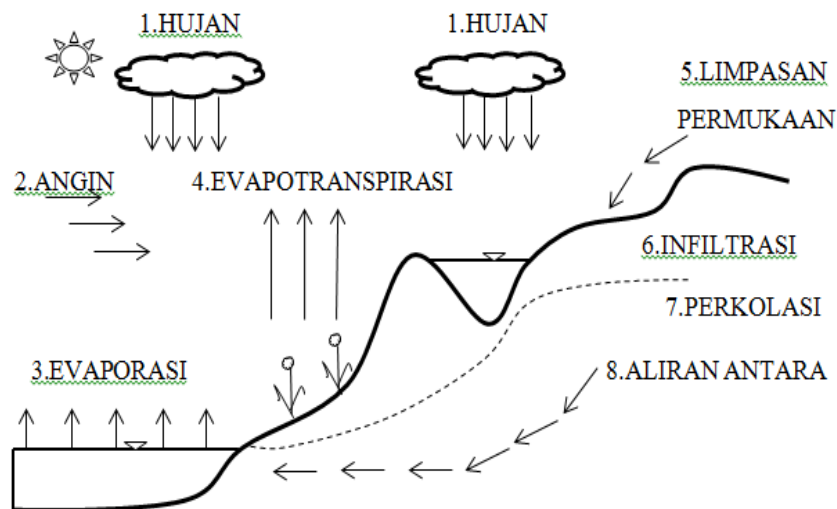


BAB III LANDASAN TEORI

A. Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebaran, sifat-sifatnya dan hubungannya dengan lingkungan terutama dengan makhluk hidup. Peranan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (air bersih, irigasi, perikanan, peternakan), pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, pengendalian erosi dan sedimentasi, transportasi air, drainasi, pengendalian polusi, air limbah dsb.

Siklus hidrologi merupakan proses kontinu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Gambar 3.1 menunjukkan siklus hidrologi Chow (dalam Triatmodjo, 2008).



Gambar 3.1 Siklus hidrologi (Triatmodjo, 2008)

Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah.

Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau, masuk ke sungai, dan akhirnya mengalir kelaut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung secara terus-menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (Triatmodjo, 2008).

B. Sedimentasi pada Daerah Aliran Sungai (DAS)

Soemarto (1999) berpendapat bahwa sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (suspensi) atau mengendapnya material *fragmentasi* oleh air. Sedimentasi merupakan akibat adanya erosi, dan memberi dampak banyak disungai, saluran, waduk, bendungan atau pintu-pintu air, dan disepanjang sungai. Sedimen di dalam sungai terlarut atau tidak terlarut merupakan produk dari pelapukan bantuan induk yaitu partikel-partikel tanah. Begitu sedimen memasuki badan sungai, maka berlangsunglah pengangkutan sedimen.

Proses pengangkutan sedimen (*sediment transport*) dapat diuraikan meliputi tiga proses sebagai berikut:

1. Pukulan air hujan (*rainfall detachment*) terhadap bahan sedimen yang terdapat di atas tanah sebagai hasil dari erosi percikan (*splash erosion*) dapat menggerakkan partikel-partikel tanah tersebut dan akan terangkut bersama-sama limpasan permukaan (*overland flow*).
2. Limpasan permukaan (*overland flow*) juga mengangkat bahan sedimen yang terdapat dipermukaan tanah, selanjutnya selanjutnya dihanyutkan masuk ke dalam alur-alur (*rills*), dan seterusnya masuk ke dalam selokan dan akhirnya ke sungai.
3. Pengendapan sedimen, terjadi pada saat kecepatan aliran yang dapat mengangkat (*pick up velocity*) dan mengangkat bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan (*settling velocity*) yang dipengaruhi oleh besarnya partikel-partikel sedimen dengan kecepatan aliran. Konsentrasi sedimen yang terkandung pada pengangkutan sedimen adalah dari hasil erosi total (*gross*

erosion) merupakan jumlah dari erosi permukaan (*interill erosion*) dengan erosi alur (*rill erosion*) (Foster dan Meyer : Foster, Meyer, dan Onstand dalam Nurjanah, 2016).

Menurut Asdak (dalam Nurjanah, 2016) penghasil sedimen terbesar adalah erosi permukaan lereng pegunungan, erosi sungai (dasar dan tebing alur sungai) dan bahan-bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif. Hasil sedimen (*sedimen yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen tergantung pada besarnya erosi total di DAS dan tergantung pada *transport* partikel-partikel tanah yang tererosi tersebut keluar dari daerah tangkapan air DAS. Daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh kontur tertinggi atau punggung-punggung gunung. Daratan tersebut berfungsi untuk menampung dan menyimpan air hujan dan kemudian dialirkan ke laut melalui sungai utama. DAS memiliki karakteristik dan parameter DAS masing-masing tergantung dari tata guna lahan dan kondisi geologi DAS (Triatmodjo, 2008).

C. Infiltrasi

1. Gambaran umum

Infiltrasi adalah peristiwa masuknya air ke dalam tanah, umumnya (tetapi tidak pasti), melalui permukaan dan secara vertikal. Setelah beberapa waktu kemudian, air yang infiltrasikan setelah dikurangi sejumlah air untuk mengisi rongga tanah akan mengalami perkolasi. Perkolasi gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah) (Soemarto, 1995). Proses infiltrasi ini merupakan bagian yang sangat penting dalam daur ulang hidrologi maupun dalam proses pengalihan hujan menjadi aliran dalam tanah sebelum mencapai sungai. Karakteristik dari suatu kawasan berpengaruh terhadap besarnya infiltrasi pada kawasan tersebut.

Setiap jenis tanah mempunyai laju infiltrasi karakteristik yang berbeda-beda, yang bervariasi dari yang sangat rendah. Jenis tanah berpasir umumnya cenderung mempunyai laju infiltrasi tinggi, akan tetapi jika jenis tanah liat

akan sebaliknya, cenderung mempunyai laju infiltrasi rendah. Untuk satu jenis tanah yang sama dengan kepadatan yang berbeda mempunyai laju infiltrasi yang berbeda pula. Semakin padat maka semakin kecil laju infiltrasinya. Kelembaban tanah yang selalu berubah setiap saat juga berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Semakin tinggi kadar air di dalam tanah, maka laju infiltrasi tanah tersebut semakin kecil. Pengaruh tanaman di atas permukaan tanah terdapat dua manfaat, yaitu yang pertama berfungsi menghambat aliran air di permukaan tanah sehingga kesempatan berinfiltrasi lebih besar, sedangkan yang kedua, sistem akar-akaran dapat menggemburkan struktur tanahnya, sehingga semakin baik jenis tanaman untuk penutup lahan maka laju infiltrasi cenderung lebih tinggi, Harto (dalam pratama 2015).

Infiltrasi mempunyai arti penting terhadap beberapa hal (Soemarto, 1999) sebagai berikut:

a. Proses limpasan (*run-off*)

Daya infiltrasi menentukan banyaknya air hujan yang dapat diserap ke dalam tanah. Sekali air hujan tersebut masuk ke dalam tanah ia dapat diuapkan kembali atau dapat juga mengalir sebagai air tanah. Aliran air tanah berjalan sangat lambat. Semakin besar daya infiltrasi, perbedaan antara intensitas hujan dengan daya infiltrasi menjadi semakin kecil, akibatnya limpasan permukaannya juga semakin kecil, sehingga debit puncaknya juga akan lebih kecil.

b. Pengisian lengas tanah (*soil moisture*) dan air tanah

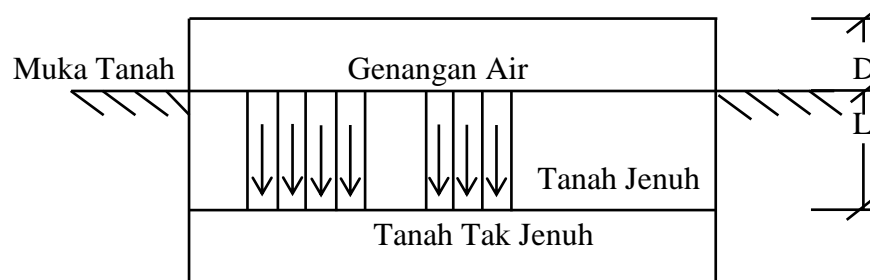
Lengas tanah adalah air yang mengisi sebagian atau seluruh ruang pori tanah dan teradsorpsi pada permukaan zarah tanah. Lengas tanah juga dapat diartikan sebagai air yang terdapat dalam tanah yang terikat oleh berbagai kakas, yaitu kakas ikat matrik, osmosis, dan kapiler. (Notohadiprawiro, 2000). Pengisian lengas tanah dan air tanah penting untuk tujuan pertanian. Akar tanaman menembus zone tidak jenuh dan menyerap air yang diperlukan untuk evapotranspirasi dari zone tidak jenuh tadi. Pengisian kembali lengas tanah sama dengan selisih antara infiltrasi dan perkolasi (jika ada). Pada permukaan air tanah yang dangkal dalam

lapisan tanah yang berbutir tidak begitu besar, pengisian kembali lensa tanah ini dapat pula diperoleh dari kenaikan kapiler air tanah.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi (f_p)

Menurut Triatmodjo (2008), laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

a. Kedalaman genangan dan tebal lapis jenuh



Gambar 3.2 Genangan pada permukaan tanah (Triatmodjo, 2008)

Dalam gambar di atas, air yang tergenang di atas permukaan tanah terinfiltrasi ke dalam tanah, yang menyebabkan suatu lapisan di bawah permukaan tanah menjadi jenuh air. Apabila tebal dari lapisan jenuh air adalah L , dapat dianggap bahwa air mengalir ke bawah melalui sejumlah tabung kecil. Aliran melalui lapisan tersebut serupa dengan aliran melalui pipa. Kedalaman genangan di atas permukaan tanah (D) memberikan tinggi tekanan pada ujung atas tabung, sehingga tinggi tekanan total yang menyebabkan aliran adalah $D+L$.

Tahanan terhadap aliran yang diberikan oleh tanah adalah sebanding dengan tebal lapis jenuh air L . Pada awal hujan, dimana L adalah kecil dibanding D , tinggi tekanan adalah besar dibanding tahanan terhadap aliran, sehingga air masuk ke dalam tanah dengan cepat. Sejalan dengan waktu, L bertambah panjang sampai melebihi D , sehingga tahanan terhadap aliran semakin besar. Pada kondisi tersebut kecepatan infiltrasi berkurang. Apabila L sangat lebih besar daripada D , perubahan L mempunyai pengaruh yang hampir sama dengan gaya tekanan dan hambatan, sehingga laju infiltrasi hampir konstan.

b. Kelembaban tanah

Jumlah air tanah mempengaruhi kapasitas infiltrasi. Ketika air jatuh pada tanah kering, permukaan atas dari tanah tersebut menjadi basah, sedang bagian bawahnya relatif masih kering. Dengan demikian terdapat perbedaan yang besar dari gaya kapiler antara permukaan atas tanah dan yang ada di bawahnya. Karena adanya perbedaan tersebut, maka terjadi gaya kapiler yang bekerja sama dengan gaya berat, sehingga air bergerak ke bawah (infiltrasi) dengan cepat.

Dengan bertambahnya waktu, permukaan bawah tanah menjadi basah, sehingga perbedaan daya kapiler berkurang, sehingga infiltrasi berkurang. Selain itu, ketika tanah menjadi basah koloid yang terdapat dalam tanah akan mengembang dan menutupi pori-pori tanah, sehingga mengurangi kapasitas infiltrasi pada periode awal hujan.

c. Pemampatan oleh hujan

Ketika hujan jatuh di atas tanah, butir tanah mengalami pemadatan oleh butiran air hujan. Pemadatan tersebut mengurangi pori-pori tanah yang berbutir halus (seperti lempung), sehingga dapat mengurangi kapasitas infiltrasi. Untuk tanah pasir, pengaruh tersebut sangat kecil.

d. Penyumbatan oleh butir halus

Ketika tanah sangat kering, permukaannya sering terdapat butiran halus. Ketika hujan turun dan infiltrasi terjadi, butiran halus tersebut terbawa masuk ke dalam tanah, dan mengisi pori-pori tanah, sehingga mengurangi kapasitas infiltrasi.

e. Tanaman penutup

Banyaknya tanaman yang menutupi permukaan tanah, seperti rumput atau hutan, dapat menaikkan kapasitas infiltrasi tanah tersebut. Dengan adanya tanaman penutup, air hujan tidak dapat memampatkan tanah, dan juga akan terbentuk lapisan humus yang dapat menjadi sarang/tempat hidup serangga. Apabila terjadi hujan lapisan humus mengembang dan lobang-lobang (sarang) yang dibuat serangga akan menjadi sangat permeabel. Kapasitas infiltrasi bisa jauh lebih besar daripada tanah yang tanpa penutup tanaman.

f. Topografi

Kondisi topografi juga mempengaruhi infiltrasi. Pada lahan dengan kemiringan besar, aliran permukaan mempunyai kecepatan besar sehingga air kekurangan waktu infiltrasi. Akibatnya sebagian besar air hujan menjadi aliran permukaan. Sebaliknya, pada lahan yang datar air menggenang sehingga mempunyai waktu cukup banyak untuk infiltrasi.

g. Intensitas hujan

Intensitas hujan juga berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi. Jika intensitas hujan I lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi aktual adalah sama dengan intensitas hujan. Apabila intensitas hujan lebih besar dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi aktual sama dengan kapasitas infiltrasi.

3. Infiltrasi dan kurva kapasitas infiltrasi menurut model Horton

Kurva kapasitas infiltrasi merupakan kurva hubungan antara kapasitas infiltrasi dan waktu yang terjadi selama dan beberapa saat setelah hujan. Kapasitas infiltrasi secara umum akan tinggi pada awal terjadinya hujan, tetapi semakin lama kapasitasnya akan menurun hingga mencapai konstan. Besarnya penurunan ini dipengaruhi berbagai faktor, seperti kelembaban tanah, kompaksi, penumpukan bahan liat dan lain-lain.

Menurut Knapp (dalam Pratama 2016) untuk mengumpulkan data infiltrasi dapat dilakukan dengan tiga cara: (1) *inflow-outflow* (2) Analisis data hujan dan hidrograf, dan (3) menggunakan *double ring infiltrometer*. Cara yang terakhir sering digunakan karena mudah dalam pengukuran dan alatnya mudah dipindah-pindah. Perhitungan model persamaan kurva kapasitas infiltrasi (*Infiltration Capacity Curve/IC-Curve*) yang dikemukakan oleh Horton adalah sebagai berikut :

$$f = fc + (f_0 - fc) e^{-Kt} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

f = kapasitas infiltrasi (cm/jam)

f_0 = laju infiltrasi awal (cm/jam)

fc = laju infiltrasi konstan (cm/jam)

- K = konstanta
- t = waktu (jam)
- e = 2,718

Untuk memperoleh nilai konstanta K untuk melengkapi persamaan kurva kapasitas infiltrasi, maka persamaan Horton diolah sebagai berikut :

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

$$f - f_c = (f_o - f_c) e^{-Kt} \dots\dots\dots(3.2)$$

dilogaritmakan sisi kiri dan kanan,

$$\log (f - f_c) = \log (f_o - f_c) e^{-Kt} \text{ atau}$$

$$\log (f - f_c) = \log (f_o - f_c) - Kt \log e$$

$$\log (f - f_c) - \log (f_o - f_c) = - Kt \log e \dots\dots\dots(3.3)$$

maka,

$$t = (-1/(K \log e)) [\log (f - f_c) - \log (f_o - f_c)]$$

$$t = (-1/(K \log e)) \log (f - f_c) + (1/(K \log e)) \log (f_o - f_c) \dots\dots\dots(3.4)$$

Menggunakan persamaan umum linier, $y = m X + C$, sehingga :

$$y = t$$

$$m = -1/(K \log e)$$

$$X = \log (f - f_c)$$

$$C = (1/K \log e) \log (f_o - f_c) \dots\dots\dots(3.5)$$

Mengambil persamaan, $m = -1/(K \log e)$, maka

$$K = -1/(m \log e) \text{ atau } K = -1/(m \log 2,718)$$

$$\text{Atau } K = -1/0,434m \text{ dimana } m = \text{gradien.} \dots\dots\dots(3.6)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa apabila suplai hujan melampaui kapasitas infiltrasi, infiltrasi berkurang secara eksponensial.

Menurut (Triatmodjo, 2008), Kontanta k merupakan fungsi tekstur permukaan. Jika pada permukaan ada tanaman nilai k kecil, sedangkan jika tekstur permukaan halus seperti tanah gandum nilai tersebut besar.

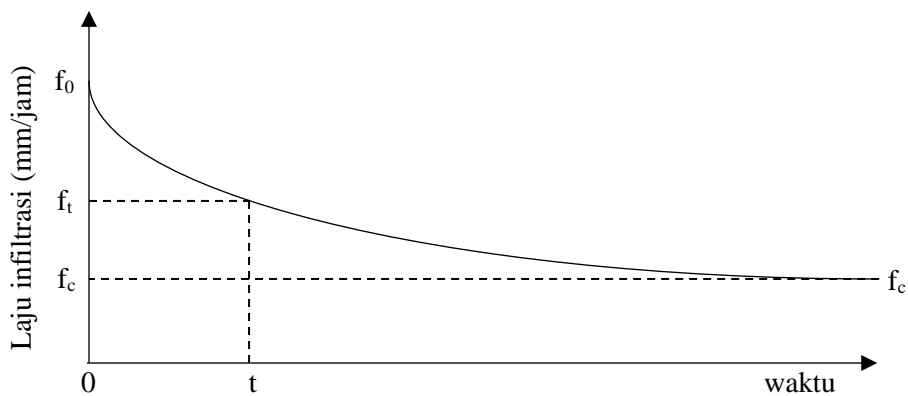
Parameter f_0 dan f_c adalah fungsi jenis tanah dan tutupan. Untuk tanah berpasir atau berkerikil nilai tersebut semakin tinggi, sedangkan tanah berlempung yang gandum nialainya kecil, dan apabila permukaan ada rumput nilainya bertambah.

Jumlah total air yang terinfiltrasi pada suatu periode tergantung pada laju infiltrasi dan fungsi waktu. Apabila laju infiltrasi pada suatu saat adalah $f(t)$, maka infiltrasi kumulatif atau jumlah air yang terinfiltrasi adalah $F(t)$. Laju infiltrasi dan jumlah air yang terinfiltrasi adalah :

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \dots\dots\dots(3.7)$$

dan

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \dots\dots\dots(3.8)$$



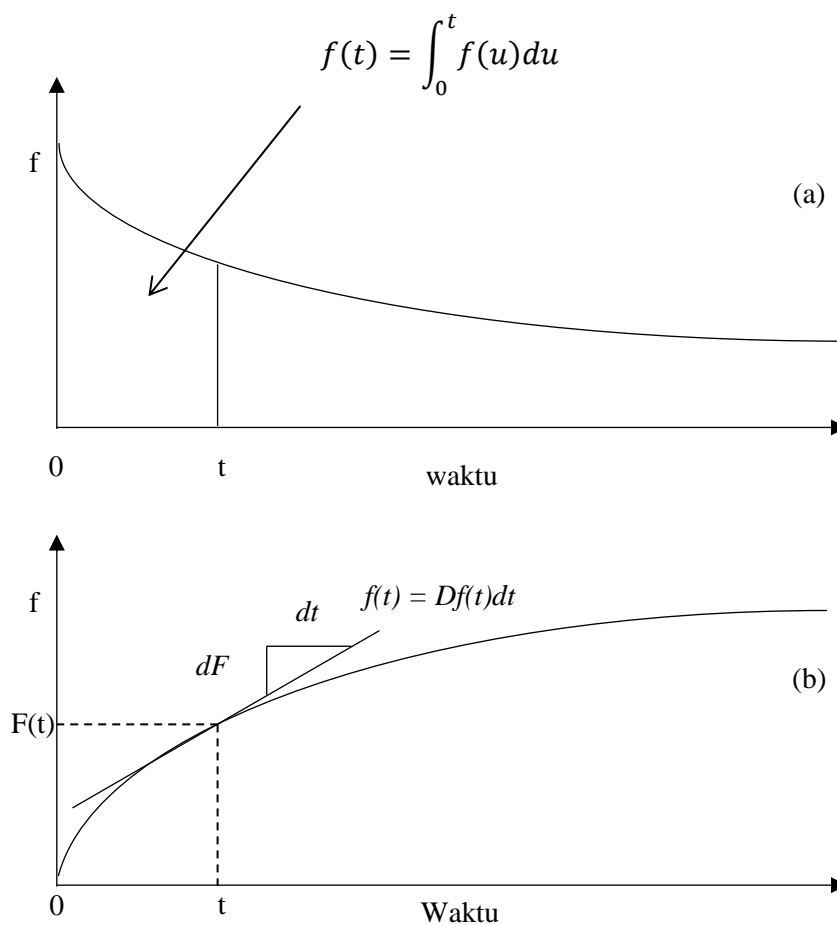
Gambar 3.3 Kapasitas infiltrasi sebagai waktu (Triatmodjo, 2008)

Persamaan (3.8) menunjukkan bahwa jumlah air yang terinfiltrasi $F(t)$ merupakan integral dari laju infiltrasi, dengan kata lain sama dengan luasan dibawah kurva $f(t)$ seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.4.a. Jumlah air yang terinfiltrasi tersebut adalah sama dengan volume total air yang dituang dalam infiltrometer. Persamaan (3.7) adalah persamaan diferensial yang menunjukkan laju infiltrasi $f(t)$. Laju infiltrasi merupakan turunan dari infiltrasi kumulatif $F(t)$. Dengan kata lain, laju infiltrasi $f(t)$ adalah sama dengan kemiringan kurva $F(t)$ pada waktu t (Gambar 3.4.b). Apabila laju infiltrasi diberikan oleh Persamaan (3.7), maka Persamaan (3.8) menjadi :

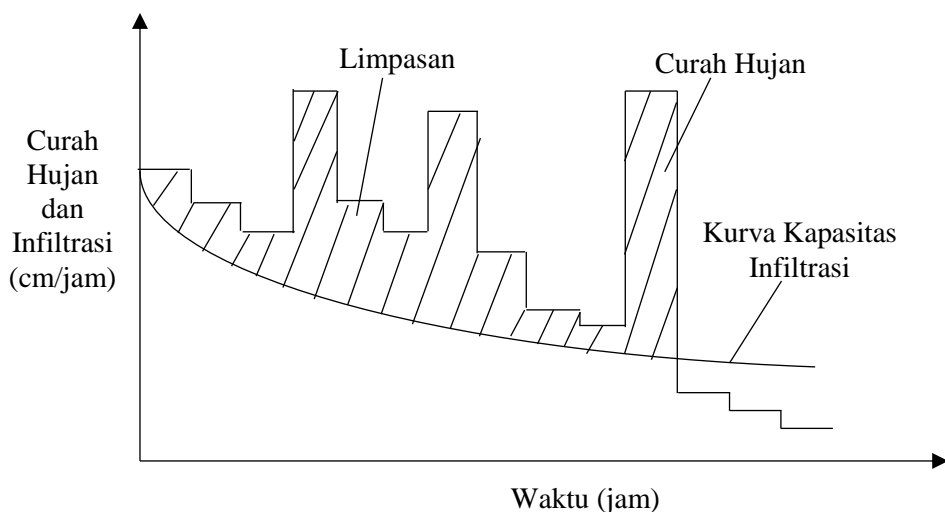
$$F(t) = \int_0^t f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} dt$$

$$F(t) = f_c t + \frac{1}{k} (f_0 - f_c)(1 - e^{-kt}) \dots\dots\dots(3.9)$$

Seperti telah dijelaskan di depan bahwa air hujan yang jatuh di permukaan tanah sebagian menguap, sebagian lainnya terinfiltrasi dan sisanya menjadi limpasan permukaan. Hujan yang berubah menjadi aliran permukaan disebut juga hujan efektif atau hujan lebihan (*excess rainfall*). Untuk hujan dengan durasi tinggi dan singkat, kehilangan air karena penguapan adalah kecil disbanding dengan infiltrasi. Air hujan yang berubah menjadi aliran permukaan dapat diperkirakan dengan mengurungkan kapasitas infiltrasi terhadap intensitas hujan (Gambar 3.5). Dalam gambar tersebut, bagian yang diarsir adalah bagian dari hujan yang berubah menjadi aliran permukaan, yaitu curah hujan dikurangi dengan kapasitas infiltrasi.



Gambar 3.4 Kapasitas infiltrasi dan infiltrasi kumulatif (Triatmodjo, 2008)



Gambar 3.5 Kapasitas infiltrasi dan intensitas hujan (Triatmodjo, 2008)

D. Kepadatan tanah

Menurut Mandang dan Nishimura (dalam Burdiono, 2012), Pemadatan tanah merupakan perubahan keadaan dimana terjadi penyusutan volume tanah atau terjadi kenaikan berat tanah pada satu satuan volume tertentu. Kondisi tanah atau tingkat kepadatan tanah dapat ditentukan dengan parameter parameter tertentu seperti *Void ratio*, porositas, *bulk density*, dan berat jenis isi. *Void ratio* adalah perbandingan antara volume pori terhadap volume padatan. Porositas adalah perbandingan volume pori terhadap volume total. *Bulk density* adalah perbandingan berat tanah terhadap volume tanah total dan berat isi tanah adalah perbandingan berat kering tanah terhadap volume padatan.

Menurut Harris (dalam Burdiono, 2012) menyatakan bahwa ada empat hal yang mungkin terjadi sehingga menghasilkan perubahan tingkat kepadatan tanah, yaitu :

1. Pemampatan partikel-partikel padatan tanah.
2. Pendesakkan cairan dan gas pada ruang pori tanah.
3. Perubahan kandungan cairan dan gas di dalam ruang pori tanah.
4. Perubahan susunan partikel-partikel padatan tanah.

Hakim (dalam Burdiono, 2012) menjelaskan bahwa pada umumnya kisaran *partikel density* tanah–tanah mineral kecil adalah 1,6- 2,93 g/cm³. Hal ini

disebabkan mineral *kwarsa*, *feldspart* dan *silikat koloida* yang merupakan komponen tanah sekitar angka tersebut. Jika dalam tanah terdapat mineral–mineral berat seperti *magnetik*, *garmet*, *sirkom*, *tourmaline* dan *hornblende*, *partikel density* dapat melebihi $2,75 \text{ g/cm}^3$. Besar ukuran dan cara teraturnya partikel tanah tidak dapat berpengaruh dengan *partikel density*. Ini salah satu penyebab tanah lapisan atas mempunyai nilai *partikel density* yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan bawahnya. karena banyak mengandung bahan organik

Menurut Mandang dan Nishimura (dalam Burdiono, 2012) menyatakan bahwa gaya-gaya pada tanah dapat diklasifikasikan dalam dua katagori yaitu internal dan eksternal. Gaya-gaya internal timbul pada proses pembekuan, pengeringan dan pengerutan/penyusutan pada tanah. Gaya-gaya eksternal bersumber pada berbagai bentuk pembebanan tanah dari benda-benda di sekitar massa tanah, seperti bangunan, kendaraan dan kegiatan yang berlangsung di sekitar massa tanah. Gaya-gaya internal dapat dikatakan bersumber dari proses alam sedangkan gaya-gaya eksternal adalah ciptaan manusia.

Bulk density sangat berhubungan erat dengan *partikel density*, jika *partikel density* tanah sangat besar maka *bulk density* juga besar, hal ini dikarenakan *partikel density* berbanding lurus dengan *bulk density*, namun apabila sebuah tanah memiliki tingkat kadar air tanah yang tinggi maka *partikel density* dan *bulk density* akan rendah hal ini dikarenakan *bulk density* berbanding terbalik dengan kadar air tanah, dapat kita buktikan apabila di dalam suatu tanah memiliki tingkat kadar air yang tinggi dalam menyerap air maka kepadatan tanah juga akan rendah karena pori-pori di dalam tanah besar sehingga tanah yang memiliki pori yang besar akan lebih mudah memasukkan air di dalam agregat tanah, Hanafiah (dalam Burdiono, 2012).

E. Kadar air tanah

Air tanah merupakan fase cairan tanah yang mengisi sebagian atau keseluruhan ruang pori tanah. Air tanah berperan penting dari segi pedogenesis maupun dalam hubungannya dengan pertumbuhan tanaman (*Edapologi*). Pertukaran kation, dekomposisi bahan organik, pelarutan unsur hara, evapotranspirasi, dan kegiatan jasad-jasad mikro hanya dapat berlangsung dengan baik bila tersedia air dan udara yang cukup. Persediaan air dalam tanah tergantung

dari banyaknya curah hujan atau air irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi, dan tingginya muka air tanah. Air dapat meresap atau ditanah oleh tanah karena gaya-gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi.

Kadar air tanah dapat dinyatakan sebagai perbandingan berat air tanah terhadap berat tanah basah, perbandingan berat air tanah terhadap berat tanah kering, dan perbandingan volume air tanah terhadap volume tanah. Tanah basah adalah tanah yang mempunyai kandungan air diatas kapasitas lapang dimana kandungan air tanah dalam kondisi pori makro tanah terisi oleh udara sedangkan pori mikro diisi seluruhnya atau sebagian oleh air. Tanah kering adalah tanah yang mempunyai kandungan air kurang dari titik layu permanen dimana kandungan air yang tertinggal di dalam tanah berada dalam pori mikro yang terkecil dan di sekitar butir-butir tanah, sedangkan tanah lembab adalah tanah yang mempunyai kandungan air diantara kapasitas lapang dan titik layu permanen dimana pada keadaan ini, air akan tersedia bagi tanaman, Sarief (dalam Saribun, 2007).

F. Limpasan

Limpasan adalah apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) diatas permukaan tanah.

Aliran Permukaan (*surface flow*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. Aliran permukaan disebut juga aliran langsung (*direct runoff*). Aliran permukaan dapat terkonsentrasi menuju sungai dalam waktu singkat, sehingga aliran permukaan merupakan penyebab utama terjadinya banjir. Aliran antara (*interflow*) adalah aliran dalam arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara terdiri dari gerakan air dan lengas tanah secara lateral menuju elevasi yang lebih rendah. Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut (Triatmodjo, 2008).

Menurut (Sosrodarsono, 2003), terdapat dua kelompok faktor-faktor yang berhubungan dengan limpasan, antara lain :

1. Elemen-elemen meteorologi

a. Jenis presipitasi

Pengaruhnya terhadap limpasan sangat berbeda, yang tergantung pada jenis presipitasinya yakni hujan atau salju. Jika hujan maka pengaruhnya adalah langsung dan hidrograf itu hanya dipengaruhi intensitas curah hujan dan besarnya curah hujan.

b. Intensitas curah hujan

Pengaruh intensitas curah hujan pada limpasan permukaan tergantung dari kapasitas infiltrasi. Jika intensitas curah hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka besarnya limpasan permukaan akan segera meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas curah hujan. Akan tetapi besarnya peningkatan limpasan itu tidak sebanding dengan peningkatan curah hujan yang lebih, yang disebabkan oleh efek penggenangan di permukaan tanah.

c. Lamanya curah hujan

Disetiap daerah aliran terdapat suatu lamanya curah hujan yang kritis. Jika lamanya curah hujan itu kurang dari lamanya yang kritis, maka lamanya limpasan itu praktis akan sama dan tidak tergantung dari intensitas curah hujan.

d. Arah pergerakan curah hujan

Umumnya pusat curah hujan bergerak, curah hujan lebat yang bergerak sepanjang sistem aliran sungai akan sangat mempengaruhi debit puncak dan lamanya limpasan permukaan.

e. Curah hujan terdahului dan kelembaban tanah

Jika kadar kelembaban lapisan teratas tanah tinggi, maka akan mudah terjadi banjir karena kapasitas infiltrasi yang kecil.

2. Elemen daerah pengaliran

a. Kondisi penggunaan tanah (*land use*)

Daerah hutan yang ditutupi tumbuh-tumbuhan yang lebat akan sulit mengadakan limpasan karena kapasitas infiltrasinya yang besar. Jika daerah hutan ini dijadikan daerah pembangunan dan dikosongkan, maka kapasitas infiltrasi akan turun karena pemampatan permukaan tanah.

b. Daerah pengaliran

Jika semua faktor-faktor termasuk besarnya curah hujan, intensitas curah hujan dan lain-lain itu tetap, maka limpasan itu (yang dinyatakan dengan dalamnya air rata-rata) selalu sama, dan tidak tergantung dari luas daerah pengaliran.

c. Kondisi topografi dalam daerah pengaliran

Corak daerah pengaliran adalah faktor bentuk, yakni perbandingan panjang sungai utama terhadap lebar rata-rata daerah pengaliran. Jika faktor bentuk menjadi lebih kecil dengan kondisi skala perbandingan yang sama, maka hujan lebat merata akan berkurang dengan perbandingan sama sehingga sulit akan terjadi banjir. Elevasi daerah pengaliran dan elevasi rata-rata mempunyai hubungan yang penting terhadap suhu dan curah hujan. Demikian pula gradiennya mempunyai hubungan dengan infiltrasi, limpasan permukaan, kelembaban dan pengisian air tanah. Gradien daerah pengaliran adalah faktor penting yang mempengaruhi waktu mengalirnya permukaan, waktu konsentrasi ke sungai dari curah hujan dan mempunyai hubungan langsung terhadap debit banjir.

d. Jenis tanah

Mengingat bentuk butir-butir tanah, coraknya dan cara mengendapnya adalah faktor-faktor yang menentukan kapasitas infiltrasi, maka karakteristik limpasan itu sangat dipengaruhi oleh jenis tanah daerah pengaliran itu.