

BAB III

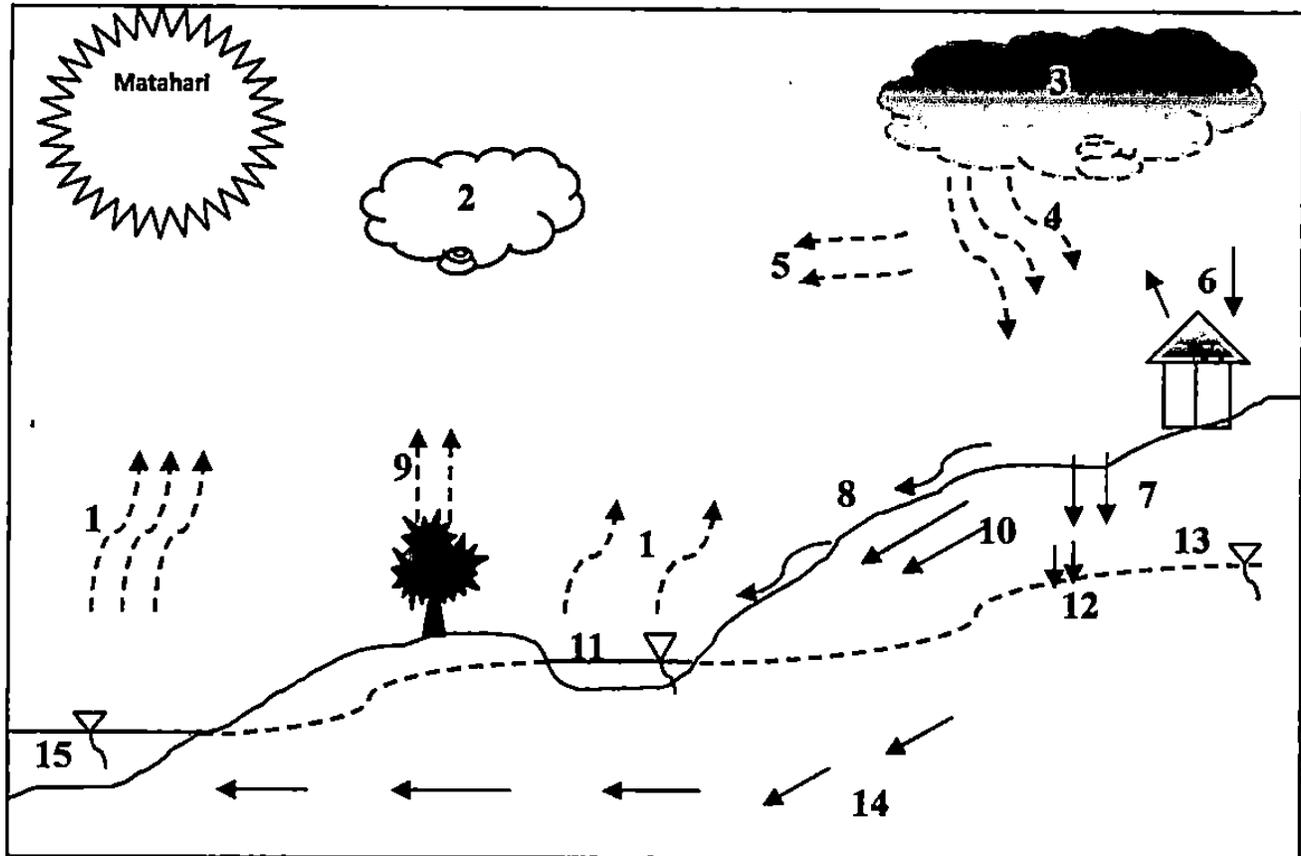
LANDASAN TEORI

A. Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu tentang kehadiran dan gerakan air di bumi, meliputi bentuk air, termasuk perubahan 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 (Soemarto, 1999). Salah satu definisi yang memberikan batasan pengertian hidrologi adalah oleh *Federal Council for Science and Technology USA* (Chow, 1964), yang menyatakan bahwa hidrologi adalah ilmu tentang seluk beluk air di bumi, kejadiannya, peredarannya dan distribusinya, sifat alami dan kimianya, serta reaksinya terhadap kehidupan manusia.

Secara umum peranan ilmu hidrologi adalah untuk analisis karakteristik keberadaan air tentang jumlah, waktu dan tempat, serta persoalan yang ada terkait dengan rencana pemanfaatan sumber daya air. Selanjutnya hasil analisis tersebut merupakan masukan untuk menyusun petunjuk perencanaan dan pengelolaan sumberdaya air.

Daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Siklus peristiwa tersebut sebenarnya tidaklah sesederhana yang dibayangkan (Soemarto, 1999). Daur hidrologi



Keterangan :

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Penguapan (<i>evaporation</i>) | 9. Transpirasi |
| 2. Awan | 10. Aliran antara (<i>interflow</i>) |
| 3. Awan penyebab hujan | 11. Aliran permukaan |
| 4. Hujan (<i>rain fall</i>) | 12. Perkolasi |
| 5. Penguapan kembali | 13. Muka air tanah |
| 6. Intersepsi | 14. Aliran air tanah (<i>groundwater flow</i>) |
| 7. Infiltrasi (<i>infiltration</i>) | 15. Laut |
| 8. Aliran limpasan | |

Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

Sebagian massa air terangkat ke atas permukaan bumi melalui proses penguapan (*evaporasi*) di laut dan di permukaan bumi, yaitu berupa penguapan dari permukaan air di sungai, waduk, permukaan tanah serta transpirasi dari tanaman

Proses *penguapan* dapat terjadi karena adanya pemanasan oleh matahari sebagai sumber energi bagi alam.

Uap air yang terangkat ke atas atmosfer dan melalui proses kondensasi dapat membentuk butiran awan. Kondisi klimatologi tertentu dapat membawa butir awan tersebut ke atas daratan membentuk awan hujan (*rain cloud*).

Tidak semua butir awan hujan tersebut akan jatuh sampai di permukaan bumi sebagai hujan, ukuran butir awan hujan yang tidak cukup berat untuk melawan gaya gesekan dan gaya tekan udara ke atas akan melayang dan diuapkan kembali menjadi awan. Bagian yang sampai di bumi dikatakan sebagai hujan (*precipitation*) yang sebagian akan tertahan oleh tanaman dan bangunan yang akan diuapkan kembali. Bagian yang tertahan ini merupakan air hujan yang tak terukur dan disebut intersepsi (*interception*).

Bagian hujan yang sampai di permukaan tanah akan mengalir sebagai limpasan permukaan (*overland flow*) menuju ke tampungan aliran berupa saluran atau sungai menuju laut. Sebelum sampai di saluran atau sungai limpasan permukaan tersebut akan mengalami proses infiltrasi ke bawah permukaan tanah yang sebagian akan bergerak terus ke bawah merupakan air perkolasi menuju zona tampungan air tanah (*aquifer, groundwater storage*) dan sebagian lain bergerak mendatar di bawah permukaan tanah sebagai *subsurface flow* atau aliran anantara (*interflow*) menuju ke saluran, tampungan waduk, danau, sungai atau laut. Seringkali bagian yang melimpas menuju alur sungai disebut dengan aliran permukaan tanah (*surface runoff*).

Rangkaian proses alam tersebut berjalan secara terus menerus membentuk daur

hidrologi. Secara kuantitatif daur hidrologi membentuk proses imbangan air secara global (Harimawan, 2002).

B. Hujan (Presipitasi)

1. Gambaran umum

Presipitasi adalah curahan atau jatuhnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dan laut dalam bentuk yang berbeda, yaitu curah hujan di daerah tropis dan curah hujan serta salju di daerah beriklim sedang. Mengingat bahwa di daerah tropis presipitasi hanya ditemui dalam bentuk curah hujan, maka presipitasi dalam konteks daerah tropis adalah sama dengan curah hujan. Presipitasi adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah yaitu perubahan bentuk dari uap air di atmosfer menjadi curah hujan sebagai akibat proses kondensasi (Asdak, 2007).

Sebagai akibat terjadinya penguapan, maka terbentuk titik-titik uap air pembentuk awan yang apabila keadaan klimatologik memungkinkan, awan dapat terbawa ke darat dan dapat terbentuk menjadi awan pembawa hujan. Hujan akan terjadi apabila berat butir-butir air hujan lebih besar daripada gaya tekan udara ke atas. Jika berat awan penyebab hujan sudah lebih berat daripada gaya angkat udara ke atas maka akan terjadi air hujan. Air hujan yang jatuh ada sebagian yang menguap kembali sebelum mencapai permukaan tanah yang mencapai permukaan tanah disebut

2. Penakar hujan

Setiap penampang terbuka yang sisi-sisinya vertikal merupakan suatu alat ukur hujan yang dapat digunakan, akan tetapi mengingat pengaruh kecepatan angin dan percikan yang berubah-ubah, pengukuran tersebut tidak dapat dibandingkan kecuali bila ukuran dan bentuk penampung tadi sama dan dengan pemaparan (eksposur) yang sama pula (Linsley dkk, 1999).

Penakar hujan merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk penentuan curah hujan. Penakar hujan biasa merupakan penakar hujan yang mudah dilakukan untuk mendapatkan data curah hujan di lapangan secara sederhana (Soemarto, 1987, dalam Ikhsan dkk, 2003)

$$d = \frac{V}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan,

d : Tinggi hujan, yaitu banyaknya atau jumlah hujan yang dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar (mm),

V : Volume air hujan, yaitu besarnya volume air hujan yang tertampung dalam gelas ukur (mm³).

A : Luas permukaan gelas ukur (mm²).

Kemudian setelah didapat data mengenai tinggi hujan, selanjutnya dicari data mengenai intensitas hujan yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Soemarto, 1987, dalam Ikhsan dkk, 2003).

$$i = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan,

- i : Intensitas hujan, yaitu laju curah hujan dengan tinggi air per satuan waktu (mm/menit). Derajat hujan dan intensitas curah hujan dapat dilihat dalam Tabel III.1.
- d : Tinggi hujan, yaitu banyaknya atau jumlah hujan yang dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar (mm),
- t : Lama waktu hujan atau durasi hujan, yaitu lama curah hujan yang terjadi (menit atau jam).

Tabel III.1 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Derajat hujan	Intensitas curah hujan (mm/menit)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 0,02	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit.
Hujan lemah	0,02 – 0,05	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel
Hujan normal	0,05 – 0,25	Dapat dibuat puddel dan bunyi curah hujan kedengaran.
Hujan deras	0,25 – 1	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan kedengaran dari genangan.
Hujan sangat deras	1	Hujan seperti ditumpahkan, saluran dan rainasi meluap.

Sumber : Sosrodarsono, 1993

Penakar hujan biasanya seperti yang sudah diuraikan sebelumnya hanya untuk mendapatkan data curah hujan di suatu tempat pada titik tertentu (*point rainfall*). Jika

dalam suatu area terdapat beberapa alat penakar hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk menentukan nilai curah hujan (Soemarto, 1987 dalam Ikhsan dkk, 2003).

C. Evapotranspirasi dan Intersepsi

Evapotranspirasi adalah keseluruhan jumlah air yang berasal dari permukaan tanah, air dan vegetasi yang diuapkan kembali ke atmosfer. Dengan kata lain, besarnya evapotranspirasi adalah jumlah evaporasi (penguapan air berasal dari permukaan tanah), intersepsi (penguapan kembali air hujan dari permukaan tajuk vegetasi) dan transpirasi (penguapan air tanah ke atmosfer melalui vegetasi). Beda antara intersepsi dan transpirasi adalah bahwa pada proses intersepsi air yang diuapkan kembali ke atmosfer tersebut adalah air hujan yang tertampung sementara pada tajuk dan bagian lain pada vegetasi, sedangkan transpirasi adalah penguapan air yang berasal dari dalam tanah melalui tajuk vegetasi sebagai hasil proses fisiologi vegetasi (Asdak, 2007).

Intersepsi air hujan (*rainfall interception loss*) adalah proses ketika air hujan jatuh pada permukaan vegetasi, tertahan beberapa saat, untuk kemudian diuapkan kembali (“hilang”) 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 hujan yang tak pernah mencapai permukaan tanah, dan 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 (Asdak, 2007).

D. Limpasan Permukaan

1. Gambaran umum

Limpasan permukaan adalah air yang mengalir di atas permukaan sepanjang waktu (Soemarto, 1999). Definisi lain menurut Asdak (2007), limpasan permukaan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan.

Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah, sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah.

2. Koefisien limpasan

Koefisien aliran permukaan adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan (Asdak, 2007). Secara sistematis nilai koefisien dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Koefisien Limpasan (C)} = \frac{\text{Limpasan permukaan (mm)}}{\text{Curah hujan (mm)}} \quad (3.3)$$

Tabel III.2 Nilai Koefisien Aliran Permukaan Pada Berbagai Jenis Lahan

Deskripsi lahan / Karakter permukaan	Koefesien Limpasan (C)
Perumahan	0,30 - 0,50
Rumah tunggal	0,40 - 0,60
Multiunit, terpisah	0,60 - 0,75
Multiunit, tergabung	0,25 - 0,40
Perkampungan	0,50 - 0,70
Apartemen	
Perkerasan	0,70 - 0,95
Aspal dan beton	0,50 - 0,70
Batu bata, paving	0,75 - 0,95
Atap	
Halaman, tanah pasir	0,05 - 0,10
Datar, 2%	0,10 - 0,15
Rata-rata, 2 - 7%	0,15 - 0,20
Curam, 7%	
Halaman, tanah berat	0,13 - 0,17
Datar, 2%	0,18 - 0,22
Rata-rata, 2 - 7%	0,22 - 0,35
Curam, 7%	0,20 - 0,35
Taman tempat bermain	0,10 - 0,25
Taman, pekuburan	

Sumber : McGuen (1989 dalam Suripin, 2004)

Menurut Sosrodarsono (1993), aliran sungai itu tergantung dari berbagai faktor secara bersamaan, antara lain :

a. Elemen-elemen meteorologi

1) Jenis presipitasi

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

2) 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.

3) Lamanya curah hujan

Di setiap 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.

4) 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.

5) Curah hujan terdahului dan kelembaban tanah

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

b. Elemen daerah pengaliran

1) Kondisi pengaliran tanah (*Land use*)

Daerah hutan yang ditutupi tumbuh-tumbuhan yang lebat adalah 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.

2) 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.

3) 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 yang 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 aliran permukaan waktu

konsentrasi ke sungai dari curah hujan dan mempunyai hubungan langsung terhadap debit banjir.

4) Jenis tanah

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

E. Pengukuran Debit Aliran

1. Metode volumetrik

Metode volumetrik adalah metode pengukuran debit aliran dengan cara mencatat waktu yang diperlukan untuk mengisi tempat ukur debit yang kapasitasnya dapat diketahui atau dapat dihitung. Metode ini cukup teliti apabila kapasitas debit yang diukur kecil.

Besarnya debit aliran yang terjadi dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan,

Q : Debit aliran (liter/detik),

V : Volume aliran yang tertampung pada tempat ukur debit (liter),

t : Waktu pengisian tempat ukur debit (detik)

Pengukuran debit dengan cara volumetrik dapat dilakukan apabila aliran yang terjadi pada saluran memusat pada satu titik, sehingga seluruh aliran dapat tertampung dalam tempat ukur debit.

2. Persamaan kontinuitas

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa volume aliran air yang melalui saluran tiap satu satuan waktu adalah sama disemua tampang. Hal ini biasanya terjadi apabila aliran yang mengalir kontinu. Persamaan ini dinyatakan sebagai berikut :

$$Q = A \cdot v \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan,

- Q : Debit aliran (liter/detik),
- A : Luas tampang basah (dm²),
- v : Kecepatan aliran (dm/detik),

F. Infiltrasi

1. Gambaran umum

Infiltrasi adalah proses aliran air masuk ke dalam tanah. Perkolasi merupakan proses kelanjutan aliran air tersebut ke tanah yang lebih dalam. Dengan kata lain, infiltrasi adalah aliran air masuk ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (gerakan air ke arah lateral) dan gravitasi (gerakan air ke arah vertikal) (Aedah, 2007). Daya infiltrasi (f_i) adalah laju infiltrasi maksimum yang

dimungkinkan, yang ditentukan oleh kondisi permukaan, termasuk lapisan atas tanah. Besarnya daya infiltrasi dinyatakan dalam mm/jam atau mm/hari (Soemarto, 1999).

Ketika air hujan jatuh di atas permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. Proses masuknya air hujan ke dalam tanah disebabkan oleh tarikan gaya gravitasi dan gaya kapiler tanah. Laju air infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi di batasi oleh besarnya diameter pori-pori tanah. Di bawah pengaruh gaya gravitasi, air hujan mengalir tegak lurus ke dalam tanah melalui profil tanah. Pada sisi yang lain, gaya kapiler bersifat mengalirkan air tersebut tegak lurus ke atas, ke bawah, dan ke arah horizontal. Gaya kapiler tanah ini bekerja nyata pada tanah dengan pori-pori yang relatif kecil. 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.

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

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 makin kecil. Akibatnya limpasan permukaannya makin kecil, sehingga debit puncaknya juga akan lebih kecil.

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

Pengisian lengas tanah dan air tanah penting untuk tujuan pertanian. Akar tanaman menembus zone tidak jenuh dan menyerap air yang diperlukan untuk evapotranspirasi dari zona 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 lengas tanah ini dapat pula diperoleh dari kenaikan kapiler air tanah.

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

Menurut Soemarto (1999), faktor-faktor yang mempengaruhi daya infiltrasi (f_p) antara lain :

- a. Dalamnya genangan di atas permukaan tanah (*surface detention*) dan tebal lapisan jenuh

Infiltrasi air melalui permukaan tanah pada sebuah daerah genangan dapat diumpamakan sama dengan aliran lewat di atas pipa-pipa yang sangat kecil, dalam jumlah yang sangat besar.

- b. Kadar air dalam tanah

Jika pada saat hujan keadaan tanah masih sangat kering, maka di dalam tanah akan terjadi tarikan kapiler searah dengan gravitasi sehingga

memberikan f_p yang lebih tinggi. Jika air mengalami perkolasi ke bawah, lapisan permukaan tanah menjadi setengah jenuh, yang menyebabkan mengecilnya gaya-gaya kapiler sehingga besarnya f_p akan menurun.

Jika sebelum turun hujan, permukaan tanahnya sudah lembab, f_p akan lebih rendah jika dibandingkan dengan permukaan tanah yang semula kering. Suatu tanah berbutir halus yang dapat digolongkan sebagai koloid, bila terkena air dan menjadi basah akan mengembang. Pengembangan tersebut mengakibatkan berkurangnya volume pori-pori (*micro voids*), sehingga daya infiltrasinya akan mengecil pula. Ini merupakan alasan mengapa tanah yang berbutir halus f_p akan lebih cepat mengecil dengan bertambahnya durasi hujan.

c. Pemampatan oleh curah hujan

Gaya pukulan butir-butir air hujan terhadap permukaan tanah akan mengurangi daya infiltrasi. Akibat pukulan-pukulan tersebut, butir-butir tanah yang lebih halus di lapisan permukaan tanah akan terpecah dan masuk ke dalam ruang-ruang antar, sehingga terjadi efek pemampatan. Permukaan tanah yang terdiri dari lapisan yang bercampur tanah liat akan menjadi kedap air karena dimampatkan oleh pukulan butir-butir air hujan tersebut. Tetapi tanah pasir (*sandy soil*) tanpa campuran bahan-bahan lain tidak akan dipengaruhi oleh gaya pukulan butir-butir hujan itu. Pemampatan oleh injakan orang atau binatang dan lalu lintas kendaraan sangat mempengaruhi penurunan daya infiltrasi.

d. Tumbuh-tumbuhan

Lindungan tumbuh-tumbuhan yang padat misalnya rumput atau hutan cenderung untuk meningkatkan fp , ini disebabkan oleh sistem akar yang padat yang menembus ke dalam tanah, lapisan sampah (*debris*) organik dari daun-daun atau akar-akar dari sisa-sisa tanaman yang membusuk membentuk permukaan empuk (*sponge like surface*), binatang-binatang dan serangga-serangga pembuat liang membuka jalan ke dalam tanah dari pukulan butir-butir hujan dan dengan transpirasi tumbuh-tumbuhan mengambil air dari dalam tanah sehingga memberikan ruangan bagi proses infiltrasi berikutnya.

e. Kelandaian tanah

Proses infiltrasi dipengaruhi tingkat kelandaian tanah. Pada tanah yang landai, air yang melimpas akan lebih banyak dari pada yang meresap. Hal ini disebabkan air limpasan mempunyai kemampuan mengalir lebih cepat dibanding waktu yang diperlukan tanah untuk meresapkan air tersebut.

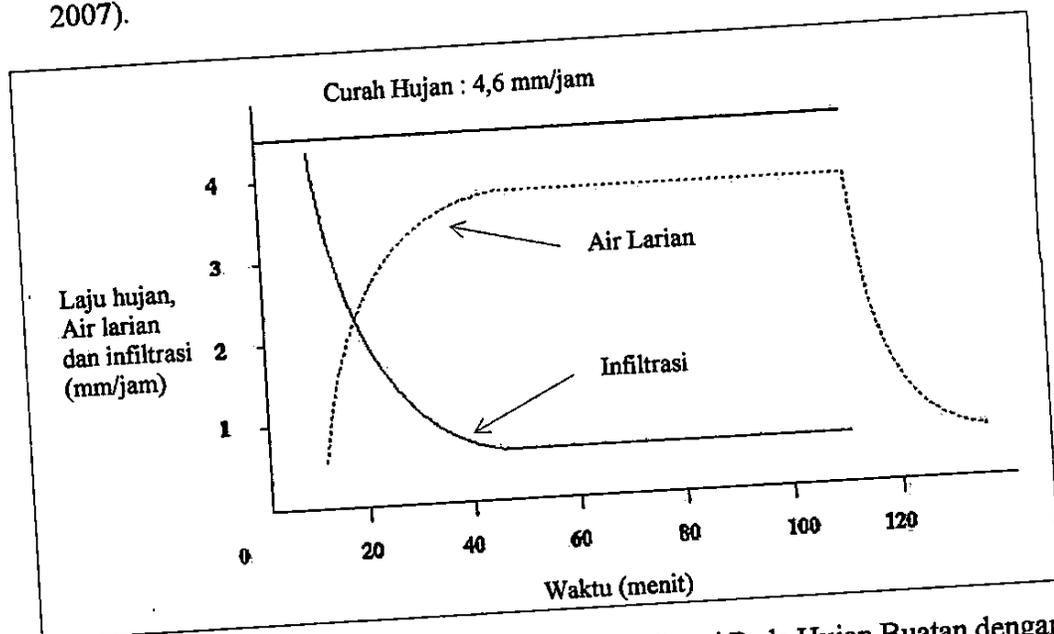
f. Lain-lain

Rekahan-rekahan tanah akibat kekeringan akan menaikkan daya infiltrasi pada awal musim hujan. Sebaliknya udara yang terperangkap di antara butir-butir tanah dapat menurunkan daya infiltrasi. Demikian pula

Seperti yang telah diuraikan di atas, bahwa daya infiltrasi menurun selama waktu hujan sebagai akibat dari :

- 1) Pemampatan permukaan tanah oleh pukulan butir-butir air hujan
- 2) Mengembangnya tanah liat dan partikel-partikel humus oleh lembabnya tanah
- 3) Tersumbatnya pori-pori oleh masuknya butir-butir tanah yang lebih kecil
- 4) Terperangkapnya udara dalam pori-pori

Data infiltrasi umumnya digambarkan dalam bentuk kurva seperti tampak pada Gambar 3.2. Gambar tersebut menunjukkan hubungan laju infiltrasi dan air larian yang umum dijumpai pada hujan buatan dengan intensitas tetap (Asdak, 2007).



Gambar 3.2 Kurva Hubungan Air Larian dan Infiltrasi Pada Hujan Buatan dengan Intensitas Tetap (Asdak, 2007)

G. Tanah

1. Gambaran umum

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antar butiran yang 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. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang kecil, dapat terjadi akibat adanya pengaruh erosi, angin, es, air, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca (Hardiyatmo, 1992).

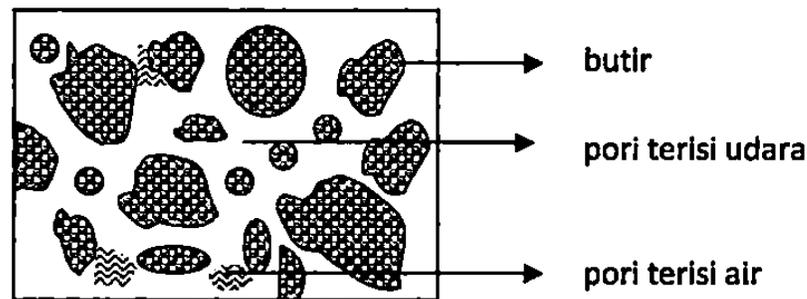
Istilah pasir, lempung, lanau, atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan. Akan tetapi istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis (Hardiyatmo, 1992).

2. Komponen-komponen tanah

a. Pada kondisi normal

Tanah terdiri atas beberapa bagian, yaitu :

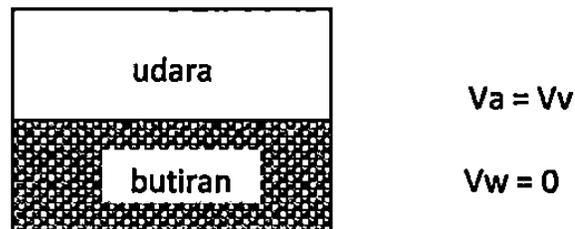
- 1) Butiran-butiran (*solid* = padat)
- 2) Ruang pori (*void*), bisa berisi : udara (*air*), air (*water*) atau udara + air



Gambar 3.3 Komponen Tanah (Widianti, 2004)

b. Pada kondisi khusus

- 1) Pada kondisi kering, seluruh pori dari tanah terisi udara, sehingga komponen tanah hanya terdiri dari udara dan butiran.



Gambar 3.4 Komponen Tanah Kering (Widianti, 2004)

- 2) Pada kondisi jenuh / kenyang air, seluruh pori dari tanah terisi air, sehingga komponen tanah hanya terdiri dari air dan butiran.



Gambar 3.5 Komponen Tanah Jenuh Air (Widianti, 2004)

Pada umumnya komponen tanah menggambarkan kondisi lapisan tanah akibat pengaruh pergerakan air. Sebelum turun hujan kondisi tanah pada lapisan permukaan adalah kering sehingga mempunyai daya resap yang tinggi terhadap air yang mengalir di permukaan. Kondisi sebaliknya terjadi pada saat hujan deras, komponen tanah sebagian telah terisi air sehingga daya resap lebih kecil.

Indikasi banyaknya jumlah air dalam suatu lapisan tanah dapat ditentukan oleh besarnya nilai kadar air tanah. Kadar air adalah perbandingan antara berat air dari tanah dengan berat butiran tanah. Nilainya dinyatakan dalam prosen (%). Semakin besar nilai kadar air maka semakin kecil daya infiltrasinya.

3. Jenis-jenis tanah

Klasifikasi tanah sangat diperlukan untuk memberi gambaran atau mengidentifikasi mengenai sifat-sifat tanah guna perencanaan dan pelaksanaan suatu pekerjaan struktur. Berdasarkan parameter berat jenis tanahnya, maka jenis tanah dikelompokkan seperti pada Tabel III.3.

Tabel III.3 Jenis Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah

Macam tanah	Berat jenis (G)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tidak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : Hardiyatmo, 1992

Tipe dan penyebaran jenis tanah dalam suatu DAS sangat penting untuk mengontrol aliran bawah permukaan (*subsurface flow*) melalui proses infiltrasi

Variasi tipe tanah dengan kedalaman dan luas tertentu akan mempengaruhi karakteristik infiltrasi dan timbunan kelembaban tanah (*soil moisture storage*). Oleh karena itu, dalam sebuah usaha perancangan dan perencanaan suatu bangunan air serta pengelolaan sumber daya air tanah maka parameter dan jenis tanah menjadi bagian yang penting.

H. Sumberdaya Air Permukaan

Akibat perencanaan dan implementasi pengembangan kawasan yang salah, yaitu perencanaan yang belum memasukkan faktor konservasi sumber daya air seperti konsep yang mengartikan bahwa drainasi adalah upaya mengalirkan air secepat-cepatnya ke sungai dan selanjutnya ke hilir, menyebabkan permasalahan mengenai sumber daya air permukaan di Indonesia semakin kompleks. Akibat kesalahan tersebut sekarang ini Indonesia dihadapkan pada masalah – masalah seperti banjir, kekeringan, tanah longsor dan masih banyak lagi

Kesalahan ini perlu diatasi dengan mengubah paradigma konsep drainasi menuju konsep drainasi ramah lingkungan, yaitu upaya mengalirkan air limpasan permukaan di suatu kawasan dengan cara meresapkan air atau mengalirkan secara alamiah dan bertahap ke sungai. Metode yang cocok untuk ini misalnya dengan pembuatan model infiltrasi dengan bentuk kolam kecil atau sumur resapan (Maryono, 2005).

Drainasi berasal dari bahasa inggris *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Dalam bidang teknik sipil

drainasi secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu (Suripin, 2004).

Sampai saat ini, daya tampung dan penampang melintang sebuah saluran drainasi direncanakan dengan memperkirakan potensi jumlah debit limpasan permukaan pada suatu tataguna lahan akibat hujan. Dengan kata lain beban drainasi maksimum terjadi pada saat turun hujan dengan intensitas yang tinggi dan durasi waktu yang lama. Kemudian beban tersebut dialirkan menuju badan air. Apabila sebagian besar dasar dari saluran drainasi perkotaan didesain kedap air, dapat dibayangkan betapa besarnya beban yang diterima oleh sungai yang berada di dekat sebuah kawasan pemukiman. Beberapa konsep drainasi, yakni :

1. Drainasi konvensional

Drainasi konvensional adalah upaya membuang atau mengalihkan air kelebihan secepat-cepatnya ke sungai terdekat. Bahkan drainasi konvensional sering diartikan sebagai upaya pengeringan kawasan. Konsep masterplan drainasi kota dan kawasan pemukiman di seluruh Indonesia yang digunakan sampai sekarang pada umumnya masih konsep drainasi konvensional (Maryono, 2005).

Konsep mengalihkan air secepat-cepatnya ke sungai berakibat resiko banjir di kawasan tengah dan hilir daerah aliran sungai semakin tinggi. Upaya pengeringan kawasan dengan membuang kelebihan air ke sungai berarti juga

menurunkan kesempatan bagi air untuk meresap ke dalam tanah, sehingga cadangan air tanah akan berkurang. Apabila peristiwa ini terjadi maka akan terjadi kekeringan dimusim kemarau.

2. Drainasi ramah lingkungan

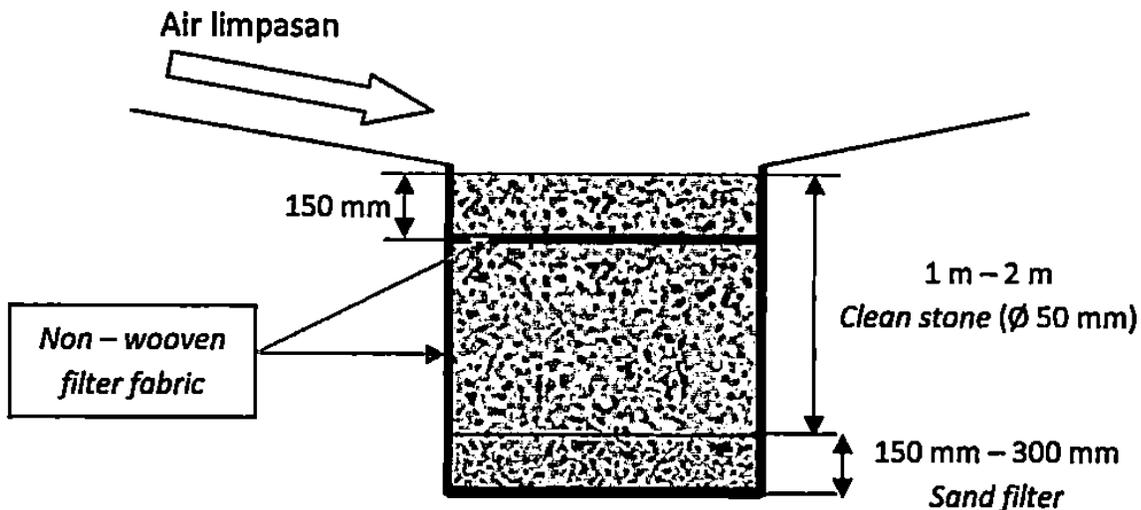
Pemahaman baru sebagai jawaban dari penanggulangan kekeringan dan bencana banjir akibat pemakaian konsep drainasi konvensional adalah dikembangkannya drainasi ramah lingkungan. Menurut Maryono (2005) drainasi ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara sebesar-besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya.

Beberapa metode drainasi ramah lingkungan yang dipakai di Indonesia antara lain metode kolam konservasi, metode sumur resapan, metode *river side polder* dan metode pengembangan areal perlindungan air tanah (*ground water protection area*).

3. *Low Impact Development (LID)*

Low Impact Development (LID) merupakan suatu pembaharuan dalam pengelolaan air dengan prinsip dasar terbuat dari alam (natural). Pengembangan LID dimulai dengan memperkenalkan *Bioretention system* pada pertengahan tahun 1990-an di daerah Prince George, Maryland. Desain LID digunakan untuk menghilangkan polutan-polutan dari air dan mengurangi volume *run-off* atau limpasan (Anonim, 1999 dalam Lubita, 2007). Salah satu cabang LID adalah

Bioretention System. Sketsa desain *Bioretention System* dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Tampak samping desain *Bioretention system* (Anonim, 1996 dalam Prasetyo, 2007)

Dari Gambar 3.6 dapat dijelaskan bahwa *Bioretention system* memiliki :

- 1) *Ponding* atau kolam dimaksudkan untuk tempat tampungan limpasan pada area yang cekung. Dapat diisi dengan media tertentu seperti pasir dan kerikil.
- 2) *Non-woven filter fabric* yaitu tempat penyaring air yang dapat diisi dengan berbagai media penyaring.
- 3) *Sand* atau pasir, merupakan jenis media penyerap air yang mudah dialiri air, sehingga diharapkan mampu menyerap air limpasan dengan cepat.
- 4) *Clean stone* atau kerikil, yang juga merupakan media penyerap air yang baik karena butiran-butiran satu dengan yang lainnya tidak menyatu sehingga air dapat mengalir melalui celah-celah butiran.

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari sistem LID tersebut, antara lain adalah :

- 1) Biaya perawatan yang murah, karena sisten ini tidak memerlukan banyak perawatan.
- 2) Mengurangi volume limpasan pada saluran drainasi.
- 3) Menambah ketinggian muka air tanah dan melindungi kesempurnaan aliran.
- 4) Sebagai pencagaran air (*water conservation*).

Sistem LID ini juga memiliki keterbatasan antara lain :

- 1) Tidak dapat digunakan untuk memperlakukan area drainasi yang luas sehingga membatasi penggunaannya pada beberapa tempat.
- 2) Cenderung untuk membutuhkan wilayah yang luas (sekitar 50% area yang