

### **BAB III**

#### **LANDASAN TEORI**

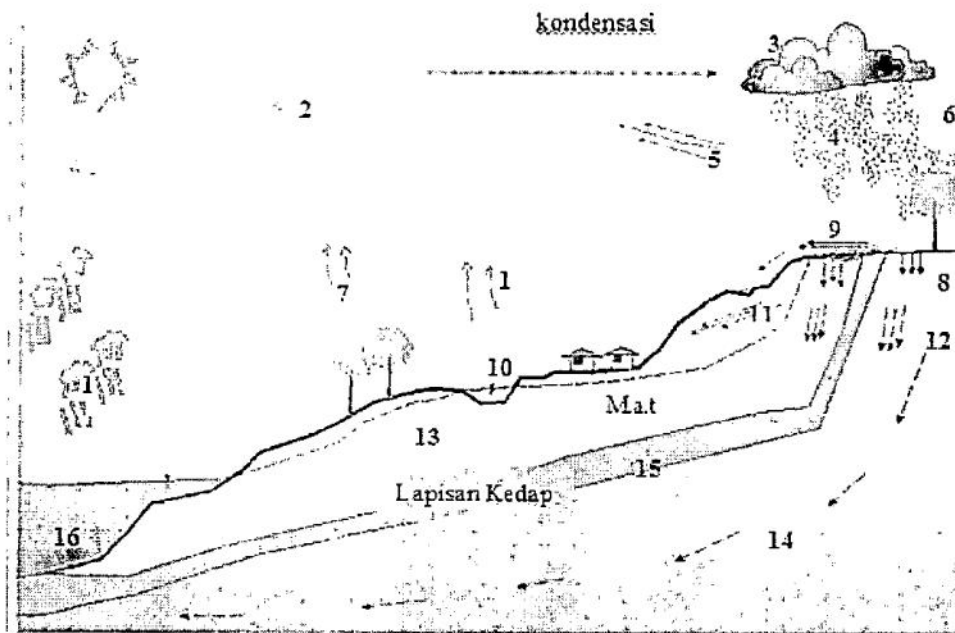
##### **A. Hidrologi**

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 kebutuhan manusia''(Chow, 1994 dalam Harimawan, 2002).

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.

##### **B. Daur Hidrologi**

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. Siklus hidrologi sangat kompleks dan mempunyai ruang lingkup yang luas, maka untuk analisa data diperlukan penyederhanaan sehingga diperoleh model yang mewakili keadaan sebenarnya Daur hidrologi dapat digambarkan secara skema pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi (Fitriansyah dalam Nugroho, 2008)

Keterangan :

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. Penguapan ( <i>evaporation</i> )   | 9. Aliran limpasan                               |
| 2. Awan                               | 10. Aliran permukaan                             |
| 3. Awan penyebab hujan                | 11. Aliran antara ( <i>interflow</i> )           |
| 4. Hujan ( <i>rainfall</i> )          | 12. Perkolasi ( <i>percolation</i> )             |
| 5. Penguapan kembali                  | 13. Muka air tanah                               |
| 6. Intersepsi                         | 14. Aliran air tanah ( <i>groundwater flow</i> ) |
| 7. Transpirasi                        | 15. Lapisan kedap air                            |
| 8. Infiltrasi ( <i>infiltration</i> ) | 16. Laut   |

4

Sebagian massa air terangkat ke atas permukaan bumi melalui proses penguapan (*evaporasi*) di laut dan di permukaan bumi, yaitu berupa penguapan dari tampungan 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 diupkan kembali menjadi awan. Bagian yang sampai di bumi dikatakan sebagai hujan (*precipitation*) yang sebagian akan tertahan oleh tanaman dan bangunan yang akan diupkan 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 antara (*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 imbalanced air secara global ( Harimawan, 2002 ).

### C. Hujan (Presipitasi)

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).

Fenomena turunnya air hujan (*presipitasi*) diyakini menjadi hal terpenting bagi kelanjutan hidup semua ekosistem di bumi, karena hal ini berkaitan langsung dengan daur hidrologi yang merupakan bagian utama dalam pertumbuhan

makhluk hidup secara umum dan perkembangan tingkat peradaban manusia pada khususnya.

Ada tiga faktor utama untuk terjadinya hujan (Asdak, 2007), yaitu:

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

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, 1999)

Tinggi hujan ( $d$ ) dan volume hujan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

$$V = I \times A \times t \dots \dots \dots (3.2)$$

Kemudian setelah didapat data mengenai tinggi hujan, selanjutnya di cari data mengenai intensitas hujan yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Soemarto, 1999) :

$$I = \frac{d}{t} \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan :

- 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)
- I : Intensitas hujan, yaitu laju curah hujan dengan tinggi air per satuan waktu (mm/menit)
- V : Volume air hujan, yaitu besarnya volume air hujan yang tertampung dalam gelas ukur (mL)
- A : Luas permukaan corong gelas ukur (mm<sup>2</sup>).

Derajat curah hujan dan intensitas hujan dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Derajat Hujan	Intensitas Curah hujan (mm/menit)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 0,002	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 drainasi meluap.

Sumber : Sosrodarsono, 1993

Tabel tersebut menunjukkan bahwa curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Jika durasi waktu lebih lama penambahan curah hujan adalah lebih kecil dibanding dengan penambahan waktu, karena hujan tersebut biasa berkurang atau berhenti.

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).

#### **D. 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).

#### **E. 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) (Asdak, 2007). Daya infiltrasi ( $f_p$ ) 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. Kelembaban tanah

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

- c. 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.

d. 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.

e. Tumbuh-tumbuhan

Lindungan tumbuh-tumbuhan yang padat misalnya rumput atau hutan cenderung untuk meningkatkan  $f_p$ . 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.

f. 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.

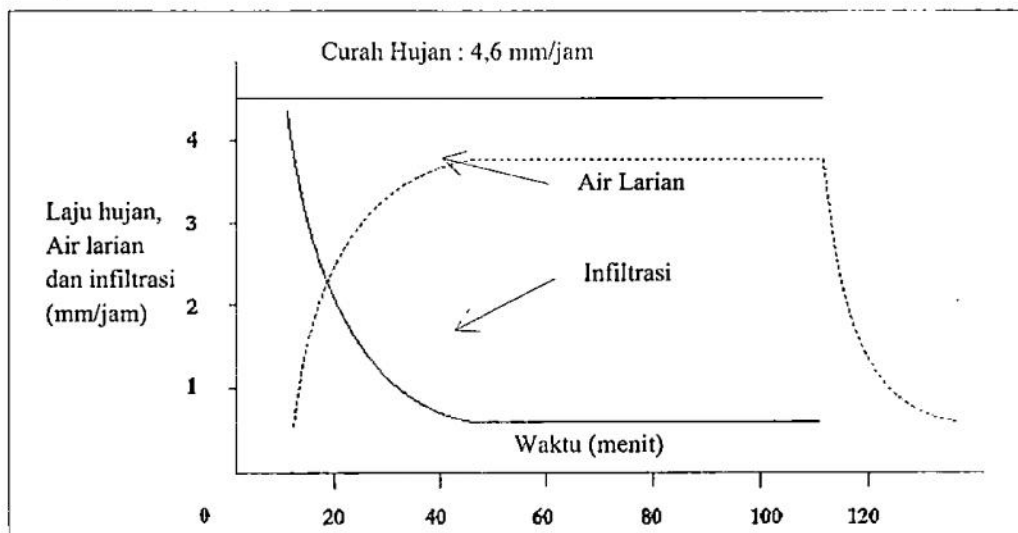
g. Lain-lain

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 kekentalan air yang dipengaruhi oleh suhu tanah dapat pula mempengaruhi besarnya daya infiltrasi.

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)

## F. Limpasan

### 1. Gambaran Umum

Limpasan adalah semua air yang bergerak keluar dari daerah pengaliran ke suatu aliran permukaan (*surface stream*), tidak memandang rutenya, apakah lewat rute permukaan atau lewat di bawah permukaan tanah (*surface atau subsurface*) (Soemarto,1995). Limpasan terdiri dari air yang berasal dari tiga sumber yaitu aliran permukaan, aliran antara dan aliran air tanah (Triatmodjo,2009).

Aliran permukaan (*surface flow*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan tanah. 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, yang akhirnya masuk ke sungai. Proses aliran antara ini lebih lambat dari aliran permukaan, dengan tingkat kelambatan dalam beberapa jam sampai hari.

Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju ke sungai atau langsung ke laut. Air hujan yang terinfiltrasi melalui permukaan tanah sebagian menjadi aliran antara dan sebagian yang lain mengalir ke bawah (perkolasi) sehingga mencapai muka air tanah. Muka air tanah mempunyai kemiringan yang sangat kecil, dan aliran air searah dengan kemiringan tersebut menuju ke sungai sebagai aliran dasar (*base flow*). Proses aliran air tanah ini lebih lambat dari aliran antara, dengan tingkat kelambatan dalam mingguan sampai tahunan.

Menurut Sosrodarsono (1993 dalam Anjar, 2008), terdapat dua kelompok faktor-faktor yang berhubungan dengan limpasan, antara lain:

#### a. Elemen-elemen meterologi

##### 1) 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.

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 kelembapan tanah

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

b. Elemen daerah pengaliran

1) Kondisi penggunaan 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, kelembapan 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 itu sangat dipengaruhi oleh jenis tanah daerah pengaliran itu.

## G. Debit

### 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 :

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan,

Q = Debit aliran (liter/detik),

A = Luas tampang basah ( $\text{dm}^2$ ),

V = Kecepatan aliran (dm/detik).

## H. Kekeruhan

Menurut Mutiarani (2013), Air adalah unsur yang sangat penting untuk menunjang kehidupan manusia, namun tidak semua air baik untuk digunakan atau dikonsumsi manusia. Kualitas air ditentukan oleh banyak faktor, baik itu secara fisika, kimia, maupun bakteriologis. Kekeruhan merupakan salah satu parameter fisika yang harus diperhatikan dalam pengolahan air untuk mendapatkan kualitas air EM3-2 yang memenuhi persyaratan atau baku mutu. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/MEN.KES/IX/1990, kadar maksimum kekeruhan untuk air minum dan air bersih adalah sebesar 5 NTU. Kekeruhan didalam air

disebabkan oleh materi yang tersuspensi atau tidak larut. Jenis jenis partikel yang tersuspensi didalam air yang umumnya ditemukan di perairan terdiri dari materi organik, materi anorganik, dan organisme hidup ataupun mati. Materi organik sebagian besar merupakan hasil dari degradasi secara biologis sisa-sisa tumbuhan maupun hewan, contohnya adalah humus. Materi inorganik sebagian besar dihasilkan oleh proses cuaca /alam, contohnya adalah lempung (clays), maupun oksida seperti oksida besi, kalsit, maupun mineral lainnya. Organisme bersel satu (mikroorganisme) didalam air dapat dianggap sebagai partikel, contohnya adalah virus, bakteri, alga (termasuk diatom), dan protozoa. Materi yang cenderung sulit untuk larut dapat terdiri dari partikel-partikel kecil yang tersuspensi didalam air dalam waktu yang cukup lama yaitu berhari-hari atau berminggu-minggu.

Kekeruhan dalam air banyak disebabkan oleh koloid. Koloid merupakan suatu bentuk campuran (sistem dispersi) dua atau lebih zat yang bersifat homogen namun memiliki ukuran partikel yang cukup besar yaitu 1 - 1000 nm atau 0,001-1  $\mu\text{m}$ .

### **I. Unit Infiltrasi**

Ruang infiltrasi sering menggunakan pendekatan model pada lahan. Model tersebut mengkonversikan hujan atau tampungan dengan jenis permukaan dalam suatu areal tertentu. Hujan yang digunakan umumnya menggunakan intensitas tetap dan terjadi merata. Jenis permukaan yang digunakan dapat berupa lapisan tanah yang homogen dan tanaman yang sejenis. Model infiltrasi yang akan dikembangkan adalah pada ruang infiltrasi di lahan. Ruang infiltrasi ini dipengaruhi oleh debit dan kualitas limpasan (Anonim, 2006, dalam Barid, dkk, 2007).

Dalam pendekatan sistem umumnya menggunakan pembatasan kontrol volume atau debit. Sistem ini dengan mentransformasi input ke output dengan jalan mereplikasikan sistem yang aktual dalam model (Swensson, 2003, dalam Barid, dkk, 2007). Model infiltrasi sebagai bagian dari model hidrologi juga mencoba mengkonversikan kejadian infiltrasi di alam ke dalam suatu model yang akan dikembangkan. Infiltrasi dapat menghubungkan antara permukaan tanah

dengan *groundwater*. Perpindahan air dalam tanah dilakukan dengan infiltrasi dan perkolasi. Laju infiltrasi dapat dikontrol dengan laju perkolasi yang ada di bawahnya.

Penggunaan unit resapan untuk meresapkan air dan menjaga kualitas air. Beberapa hal yang mempengaruhi banyaknya air yang dapat diresapkan adalah tergantung dari jenis dan karakteristik lapisannya, kedalaman, dan desain sebelum infiltrasi misalnya slope saluran, tampungan awal, dan genangan. Sedangkan perbaikan kualitas dipengaruhi jenis dan karakteristik lapisannya, ketebalan, dan desain sebelum infiltrasi misalnya adanya rumput awal (Barid, dkk, 2007).

#### J. Klasifikasi Kemiringan Lereng

Klasifikasi kemiringan lereng ini berpedoman pada penyusunan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah ditunjukkan pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan relative terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat. Kecuraman lereng, panjang lereng dan bentuk lereng semuanya akan mempengaruhi besarnya erosi dan aliran permukaan.

Tabel 3.3 Pembagian kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi USSSM dan USLE

Kemiringan lereng (°)	Kemiringan lereng (%)	Keterangan	Klasifikasi USSSM* (%)	Klasifikasi USLE* (%)
< 1	0 – 2	Datar – hampir datar	0 – 2	1 – 2
1 – 3	3 – 7	Sangat landai	2 – 6	2 – 7
3 – 6	8 – 13	Landai	6 – 13	7 – 12
6 – 9	14 – 20	Agak curam	13 – 25	12 – 18
9 – 25	21 – 55	Curam	25 – 55	18 – 24
25 – 26	56 – 140	Sangat curam	> 55	> 24
> 65	> 140	Terjal		



\*USSSM = *United Stated Soil System Management*

USLE = *Universal Soil Loss Equation*

### K. 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 di alirkan menuju badan air. Apabila sebagian besar dasar dari saluran drainasi perkotaan di desain 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*).

### **L. 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 1980-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 Transvolta, 2008). Beberapa cabang LID antara lain :

#### 1. Bioretension

Bioretension banyak diaplikasikan untuk menampung air limpasan dan juga untuk memperindah daerah sekitar bangunan.

##### a. Deskripsi

*Bioretention best management practice* (BMP) berfungsi sebagai perangkat filtrasi berbasis tanaman yang menghilangkan polutan melalui berbagai proses fisika, biologi, dan kimia. Fasilitas ini biasanya terdiri dari satu strip penyangga rumput, lokasi hamparan pasir, daerah ponding, lapisan organik atau lapisan rumput, tanah timbunan, dan tanaman. Kecepatan limpasan berkurang melalui atau di atas strip penyangga dan kemudian didistribusikan merata sepanjang daerah ponding. Rembesan air yang disimpan di daerah bioretension menuju ke tanah dasar terjadi selama beberapa hari.

##### b. Keuntungan

Bioretension menyediakan tampungan air dan dapat meningkatkan kualitas air hilir yang didapat dari penyimpanan limpasan sementara di BMP dan melepaskannya selama empat hari. Vegetasi ini memberikan keteduhan, dapat menyerap kebisingan, dan memberikan keindahan.

##### c. Keterbatasan

*Bioretention best management practice* (BMP) tidak direkomendasikan untuk daerah dengan lereng lebih besar dari 20% atau dimana penebangan pohon dewasa akan diperlukan karena dapat terjadi penyumbatan, terutama jika BMP menerima limpasan dengan muatan sedimen yang tinggi (EPA, 1999). Bioretension BMP tidak cocok di lokasi dimana muka air tanah berada 6 kaki dari permukaan tanah dan dimana lapisan tanah sekitarnya tidak stabil. Dengan desain, BMP bioretension memiliki potensi untuk menciptakan habitat yang sangat menarik bagi nyamuk dan vektor lainnya karena sangat organik, daerah bervegetasi

padat yang dicampur dengan air dangkal. Dalam cuaca dingin dapat membekukan tanah, mencegah limpasan dari infiltrasi kedalam tanah timbunan.

## 2. Sumur Resapan

Sumur resapan adalah sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Penegertian lain dari sumur resapan adalah salah satu rekayasa teknik konservasi air berupa bangunan yang dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan yang jatuh di atas atap rumah atau daerah kedap air dan meresapkannya ke dalam tanah (*bebasbanjir2015.blogspot.com*).

Sumur resapan merupakan salah satu cara konsentrasi air tanah. Beberapa manfaat sumur redapa adalah:

- a. Sumur resapan mempunyai manfaat untuk menambah jumlah air yang masuk ke dalam tanah.
- b. Sumur resapan dapat menjaga kesetimbangan hidrologi air tanah sehingga dapat mencegah instrusi air laut.
- c. Mereduksi dimensi jaringan drainasi dapat sampai nol jika diperlukan.
- d. Menurunkan konsentrasi pencemaran air tanah.
- e. Mempertahankan tinggi muka air tanah.
- f. Mengurangi limpasan permukaan sehingga dapat mencegah banjir.
- g. Menjaga terjadinya penurunan tanah.
- h. Melestarikan teknologi tradisional.
- i. Menambah jumlah air yang masuk ke dalam tanah dan mengisi pori-pori tanah, hal ini akan mencegah terjadinya penurunan tanah.

### 3. *Rain Garden*

*Rain garden* atau taman air hujan adalah kebun atau taman berupa cekungan yang mengumpulkan air hujan dan limpasan dari *stormwater* yang dirancang untuk menangkap dan menyaring limpasan air tersebut dengan media perantara berupa tanaman, memperlambat *stormwater* pada saat dikirimkan, memberikan *stormwater* lebih banyak waktu untuk diserap dan disaring perlahan ke dalam tanah.

*Stormwater* adalah air hujan yang tidak terserap oleh tanah dan kemudian mengalir di jalan-jalan, genteng, dan sebagainya. Limpasan air ini berbahaya karena mengandung polutan, antara lain logam berat, bakteri, minyak dari tumpahan oli kendaraan, solids, dan nutrien. *Rain garden* idealnya berlokasi di tanah yang lebih rendah dan dekat dengan sumber limpasan.

*Rain garden* dibangun di sekitar area rumah. Jenis taman ini bisa membantu mencegah erosi, mengarahkan air hujan menuju aquifer, serta dapat membantu tanaman dan mikroba bekerja sama memecah polutan sehingga logam berat menempel di daun dan batang tanaman, bukan di tanah (Meder, 2010).

Menurut (Oktopriyanto, 2011), manfaat *Rain Garden* sebagai berikut:

a. Mengurangi jumlah polutan

Tujuan dari *Rain Garden* adalah untuk meningkatkan kualitas air di badan air terdekat. *Rain Garden* dapat mengurangi jumlah polutan mencapai anak sungai dan sungai hingga 30 %.

b. Meningkatkan kualitas air

Desain *Rain Garden* memberikan infiltrasi *stormwater* untuk mengisi ulang air tanah dan menggabungkan tanaman yang mengakar secara alami menyaring limpasan, yang meningkatkan kualitas air.

c. *Rain Garden* menarik margasatwa

Di permukaan, sebuah *Rain Garden* terlihat seperti taman yang menarik, estetika. Ini dapat mendorong satwa liar dan keanekaragaman hayati, menciptakan habitat burung, kupu-kupu dan serangga yang bermanfaat,

mengurangi serangga dan hama merugikan, dapat digunakan untuk media belajar tentang sifat alam.

d. Rain Garden mengelola Stormwater

Air dari sistem air minum lokal atau sumur swasta berasal dari dalam air tanah, sungai, mata air atau danau disebut daerah aliran sungai. Perlindungan semua sumber air di daerah aliran sungai memerlukan upaya gabungan dari kota, sistem air manajer, lembaga konservasi, petani dan individu.

Rain Garden adalah sebuah sistem hidup yang melindungi DAS dari polusi. Saat hujan kontaminan yang terbawa oleh air yaitu lumpur, lanau, pupuk, pestisida, garam, dan polutan potensial lainnya ke dalam sistem pembuangan limpasan dari jalan, area parkir, lahan pertanian dan atap rumah disaring oleh tanaman.

e. Membantu meringankan banjir

Sebuah Rain Garden dapat dianggap sebagai suatu sistem kualitas air pribadi karena filter limpasan dari atap, rumput dan mengisis kembali air tanah. Sebuah Rain Garden juga menghemat sumber daya air kota dengan mengurangi kebutuhan untuk irigasi. Rain Garden adalah cara yang indah dan tepat untuk pemilik rumah, bisnis dan kota dalam membantu meringankan masalah darurat. Ada tren yang berkembang dengan kota dan pemilik rumah untuk memasukkan proses-proses alami untuk membantu meringankan banjir dan populasi.

f. Untuk menurunkan dampak limpasan permukaan tanah

Sebuah Rain Garden bisa meniru penyerapan alam dan kegiatan penghapusan polutan hutan, atau padang rumput dan dapat menyerap limpasan lebih efisien sebanyak 30 % - 40 % untuk rumput standar, menangkap air hujan, menahan air untuk waktu yang singkat dan kemudian melepaskannya secara perlahan ke dalam tanah dapat mengurangi limpasan permukaan tanah secara alami.