

BAB II

KERANGKA TEORITIS

2.1 Umum

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil adalah berupa saluran terbuka, saluran tertutup, gorong-gorong, pelimpah, bendung, waduk dan sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menetapkan berbagai sifat dan besaran hidrauliknya. Demikian pula, pada dasarnya bangunan-bangunan tersebut harus dirancang berdasar suatu patokan perancangan yang benar, yang diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan. Pengertian memuaskan dalam hal ini adalah bahwa bangunan hidraulik tersebut harus dapat berfungsi baik struktural maupun fungsional dalam jangka waktu yang ditetapkan.

2.2. Siklus Hidrologi

Ilmu Hidrologi di dunia sebenarnya telah ada sejak orang mulai mempertanyakannya dari mana asal mula air yang berada di sekitarnya, baik dalam bentuk mata air, saluran, sungai, danau, rawa maupun air yang berada dalam tanah dan dalam tumbuh tumbuhan, Sehingga Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari seluk beluk air, kejadian dan distribusi, sifat alami dan sifat kimianya, serta reaksinya terhadap kebutuhan manusia.

Dapat dimengerti bahwa pemahaman dan penerapan ilmu Hidrologi menyangkut pemahaman proses pengalihragaman (transformation) dari satu set masukan menjadi satu set keluaran melalui suatu proses yang disebut siklus Hidrologi. Seperti yang disajikan dalam gambar 2.1. daur hidrologi menggambarkan siklus keluar masuknya air, terlihat matahari merupakan sumber tenaga bagi alam, dengan adanya tenaga tersebut, maka dari seluruh permukaan dibumi akan dapat terjadi penguapan, baik dari muka tanah, permukaan pohon-pohonan dan permukaan air (*water body*). Penguapan yang terjadi dari permukaan yang terjadi dari permukaan air dikenal dengan penguapan (*free water evaporation*), sedangkan penguapan yang terjadi dari permukaan pohon-pohonan dikenal dengan transpirasi (*transpiration*) .

Sebagai akibat terjadinya penguapan, maka akan dapat terbentuk awan yang apabila keadaan klimatologik memungkinkan, awan terbawa ke darat dan dapat terbentuk menjadi awan pembawa hujan (*rain cloud*) . Hujan baru akan terjadi apabila berat butir-butir air hujan tersebut telah lebih besar dari gaya tekan udara ke

atas. Dalam keadaan klimatologis tertentu, maka air hujan yang masih melayang tersebut dapat teruapkan kembali menjadi awan. Air hujan yang sampai ke permukaan tanah yang disebut hujan, dan dapat diukur. Hujan yang terjadi tersebut sebagian juga akan tertahan oleh mahkota pohon-pohonan dan bangunan yang selanjutnya akan diuapkan kembali. Bagian air ini tidak dapat diukur dan merupakan bagian air yang hilang (*interception*).

Air yang jatuh di permukaan tanah terpisah menjadi dua bagian, yaitu bagian yang mengalir dipermukaan yang selanjutnya menjadi air limpasan (*overland flow*) yang selanjutnya dapat menjadi limpasan (*run-off*), yang seterusnya merupakan aliran sungai yang dialirkan ke laut.

Aliran limpasan sebelum mencapai saluran dan sungai, mengalir dan tertahan di permukaan tanah dalam cekungan-cekungan, dan sampai jumlah tertentu merupakan bagian air yang hilang karena proses infiltrasi, yang disebut sebagai tampungan-cekungan (*depression storage*).

Bagian lainnya masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi (*infiltration*). Tergantung dari struktur geologinya, dapat terjadi aliran mendatar yang disebut aliran antara (*interflow, subsurface flow*). bagian air ini juga mencapai sungai dan laut.

Bagian lain dari air yang terinfiltrasi dapat diteruskan sebagai air perkolasi yang mencapai akuifer (*aquifer, ground water storage*). air ini selanjutnya juga mengalir sebagai aliran air tanah yang mencapai sungai dan laut.

Memperhatikan penjelasan tersebut, sebenarnya aliran air yang terukur di Waduk /danau terdiri dari empat sumber yaitu :

1. Air yang berasal langsung dari air hujan (*channel rainfall*)\
2. Limpasan permukaan
3. Aliran antara
4. Aliran air tanah

Gambar 2.1. Siklus Hidrologi

2.2.1 Daur Limpasan

Memperhatikan kembali daur hidrologi tersebut dapat diketahui, bahwa unsur unsur proses hidrologi yang tersangkut dalam pengalihragaman hujan menjadi debit cukup banyak. Setiap unsur tersebut memiliki sifat yang khas, tetapi juga mempunyai sifat ketergantungan terhadap unsur lain secara khas pula. Oleh sebab itu, setiap perubahan yang terjadi terhadap perilaku suatu unsur, selalu diikuti oleh perubahan sifat hubungan unsur tersebut dengan unsur lainnya, sehingga perubahan ini berakibat panjang .

Untuk memperjelas hal itu Hoyt (Meinzer, 1942) mengemukakan daur limpasan (*runoff cycle*), yang dapat dijelaskan sebagai berikut. Modifikasi daur-limpasan disajikan dengan menyederhanakan menjadi empat tahap yaitu; tahap I yaitu tahap pada akhir musim kering, tahap II pada awal musim hujan, tahap III pada pertengahan/akhir musim hujan, dan tahap IV pada awal musim kering.

Sebelum menjelaskan daur limpasan ini, perlu dikenalkan dua buah pengertian :

1. Kapasitas-lapangan (*field capacity*) yaitu kemampuan tanah maksimum untuk menahan air terhadap gaya gravitasi.
2. Soil-moisture-deficiency (SMD). Perbedaan antara kapasitas=lapangan dengan kadar air tanah pada suatu saat.

Tahap I, pada tahap ini digambarkan sebagai keadaan pada akhir musim kering. Pengamatan pada keadaan ini adalah, bahwa dari system tersebut sama sekali

tidak ada masukan. (kemungkinan adanya masukan lewat bawah permukaan diabaikan). Dengan skema tersebut ditunjukkan bahwa yang terjadi hanya keluaran berupa penguapan, dari semua permukaan dan juga aliran sungai. Akibat penguapan yang intensif dari permukaan dan terjadi dalam waktu yang relative lama, maka kekurangan kelembaban dilapisan tanah sebelah atas akan diganti oleh kelembaban (*moisture*) yang berada dilapisan bawahnya. Demikian seterusnya sehingga lapisan-lapisan tanah menjadi jauh lebih kering, yang berarti SMD tanah tersebut menjadi besar. Aliran yang masih terjadi disungai tidak bersumber dari aliran air tanah dari akuifer, Sampai dengan tahap ini tidak pernah ada masukan (hujan) sehingga kandungan air dalam akuifer pun tidak mengalami perubahan, sehingga akibat aliran terus menerus maka terjadi penurunan muka air dalam akuifer.

Tahap II adalah tahap pada awal musim hujan, dimana jumlah air hujan masih relative sedikit. Akibat adanya hujan, maka permukaan menjadi basah. Sebagian besar air hujan tertahan akibat intersepsi. Apabila dapat terjadi aliran permukaan, maka aliran tersebut masih akan tertampung dalam tampungan-permukaan, misalnya sebagai tampungan-cekungan. Jumlah air ini habis menguap atau terinfiltrasi, sehingga tidak memberikan sumbangan pada limpasan permukaan. Bagian air yang terinfiltrasi, jumlahnya dipandang belum mencukupi, sehingga masih digunakan oleh masa tanah untuk mengembalikan kandungan airnya mendekati atau menyamai kapasitas lapangan. Selama kapasitas lapangan belum tercapai, maka belum terjadi perkolasi, yang berarti belum ada tambahan volume air dalam akuifer.

Tahap III, Diandaikan Daerah Aliran Waduk (Catchment area) pada pertengahan musim hujan. Pada tahap ini hujan telah cukup banyak sehingga terjadi beberapa perubahan dalam proses hidrologi. Kapasitas intersepsi telah terlampaui. Demikian pula aliran limpasan cukup besar, sehingga tampungan-cekungan telah terlampaui, dan terjadi limpasan permukaan. Selanjutnya, dapat terjadi perubahan yang relative cepat pada permukaan air waduk, laut dan danau. Bagian air sungai yang terinfiltrasi, jumlahnya telah cukup, masa tanah telah mencapai kapasitas-lapangan, dan terjadi perkolasi. Akibatnya, jumlah kandungan air dalam akuifer bertambah, terjadi perubahan ketinggian air dalam akuifer dan besaran debit aliran air tanah. Keadaan ini berlangsung terus sampai akhir musim hujan.

Pada Tahap IV yaitu keadaan Daerah Aliran Sungai (DAS) pada awal musim kering, hujan telah terhenti sama sekali, dan sekali lagi prosesnya akan terjadi mirip dengan keadaan tahap I. hanya saja keadaan tahap ini agak berbeda, dengan pengertian bahwa DAS masih dalam keadaan relative basah.

Akan tetapi apabila keadaan ini berlangsung terus dan sama sekali tidak ada masukan hujan, maka keadaan ini akan terulang menjadi seperti keadaan tahap I.

Memperhatikan daur-limpasan tersebut nampak sekali bahwa antar unsur DAS mempunyai keterikatan yang sangat erat. Setiap unsur dapat dipandang sebagai suatu subsistem DAS yang bersangkutan, dan setiap subsistem tersebut mempunyai sifat tanggapan yang khas terhadap masukan tertentu. Sifat tersebut tidak hanya bersifat khas dalam subsistem itu sendiri, akan tetapi juga bersifat khas dalam

kaitannya dengan sifat subsistem yang lain. Perubahan terhadap sifat tanggapan subsistem akan berpengaruh terhadap sifat keterkaitannya dengan subsistem yang lainnya. Oleh sebab itu, sebenarnya system Hidrologi merupakan sebuah system yang sangat kompleks.

2.3. Persamaan Dasar

Seperti telah disebutkan sebelumnya, system (subsistem) hidrologi dapat disajikan dalam bentuk yang sangat sederhana. Dalam setiap keadaan tersebut, selalu berlaku keseimbangan antara jumlah masukan, keluaran dan perubahan kandungan air dan system. Hal tersebut dapat disajikan dalam persamaan sederhana :

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

Dengan

I = masukan (*inflow*)

O = keluaran (*outflow*)

ΔS = perubahan tampungan (*storage change*)

Persamaan dasar ini merupakan persamaan yang dapat menjadi landasan bagi semua analisis dalam hidrologi. Persamaan tersebut sering pula disebut sebagai persamaan “neraca air” (*water balance equation*).

Dalam setiap system, maka masukan dan keluaran umumnya dapat diukur dengan mudah

2.4. Pengukuran Hujan

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi, karena jumlah kedalaman hujan (*rainfall depth*) ini yang dialihragamkan menjadi aliran baik sungai, danau/waduk atau laut, yang melalui limpasan permukaan (*surface runoff*) aliran antara (*interflow, sub surface flow*) maupun sebagai aliran tanah (*groundwater flow*).

Untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi disuatu penampang waduk, atau tampungan tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi pun harus diketahui pula. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa yang diperlukan adalah besaran kedalaman hujan yang terjadi di seluruh DAS. Jadi, tidak hanya besaran hujan yang terjadi disuatu setasiun pengukuran hujan.

Dalam hal ni yang diperlukan adalah data kedalaman hujan dari banyak setasiun hujan yang tersebar diseluruh DAS.

Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kedalaman hujan yang sebenarnya terjadi diseluruh DAS, maka diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dipasang sedemikian rupa sehingga dapat mewakili besaran hujan di DAS tersebut. Dalam kaitan ini ada dua fafkor yang sangat menentukan ketelitian pengukuran hujan, yaitu jumlah dan pola penyebaran setasiun hujan.

Untuk kepentingan praktis, pengukuran kedalaman hujan banyak dilakukan selama 24 jam (*daily, 24 hour rainfall*) .

Dengan cara ini berarti kedalaman hujan yang diketahui adalah kedalaman hujan total yang terjadi selama satu hari 24 jam. Berapa lama dan kapan terjadinya hujan tidak diketahui. Untuk berbagai kepentingan tertentu, data hujan.

2.5. Cuaca dan Iklim

Hidrologi suatu wilayah pertama-tama bergantung pada iklimnya, kedua pada bentuk bumi atau topografi dan geologinya. Iklim sebagian besar bergantung pada kedudukan geografi (tata ruang) suatu tempat di permukaan bumi.

Faktor iklim yang penting ialah curah hujan, suhu dan angin, semua ini itu secara langsung mempengaruhi penguapan .

Bentuk atau topografi wilayah yang didalamnya terdapat waduk, tanah rawa dan tingkat limpasan yang tinggi berpengaruh sekali terhadap curahan hujan dan penguapan/ geologi bumi juga penting karena mempengaruhi bentuk bumi, jika bumi mengandung bantuan maka dapat dijadikan sebagai jalur air tanah (*ground water*) dari hasil resapan permukaan bumi yang perlahan - lahan akan mengalir melalui lapisan batuan menuju ke sungai atau laut.

Faktor iklim yang mempengaruhi iklim dan cuaca dan juga dibutuhkan untuk analisis hidrologi adalah diantaranya mengenai kelembapan, suhu, curahan, sinaran dan kecepatan angin.

2.6. Penyinaran

Kebanyakan stasiun pengamatan meteorologi dilengkapi dengan *radiometer* untuk mengukur baik sinaran gelombang – pendek yang masuk dari

matahari dan langit, maupun sinaran bersih, yang berupa jumlah aljabar semua sinaran yang masuk dan sinaran gelombang-pendek dan gelombang – panjang yang terpantul dari permukaan bumi. Sinaran bersih itu sangat penting pada analisa siklus hidrologi dalam penelitian mengenai penguapan

2.7. Temperatur

Temperatur harian rata-rata dapat dihitung dengan dengan beberapa metode. Metode praktis yang paling teliti dilaksanakan dengan merata-ratakan temperatur dalam jam. Hasil yang diteliti dapat di peroleh dengan merata-ratakan pengamatan 3 atau 6 jam .

Untuk mengukur temperatur udara secara tepat, termometer haruslah ditempatkan pada tempat yang sirkulasi udaranya relatif tak terganggu, dan juga harus terlindung dari sinar matahari langsung dan hujan. Biasanya termometer-termometer di tempatkan pada ruangan alat yang terbuat dari kayu, berventilasi baik, dan berwarna putih. Temperatur dalam analisa hidrologi ini diperlukan pada sat perhitungan penguapan air permukaan bumi.

2.8. Kelembaban udara

Proses perubahan air menjadi uapa disebut penguapan (vaporisasi atau evaporasi). Molekul-molekul air yang mempunyai energi kinetik yang cukup untuk mengatasi gaya-gaya tarik yang cenderung untuk menahannya dalam badan air diproyeksikan melalui permukaan air.

Oleh karena energi kinetik bertambah dan tegangan permukaan berkurang ketika temperatur naik, maka laju penguapan naik menurut temperatur .

Hampir semua uap atmosfer adalah hasil penguapan dari permukaan air. Molekul-molekul dapat meninggalkan permukaan salju atau es dengan cara yang sama seperti meninggalkan suatu cairan. Proses perubahan suatu benda padat secara langsung menjadikeadaan uap juga di sebut penguapan (vaporisasi), tetapi dalam meteorology, transformasi langsung dari es menjadi uap disebut sublimasi (sublimation), begitu juga sebaliknya. Proses perubahan uap menjadi cair atau keadaan padat disebut kondensasi (condensation), yang juga termasuk sublimasi, kecuali dinyatakan lain. Kelembaban Udara ini dalam analisa hidrologi penting untuk proses penguapan.

2.9. Penguapan

Penguapan merupakan unsur hidrologi yang sangat penting dalam keseluruhan proses hidrologi. Meskipun dalam beberapa analisis untuk kepentingan tertentu seperti analisis banjir hal ini tidak merupakan unsur yang dominan, akan tetapi untuk kepentingan lain seperti analisis untuk irigasi, analisis bendungan, penguapan memegang peranan yang penting.

Penguapan (*evaporation*) adalah proses perubahan dari molekul air dalam bentuk zat cair ke dalam bentuk gas.

Sudah barang tentu pada saat yang sama akan terjadi pula perubahan molekul air dari gas ke zat cair, dalam hal ini disebut pengembunan (*condensation*). Sehingga sebenarnya laju penguapan adalah laju neto, yaitu perbedaan antara laju evaporasi dikurangi dengan laju kondensasi. Penguapan yang hanya terjadi apabila terdapat perbedaan tekanan uap air antara permukaan dan udara di atasnya. Dapat dimengerti bila kelembaban udara mencapai 100%, maka penguapan akan terhenti. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap laju penguapan.

1. Temperatur. Untuk penguapan diperlukan sumber panas, karena untuk menguapkan 1 g air, diperlukan kurang lebih 540 kalori pada temperatur 100°C . Panas tersebut dapat bersumber dari radiasi matahari, panas yang tersedia di atmosfer (*sensible heat*) maupun dari dalam tanah, atau massa air itu sendiri.
2. Angin. Disebutkan sebelumnya, bila udara di atas permukaan telah jenuh maka penguapan akan terhenti sama sekali. Angin berfungsi memindahkan lapisan udara jenuh tersebut dan menggantikannya dengan lapisan udara lain, sehingga penguapan dapat berjalan terus.
3. Kualitas air. Salinitas air menyebabkan menurunnya laju penguapan sebanding dengan kadar salinitas air tersebut. Air laut dengan kandungan garam 2 – 3% mempunyai laju penguapan yang juga 2 – 3% lebih rendah dibandingkan dengan air tawar.

Penguapan dari permukaan tanaman, transpirasi (*transpiration*) dapat terjadi bila tekanan uap air di dalam sel daun lebih tinggi daripada tekanan uap air di udara.

Kurang lebih 95% transpirasi terjadi pada siang hari, karena penguapan tersebut terjadi melalui stomata di permukaan daun, yang tertutup di malam hari.

Penguapan yang terjadi dari permukaan lahan yang tertutup dengan tutup tumbuhan (*vegetated areas*) disebut dengan evapotranspirasi (*evapotranspiration*). Apabila kandungan air dalam tanah tidak terbatas, maka digunakan istilah evapotranspirasi potensial (*potential evapotranspiration*).

2.10. Infiltrasi

Infiltrasi dimaksudkan sebagai proses masuknya air ke permukaan tanah. Proses ini merupakan bagian yang sangat penting dalam daur hidrologi maupun dalam proses pengalihragaman hujan menjadi aliran di sungai. Pengertian infiltrasi (*infiltration*) sering dicampur-adukkan untuk kepentingan praktis dengan pengertian perkolasi (*percolation*). Yang terakhir ini merupakan proses aliran air dalam tanah secara vertikal akibat gaya berat. Memang keduanya saling berpengaruh, akan tetapi secara teoretik hendaknya pengertian keduanya dibedakan.

Dalam kaitan ini terdapat dua pengertian tentang kuantitas infiltrasi, yaitu kapasitas infiltrasi (*infiltration capacity*) dan laju infiltrasi (*infiltration rate*). Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu,

sedangkan laju infiltrasi adalah laju infiltrasi nyata suatu jenis tanah tertentu. Secara fisik terdapat beberapa faktor yang berpengaruh, yaitu :

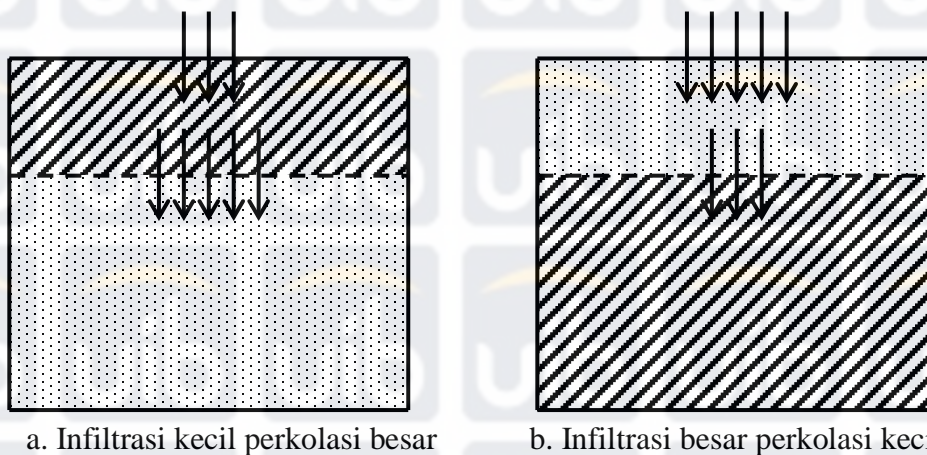
1. Jenis tanah,
2. Kepadatan tanah,
3. Kelembaban tanah
4. Tutup tumbuhan (*vegetal cover*)

Setiap jenis tanah mempunyai laju infiltrasi karakteristik yang berbeda, yang bervariasi dari yang sangat tinggi sampai sangat rendah. Jenis tanah berpasir umumnya cenderung mempunyai laju infiltrasi tinggi, akan tetapi tanah liat sebaliknya, cenderung mempunyai laju infiltrasi rendah. Untuk satu jenis tanah yang sama dengan kepadatan yang berbeda mempunyai laju infiltrasi yang berbeda pula. Makin padat makin kecil laju infiltrasinya. Kelembaban tanah yang selalu berubah setiap saat juga berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Makin tinggi kadar air di dalam tanah, laju infiltrasi tanah tersebut makin kecil. Dengan demikian, dapat dimengerti bahwa kalau dalam satu jenis tanah terjadi infiltrasi, infiltrasinya makin lama makin kecil.

Pengaruh tanaman diatas permukaan tanah terdapat dua buah, yaitu berfungsi menghambat aliran air dipermukaan sehingga kesempatan berinfiltrasi lebih besar, sedangkan yang kedua sistem akar – akaran yang dapat lebih menggemburkan struktur tanahnya. Sehingga makin baik tutup tanaman yang ada, laju infiltrasi cenderung untuk lebih tinggi.

Secara skematis, keterikatan infiltrasi dengan perkolasi dapat dijelaskan dengan sketsa pada Gambar V.1. Pada Gambar V.1.a, skema formasi tanah, dengan lapisan atas mempunyai laju infiltrasi kecil, akan tetapi lapisan bawah mempunyai laju perkolasi tinggi. Sebaliknya, pada gambar V.1b, lapisan atas dengan laju infiltrasi tinggi sedangkan laju perkolasi pada lapisan bawah rendah.

Pada kasus pertama (Gambar V.1a), meskipun laju perkolasi tinggi, akan tetapi laju infiltrasi yang memberikan masukan air dari permukaan terbatas. Oleh sebab itu, dalam keadaan seimbang, dua keadaan ini lebih ditentukan oleh laju infiltrasi. Demikian pula sebaliknya (Gambar V.1b), laju perkolasi yang rendah menentukan keadaan seluruhnya. Akan tetapi hendaknya diketahui bahwa dalam praktek, proses yang terjadi tidak sesederhana hal tersebut, karena adanya kemungkinan aliran antara.



Gambar 2.2 Skema infiltrasi dan perkolasi pada dua lapisan tanah.

Infiltrasi terjadi secara demikian sehingga pada saat – saat awal mempunyai laju infiltrasi yang tinggi, akan tetapi makin lama makin rendah sehingga mencapai laju infiltrasi tetap.

Horton (1939) mengemukakan rumusan infiltrasi sebagai berikut :

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

dengan f = laju infiltrasi nyata,

f_c = laju infiltrasi tetap,

f_o = laju infiltrasi awal,

k = konstanta geofisik

Persamaan di atas hanya berlaku apabila intensitas hujan lebih besar dari laju infiltrasi pada saat bersamaan. Untuk intensitas hujan yang lebih kecil dari laju infiltrasi maka lengkung infiltrasinya mirip kecuali laju penurunannya berbeda.

Dalam kaitan ini maka perlu penyesuaian persamaan Horton sebagai berikut.

$$f_{p2} = f_{p1} - k \int^{t_2} (f - f_c) dt$$

atau didekati dengan :

$$f_{p2} = f_{p1} - k (f - f_c) \Delta t$$

2.11. Hidrometri

Hidrometri adalah cabang ilmu (kegiatan) pengukuran air atau pengumpulan data dasar bagi analisis hidrologi. Dalam pengertian sehari – hari diartikan sebagai

kegiatan untuk mengumpulkan data mengenai sungai, danau, baik yang menyangkut tentang ketinggian muka air maupun debit sungai serta sedimintasi atau unsur aliran air.

Informasi yang terukur mencakup perubahan (*variation*) waktu dan ruang. Oleh sebab itu, maka data sungai yang panjang dan menerus di beberapa tempat di sepanjang sungai sangat diperlukan.

Disebabkan oleh banyak hal yang bersifat teknis maupun nonteknis, maka pengukuran sungai di stasiun pengukuran (stasiun hidrometri) tidak dapat dilakukan tidak terbatas.

Oleh sebab itu, harus dipilih tempat – tempat yang dianggap penting untuk diamati. Hal ini sangat merugikan bila dipandang dari kebutuhan data di masa yang akan datang. Apabila suatu tempat / daerah akan dikembangkan, sedangkan di tempat itu sama sekali tidak tersedia data, umumnya akan menimbulkan kesulitan dikemudian hari.

Di setiap stasiun hidrometri paling tidak perlu ditetapkan hubungan antara tinggi muka air dengan debit (liku kalibrasi, *rating curve*). Untuk kepentingan yang bersifat lebih khusus, dapat diperlukan hubungan antara unsur – unsur aliran lainnya.

Untuk kepentingan ini maka kegiatan pengukuran harus mencakup :

1. Penetapan lokasi stasiun dengan keadaan tempat, sifat DAS, dan data optimum yang diharapkan (*network design*).

2. Cara – cara dan peralatan yang digunakan dalam kegiatan pengukuran, baik tinggi muka air maupun debit.
3. Perhitungan kesalahan,
4. Analisis
5. Penetapan hubungan antara tinggi muka air dan debit, atau unsur kerja.

Pemilihan lokasi setasiun hidrometri perlu memperhatikan hal – hal sebagai berikut :

1. Kondisi setempat, ketelitian, dan stabilitas.
 - b. Ketersediaan kontrol yang memadai
 - c. Dapat didatangi setiap saat dan setiap keadaan.
 - d. Dibagian sungai yang lurus dan mempunyai aliran sejajar.
 - e. Penampang sungai yang teratur (dan baik)
 - f. Penampang sungai yang stabil.
 - g. Tidak terdapat kemungkinan aliran dibantaran.
 - h. Kepekaan yang cukup, dengan pengertian perubahan kecil debit dapat nampak dalam perubahan tinggi muka air.
 - i. Tidak terdapat gangguan tanaman.
 - j. Tidak terdapat pengaruh ‘backwater’

Langkah – langkah yang dapat ditempuh dalam penetapan lokasi setasiun hidrometri misalnya sebagai berikut ini :

- a. Pengamatan terhadap peta topografi, untuk melihat cara umum dan kemungkinan – kemungkinan lokasi yang dapat dipilih.
- b. Peninjauan lapangan untuk memantapkan pemilihan lokasi, dan melihat situasi setempat serta sifat aliran sungai.
- c. Bila diperlukan dapat dilakukan pengamatan sepanjang sungai untuk mencari lokasi yang terbaik.

2.12. Hidrograf

Hidrograf dapat diberikan (*describe*) sebagai penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Jadi, memperhatikan takrif tersebut dikenal beberapa macam hidrograf. Hidrograf ini menunjukkan tanggapan menyeluruh (*integral response*) DAS terhadap masukan tertentu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya masukan. Dalam penelitian hidrograf yang dihasilkan dalam Hidrograf muka-air (*stage hydrograph*), yaitu hubungan antara perubahan tinggi muka-air dengan waktu. Hidrograf ini tidak lain merupakan hasil rekaman AWLR.

2.13. Umur Guna Waduk

Umur guna Reservoir adalah waktu yang di perlukan sampai Reservoir tidak dapat berfungsi lagi, sebagai penampung air. Secara teoritis sampai kapasitas tampungnya mencapai nol .Akan tetepi dalam praktik / kenyataan Reservoir tidak

berfungsi lagi. Jika kapasitas tampungannya tinggal 20 % menurunnya kapasitas tampungannya dikarenakan terjadi Sedimentasi dan Sedimen yang dibawa oleh aliran sungai masuk ke Reservoir.

Di Reservoir, kecepatan aliran menjadi nol dan sedimen layang (Suspended Load) terendapkan.

2.14. Proses Erosi dan Sedimentasi

Konsep Erosi Tanah.

Yang dimaksud dengan Erosi tanah adalah pergerakan partikel-partikel tanah dari suatu ke tempat lain. Erosi tanah merupakan salah satu penyebab utama pendangkalan Waduk.

Erosi tanah menghilangkan Nutrien tanaman, menurunkan kesuburan tanah ataupun merusak lahan secara keseluruhan dan mengakibatkan sedimentasi.

Sedimentasi ini mempolusi aliran air dan menaikkan dasar saluran irigasi dan waduk. Hal seperti ini bukan hanya menimbulkan kerugian ekonomi yang serius, melainkan juga berdampak pada lingkungan . Terutama dalam hal penyediaan sumber daya air.

Dapat diasumsikan bahwa berdasarkan jalannya waktu secara geologis semua bukit dan gunung bisa terkikis sampai ketinggian dasar, dan bahwa topografi sekeliling kita adalah hasil dari pada suatu proses pengikisan selama berjuta-juta tahun namun dalam hal ini perlu dibedakan erosi geologis yang terjadi secara alamiah dengan

erosi yang ditimbulkan manusia. Jenis yang pertama yaitu erosi geologis juga dinamakan “ Erosi alami “ atau “ Erosi Normal “ dan dapat dikatakan bahwa erosi untuk suatu daerah yang tidak diganggu oleh manusia tingkatnya normal. Erosi yang kedua yaitu erosi yang ditimbulkan manusia disebut juga “ erosi dipercepat / akselerasi “, dimana banyaknya tanah yang hilang dapat melebihi jumlah yang hilang dapat melebihi jumlah yang hilang akibat erosi geologis.

Erosi akselerasi biasanya diikuti dengan perubahan lapisan tanah alamiah atau kondisi tanah dan juga dipercepat dengan adanya tenaga air dan angin.

Untuk kasus erosi di lingkungan waduk tidak tepat anggapan bahwa manusia tidak dapat atau tidak perlu melakukan tindakan pencegahan apapun untuk menghindari erosi normal dan erosi geologis, walaupun hal ini secara sosial dibenarkan.

Faktor yang menimbulkan Erosi

Faktor –faktor utama yang menimbulkan erosi adalah air, angin, gravitasi dan tindakan – tindakan manusia.

1. Air

Air merupakan tenaga erosi yang terpenting pada alam . Air merupakan suatu penghasaran batu – batuan secara kimia dan fisis. Titik hujan membentur partikel partikel tanah yang merupakan langkah awal terjadinya erosi. Juga, gerakan dari material umumnya disebabkan oleh adanya aliran air.

2. Angin

Angin adalah suatu factor yang menimbulkan erosi didaerah – daerah kering dan semi kering atau sepanjang pantai dan daerah – berpasir di daerah lembab.

Angin yang konstan dan kencang dapat melenyapkan lapisan olah (top – soil), menyebabkan pemindahan pasir dan memindahkan tumpukan pasir kepedalaman.

Hal ini menyebabkan seluruh daerah menjadi tidak lagi layak bagi habitat manusia dan produksi pertanian .

Khusus untuk Pulau Batam, dapat di katakana bahwa angin bukanlah factor penyebab erosi yang mendapat perhatian.

3. Gravitasi

Gravitasi menyebabkan gerakan – gerakan massa dan batuan pada tebing – tebing curam misalnya pada tanah – tanah longsor, timbunan, batu-batuan yang jatuh dan penurunan-penurunan tanah. Kecepatan dari gerakan-gerakan massa ini bisa cepat atau lambat dan bahan-bahan tersebut bisa saja kering kering maupun basah, walaupun gravitasi tidak menggerakkan material tersebut untuk jarak yang jauh, hal ini dapat sangat berbahaya. Untuk penelitian ini erosi akibat gravitasi dapat diabaikan melihat kondisi geologis disekitar daerah tangkapan.

4. Tindakan – tindakan manusia.

Manusia mempercepat erosi dengan pengolahan tanah, penggembalaan, pengambilan kayu gelondongan, penggalian untuk jalan, penambangan dan pembangunan area untuk pemukiman .

Aktivitas-aktivitas ini di perlukan oleh masyarakat untuk kehidupan mereka.

Sebagaimana telah di bicarakan sebelumnya, manusia memerlukan sumber – sumber alami, akan tetapi dia sebaliknya harus sekaligus melindungi tanah dan mengurangi terjadi erosi dengan berbagai upaya pengetahuannya.

2.15. Effisiensi Pengendapan (Trapped Efficiency)

Tidak semua sedimen sempat diendapkan, ada sebagian yang terbawa arus lewat Intake (Pintu Pengambilan), Spillway (Pelimpah) atau lewat Water way (PLTA).

Besar kecilnya pengendapan disebut “ TRAFFED EFFECIENCY “ besar Traffed Efficiency tergantung dari perbandingan antara kapasitas dan debit masuk atau disebut Capacity, Inflow Ratio (C/Q , Q , debit air sungai tahunan).