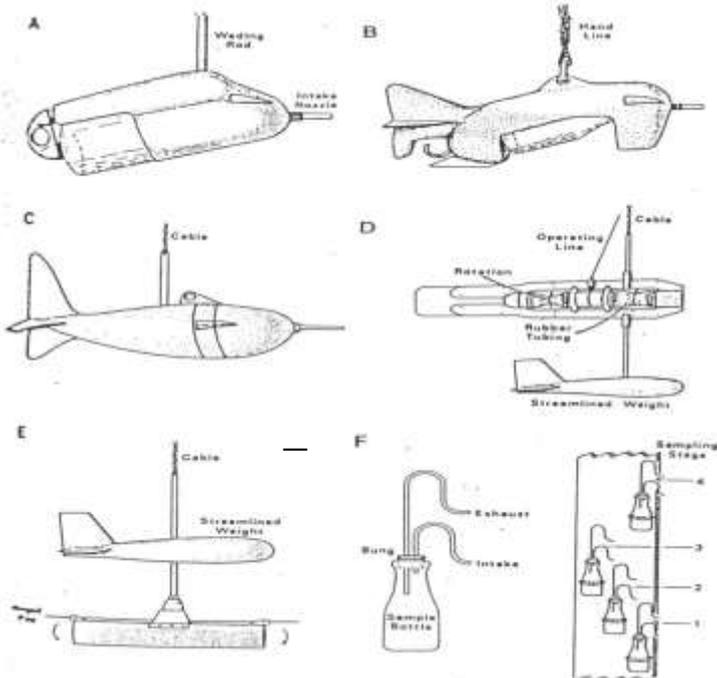
C_s = konsentrasi suspensi (kg/m³) pada debit Q

Q = debit aliran (m³/detik)

Total suspensi yang diangkut oleh aliran sungai dapat dihitung dengan cara tak langsung, yaitu dengan menggunakan grafik atau rumus regresi hubungan debit dengan debit suspensi. Bila sudah diperoleh data seperti tersebut di atas, maka langkah selanjutnya membuat hubungan Q dan Q_s dengan model:

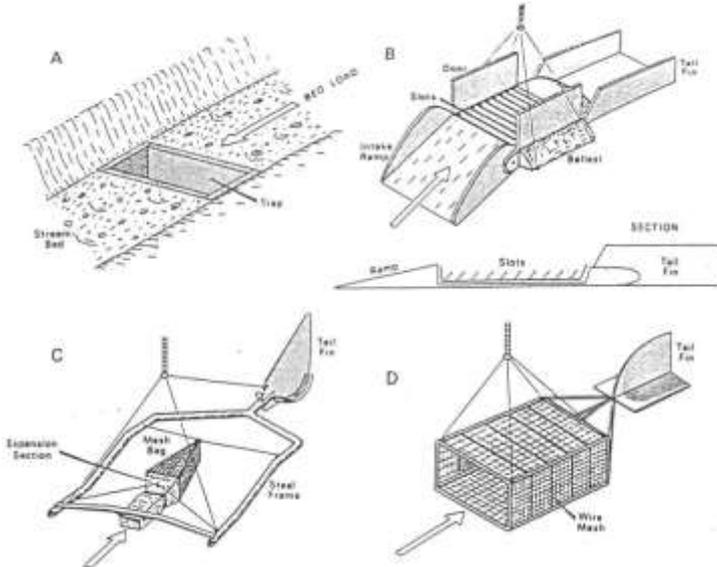
$$Q_s = a Q^b$$

a dan b adalah konstanta regresi, dicari dengan teknik regresi biasa dengan terlebih dahulu dilakukan transformasi logaritma dari nilai Q_s dan Q . Kalau model regresi sudah didapat dan ketelitiannya dapat diandalkan, maka debit suspensi dapat diturunkan dari data aliran.



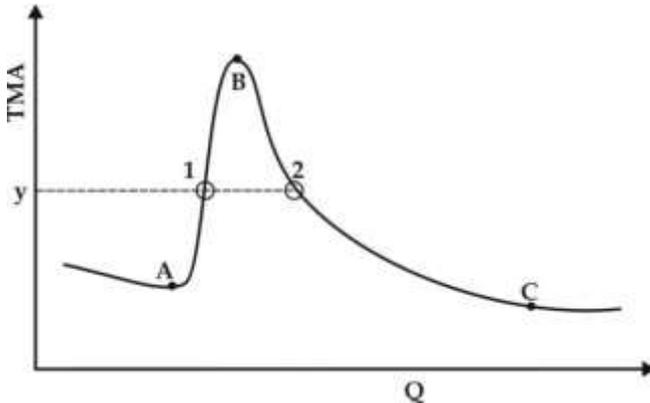
Gambar 8.1 Jenis-jenis Alat Pengambil Contoh Suspensi

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



Gambar 8.2 Jenis-jenis Alat Pengambil Contoh Muatan Dasar

Kadang-kadang perlu mempelajari karakteristik aliran dan sedimen pada waktu hujan besar yang menimbulkan banjir, untuk itu perlu adanya penambahan analisa khusus pada aliran besar (aliran yang disebabkan oleh hujan besar), khusus untuk menghitung debit suspensi yang diangkut oleh aliran banjir perlu hati-hati. Berdasarkan penelitian-penelitian suspensi dapat berubah-ubah yaitu pada waktu aliran naik dan turun, meskipun pada tinggi muka air yang sama. Perubahan ini dapat terjadi karena banyak faktor diantaranya aktivitas manusia.



Gambar 11.3

Perbedaan Konsentrasi Suspensi pada Aliran Naik dan Aliran Turun.

Pada tinggi Y mempunyai debit Q , kenyataan di lapangan konsentrasi suspensi pada pengambilan di titik 1 (aliran naik) berbeda dengan konsentrasi suspensi pada titik 2 (aliran turun). Lengkung turun meskipun pada tinggi muka air yang sama atau debit sama. Oleh karena itu untuk studi khusus ini perlu dibuat:

$$Q_s^* = a^*Q_b^* \text{ aliran naik}$$

$$Q_s = aQ_b \text{ aliran turun}$$

Kalau diketahui presentase muatan dasar (bed load) terhadap muatan suspensi, maka dapat dihitung total sedimen yang keluar dari DAS

C. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan muatan suspensi?
2. Apa yang dimaksud dengan debit suspensi?
3. Jelaskan perhitungan hasil suspensi dari suatu DAS pada suatu stasiun pengukuran yang diperkirakan dari analisis muatan suspensi!
4. Jelaskan cara perhitungan total suspensi!
5. Sebutkan dan jelaskan beberapa pembagian sedimen!

Referensi

- Soewarno. (1991). *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*. Bandung: Penerbit Nova.
- Subarkah, Iman. (1970). *Hidrologi untuk Bangunan Air*. Jakarta
- Suripin, 2002, Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air, ANDI, Yogyakarta
- Verstappen, H. (2013). *Garis Besar Geomorfologi Indonesia* (Diterjemahkan oleh Sutikno). Yogyakarta: Gadjah Mada Universiti Press
- Wilson, A.M. (1976). *Engineering Hydrologi*. England
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung

BAB IX ALIRAN PERMUKAAN

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa mampu melakukan pendataan runoff dan menggambarkan grafiknya. Pengumpulan data dan perhitungan dari rumus-rumus yang ada ini dapat ditampilkan sebagai suatu hasil analisis yang baik. Harapannya mahasiswa mampu mendesain suatu model untuk monitoring dan evaluasi suatu DAS.

A. Pengertian

Runoff adalah bagian curahan hujan (curah hujan dikurangi evapotranspirasi dan kehilangan air lainnya) yang mengalir dalam air sungai karena gaya gravitasi; airnya berasal dari permukaan maupun dari subpermukaan (sub surface). Pemisahan aliran yang dimaksud adalah adanya bagian-bagian dalam perjalanan runoff dari permukaan tanah dan di sungai. Runoff yang ada dalam alur sungai terdiri dari 3 komponen aliran yaitu overlandflow, aliran antara (interflow) dan aliran dasar (baseflow). Dalam bab ini disajikan berbagai macam aliran air permukaan termasuk yang berada di sungai.

Kebanyakan persoalan sumberdaya air berkaitan dengan waktu dan penyebaran aliran air. Kekeringan dan banjir adalah dua contoh klasik yang kontras tentang perilaku aliran air sebagai akibat perubahan kondisi tataguna lahan dan factor meteorology, terutama curah hujan. Penelaahan masalah sumberdaya air melibatkan berbagai macam pendekatan pengelolaan vegetasi dan usaha-usaha keteknikan lainnya. Sebagai contoh, waduk dapat menampung aliran air hujan ketika hujan deras berlangsung di daerah hulu, dan dengan demikian mengurangi kemungkinan terjadinya banjir di daerah hilir. Ia juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan aliran air selama musim kemarau sehingga dapat menambah debit aliran air untuk irigasi pada saat-saat yang kritis tersebut.

Pengelolaan vegetasi di daerah hulu juga dapat menurunkan aliran sediment yang masuk ke dalam waduk sehingga umur waduk dapat diperpanjang, dengan demikian akan mendukung kelangsungan

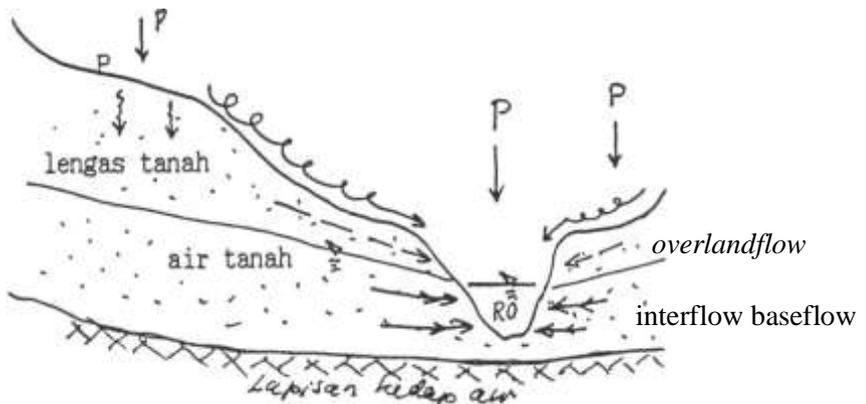
pemanfaatan waduk. Tetapi, perencanaan pengelolaan vegetasi terutama dalam pemilihan jenis vegetasi untuk meningkatkan hasil air yang tidak tepat dapat memberikan hasil yang sebaliknya, yaitu menurunkan besarnya hasil air karena cadangan air tanah di tempat berlangsungnya kegiatan tersebut berkurang oleh adanya proses evapotranspirasi vegetasi.

B. Pemisahan Aliran

Runoff adalah bagian curahan hujan (curah hujan dikurangi evapotranspirasi dan kehilangan air lainnya) yang mengalir dalam air sungai karena gaya gravitasi; airnya berasal dari permukaan maupun dari subpermukaan (*sub surface*).

Komponen Runoff

Runoff terdiri dari beberapa komponen:



Gambar 9.1 Penampang Alur Sungai dan Komponen Runoff

DAS adalah kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografi (igir pegunungan), kawasan tersebut menampung, menyimpan dan mengalirkan air melalui sistem sungai dan mengeluarkannya melalui titik tunggal (single outlet). Respon DAS terhadap hujan terdiri dari respon DAS pada limpasan langsung (direct runoff) dan respon DAS pada aliran dasar (baseflow).

Gambar 9.1, menunjukkan bahwa runoff yang ada dalam alur

Hidrologi Hutan

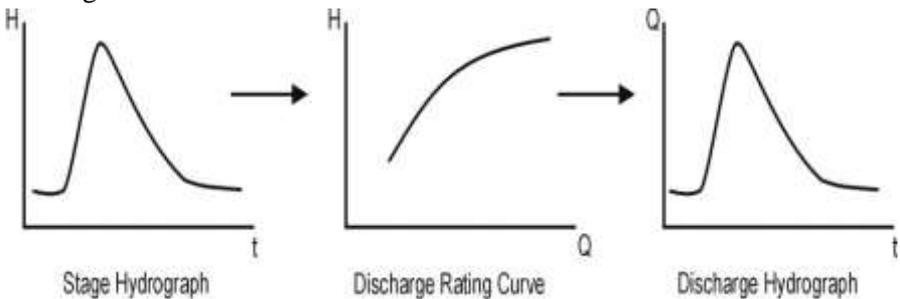
sungai terdiri dari 3 komponen aliran yaitu overlandflow (Q_s), aliran antara (interflow = Q_i) dan aliran dasar (baseflow = Q_d). Sistem DAS dapat dibagi lagi menjadi sistem yang lebih khusus yaitu sistem air pada permukaan lahan, sistem air pada zona tidak jenuh, sistem air pada zona jenuh air dan sistem air pada jaringan alur sungai.

Hasil runoff dari DAS di suatu tempat biasanya disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Grafik yang menggambarkan fenomena aliran (tinggi muka air, debit, kecepatan dll) dan waktunya disebut hidrograf (Hydrograph).

Umumnya ada dua macam hidrograf yaitu:

- Hidrograf Tinggi Muka Air (stage hydrograph)
- Hidrograf Aliran (discharge hydrograph)

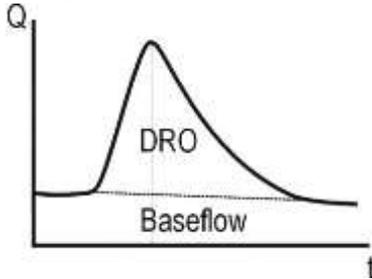
Hidrograf tinggi muka air dihasilkan dari rekaman alat yang disebut Automatic Water Level Recorder (AWLR) yang dipasang pada stasiun pengukur aliran sungai (SPAS). Sedang hidrograf aliran diturunkan dari hidrograf tinggi muka air dengan menggunakan "Stage discharge Rating Curve". Yang dibuat khusus untuk SPAS yang bersangkutan.



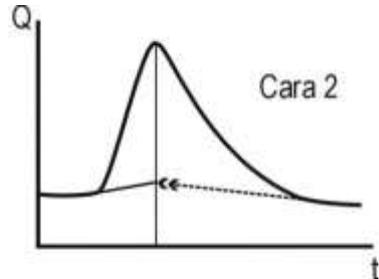
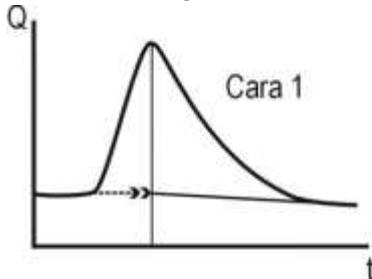
Gambar 9.2. Tahapan Pembuatan Discharge Hydrograph

Beberapa metode pemisahan baseflow:

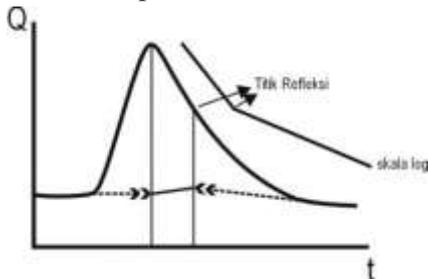
1. Straight line method



2. Fixed Base Length



3. Variable slope



Gambar 9.3 Metode Pemisahan Aliran

Menghitung volume aliran

Volume Aliran = Volume DRO + Volume

BF Q Aliran = Q DRO + Q BF

$$\text{Volume Aliran}_{9,00-9,15} = \frac{Q_{9,00} + Q_{9,15}}{2} \times \text{waktu (dt)}$$

$$\text{Volume Baseflow}_{9,00-9,15} = \frac{Q_{BF-9,00} + Q_{BF-9,15}}{2} \times \text{waktu (dt)}$$

Vol DRO = Vol Aliran – Vol Baseflow

$$\text{Tebal Runoff (RO)} = \frac{\text{Vol. Runoff (m}^3\text{)}}{\text{Luas DAS (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Koefisien Runoff (C)} = \frac{\text{Tebal RO (mm)}}{\text{Tebal Hujan (mm)}} \times 100\%$$

Tabel 9.1 Koefisien Runoff (C)

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

C. Evaluasi

1. Sebutkan beberapa contoh tentang perilaku aliran air!
2. Apa yang dimaksud dengan *runoff*?
3. Sebutkan beberapa komponen *runoff*!
4. Sebutkan beberapa metode pemisahan *baseflow*!
5. Sebutkan beberapa kriteria koefisien *runoff*!

Referensi

- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J. dan Sugianto, 2002, *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendalinya dalam Perspektif Lingkungan*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta
- Seyhan, E., 1990. *Dasar-dasar Hidrologi (terjemahan Fundamentals of Hydrology oleh Sentot Subagya)* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sri Harto, BR, 1989, *Analisis Hidrologi*, PAU-IT UGM, Yogyakarta.
- Sudjarwadi, 1991, *Sistem Hidrologi dan Drainasi*, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sutanto, 1977, *Pemanfaatan Teknik Teledeteksi untuk Penyadapan Penggunaan Lahan*, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, *Hidrologi Hutan* Universitas Lampung, Bandar Lampung

BAB X HIDROMETRI

Sasaran belajar

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa mampu melakukan pengukuran di lapangan untuk memperoleh data hidrologi dan melakukan analisis data untuk dapat ditampilkan sebagai suatu hasil analisis yang baik. Harapannya mahasiswa mampu mendesain suatu model untuk monitoring dan evaluasi suatu DAS.

A. Pengertian

Hidrometri adalah ilmu untuk mengukur air atau ilmu untuk mengumpulkan data dasar bagi analisis hidrologi. Pengukuran debit tidak dapat dilakukan secara kontinyu, untuk itu diperlukan hubungan antara tinggi muka air dan debit aliran. Hidrometri adalah suatu ilmu yang mempelajari pengukuran air atau suatu ilmu untuk mengumpulkan data dasar bagi analisis hidrologi. Dalam bab ini disajikan berbagai macam model dan metode pengukuran infiltrasi, evapotranspirasi, debit, suspensi, pembuatan lengkung aliran dan analisis hidrograf. Dari hasil analisis data hidrologi kemudian dapat digunakan untuk melakukan analisis neraca air dan neraca hara suatu kawasan (DAS) sehingga dapat dijadikan model monitoring dan evaluasi DAS.

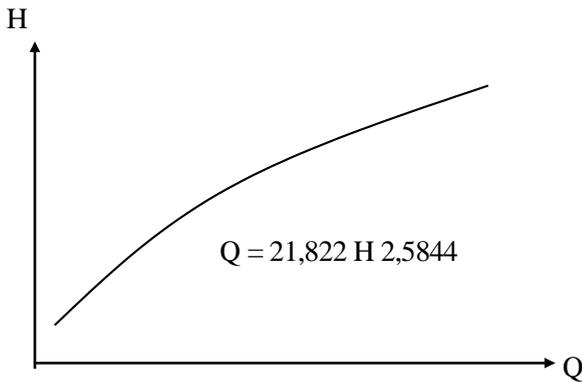
Secara umum hidrometri adalah suatu ilmu yang mempelajari pengukuran air atau suatu ilmu untuk mengumpulkan data dasar bagi analisis hidrologi. Di dalam analisis hidrologi khususnya mengenai hidrograf aliran, ada dua data dasar yang diperlukan yaitu pengukuran tinggi muka air dan debit. Satuan debit sering dipakai $m^3/detik$. Pengukuran debit sampai saat ini belum dapat dilakukan secara otomatis karena harus diukur secara langsung yaitu dengan bantuan alat pengukur kecepatan aliran sungai dan pengukur luas penampang aliran sungai. Dengan cara ini akan didapat debit sungai pada ketinggian muka air tertentu.

Tinggi muka air dengan mudah dapat didapat secara kontinyu dengan bantuan alat AWLR (Automatic Water Level Recorder). Hasil pencatatan alat AWLR ini disebut Stage hidrograf (suatu garis yang menghubungkan antara waktu dengan tinggi muka air). Discharge hidrograf dapat diturunkan dengan

data tinggi muka air dan discharge rating curve.

Discharge Rating Curve

Discharge rating curve adalah curve yang menggambarkan hubungan antara debit sungai dengan tinggi muka air seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 10.1 Discharge Rating Curve

Dengan suatu konversi maka akan diperoleh hubungan antara tinggi muka air dengan debit sehingga dengan mudah diperoleh data debit pada setiap ketinggian muka air tertentu. Discharge rating curve dibuat berdasarkan data pengukuran langsung di lapangan yaitu pengukuran debit aliran pada berbagai tinggi muka air (tinggi muka air terendah sampai tertinggi), persamaan garis dibuat dengan teknik regresi. Setelah discharge rating curve selesai dibuat, pekerjaan selanjutnya adalah:

- Menghitung tinggi muka air dari stage hydrograph yang direkam oleh AWLR atau Logger. Pada umumnya dibaca rata-rata harian atau menurut keperluan seperti studi banjir pembacaan stage hydrograph pada saat curve relatif tegak (karena adanya kenaikan tinggi muka air) dengan interval tiap lima menit sedang untuk curve yang relatif mendatar dapat digunakan interval tiap 30 menit sampai 1 jam.
- Menghitung debit aliran dengan cara memasukkan angka tinggi muka air ke dalam persamaan discharge rating curve.

B. Stasiun Pengamatan Arus Sungai (SPAS)

Dalam Pemilihan lokasi atau penentuan lokasi SPAS perlu dipertimbangkan beberapa faktor antara lain:

1. Kebutuhan akan data atau tujuan pemasangan SPAS.
2. Biaya yang tersedia baik untuk pemasangan maupun penyimpanan dan pengolahan data sehubungan dengan kerapatan SPAS.
3. Tenaga terdidik yang tersedia
4. Sifat-sifat atau karakteristik daerah aliran sungai.

Berbicara tentang penempatan SPAS beberapa persyaratan yang harus diperhatikan adalah:

1. Pilih pada bagian sungai yang lurus
2. Arus sungai sejajar, sedikit mungkin terjadi turbulensi
3. Penampang sungai yang stabil (tidak mengalami pengikisan maupun sedimentasi).
4. Pemilihan tempat yang dapat dilihat dari seluruh sistem sungai
5. Bentuk penampang reguler
6. Tidak terpengaruh aliran balik
7. Tidak terjadi perluapan (over flow)
8. Tidak diganggu tanaman air.
9. Tidak terpengaruh pasang surut sungai utama
10. Fluktuasi muka air nyata.
11. Mudah didatangi pada setiap saat (memudahkan dalam pengamatan dan perawatan)

SPAS yang dibangun harus dilengkapi dengan peralatan seperti:

1. bangunan pelindung AWLR
2. pipa pelindung pelampung AWLR
3. kabel pengaman pengukuran arus
4. peilskall
5. current meter (alat pengukur kecepatan arus)
6. suspended sampler (alat pengambil sampel suspensi)
7. botol tempat sampel dan kertas saring.

C. Peilskal (Papan Duga)

Biasanya terbuat dari alumunium dengan skala tertentu disamping itu alat ini:

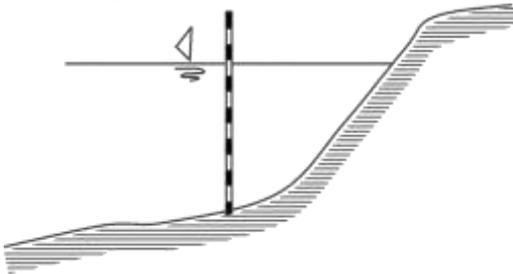
1. Murah harganya
2. Murah biaya pemasangannya

Yang perlu diperhatikan dalam pemasangannya antara lain:

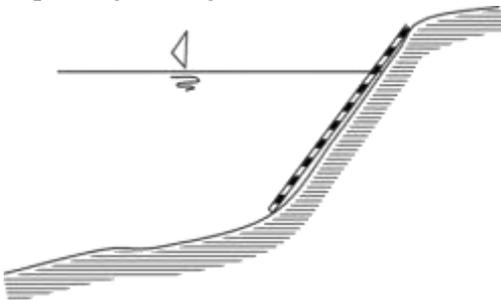
1. Pemasangan papan duga supaya diikatkan dengan banch merk tetap dan dipasang pada titik ketinggian yang tetap (tidak boleh diubah-ubah/dipindah-pindah).
2. Dipasang pada penyangga yang kokoh misal pilar/pangkal jembatan atau bangunan lain yang dipersiapkan.
3. Usahakan agar tidak langsung menghadap arus sungai (sulit pembacaan dan kemungkinan rusak karena sampah).
4. Papan duga agar dapat mencakup tinggi muka air minimum dan tinggi muka air maksimum yang mungkin terjadi.

Cara pemasangan papan duga:

1. Papan duga vertikal

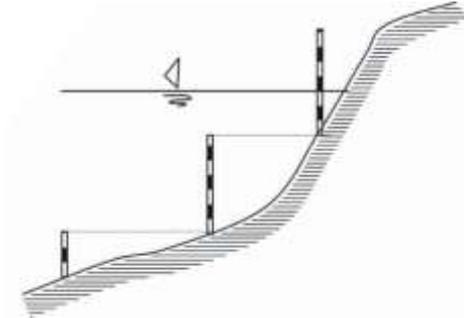


2. Papan duga miring



3. Papan duga bertingkat

Setiap papan mempunyai panjang 1 meter, dipasang bertingkat.



Gambar 10.2 Model Pemasangan Papan Duga

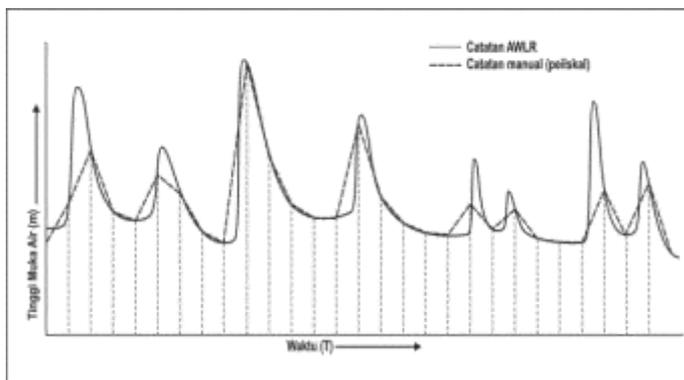
Ada dua macam SPAS yaitu:

1. SPAS otomatis

Perubahan tinggi muka air dicatat oleh AWLR atau logger. Dengan AWLR perubahan tinggi muka air aliran selalu tercatat secara kontinyu (hydrographnya berupa garis penuh).

2. SPAS tidak otomatis

Pengamatan tinggi muka air dibaca manual oleh si pengamat pada jam tertentu (waktu pembacaan tergantung dari tujuan penelitian). Perbedaan hasil pengamatan dapat diperiksa gambar berikut:



Gambar 10.3

Perbedaan Hasil Pencatatan antara SPAS Manual dan Otomatis

Kelemahan SPAS tidak otomatis:

- Ketelitian yang tinggi sulit dicapai (tergantung kejituan si pengamat)
- Pada sungai-sungai yang sangat sensitif kalau interval waktu pembacaan terlalu panjang, akan banyak informasi yang hilang (misal debit tertinggi atau terendah tidak diketahui), seperti terlihat pada gambar di atas.

Data tinggi muka air yang diperoleh dari pembacaan stasiun duga air tidak otomatis dibaca tiga kali sehari yaitu pada jam 7.00; jam 12.00 dan jam 17.00. Nilai tinggi muka air rata-rata diperoleh dengan cara merata-ratakan hasil pembacaan tadi.

$$H = \frac{h \ 7.00 + h \ 12.00 + h \ 17.00}{3}$$

H = tinggi muka air rata-rata harian

h = tinggi muka air pada saat pengamatan

D. AWLR (Automatic Water Level Recorder)

Secara prinsip tinggi muka air rata-rata harian didapat dari hasil perkalian antara tinggi muka air dengan periode waktu dibagi dengan jumlah waktu.

$$H = \frac{X_1A_1 + X_2A_2 + X_3A_3 + \dots + X_nA_n}{A}$$

H = tinggi muka air rata-rata harian

$X_{1...n}$ = tinggi muka air dalam periode waktu

$A_{1...n}$ = periode waktu

A = jumlah periode waktu

E. Evaluasi

1. Apa yang dimaksud dengan hidrometri?
2. Apa yang dimaksud dengan discharge rating curve?
3. Sebutkan beberapa faktor yang menentukan dalam Pemilihan lokasi atau penentuan lokasi SPAS (Stasiun Pengamatan Arus Sungai)!
4. Sebutkan beberapa persyaratan dalam penempatan SPAS!
5. Sebutkan dan jelaskan dua macam SPAS!

Referensi

- Arsyad S. 2010. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan DAS. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kunkle, S.H., and Thames, J.L. 1976. Hydrological Techniques for Upstream Conservation. FAO: Rome.
- Seyhan, E., 1990. Dasar-dasar Hidrologi (terjemahan Fundamentals of Hydrology oleh Sentot Subagya) Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sosrodarsono dan K. Takeda, 1980. Hidrologi Untuk Pengairan, PT. Pradynya Paramita, Jakarta.
- Suwarno, 1991. Hidrologi, Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova, Bandung.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, Hidrologi Hutan Universitas Lampung, Bandar Lampung.

BAB XI
PERAN HUTAN DALAM PENGENDALIAN DAUR AIR DAN
LONGSOR LAHAN

Sasaran belajar

Setelah mengikuti kuliah pada bab ini mahasiswa diharapkan mengerti dan memahami peran dan fungsi hutan dalam pengendalian daur air kawasan dan pengendalian longsor lahan. Harapannya mahasiswa lebih cermat dan tanggap dalam melihat fenomena yang terjadi sehingga mampu memberikan kontribusi nyata sesuai kapasitasnya sebagai mahasiswa.

A. Pengertian

Hutan adalah sebuah komunitas biotik didominasi oleh pohon-pohon dan vegetasi berkayu yang mencakup area yang luas, dan mendukung berbagai flora dan fauna yang kompleks. Masing-masing hutan memiliki karakteristik yang berbeda seperti komposisi jenis, ukuran, keragaman, dan kepadatan dengan variasi bergantung pada suhu dan curah hujan. Air ini juga sangat berkaitan dengan sirkulasi air, salah satu hal yang sangat berperan dalam sirkulasi air adalah hutan. Hutan memiliki fungsi utama salah satunya sebagai pengatur tata air. Hutan di daerah tropis memiliki kemampuan untuk menyerap air hasil presipitasi dan menyimpannya dalam bentuk aliran dasar.

Peran hutan dalam pengendalian daur air dan longsor lahan sangat diperlukan sebagai suatu proses dalam pengenalan dan pemahaman fungsi hutan yang sangat beragam. Diharapkan mahasiswa semakin memahami bahwa peran dan fungsi hutan tidak hanya sebagai penghasil hasil hutan yaitu kayu saja akan tetapi ada fungsi-fungsi lain dari hutan yang dapat memberikan manfaat lebih besar bagi lingkungan dan manusia itu sendiri.

Peran hutan yang penting dan menjadi materi utama dalam bab ini adalah sebagai penyedia jasa lingkungan melalui perannya dalam mengendalikan daur air kawasan dan perannya dalam mengendalikan longsor lahan. Keberadaan Hutan pada suatu wilayah akan memberikan dampak positif bagi keseimbangan ekosistem dalam skala yang lebih luas

antara lain dengan pengaturan keseimbangan karbon dioksida dan oksigen dalam udara, perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologis tanah, pengaturan tata air kawasan, pengendalian erosi, dan sebagainya. Berkaitan dengan fungsi pengaturan tata air dan pengendalian erosi, setiap tipe vegetasi menunjukkan pengaruh yang berbeda karena struktur dan komposisinya bervariasi.

B. Fungsi Hutan dalam Pengendalian Daur Hidrologi

Pada umumnya peran Hutan dinilai positif terhadap kelestarian sumber daya air kawasan baik kualitas maupun kuantitasnya. Beberapa informasi menunjukkan bahwa kelestarian sumber daya air tergantung dari kondisi hutan pada kawasan tersebut. Pada saat hutan ditebang hasil air pada awalnya akan meningkat karena berkurangnya evapotranspirasi, namun lama kelamaan hasil air tersebut akan berkurang karena jumlah air yang tersimpan di dalam tanah juga berkurang. Hal ini disebabkan karena air hujan yang jatuh pada areal hutan yang telah terbuka, sebagian besar langsung menjadi aliran permukaan.

Penggunaan vegetasi penutup hutan akan dapat memperbaiki fluktuasi aliran air. Banyaknya air hujan yang tidak langsung dapat mencapai permukaan tanah tergantung pada karakteristik tanaman penutup yang meliputi bentuk dan ukuran daun, bentuk dan kerapatan tajuk, kekasaran kulit batang dan kelurusan batang pohon (Pramono, 2006). Air yang dapat mencapai permukaan tanah sebagian meresap ke dalam tanah dan sebagian akan mengisi ledok ledok permukaan tanah (depression storage), dan sisanya akan mengalir sebagai limpasan (run off). Banyaknya air yang meresap ke dalam tanah tergantung pada sifat fisik tanah terutama tekstur dan struktur tanah, keadaan topografi permukaan dan keadaan relief mikro permukaan tanah. Air dan hutan merupakan dua sumber daya paling penting di bumi yang menyediakan makanan, energi, habitat, bahkan dalam ilmu biologi, kimia, fisika, dan fungsi sosial ekonomi, serta pelayanan kepada kehidupan dan lingkungan.

Air dan hutan bukanlah dua independen alami sumber daya yang berkaitan erat dengan keduanya. Akibatnya, sebuah studi antara dua sumber daya ini, yang disebut hidrologi hutan telah menjadi bidang

Hidrologi Hutan

penting. Distribusi hutan meningkatkan hubungan hutan-air secara signifikan. Hutan biasanya tumbuh di daerah curah hujan tahunan 500 mm atau lebih tinggi. Hutan meliputi sekitar 30% dari tanah. Dengan kata lain, sebagian besar pasokan air minum berasal dari kawasan hutan.

Kayu, air, tanah, satwa liar, vegetasi, dan rekreasi merupakan sumber yang terkait dengan hutan dan dipengaruhi oleh kegiatan kehutanan. Beberapa sumber daya dapat benar-benar hancur jika tergantung pada intensitas dan tingkat aktivitas hutan. Beberapa sumber daya dapat benar-benar hancur, tergantung pada intensitas dan tingkat aktivitas hutan. Fungsi lingkungan yang dilakukan oleh hutan termasuk kontrol air dan erosi angin, perlindungan hulu dan Daerah Aliran Sungai (DAS), waduk, dan zona riparian, pasir gundukan dan stabilisasi sungai, tanah longsor, pelestarian satwa liar dan gen kolam, mitigasi banjir kerusakan dan kecepatan angin, dan tenggelam untuk karbondioksida atmosfer (Mther, 1990). Adanya kontroversial mengenai fungsi hutan dalam tata air atau pengaruh hutan pada tata air juga merupakan akibat dari kondisi hutan yang ada sekarang ini yang secara kualitas maupun kuantitas kurang dari cukup, sehingga fungsi hutan dalam tata air mengalami proses kehilangan air yang disebabkan karena beberapa hal yaitu evaporasi, transpirasi dan kebocoran pada sistem air tanah.

Peran hutan terhadap fungsi hidrologi yaitu meliputi:

1. Mengalirkan air secara perlahan untuk menurunkan run off
2. Penyangga pada puncak terjadinya hujan (menurunkan time to concentration)
3. Pelepasan air secara bertahap untuk meningkatkan infiltrasi
4. Memelihara kualitas dan kuantitas air (menurunkan fluktuasi debit)
5. Mengurangi bahaya longsor dan erosi
6. Mempertahankan iklim mikro untuk penyerapan CO₂ dan produksi O₂

Sangat banyak harapan yang ditopangkan kepada hutan di dalam rangka pengendalian daur air suatu kawasan. Hal ini disebabkan karena secara keseluruhan peran hutan dengan vegetasinya banyak yang bisa diharapkan, walaupun peran tersebut sangat dibatasi oleh beberapa faktor antara lain:

1. Sifat pertumbuhannya yang dinamik yang tergantung kepada waktu

Hidrologi Hutan

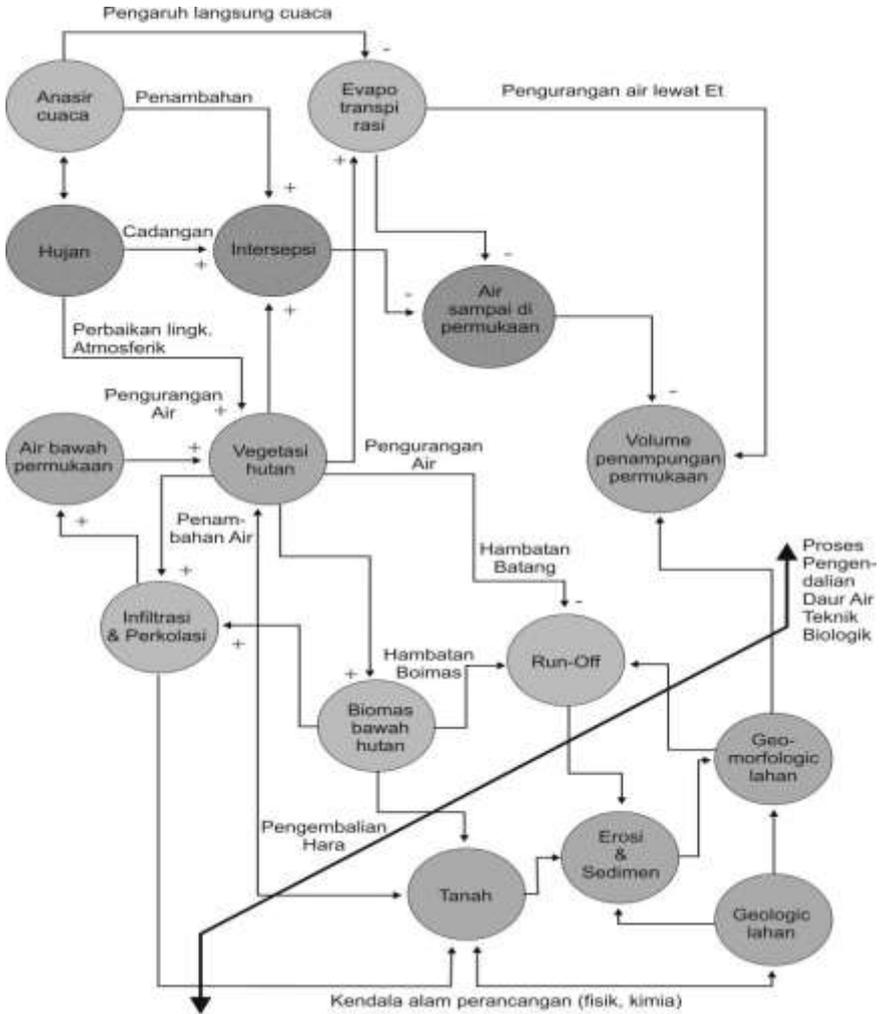
dan musim.

2. Nilai perannya juga ditentukan oleh struktur hutannya, luasnya, komposisi jenisnya, keadaan pertumbuhannya serta letaknya.
3. Nilai perannya untuk suatu keadaan ekosistem hutan tertentu juga dibatasi oleh iklim, keadaan geologi, geomorfologi dan watak tanahnya.

Secara lebih rinci peran hutan dapat diterangkan sebagai berikut

1. Sebagai pengurang atau pembuang cadangan air di bumi melalui proses:
 - a. Evapotranspirasi
 - b. Pemakaian air konsumtif untuk pembentukan jaringan tubuh vegetasi.
2. Sebagai penghalang untuk sampainya air di bumi melalui proses intersepsi.
3. Sebagai pengurang atau peredam energi kinetik aliran air lewat:
 - a. Tahanan permukaan dari bagian batang di permukaan
 - b. Tahanan aliran air permukaan karena adanya seresah di permukaan.
4. Sebagai pendorong ke arah perbaikan kemampuan watak fisik tanah untuk memasukkan air lewat sistem perakaran, penambahan dinamika bahan organik ataupun adanya kenaikan kegiatan biologik di dalam tanah.

Untuk lebih jelasnya tentang pengendalian daur air ini, causal loop pengendalian daur air secara teknik biologik disajikan dalam Gambar 11.1



.Gambar 11.1

Causal Loop Pengendalian Daur Air Secara Tehnik – biologic (Pusputardjo, 1984).

Dimulai dari pengertian tentang jumlah persediaan air di bumi secara keseluruhan adalah tetap, maka sistem hidrologi secara global dapat dianggap merupakan suatu sistem yang tertutup. Seperti halnya sistem tertutup bumi, di dalam sistem hidrologi bumi yang tertutup terdapat banyak sub sistem yang terbuka, sebagai contoh sub sistem presipitasi, limpasan, evaporasi, air tanah dan lainnya. Seringkali terjadi

bahwa komponen-komponen dalam sistem itu sangat kompleks dan terdapat beberapa bagian yang sulit dipisah-pisahkan secara tegas. Akibatnya perhitungan masing-masing komponen sering mengalami beberapa kesulitan. Dengan demikian penyederhanaan proses dalam analisis harus dilakukan dengan hati-hati.

Perlunya kehati-hatian dalam proses analisis dapat digambarkan dalam contoh bahwa akhir-akhir ini terdapat isu yang dilontarkan oleh masyarakat bahwa setelah suatu wilayah direboisasi dan berhasil, air justru kemudian menghilang, sebaliknya sering juga dijumpai dan masih banyak melekat di hati masyarakat yang melihat kenyataan bahwa dengan adanya hutan dapat menyebabkan munculnya kembali sumber-sumber air.

Di dalam rangka pendayagunaan hutan sebagai pengendali daur air sudah barang tentu akan dijumpai kawasan hutan yang harus dipertahankan keberadaannya dan fungsinya, tetapi ada juga suatu kawasan yang perlu ditingkatkan baik keberadaannya maupun fungsinya, baik melalui proses reboisasi maupun proses lainnya secara terpadu yang merupakan penerapan konsep teknik biologik.

Peranan kawasan hutan sebagai pengendali daur air dapat dilihat dari dua sudut pandangan yaitu menyediakan air dengan konsep panen air (water harvesting) dan dengan konsep menjamin penghasilan air (water yield). Jumlah air yang dapat dipanen tergantung pada jumlah aliran permukaan (run off) yang dapat digunakan, sedang jumlah air yang dapat dihasilkan bergantung pada debit air tanah. Kedua tujuan tersebut memerlukan perlakuan yang berbeda.

Untuk meningkatkan panen air, infiltrasi dan perkolasi harus dikendalikan, sedang untuk meningkatkan penghasilan air, infiltrasi dan perkolasi justru yang harus ditingkatkan. Konsep penghasilan air menjadi azas pengembangan sumber air di kawasan beriklim basah, karena konsep panen air akan membawa resiko besar, berupa peningkatan erosi dan juga akan banyak memboroskan lahan untuk menampungnya.

Di Indonesia upaya pengendalian erosi dan peningkatan penghasilan air akan saling mendukung sebab keduanya menghendaki pembatasan besarnya aliran permukaan.

Gambar 2.1 dan 2.2 menunjukkan bahwa peran hutan terhadap

pengendalian daur air dimulai dari peran tajuk menyimpan air intersepsi. Peran menonjol yang ke dua yang juga sering menjadi sumber penyebab kekawatiran masyarakat adalah evapotranspirasi.

Evapotranspirasi punya pengaruh yang penting terhadap besarnya cadangan air tanah terutama untuk kawasan yang berhujan rendah lapisan tanah dangkal dan sifat batuan yang tidak dapat menyimpan air. Sehubungan dengan hal tersebut maka evapotranspirasi yang terjadi dari suatu kawasan, sudah mulai banyak mendapat perhatian dari para peneliti terutama untuk kawasan dengan vegetasi tertentu.

Akan tetapi untuk kawasan yang memiliki intensitas hujan yang tinggi, proses evapotranspirasi justru berperan mengurangi kejenuhan tanah agar tidak terjadi akumulasi air di lapisan impermeabel yang justru akan menjadi bahan gelincir dalam kejadian longsor lahan. Dalam musim hujan untuk cuaca terutama yang ekstrem yaitu hujan terjadi beberapa hari, hujan yang terjadi terus menerus selama □ 4 jam dengan intensitas □ 100 mm sangat potensial menyebabkan banjir dan longsor lahan. Beberapa kawasan tertentu secara geologis memang rawan longsor lahan dan pada jenis tanah tertentu sangat potensial untuk terjadi erosi dan longsor lahan. Banyak kejadian longsor lahan akhir-akhir ini menunjukkan kenyataan bahwa longsor lahan tidak hanya terjadi pada kawasan yang gundul akan tetapi juga melanda pada kawasan-kawasan yang justru tertutup oleh vegetasi dengan —sangat baik. Kenyataan ini menyadarkan kita semua bahwa kita perlu mengenali faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor lahan yang sangat erat kaitannya dengan masalah hujan dan aliran air. Apabila memperhatikan Gambar 2.1 nampak bahwa sering kita lupa dalam melakukan usaha reboisasi atau penghijauan perlu memperhatikan watak iklim, faktor watak mekanik tanah dan kondisi geologi, geomorfologi untuk mengenali tingkat kerawanan longsor lahan, stabilitas lahan, watak run off potensial, dan tidak kalah pentingnya adalah pengenalan atas watak tanaman diantaranya yang berupa pertumbuhan dan beban mekanik tanaman.

C. Hubungan Hutan dengan Tata Air

Kawasan Hutan selain dapat berfungsi produksi juga dapat menjadi pengatur tata air dan pelindung terhadap degradasi tanah oleh hujan

Hidrologi Hutan

karena hutan dapat mendorong peresapan air ke dalam tanah. Adanya penutupan lahan oleh vegetasi hutan dan seresah di permukaan akan melindungi tanah terhadap pukulan air hujan sehingga energi kinetik hujan dapat diperkecil dan dikendalikan. bahwa hutan dengan penyebarannya yang luas, dengan struktur dan komposisinya yang beragam diharapkan mampu menyediakan manfaat lingkungan yang amat besar bagi kehidupan manusia antara lain jasa peredaman terhadap banjir, erosi dan sedimentasi serta jasa pengendalian daur air.

Peran hutan terhadap pengendalian daur air dimulai dari peran tajuk menyimpan air sebagai air intersepsi. Sampai saat ini intersepsi belum dianggap sebagai faktor penting dalam daur hidrologi. Bagi daerah yang hujannya rendah dan kebutuhan air dipenuhi dengan konsep water harvest maka para pengelola Daerah Aliran Sungai (DAS) harus tetap memperhitungkan besarnya intersepsi karena jumlah air yang hilang sebagai air intersepsi dapat mengurangi jumlah air yang masuk ke suatu kawasan dan akhirnya mempengaruhi neraca air regional.

Evapotranspirasi punya pengaruh yang penting terhadap besarnya cadangan air tanah terutama untuk kawasan yang berhujan rendah, lapisan/tebal tanah dangkal dan sifat batuan yang tidak dapat menyimpan air. Peran ketiga adalah kemampuan mengendalikan tingginya lengas tanah hutan. Tanah mempunyai kemampuan untuk menyimpan air (lengas tanah), karena memiliki rongga-rongga yang dapat diisi dengan udara/cairan atau bersifat porous. Bagian lengas tanah yang tidak dapat dipindahkan dari tanah oleh cara-cara alami yaitu dengan osmosis, gravitasi atau kapasitas simpanan permanen suatu tanah diukur dengan kandungan air tanahnya pada titik layu permanen yaitu pada kandungan air tanah terendah dimana tanaman dapat mengekstrak air dari ruang pori tanah terhadap gaya gravitasinya. Titik layu ini sama bagi semua tanaman pada tanah tertentu.

Pada tingkat kelembaban titik layu ini tanaman tidak mampu lagi menyerap air dari dalam tanah. Jumlah air yang tertampung di daerah perakaran merupakan faktor penting untuk menentukan nilai penting tanah pertanian maupun kehutanan. Peran ke empat adalah dalam pengendalian aliran (hasil air). Hutan terutama yang mempunyai tajuk yang berlapis dapat berperan dalam mengatur tata air dengan cara

Hidrologi Hutan

langsung maupun tidak langsung antara lain:

1. Hutan akan menghasilkan serasah dan kalau terdekomposisi akan mendatangkan kompos yang mempunyai kemampuan menyimpan air lebih kurang 5 kali beratnya. peran serasah hutan lebih besar dari tanaman pohonnya dalam mengatur tata air, dibawah tegakan hutan akan terjadi iklim mikro yang mengakibatkan mikro-organisme dapat berkembang secara baik, sehingga kemampuan tanahnya untuk menginfiltasikan air hujan menjadi tinggi.
2. Batang dan ranting pohon yang jatuh ke tanah akan memperlambat jalannya aliran permukaan sehingga kesempatan air masuk ke dalam tanah juga menjadi besar.
3. Tanaman akan menahan kecepatan angin sehingga daya evapotranspirasi tanaman menjadi lebih kecil.
4. Cahaya matahari hanya sedikit yang dapat menembus tajuk tanaman sehingga temperatur tanah dan permukaan di bawah tanaman hutan menjadi lebih rendah sehingga tanaman bawah akan tertekan dan evapotranspirasi menjadi relatif kecil.

Berdasarkan siklus hidrologi, terdapat beberapa proses kehilangan air pada suatu kawasan antara lain adalah evaporasi, intersepsi dan transpirasi (sering juga disebut dengan evapotranspirasi). Kehilangan air akibat evaporasi biasanya dilihat dari dua sisi. Pertama, evaporasi dari permukaan air (E_o), yaitu:

1. Penguapan air langsung dari danau, sungai dan badan air lainnya.
2. Kehilangan air melalui vegetasi oleh proses-proses intersepsi dan transpirasi yang selanjutnya peristiwa ini sering juga disebut dengan evapotranspirasi (ET), karena penguapan air yang baru jatuh di atas permukaan daun vegetasi (intersepsi) juga diperhitungkan. Dalam hal ini peristiwa evapotranspirasi sering juga ditafsirkan sebagai kehilangan air total sebagai akibat evaporasi dan transpirasi dari permukaan tanah dan vegetasi. Besarnya ET bervariasi tergantung jenis vegetasi, kemampuannya dalam menguapkan air (ketersediaan energi) dan persediaan air dalam tanah di tempat tersebut.

D. Faktor Penyebab Longsor Lahan

Bagi kawasan yang rawan longsor lahan dan miring beban mekanik tanaman yang diakibatkan oleh besarnya dan rapatnya pohon perlu dibatasi. Rangkuman dari beberapa pustaka (Febri Himawan, 1994; Justika Baharsjah, dkk, 2000, Karnawati D, 2001) dan pengenalan di lapangan bahwa beberapa faktor yang menyebabkan suatu kawasan menjadi rawan longsor antara lain:

1. Faktor internal

- a. Genesis morfologi lereng (perubahan kemiringan dari landai ke curam).
- b. Geologi (jenis batuan, sifat batuan, stratigrafi dan tingkat pelapukan).
- c. Jenis batuan/tanah: tanah tebal dengan tingkat pelapukan sudah lanjut
- d. Kembang kerut tanah tinggi: seperti jenis lempung
- e. Sedimen berlapis (tanah permeabel menumpang pada tanah impermeabel)
- f. Perlapisan tanah/batuan searah dengan kemiringan lereng.
- g. Tektonik dan Kegempaan:
 - Sering mengalami gangguan gempa
 - Mekanisme tektonik penurunan lahan
- h. Morfologi atau Bentuk Geometri Lereng
- i. Erosi lateral dan erosi mundur (backward erosion) yang intensif menyebabkan terjadinya penggerusan di bagian kaki lereng. Akibatnya lereng makin curam. Makin curam suatu kemiringan lereng, makin kecil nilai kestabilannya.
- j. Patahan yang mengarah keluar lereng.

2. Faktor luar (eksternal)

- a. Hujan
 - Akibat hujan terjadi peningkatan kadar air tanah, akibatnya menurunkan ketahanan batuan.
 - Kadar air tanah yang tinggi juga menambah beban mekanik tanah.
 - Sesuai dengan letak dan bentuk bidang gelincir, hujan yang tinggi menyebabkan terbentuknya bahan gelincir.

b. Kegiatan Manusia

- Mengganggu kestabilan lereng misal dengan memotong lereng.
- Melakukan pembangunan tidak mengindahkan tata ruang
- wilayah/tata ruang desa.
- Mengganggu vegetasi penutup lahan sehingga aliran permukaan melimpah misal dengan over cutting, penjarahan atau penebangan tak terkendali, hal ini akan menyebabkan erosi mundur maupun erosi lateral.
- Menambah beban mekanik dari luar misal penghijauan atau hasil reboisasi yang sudah terlalu rapat dan pohonnya sudah besar-besar di kawasan rawan longsor lahan dan tidak dipanen karena merasa sayang. Untuk ini maka sangat diperlukan pengaturan hasil yang baik bagi hutan rakyat, program penghijauan yang lain maupun program reboisasi baik yang berupa pemanenan maupun penjarangan yang teratur.

Untuk dapat memberikan perhatian atau perlakuan khusus pada kawasan rawan longsor lahan tersebut perlu dilakukan zonasi kawasan dengan memperhatikan karakteristik kawasan rawan longsor lahan. Karakteristik kawasan rawan longsor antara lain:

- a. Kawasan yang mempunyai kelerengan $\leq 20\%$
- b. Tanah pelapukan tebal
- c. Sedimen berlapis: Lapisan permeabel menumpang pada lapisan impermeabel
- d. Tingkat kebasahan tinggi (curah hujan tinggi)
- e. Erosi lateral intensif sehingga menyebabkan terjadinya penggerusan di bagian kaki lereng, akibatnya lereng makin curam.
- f. Mekanisme tektonik penurunan lahan
- g. Patahan yang mengarah keluar lereng
- h. Dip Perlapisan sama dengan Dip Lereng
- i. Makin curam lereng, makin ringan nilai kestabilannya.

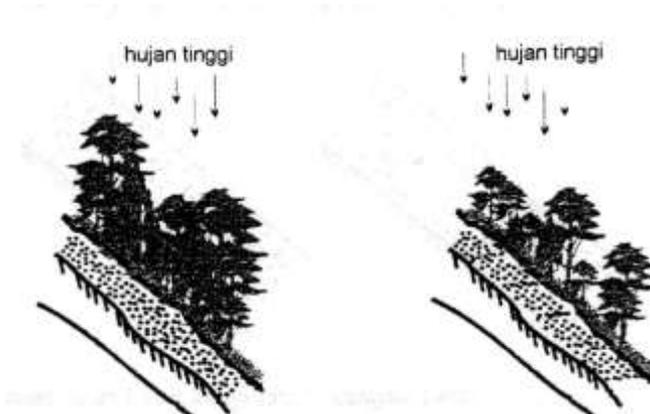
E. Pengendalian Longsor Lahan

Aneka rekayasa dapat dilakukan untuk usaha pengendalian longsor lahan salah satunya adalah rekayasa vegetatif dan tindakan konservasi

Hidrologi Hutan

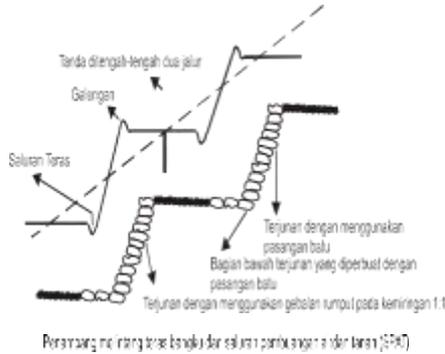
tanah. Dengan informasi tersebut dapat dilakukan usaha pencegahan atau mengurangi longsor lahan dengan usaha-usaha antara lain:

- a. Menghindari atau mengurangi penebangan pohon yang tidak terkendali dan tidak terencana (over cutting, penebangan cuci mangkuk, dan penjarahan).
- b. Penanaman vegetasi tanaman keras yang ringan dengan perakaran intensif dan dalam bagi kawasan yang curam dan menumpang di atas lapisan impermeabel.
- c. Mengembangkan usaha tani ramah longsor lahan seperti penanaman hijauan makanan ternak (HMT) melalui sistem panen pangkas.
- d. Mengurangi beban mekanik pohon-pohon yang besar-besar yang berakar dangkal dari kawasan yang curam dan menumpang di atas lapisan impermeabel.



Gambar 11.2 Penjarangan untuk Mengurangi Beban Tanah

- e. Membuat Saluran Pembuangan Air (SPA) pada daerah yang berhujan tinggi dan merubahnya menjadi Saluran Penampungan Air dan Tanah (SPAT) pada hujan yang rendah.



Gambar 11.3 Model Pembuatan Saluran Pembuangan Air

- f. Mengurangi atau menghindari pembangunan teras bangku di kawasan yang rawan longsor lahan yang tanpa dilengkapi dengan SPA dan saluran drainase di bawah permukaan tanah untuk mengurangi kandungan air dalam tanah.
- g. Mengurangi intensifikasi pengolahan tanah daerah yang rawan longsor.
- h. Membuat saluran drainase di bawah permukaan (mengurangi kandungan air dalam tanah).
- i. Bila perlu, bisa dilengkapi bangunan teknik sipil/bangunan mekanik.

Contoh jenis tanaman yang mempunyai akar tunggang dalam dan akar cabang banyak yang berakar tunggang dalam dengan sedikit akar cabang sebagai berikut:

- a. Pohon-pohon yang mempunyai akar tunggang dalam dan akar cabang banyak.

- 1) *Aleurites moluccana* (kemiri)
- 2) *Vitex pubescens* (laban)
- 3) *Homalium tomentosum* (dlingsem)
- 4) *Lagerstroemia speciosa* (bungur)
- 5) *Melia azedarach* (mindy)
- 6) *Cassia siamea* (johar)
- 7) *Acacia villosa*
- 8) *Eucalyptus alba*
- 9) *Leucaena glauca*

b. Pohon-pohon yang mempunyai akar tunggang dalam dengan sedikit akar cabang

- 1) *Swietenia macrophylla* (mahoni daun besar)
- 2) *Gluta renghas* (renghas)
- 3) *Tectona grandis* (jati)
- 4) *Schleichera oleosa* (kesambi)
- 5) *Pterocarpus indicus* (sono kembang)
- 6) *Dalbergia sissooides* (sono keling)
- 7) *Dalbergia latifolia*
- 8) *Cassia fistula* (trengguli)
- 9) *Bauhinia hirsula* (tayuman)
- 10) *Tamarindus indicus* (asam.jawa)
- 11) *Acacia leucophloea* (pilang)

F. Pengaruh Hutan Terhadap Erosi

Erosi oleh air merupakan bentuk degradasi tanah yang sangat dominan. Deforestasi dan alih fungsi lahan merupakan penyebab utama terjadinya degradasi lahan baik di hutan produksi ataupun di hutan rakyat. Menyebabkan terjadinya kemerosotan sumberdaya lahan yang akan berakibat semakin luasnya lahan kritis tanaman, penggundulan hutan, telah berdampak pada keberlangsungan hidup biota yang berada di bumi ini. Bila kondisi tersebut diatas terus berlangsung dengan cara tidak terkendali, maka dikhawatirkan akan bertambahnya jumlah lahan kritis dan kerusakan dalam suatu wilayah daerah aliran sungai (DAS). Kerusakan ini dapat berupa degradasi lapisan tanah (erosi), kesuburan tanah, longsor dan sedimentasi yang tinggi dalam sungai, bencana banjir, distribusi dan jumlah serta kualitas aliran air sungai akan menurun. penambahan lahan terdegradasi di Indonesia semakin meningkat. Pembukaan hutan permukaan tanah menjadi rentan terhadap pukulan energi kinetik hujan dan akhirnya butiran tanah menjadi terdispersi dan terangkut. Pukulan air hujan dan penguraian bahan organik setelah pembukaan hutan menyebabkan kerusakan..

Besarnya erosi tanah karena curah hujan sangat ditentukan oleh diameter butiran air dan kecepatan jatuhnya. Makin tinggi intensitas hujan makin besar puladiameterbutiran air, demikian pula makin lebar ujung penetas daun makin besar pula butiran airtolosan yang jatuh.

Hidrologi Hutan

Besarnya kecepatan air yang jatuh dipengaruhi pula oleh besar butiran. Karena butir air lolos sampai batas intensitas hujan tertentu lebih besardaripada butir air hujan maka erosivitas air lolos lebih besar daripada erosivitas air hujan.

Kegiatan penanaman hutan maupun penebangan hutan merupakan bagian dari pengelolaan hutan dan pemanfaatan hutan merupakan bagian dari sistem pengelolaan hutan. Kedua kegiatan tersebut dapat mempengaruhi hidrologi terutama pada hasil air. Kegiatan penanaman hutan berarti penambahan luas penutupan lahan oleh tajuk pohon hutan yang ditanam. Pengaruh adanya kegiatan penanaman pada hasil air tergantung pada luas atau tidak luasnya tanaman, jenis dan kerapatan pohon yang ditanam serta umur tanaman.

Tanaman yang luas akan lebih nyata pengaruhnya terhadap hasil air daripada tanaman yang sempit (sedikit), umur tanaman yang lebih tua akan lebih nyata pengaruhnya daripada tanaman umur muda terhadap hasil air. Demikian juga jenis tanaman, karena jenis pohon mempengaruhi nilai intersepsi, air lolos, dan aliran batang serta evapotranspirasi. Adanya tanaman hutan yang luas dan kerapatan normal akan mempertinggi kemampuan hutan dalam mencegah (interception) air hujan oleh penambahan tajuk hutan, sehingga jumlah air hujan yang akan diterima oleh permukaan lahan berkurang, karena kenaikan pencegahan oleh tajuk. Kondisi ini akan memperkecil air.

G. Evaluasi

1. Jelaskan peran hutan dalam pengendalian air suatu kawasan!
2. Sebutkan dan jelaskan faktor-faktor penyebab longsor lahan!
3. Sebutkan karakteristik kawasan yang rawan longsor!
4. Sebutkan usaha pencegahan dan pengendalian longsor lahan
5. Sebutkan pohon-pohon yang mempunyai akar tunggang dalam dan akar cabang banyak, serta pohon-pohon yang mempunyai akar tunggang dalam dan sedikit akar cabang!

Referensi

- Arsyad S. 2010. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan DAS. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Seyhan, E., 1990. Dasar-dasar Hidrologi (terjemahan Fundamentals of Hydrology oleh Sentot Subagya) Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sosrodarsono dan K. Takeda, 1980. Hidrologi Untuk Pengairan, PT. Pradynya Paramita, Jakarta.
- Winarno, GD., Hatma dan S.A Soedjoko, 2010, Hidrologi Hutan Universitas Lampung, Bandar Lampung.

GLOSARIUM DAN INDEKS

Istilah	Pengertian
Air tanah	Air di dalam tanah yang sepenuhnya ada di zona jenuh
Akuifer	Air tanah yang terdapat pada formasi geologi yang permeabel yang mampu menyimpan dan memindah air dalam jumlah yang cukup sampai besar.
<u>Aliran dasar</u> (<i>base flow</i>)	Air tanah muncul sebagai rembesan atau mata air
<i>Anemometer</i>	Peralatan yang digunakan untuk menentukan besarnya kecepatan angin
Daerah Aliran Sungai	Kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografi (igir pegunungan), kawasan tersebut menampung, menyimpan dan mengalirkan air melalui sistem sungai dan mengeluarkannya melalui titik tunggal (<i>single outlet</i>).
Debit aliran	Laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu.
Evaporasi	Peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara
Evapotranspirasi Total	Merupakan gabungan antara proses-proses evaporasi, intersepsi, dan transpirasi
Hidrologi	Ilmu yang bersangkutan paut dengan kuantitas dan kualitas air di bumi dalam segala bentuknya (cair, gas, padat) pada, dalam, dan diatas permukaan tanah
Hidrometri	Suatu ilmu yang mempelajari pengukuran air atau suatu ilmu untuk mengumpulkan data dasar bagi analisis hidrologi
<u>Hujan frontal</u>	Tipe hujan yang umumnya disebabkan oleh

Istilah	Pengertian
<i>(Frontal/cyclonic storms)</i>	bergulungnya dua massa udara yang berbeda suhu dan kelembaban
Hujan konvektif <i>(Convectonal storms)</i>	Tipe hujan disebabkan oleh adanya beda panas yang diterima permukaan tanah dengan panas yang diterima oleh lapisan udara di atas permukaan tanah tersebut.
Hujan orografik <i>(Orographic storms)</i>	Jenis hujan yang umum terjadi di daerah pegunungan, yaitu ketika massa udara bergerak ke tempat yang lebih tinggi mengikuti bentang lahan pegunungan sampai saatnya terjadi proses kondensasi.
Infiltrasi	Sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan masuk terserap ke dalam tanah. Dengan kata lain infiltrasi adalah peristiwa masuknya air ke dalam tanah, yang umumnya melalui permukaan tanah secara vertical.
Infiltrometer	Alat untuk mengukur besarnya infiltrasi
Interception loss, Intersepsi	Air hujan sebelum ke tanah akan tertahan oleh tajuk vegetasi dan batangnya dan akan terevaporasi kembali ke atmosfer selama dan setelah hujan.
Kadar muatan suspensi	Banyaknya material suspensi yang dikandung sejumlah air dari aliran sungai dalam satuan volume tertentu, setelah material dikeringkan dan dinyatakan dalam miligram/liter (mg/l).
Kelengasan tanah	Jumlah air yang tersimpan di antara pori-pori tanah
Lengkung aliran debit (Discharge Rating Curve)	Kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air dan debit pada lokasi penampang sungai tertentu
Perkolasi	Proses bergerakanya air melalui profil tanah karena tenaga gravitasi.
Presipitasi	Peristiwa jatuhnya cairan (dapat berbentuk cair atau

Istilah	Pengertian
	beku) dari atmosphere ke permukaan bumi dan lau dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang
Runoff	Bagian curahan hujan (curah hujan dikurangi evapotranspirasi dan kehilangan air lainnya) yang mengalir ke dalam air sungai karena gaya gravitasi; airnya berasal dari permukaan maupun dari subpermukaan (sub surface).
Stemflow, Aliran Batang	Sebagian air hujan yang mengalir melalui batang menuju permukaan tanah.
Subsurface Runoff, Aliran Bawah Permukaan	Aliran bawah permukaan merupakan bagian dari presipitasi yang mengalami infiltrasi dalam tanah kemudian mengalir di bawah permukaan tanah dan menuju sungai sebagai rembesan maupun mata air.
Surface detention	Sebagian air hujan yang tertampung di cekungan permukaan tanah
Surface runoff, limpasan permukaan	Air hujan yang tidak terserap akan mengalir diatas permukaan tanah. Dengan kata lain bagian curah hujan setelah dikurangi dengan infiltrasi dan kehilangan air lainnya
Throughfall	Air hujan yang tertahan oleh vegetasi didistribusikan dengan berbagai cara yaitu air lolos yang jatuh langsung dari tajuk ke permukaan tanah
Transpirasi	Sebagain air yang diserap oleh vegetasi melalui proses fisiologis lalu diupkan kembali melalui daun/tajuk vegetasi

BIODATA PENULIS



Dr. Badaruddin, S.Hut, M.P dilahirkan di Bangkiling Raya - Tabalong, pada tanggal 27 Mei 1976. Penulis menempuh pendidikan S1 di Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru (lulus tahun 2002), S2 di Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda (lulus tahun 2007), dan S3 di Universitas Brawijaya, Malang (lulus tahun 2014). Penulis adalah Dosen Di Fakultas Kehutanan dan telah mendapatkan Piagam Tanda Kehormatan Satya Lencana Karya Satya 10 tahun. tahun dari presiden Republik Indonesia.

Dr. Badaruddin telah menjadi dosen Universitas Lambung Mangkurat sejak tahun 2002 hingga sekarang dalam bidang Hidrologi Hutan, Konservasi Sumberdaya Hutan dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Penulis telah menerbitkan jurnal internasional terindeks di journal Biodiversitas. Penulis juga aktif dalam bidang keperdulian lingkungan.

Kemampuan orasi, presentasi, serta pengetahuan yang luas di bidang kehutanan dan lingkungan penulis menjadi pembicara di berbagai konferensi dan seminar di bidang Kehutanan dan lingkungan. Penulis telah melakukan berbagai riset di bidang Pengelolaan Daerah aliran sungai dan mendapatkan hibah penelitian sejak 2012 sampai 2020 baik pada hibah kompetitif Nasional maupun desentralisasi. Tahun 2016 penulis mendapatkan hibah kompetensi selama 2 tahun tentang Peningkatan Daya Dukung DAS Satui dalam Rangka Pengendalian Banjir di Provinsi Kalimantan Selatan.

Penulis telah melakukan berbagai riset di bidang Hidrologi Hutan/Pengelolaan DAS dan PSDAL diantaranya: The recovery

Hidrologi Hutan

of Tabonio Watershed through enrichment planting using ecologically and economically valuable species in South Kalimantan, Indonesia (1996), Power recovery support Tabonio Watershed based on analysis of erosion based on geographic information system in the Province of South Kalimantan (2017); Carrying Capacity Of Satui Watershed In South Kalimantan Province, Indonesia (2018); Analysis Of The Level Of Erosion Hazard In The Framework Of The Green Revolution In Watershed Maluka Province South Kalimantan (2019).

Selain menjadi dosen, penulis juga aktif sebagai pembicara atau narasumber bidang kajian lingkungan hidup strategis di beberapa daerah untuk mewujudkan program kerja pemerintah yang berorientasi pada keperdulian lingkungan atau tujuan lingkungan berkelanjutan.

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. H. Syarifuddin Kadir, M.Si., dilahirkan di Tamattia Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan, pada tanggal 8 April 1963. Penulis menempuh pendidikan S1 di UNHAS, Makassar (lulus tahun 1986), S2 di UNHAS, Makassar (lulus tahun 1996), dan S3 di Universitas Brawijaya, Malang (lulus tahun 2014). Penulis adalah Dosen pada Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat (ULM), di Banjarbaru Kalimantan Selatan sejak tahun 1989 sampai sekarang 2020 dan telah mendapatkan Piagam Tanda Kehormatan Satya Lencana Karya Satya 10 tahun, 20 tahun, dan 30 tahun dari presiden Republik Indonesia.

Penulis telah menerbitkan Prosiding, jurnal Nasional, dan internasional yang diataranya terindeks Scopus. Kemampuan orasi, presentasi, serta pengetahuan yang luas di bidang

Hidrologi Hutan

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS) membawa penulis menjadi pembicara di berbagai konferensi dan seminar di bidang Pengelolaan DAS dan KLHS.

Penulis telah melakukan berbagai riset di bidang Hidrologi Hutan/Pengelolaan DAS dan PSDAL diantaranya: The recovery of Tabonio Watershed through enrichment planting using ecologically and economically valuable species in South Kalimantan, Indonesia (1996), Power recovery support Tabonio Watershed based on analysis of erosion based on geographic information system in the Province of South Kalimantan (2017); Identification of Characteristics of Land Cover in Mangkauk Catchment Area Using Support Vector Machine (SVM) And Artificial Neural Network (2017); Carrying Capacity Of Satui Watershed In South Kalimantan Province, Indonesia (2018); Analysis Of The Level Of Erosion Hazard In The Framework Of The Green Revolution In Watershed Maluka Province South Kalimantan (2019).

KLHS wajib dibuat oleh pemerintah dan pemerintah Daerah berdasarkan regulasi UU dan PERMEN). Penulis telah menyusun KLHS Provinsi dan Kabupaten/Kota terdiri atas: KLHS-RPJMD, KLHS-RTRW, KLHS-RZWP-3-K, KLHS-RTR-KSP, dan KLHS-RDTR.

Penulis selain menjadi dosen juga menjabat sebagai Koordinator Program Magister Ilmu Kehutanan ULM. Penulis juga sebagai anggota Tim Biodiversitas Indonesia, pengurus Forum DAS Provinsi Kalimantan Selatan, dan pengurus Forum PRB Provinsi Kalimantan Selatan.

BIODATA PENULIS



Khairun Nisa .S.Hut, M.P dilahirkan di Banjarmasin, pada tanggal 8 April 1974. Penulis menempuh pendidikan S1 di Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru (lulus tahun 1997) dan S2 di Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada (lulus tahun 2005). Penulis adalah Dosen Di Fakultas Kehutanan dan telah mendapatkan Piagam Tanda Kehormatan Satya Lencana Karya Satya 10 tahun. tahun dari presiden Republik Indonesia.

Penulis telah menjadi dosen Universitas Lambung Mangkurat sejak tahun 2000 hingga sekarang dalam bidang Konservasi Sumberdaya Hutan, Hidrologi, dan Ekowisata. Penulis telah menerbitkan jurnal Nasional. Kemampuan orasi, presentasi, serta pengetahuan yang luas di bidang kehutanan dan lingkungan penulis menjadi pembicara di berbagai konferensi dan seminar di bidang Kehutanan dan lingkungan. Penulis telah melakukan berbagai riset di bidang Hidrologi dan Ekowisata serta melakukan kegiatan Pengabdian Masyarakat.

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang air, baik di atmosfer, di bumi, dan di dalam bumi, tentang perputarannya, kejadiannya, distribusinya serta pengaruhnya terhadap kehidupan yang ada di alam ini. Secara umum hidrologi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang bersangkutan paut dengan kuantitas dan kualitas air di bumi dalam segala bentuknya (cair, gas, padat) pada, dalam, dan diatas permukaan tanah. Termasuk di dalamnya adalah penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri. Namun, secara lebih rinci hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi, baik di atas, pada maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik air, kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan.

Dengan pengertian tersebut di atas ruang lingkup hidrologi menjadi sangat luas baik yang mencakup ilmu murni maupun sebagai ilmu terapan. Sebagai ilmu terapan ruang lingkungannya antara lain meliputi hidrologi hutan, hidrologi pertanian, sumberdaya air, beberapa cabang hidrologi ketechnikan dan hidrologi daerah aliran sungai. Hidrologi hutan merupakan suatu ilmu fenomena yang berkaitan dengan air yang dipengaruhi oleh penutupan hutan. Sesuai dengan batasan subyek yang ada yaitu hidrologi hutan maka bahasan selanjutnya merupakan hidrologi terapan dengan lingkup operasionalnya adalah daerah aliran sungai terutama yang bervegetasi hutan atau yang dapat berfungsi sebagai vegetasi hutan serta daerah yang dipengaruhi oleh kawasan tersebut.

Pengaruh hutan dalam hidrologi (tata air) mulai diragukan, walaupun sebagian besar kejadian banjir selalu dikaitkan dengan kerusakan hutan. Persepsi seperti ini berharap agar fungsi hutan untuk hidrologi menjadi lebih baik. Keraguan akan pengaruh hutan pada hidrologi disebabkan oleh fungsi hutan untuk perlindungan dan kontrol terhadap aliran langsung tidak efektif akibat adanya kerusakan hutan. Sebenarnya kemampuan hutan dalam fungsi perlindungan dan pengendali aliran langsung adalah terbatas, yang tergantung pada karakteristik curah hujan, karakteristik geologi/tanah, topografi dan pengelolaan hutan. Pengaruh hutan pada hidrologi melalui proses intersepsi air hujan oleh tajuk hutan, aliran batang, air lolos, evapotranspirasi, dan hujan bersih dapat dilihat dari pengaruh penebangan dan penanaman hutan terhadap hasil air. Oleh karena itu pengelolaan hutan secara bijak dapat meningkatkan fungsi hutan untuk hasil air dan lingkungan yang lebih baik.



Penerbit CV. BATANG
Jl. Alalak Utara RT. 02. RW 01
Kel. Alalak Utara Kec. Banjarnasin
Utara 70125
Telp. 081350010956

ISBN 978-623-06000-5-1

