

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

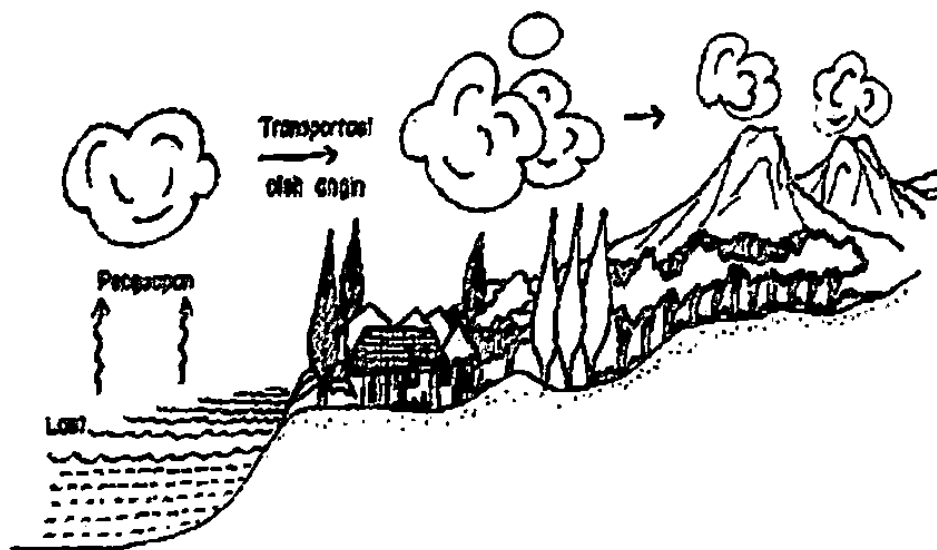
A. Siklus hidrologi

Siklus secara sederhana dapat diartikan sebagai sebuah perputaran, rutinitas yang terus menerus berkesinambungan sehingga menghasilkan sebuah keseimbangan. Sementara hidrologi sendiri, Radjulaini (2002), menuliskan bahwa secara umum hidrologi bisa dikatakan sebagai ilmu yang menyangkut masalah air. Akan tetapi dengan alasan-alasan praktis hanya dibatasi pada beberapa aspek saja. Karena itu konsep pokok untuk ilmu hidrologi adalah siklus hidrologi.

Menurut Soemarto (1999) siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain dan akhirnya mengalir ke laut lagi. Siklus hidrologi didefinisikan oleh Sri Harto (2000) sebagai ilmu tentang seluk beluk air di bumi, kejadiannya, peredarannya dan distribusinya, sifat alam dan kimianya serta reaksi terhadap lingkungan dan hubungan dengan kehidupan.

Adapun Chay Asdak (2002) menuliskan bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) di dalam dan atas permukaan tanah. Termasuk di dalamnya penyebaran, daur dan perilakunya, sifat-sifat fisik dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-

Apapun definisinya, pada prinsipnya apa yang terjadi pada setiap tetes hujan adalah sama. Seperti tampak pada Gambar 2.1 unit hidrograf di bawah ini.

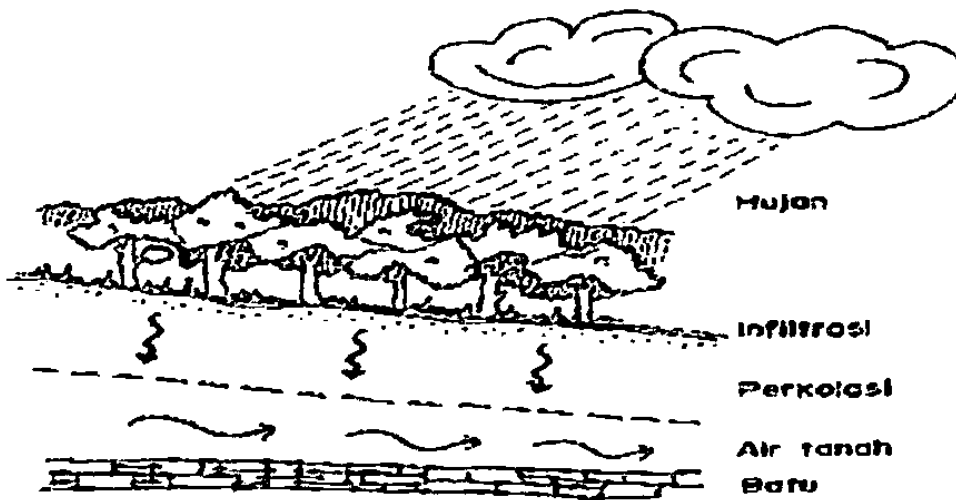


Gambar 2.1 Proses Evaporasi

Sumber: E-Learning Geografi Lingkungan, Universitas Negeri Malang

Daur hidrologi dimulai dengan proses evaporasi, yaitu proses penguapan air dari sungai, danau, laut dan sebagainya (termasuk didalamnya penguapan dari tumbuhan). Uap air yang dihasilkan dibawa oleh udara yang bergerak, dalam kondisi yang memungkinkan uap tersebut terkondensasi membentuk awan seperti tampak pada Gambar 2.1 di atas.

Selanjutnya awan tersebut pada akhirnya akan menghasilkan presipitasi (produk dari awan yang turun berbentuk air hujan atau salju)



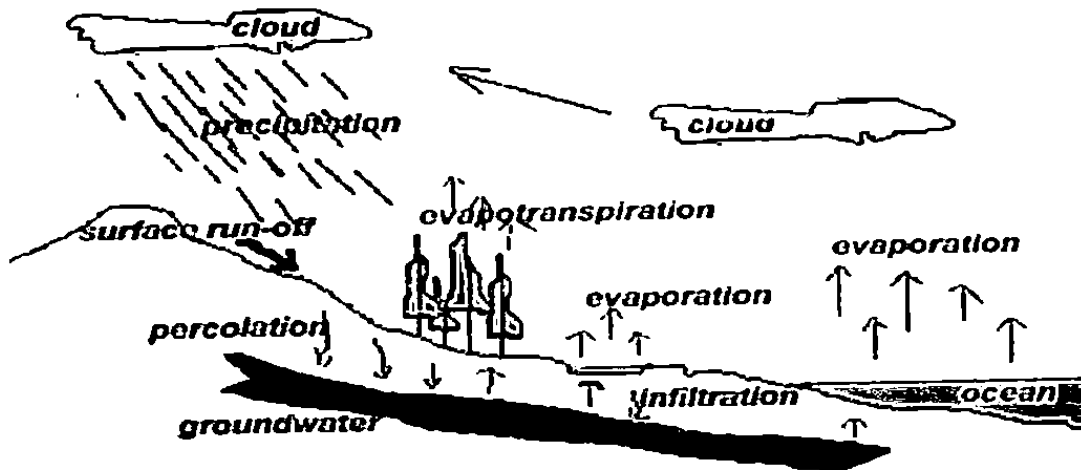
Gambar 2.2 Proses Infiltrasi

Sumber: E-Learning Geografi Lingkungan, Universitas Negeri Malang

Presipitasi yang jatuh ke bumi akan menyebar dengan arah yang berbeda-beda dengan berbagai macam cara. Sebagian presipitasi tersebut untuk sementara tertahan di tanah dan akhirnya dikembalikan lagi ke atmosfer oleh penguapan (evaporasi) dan transpirasi oleh tanaman. Sebagian lagi mencari jalan keluarnya sendiri melalui permukaan bagian atas tanah yang bergerak menuju syngai, sementara yang lainnya menembus masuk lebih jauh kedalam tanah dan menjadi bagian air tanah (*groundwater*).

Di bawah pengaruh gravitasi, baik aliran permukaan (*surface streamflow*) maupun air dalam tanah bergerak menuju tempat yang lebih rendah dan akhirnya dapat mengalir kembali ke laut. Pada dasarnya siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi

Untuk lebih jelas dan lengkapnya siklus hidrologi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Proses Hidrologi

Sumber: E-Learning Geografi Lingkungan, Universitas Negeri Malang

B. Infiltrasi

Siklus air dalam tanah merupakan peristiwa yang melibatkan proses masuknya air kedalam lapisan tanah dan keluarnya air dari lapisan tanah. Air yang masuk kedalam tanah dapat terbagi menjadi dua yaitu perkolasi dan infiltrasi.

Infiltrasi dapat diartikan sebagai perpindahan air dari atas ke dalam permukaan tanah. Setelah beberapa waktu kemudian air yang diinfiltrasi dikurangi sejumlah air yang mengisi rongga-rongga tanah akan mengalami perkolasi.

Perkolasi adalah gerakan aliran air (rembesan) melalui pori-pori di dalam tanah dari *zone of aeration* ke *zone of saturation* (Soemarto, 1999). *Zone of aeration* atau zona aerasi adalah zona dengan rongga tanah yang

tidak terisi air, sedangkan *zone of saturation*

adalah zona di dalam tanah dimana rongga pori terisi air (jenuh). Secara umum, proses masuknya air hujan ke dalam lapisan tanah ini disebut sebagai infiltrasi (Suprayogo, 2002).

Infiltrasi dari segi hidrologi penting, karena hal ini menandai peralihan dari air permukaan yang bergerak cepat ke air tanah yang bergerak lambat. Semakin tinggi kadar air tanah awal maka laju infiltrasi akan semakin menurun. Dengan kata lain, laju infiltrasi terbesar terjadi pada saat kandungan air tanah rendah dan sedang. Makin tinggi kadar air tanah hingga keadaan jenuh air, laju infiltrasi semakin menurun sehingga mencapai minimum dan konstan. Penurunan ini disebabkan oleh penurunan potensi kapiler tanah akibat peningkatan kandungan air tanah (Arsyad, 1989).

Infiltrasi tanah yang umumnya dijumpai di alam berkisar pada kecepatan 430 s.d 860 mm/hari. Namun hasil penelitian di laboratorium umumnya berbeda dengan keadaan di alam karena keadaan tanah yang tidak homogen.

Kecepatan laju infiltrasi tanah sangat dipengaruhi oleh macam penggunaan lahan atau kerapatan vegetasi penutup tanah yang berhubungan dengan ketebalan lapisan tanah, intensitas hujan, intersepsi hujan oleh kanopi tanaman. Daya resap air juga dipengaruhi oleh adanya lapisan kedap air dan muka air tanah yang terletak dekat dengan muka tanah, masuknya air ke dalam tanah berpengaruh terhadap saat mulai terjadinya aliran permukaan dan

C. Tanah

Jenis, sifat maupun topografi tanah sangat penting untuk diketahui karena itu sangat berpengaruh terhadap kemampuan suatu tanah untuk menyerap, menyimpan, maupun mengalirkan air yang ada di atasnya. Dalam pandangan Teknik Sipil sendiri, tanah adalah himpunan material, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi udara, air maupun keduanya.

Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentuk tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, dapat terjadi akibat adanya erosi, angin, es, air manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca (Hardiyatmo, 1992).

Sifat-sifat fisik tanah yang berhubungan dengan struktur tanah adalah porositas, distribusi pori, kemantapan agregat dan berat isi tanah. Tingginya kandungan pasir dalam tanah menyebabkan laju infiltrasi meningkat karena

Tanah diklasifikasikan menurut beberapa golongan. Klasifikasi kemiringan tanah ini sangat diperlukan untuk memberi gambaran atau mengidentifikasi mengenai sifat-sifat tanah guna perencanaan dan pelaksanaan suatu pekerjaan struktur. Berdasarkan SK Dirjen RRL No.041/Kpts/V/1998 tanah dibagi menurut derajat kemiringannya seperti berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Menurut Derajat Kemiringan

Klasifikasi	Derajat Kemiringan
Datar	< 8%
Landai	<8% - 15%
Agak Curam	<15% - 25%
Curam	<25% - 40%
Sangat Curam	>40%

Sumber : SK Dirjen RRL No.041/Kpts/V/1998

D. Drainasi

1. Umum

Drainase berasal dari kata *to drain* yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air drainase. Merupakan suatu sistem pembuangan air bersih dan air limbah dari daerah pemukiman, industri, pertanian, badan jalan dan permukaan perkerasan lainnya serta berupa penyaluran kelebihan air pada umumnya baik berupa air hujan, air limbah maupun air kotor lainnya yang keluar dari kawasan yang bersangkutan baik di atas maupun di bawah

Guna mengantisipasi dampak banjir yang diperkirakan timbul atau meningkat, diupayakan adanya teknik resapan air hujan. Drainase dengan sistem resapan ini sekaligus mendukung konsep konservasi air. Pada umumnya teknik resapan ini berupa sumur yang berfungsi bukan sebagai sumur eksploitasi namun sebagai sumur pengisian (*recharge well*) (Azis, 2003).

Beberapa hal yang harus diperhatikan agar drainasi dapat berfungsi secara optimal adalah (Aziz, 2003):

- a. Perencanaan drainase harus sedemikian rupa, sehingga fungsi drainasi sebagai penampung, pembagi dan pembuang air. Dapat sepenuhnya tepat guna dan berhasil.
- b. Pemilihan dimensi dari fasilitas jaringan drainasi harus mempertimbangkan faktor ekonomi dan faktor keamanan.
- c. Perencanaan drainasi harus mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonominya terhadap pemeliharaan sistem drainasi tersebut.
- d. Pemeliharaan terhadap jaringan drainasi yang sudah ada harus benar-benar diperhatikan.

2. Jenis Drainasi

Ilmu drainasi tumbuh oleh kemampuan manusia mengenali lembah-lembah sungai yang mampu mendukung kebutuhan pokok hidupnya. Kebutuhan pokok tersebut berupa ketersediaan air untuk

hidup. Terjadinya kelebihan air secara berlebihan yang

mengganggu lingkungan, maka manusia mulai mengatur lingkungan.

Menurut sejarah terbentuknya drainasi dapat dibedakan menjadi :

a. Drainasi alamiah (*natural drainage*).

Drainasi yang terbentuk secara alamiah tidak ada unsur campur tangan manusia dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain.

b. Drainasi buatan (*artificial drainage*).

Dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainasi, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran. Sehingga membutuhkan bangunan-bangunan khusus selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya. Drainasi buatan ini biasanya memiliki sifat untuk menyempurnakan drainasi alamiah.

Letak bangunan drainasi sangat mempengaruhi dalam analisis disain dimensi drainasi. Menurut letak, bangunan drainasi dapat dibedakan :

a. Drainasi permukaan tanah

Saluran drainasi yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

b. Drainasi bawah permukaan tanah

Drainasi bawah permukaan adalah drainasi berdasarkan infiltrasi air hujan yang menggenang di muka tanah meresap melalui pori-pori tanah pada lapisan tanah ke pipa-pipa drainasi. Kemudian oleh pipa-

... air dialirkan ke

sumur peresapan atau saluran yang akan meneruskan aliran air ke sungai, danau atau laut. Pipa-pipa drainasi konvensional biasanya dari tanah liat, pipa beton, dan pipa paralon.

Fungsi drainasi bermacam-macam, menurut fungsinya drainasi dapat dibedakan menjadi :

- a. *Single Purpose*, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.
- b. *Multi Purpose*, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan.

Adapun peresapan air hujan pada suatu kompleks bangunan baru, berarti kompleks bangunan tersebut telah ikut menyelesaikan tiga kunci masalah :

- a. Mempertahankan air tanah

Air tanah tidaklah muncul dalam tanah secara sendirinya, tetapi merupakan rangkaian daur hidrologi, dimana secara langsung bersumber dari meresapnya air hujan ke dalam tanah.

- b. Mengurangi resiko timbul ataupun meningkatnya intensitas air.

Banjir merupakan kumpulan limpasan air hujan sehingga elevasi genangan air yang menimbulkan gangguan. Pengurangan limpasan dengan meresapkan air ke dalam tanah akan berdampak langsung

c. **Pemukiman berwawasan sosial**

Dampak banjir dengan munculnya pemukiman dirasakan langsung oleh masyarakat disekitarnya. Konflik sosial mungkin timbul bila efek banjir benar-benar mengganggu kepentingan masyarakat.

3. Beban Drainasi

Beban drainasi adalah besarnya debit aliran yang terjadi pada drainasi tersebut. Besarnya beban drainasi dapat dipengaruhi oleh: (Rakwan, 2004, dalam Ilhami, 2007)

a. **Tata guna lahan**

Tata guna lahan pada daerah yang ditinjau adalah perencanaan untuk pemanfaatan daerah olah raga yang dirancang dengan lapisan tanah yang seragam dengan menggunakan pasir sebagai lapisan yang memiliki porositas yang besar untuk dapat meresapkan atau meneruskan beban hujan langsung dalam tanah menuju pipa-pipa drainasi, sehingga tidak terjadi limpasan permukaan (*run off*) yang menggenangi/membanjiri daerah tersebut.

b. **Koefisien aliran (α)**

Koefisien aliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan dan jenis kondisi permukaan tanah. Pemilihan koefisien aliran harus memperhitungkan

c. Koefisien distribusi hujan (β)

Koefisien distribusi hujan (β) merupakan nilai yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran. Nilai besaran ini tergantung dari kondisi dan luas daerah aliran. Untuk daerah yang relatif sangat kecil biasanya kejadian hujan diasumsikan merata, sehingga nilai koefisien distribusi hujan $\beta=1$.

d. Iklim dan curah hujan

Hujan merupakan komponen yang paling penting dalam analisis hidrologi pada perencanaan debit untuk menentukan dimensi saluran drainasi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam, sehingga dengan cara ini hujan yang diketahui adalah hujan yang terjadi selama satu hari. Dari data curah hujan yang diperoleh dapat diketahui besarnya intensitas hujan.

e. Intensitas hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadian. Besarnya intensitas hujan dipengaruhi oleh :

- Curah hujan

Curah hujan maksimum dalam setahun diperoleh dari lembaga

Meteorologi dan Geofisika. Curah hujan dinyatakan dalam

- **Periode ulang**

Periode ulang adalah kejadian/kondisi alam (hujan, debit, intensitas dan lain-lain) yang terjadi tahun tersebut dan besarnya probabilitas dari kondisi alam tersebut akan terjadi/dilampaui rata-rata 1 kali selama T tahun yang akan datang.

- **Lamanya waktu curah hujan**

Lamanya waktu curah hujan ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan Van Breen, yaitu hujan harian terkonsentrasi selama 4 jam dengan jumlah hujan sebesar 90% dari jumlah hujan selama 24 jam.

- **Luas daerah aliran**

Luas daerah aliran adalah luas daerah yang membebani system drainase dalam fungsinya menampung aliran infiltrasi dari titik terjauh menuju pembuangan (outlet), dinyatakan dengan satuan luasan hektar (ha) atau m^2 .

f. **Waktu konsertasi (T_c)**

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada suatu daerah aliran sampai titik

1. Waktu konsentrasi ditentukan di bagian hilir dari suatu saluran

E. Erosi

Menurut Arsyad (1989), erosi adalah hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang diangkut oleh air atau angin ke tempat lain oleh media alami. Sedangkan menurut Kartaspoetra (1985), erosi adalah pengikisan atau kelongsoran yang merupakan proses penghanyutan tanah oleh desakan-desakan atau kekuatan air dan angin, baik berlangsung secara alamiah ataupun akibat tindakan atau perbuatan manusia, dan menurut Syarief (1988), menyatakan bahwa erosi tanah adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin.

Dalam erosi terdapat proses-proses pelepasan partikel tanah dan pengangkutan partikel tersebut oleh aliran permukaan. Erosi akan membentuk tiga macam bekas erosi yaitu erosi lembar (*sheet erosion*), erosi alur (*rill erosion*) dan erosi parit (*gully erosion*). Erosi lembar adalah proses perpindahan yang hampir seragam dari lapisan tanah di permukaan lahan karena adanya aliran permukaan. Erosi alur adalah proses erosi tanah yang membentuk sejumlah alur-alur kecil yang mempunyai kedalaman beberapa puluh centimeter. Sedangkan erosi parit adalah proses erosi yang disebabkan oleh air yang terkumpul dalam saluran sempit dan dalam waktu singkat mampu memindahkan tanah dari saluran itu sehingga menjadi dalam.

Berdasarkan kecepatannya, erosi dibedakan menjadi erosi geologi, erosi dipercepat dan erosi wajar. Erosi geologi adalah proses erosi yang laju

secara alamiah (Kirkby, 1982 dalam Setyantoni, 1988). Erosi dipercepat adalah erosi yang laju kecepataannya lebih besar daripada laju proses pembentukan tanah secara alamiah. Erosi wajar adalah tingkat laju erosi tanah maksimum yang masih akan memberikan peluang dalam pengusahaan tanah untuk mencapai tingkat produksi yang tinggi secara ekonomis dan dalam jangka waktu yang tidak terbatas.

F. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pengendapan-pengendapan butir-butir tanah yang telah dihanyutkan atau tersangkut pada tempat-tempat yang lebih rendah atau sungai (Kartasapoetra, 1985). Menurut Asdak (1995), sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, daerah genangan, saluran air atau sungai.

Secara umum sedimentasi adalah suatu proses alam yang melibatkan proses erosi, pelepasan partikel, pengangkutan, pengendapan dan pemadatan sedimen (Vanoni, 1977 dalam Setyantono, 1988). Sedimen merupakan akibat adanya erosi dan memberikan dampak-dampak, yaitu :

1. Di sungai, pengendapan sedimen di dasar sungai akan menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya permukaan air sehingga dapat mengakibatkan banjir yang menimpa lahan-lahan yang tidak dilindungi.
2. Di saluran, jika saluran irigasi dialiri air penuh sedimen akan terjadi

diperlukan biaya yang cukup besar untuk pengerukan sedimen tersebut.

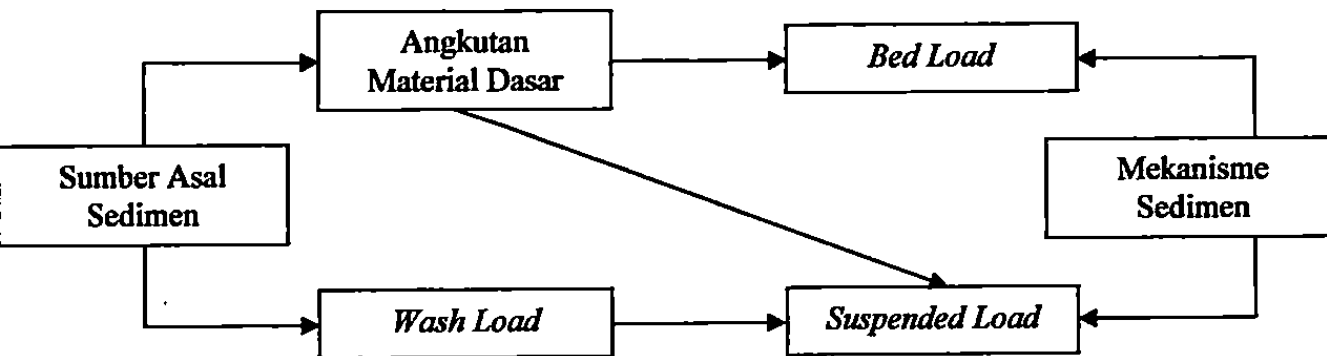
Pada keadaan tertentu pengerukan sedimen akan menyebabkan terhentinya operasi saluran.

3. Di waduk, pengendapan sedimen di waduk akan mengurangi volume efektifitasnya. Sebagian besar jumlah sedimen yang akan dialiri oleh sungai-sungai yang mengalir kedalam waduk, hanya sebagian kecil saja yang berasal dari longsor tebing-tebingnya oleh limpasan permukaan. Butir-butir yang kasar akan diendapkan di bagian hulu waduk, sedangkan yang halus diendapkan di dekat bendungan. Jadi sebagian besar sedimen diendapkan di bagian volume aktif waduk.
4. Di bendung atau pintu-pintu air, menyebabkan kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintu tersebut. Juga karena pembentukan pulau-pulau pasir di sebelah hulu bendungan atau pintu air akan mengganggu aliran air yang melalui bendungan atau pintu air. Di sisi lain akan terjadi bahaya penggerusan terhadap terhadap bagian hilir bangunan, jika beban sedimen disungai tersebut berkurang karena telah mengendap di bagian hulu bendung, maka aliran dapat mengangkut material sungai.

Sedimen di saluran dibedakan menurut asal dan mekanismenya.

Seperti pada gambar 2.1 berdasarkan sumber asalnya, sedimen terangkut oleh aliran air dapat dibedakan sebagai angkutan material dasar dan *wash load*, sedangkan berdasarkan mekanismenya, sedimen dapat dibedakan sebagai

angkutan dasar (*bed load*) dan angkutan melayang (*suspended load*)



Gambar 2.4 Pembagian sedimen berdasarkan sumber asal dan mekanisme
(Sumber : Soewarno, 1991)

Suspended load sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang di dalam aliran dan terdiri dari butiran halus. Pada bagian sungai yang pendek di alur sungai, *suspended load* dapat dianggap tetap konsentrasinya, tetapi pada seluruh aliran sungai konsentrasi *suspended load* sangat bervariasi.

Partikel kasar bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakannya dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai.

Suspended load sangat penting dalam kaitannya sebagai indikator kerusakan DPS, sedangkan angkutan *bed load* sangat penting untuk perhitungan perubahan morfologi sungai. Kenyataannya, sebagian partikel pada suatu saat bergerak sebagai *bed load* dan pada saat yang lain sebagai *suspended load*, sehingga sangat sulit untuk menggambarkan batas yang pasti antara keduanya. Ukuran yang memisahkan *suspended load* dan *bed*

Menurut sumber asal sedimen, sedimen dibedakan menjadi, *bed material* dan *wash load*. *Bed material* adalah sedimen di saluran yang berasal dari saluran itu sendiri yang dipengaruhi oleh keadaan dasar saluran dan aliran. *Wash load* adalah sedimen di saluran yang berasal dari luar, misalnya hasil-hasil kikisan erosi permukaan. *Wash load* biasanya berupa *suspended load* yang butiran sangat halus, dan tidak mempengaruhi perubahan konfigurasi dasar sungai (Mardjikoen, 1987), namun sangat penting dalam masalah sedimentasi di waduk.

Partikel-partikel dan wash load terdiri atas butir-butir halus yang umumnya dianggap sebesar 0,06 mm. perbedaan pokok antara *wash load* dan *bed load* terletak pada fungsi hidroliknya. Angkutan *wash load* merupakan fungsi dari karakteristik hidrologinya yaitu kepekaan tanah, tanaman, dan besarnya hujan. Karena halusnya angkutan partikel *wash load* maka tidak akan menyebabkan perubahan terhadap dasar sungai.

G. Proses Erosi dan Sedimentasi

Di daerah tropik basah, air merupakan penyebab utama erosi tanah, sedangkan angin tidak begitu berpengaruh (Schwab, 1966 dalam Setyantono,1988). Erosi oleh air dapat dipandang sebagai dimulainya perlepasan partikel-partikel tanah oleh tumbukan butir-butir air hujan yang jatuh. Jatuhnya butira-butir air hujan merupakan penyebab yang terpenting dalam proses perusakan tanah. Selanjutnya pengangkutan butir-butir tanah

percikan dan aliran air di atas permukaan tanah itu menyebabkan erosi permukaan.

Hasil kikisan dari daerah aliran sungai akibat terjadinya erosi permukaan yang terbawa aliran air ke sungai atau hasil kikisan dari dasar sungai dan tebing sungainya sendiri menyebabkan terdapatnya sedimen dalam aliran sungai. Butir-butir hasil kikisan tersebut terbawa aliran sampai pada waktu saat diendapkan di tempat-tempat dimana kecepatan aliran memungkinkan terjadinya pengendapan sedimen.

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimentasi sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks, mulai dari jatuhnya hujan dan menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan sebagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen.

Sedimen dibawa oleh aliran permukaan diangkut menuju lekuk-lekukan tanah dan akhirnya masuk ke dalam sungai menuju ke laut. Dalam proses pengangkutan mungkin sebagian sedimen mengendap di alur sungai, tertahan di bangunan pada sungai (bendung/waduk, penahan pasir) dan

H. Faktor-faktor Penentu Erosi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi yaitu iklim, topografi, vegetasi dan tanah. Selain itu manusia juga dapat mempengaruhi dalam proses erosi. Untuk lebih jelasnya diuraikan di bawah ini :

1. Faktor Iklim

Faktor iklim yang mempengaruhi erosi adalah hujan, temperatur, angin, kelembaban dan radiasi matahari (Schwab, 1966, dalam Setyantono, 1988). Namun Arsyad (1982) dan Schwab (1966) (dalam Setyantono, 1988) mengemukakan bahwa di daerah tropik basah faktor iklim yang paling berpengaruh dalam proses erosi adalah hujan.

Sifat-sifat fisik yang mempengaruhi erosi yaitu intensitas hujan, lama hujan, ukuran, kecepatan hujan dan bentuk butir-butir hujan, energi kinetik hujan dan distribusi musim hujan. Untuk lebih jelasnya tentang sifat-sifat fisik hujan tersebut diuraikan di bawah ini.

a. Intensitas hujan dan besarnya jumlah hujan.

Intensitas hujan menunjukkan perbandingan antara jumlah hujan dan lama hujan, dinyatakan dalam mm/jam atau cm/jam. Jumlah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh pada suatu bidang datar tanpa ada penghalang sebelum air tersebut hilang melalui proses evaporasi, dinyatakan dalam mm atau cm (Morgan, 1979, dalam Setyantono, 1988).

Antara jumlah dan intensitas hujan terdapat hubungan bahwa makin

intensitasnya makin tinggi. Tetapi bila lama hujannya berubah, maka intensitas hujan ditentukan oleh lama terjadinya hujan.

Menurut Baver (1956), (dalam Setyantono, 1988). Jumlah atau intensitas hujan yang tinggi tidak selamanya diikuti oleh jumlah erosi yang tinggi. Misalnya jumlah hujan 72,5 mm dengan intensitas 290 mm/jam erosi yang terjadi 5,5 ton/ha, dibandingkan dengan jumlah hujan hanya 47,5 mm dengan intensitas 23 mm/jam erosi yang terjadi 128ton/ha.

b. Lama hujan

Arsyad (1982) mengemukakan bahwa penyebaran musiman hujan setara dengan lama kejadian hujan, namun menyangkut skala waktu yang lebih panjang. Artinya bila lama kejadian hujan menunjukkan waktu yang digunakan untuk satu kejadian hujan, maka penyebaran musiman merupakan periode, akumulasi, sekaligus keragaman waktu kejadian hujan selama semusim atau setahun. Dengan demikian penyebaran musiman hujan sampai batas tertentu menentukan apakah satu jumlah hujan tahunan akan menyebabkan kejadian erosi yang hebat atau tidak.

Bannet (1955, dalam Setyantono, 1988), mengemukakan bahwa jenis erosi yang terjadi dan jumlah tanah yang hilang tergantung pada intensitas hujan. Baver (1956, dalam Setyantono, 1988) berpendapat bahwa jumlah hujan yang besar kemungkinan tidak

Tabel 2.2 Ukuran Massa dan Kecepatan Jatuh Butir-butir Hujan

Jenis Hujan	Diameter Bola (mm)	Massa (mg)	Kecepatan jatuh (mm/dt)
Gerimis	0,15	0,0024	0,5
Halus	0,5	0,065	2,1
Normal lemah	1,0	0,52	4,0
Normal Deras	2,0	4,2	6,5
Sangat Deras	3,0	14,0	8,1

Sumber : Sosrodarsono dan Takeda (1978, dalam Setyantono, 1988)

e. Energi kinetik hujan

Energi kinetik hujan adalah energi yang terjadi pada waktu jatuhnya butir-butir hujan dari atmosfer menuju permukaan tanah. Kelebihan air hujan setelah sebagian mengalir di atas permukaan tanah menghasilkan energi kinetik aliran permukaan. Energi kinetik hujan merupakan penyebab pokok dalam penghancuran agregat-agregat tanah, memindahkan dan mengangkut butir-butir tanah.

f. Indeks erosivitas

Indeks erosivitas adalah kemampuan hujan untuk menimbulkan erosi. Gambaran yang lebih pantas untuk indeks erosivitas adalah indeks yang didasarkan pada energi kinetik hujan. Dengan demikian erosivitas hujan adalah fungsi dari intensitas hujan, lama hujan, massa butir hujan, diameter butir hujan dan kecepatan jatuh butir

(Mason, 1976 dalam Setyantono, 1988)

2. Faktor Topografi

Kemiringan dan panjang lereng adalah dua faktor penting untuk terjadi erosi dan aliran permukaan. Unsur lain yang memungkinkan berpengaruh adalah arah lereng dan keseragaman lereng. Menurut Morgan (1979), (dalam Setyantono, 1988), erosi biasanya akan bertambah dengan bertambahnya kemiringan lereng dan panjang lereng, yang merupakan hasil dari bertambahnya kecepatan dan volume aliran permukaan.

Panjang lereng merupakan jarak dari titik awal aliran permukaan masuk sampai ke saluran, atau di tempat yang kemiringannya berkurang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran airnya juga berkurang menurut Kohnke dan Bertrand (1959), (dalam Setyantono, 1988).

Faktor indek topografi *LS*, masing-masing mewakili pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap besar erosi. Panjang lereng mengacu pada aliran air permukaan, yaitu lokasi berlangsungnya erosi dan kemungkinan terjadinya erosi dan kemungkinan terjadinya deposisi sedimen.

3. Faktor Karakteristik Tanah

Besar kecilnya laju erosi banyak tergantung juga kepada sifat-sifat tanah yang dinyatakan sebagai faktor “erodibilitas tanah”, yaitu kepekaan tanah terhadap erosi atau mudah tidaknya tanah tersebut tererosi. Empat sifat tanah yang penting dalam menentukan erodibilitas tanah (mudah-

- a. Tekstur tanah, biasanya berkaitan dengan ukuran dan porsi partikel-partikel tanah dan akan membentuk tipe tanah tertentu. Tiga unsur utama tanah adalah pasir (*sand*), debu (*silt*) dan liat (*clay*).
- b. Unsur organik, terdiri atas limbah tanaman dan hewan sebagai hasil proses dekomposisi. Unsur organik cenderung memperbaiki struktur tanah dan bersifat meningkatkan permeabilitas tanah, kapasitas tamping air tanah dan kesuburan tanah. Kumpulan unsur organik di atas permukaan tanah dapat menghambat kecepatan air larian dan dengan demikian menurunkan potensi terjadinya erosi.
- c. Struktur tanah adalah susunan partikel-partikel tanah yang membentuk agregat dan struktur tanah mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap air.
- d. Permeabilitas tanah menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Struktur dan tekstur tanah serta unsur organik lainnya ikut ambil bagian dalam menentukan permeabilitas tanah.

Besarnya erodibilitas atau resistensi tanah juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi dan kandungan organik dan kimia tanah.

Karakteristik tanah tersebut bersifat dinamis, selalu berubah, oleh karenanya karakteristik tanah dapat berubah seiring dengan perubahan waktu dan tataguna lahan atau system pertanaman. Dengan faktor erodibilitas tanah juga akan berubah. Perubahan erodibilitas tanah yang

inifl... .. ketika terjadi hujan karena pada waktu tersebut

partikel-partikel tanah mengalami perubahan orientasi dan karakteristik bahan kimia dan fisik tanah.

Besar faktor K untuk beberapa tempat di Indonesia telah ditentukan oleh Pusat Penelitian Tanah, Bogor. Berikut ini adalah beberapa angka erodibilitas menurut jenis tanah dan bahan induk yang menyusunnya di bawah ini :

Tabel 2.4 Nilai K dan Berbagai Jenis Tanah di Indonesia

Jenis Tanah	Bahan induk	Erodibilitas Tanah
Haplorthox (Darmaga, Jawa Barat)	Tufa Volkan	0,03
Haplorthox (Citayam, Jawa Barat)	Tufa Volkan	0,09
Troporthent (Tanjungharjo, Jawa tengah)	Batu Liat Berkapur	0,14
Chromudert (Jegu)	Napal	0,27
Tropudults (Jonggol, Jawa Tengah)	Batu Liat	0,16
Tropohumult (Citaman, Jawa Tengah)	Tufa Volkan	0,10
Dystropepet (Putat)	Breksi Berkapur	0,23
Tropudult (Baturaja, Sumatera)	-	0,09
Haporthox (Situng, Sumatera)	Tufa Volkan	0,10
Tropudult (Pekalongan, Jawa Tengah)	Tufa Dasit	0,26

4. Faktor Vegetasi Penutup Tanah

Melindungi tanah dari pukulan langsung tetesan air hujan dan memperbaiki struktur tanah melalui penyebaran akar-akarnya. Pengaruh vegetasi penutup tanah terhadap erosi adalah:

- a. Melalui fungsi melindungi permukaan tanah dari tumbukan air hujan
- b. Menurunkan kecepatan air larian.
- c. Menahan partikel-partikel tanah pada tempatnya.
- d. Mempertahankan kemantapan kapasitas tanah dalam menyerap air.

Baver (1956 dalam Setyantono, 1988) mengelompokan pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi dalam 5 cara yaitu :

- a. Intersepsi hujan oleh mahkota tumbuhan.
- b. Mengurangi kecepatan aliran dan mematahkan tumbukan air hujan.
- c. Pengaruh akar di dalam meningkatkan granulasi dan porositas tanah.
- d. Pengaruh biologi yang berkaitan dengan porositas tanah.
- e. Transpirasi

Adanya vegetasi permanen berupa hutan dan padang rumput dapat memberikan perlindungan yang baik terhadap erosi.

5. Faktor Manusia

Manusia berpengaruh tidak langsung terhadap erosi. Hal ini mencakup tindakan manusia dalam cara-cara pengelolaan tanah dan penggunaannya, baik tanah pertanian maupun tanah perkebunan. Jadi manusia dapat berpengaruh baik maupun buruk, tergantung dari