

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Hidrologi

Hidrologi adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari distribusi, pergerakan, dan kualitas air di seluruh bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Ilmu ini juga mempelajari peristiwa hujan terutama meliputi periode ulang curah hujan karena berkaitan dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan, seperti bendung, bendungan, dan jembatan.

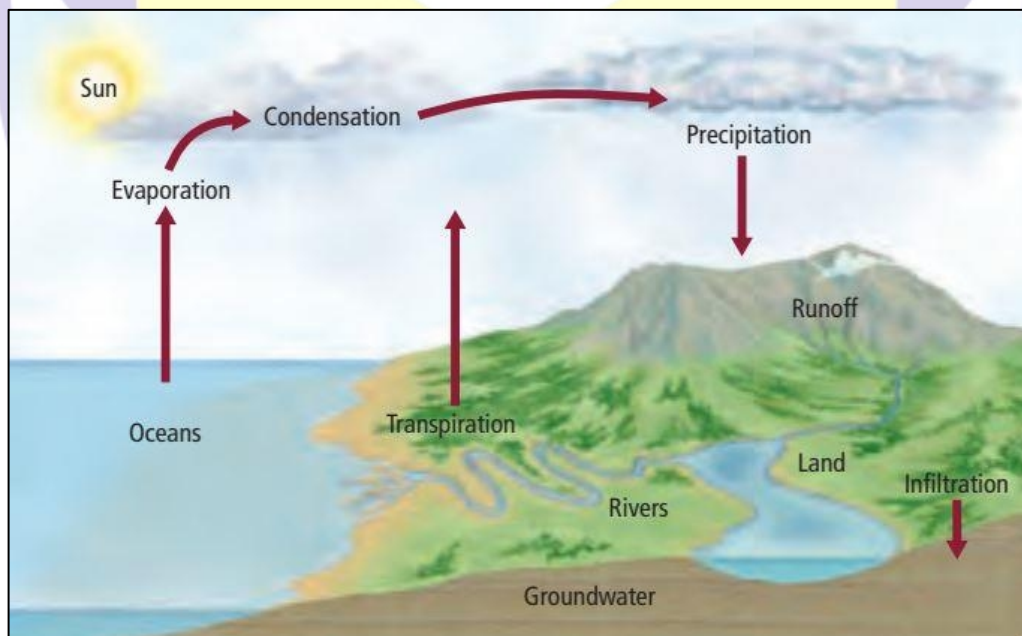
Menurut Soemarto (1986), hidrologi merupakan sebuah ilmu yang tentang pergerakan air di alam secara alami. Hidrologi meliputi berbagai macam perubahan bentuk air, seperti pada keadaan padat, cair, dan gas semua tempat di permukaan, di atas, dan di dalam permukaan tanah. Dalam siklus hidrologi juga tercakup air laut yang merupakan sebagian besar dari sumber dan penyimpanan air untuk kehidupan di bumi ini.

3.2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah sebuah proses pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi dan berlangsung secara kontinu. Selain itu, siklus hidrologi juga berlangsung secara konstan pada sembarang daerah. Siklus hidrologi memiliki peranan yang penting bagi kelangsungan hidup organisme di bumi. Ketersediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga melalui proses siklus

hidrologi ini karena siklus ini dapat mempengaruhi teraturnya suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem di bumi.

Urutan siklus hidrologi, seperti pada Gambar 3.1, dimulai dengan proses penguapan air ke udara, air tersebut mengalami penggumpalan (kondensasi) di udara dan membentuk gumpalan- gumpalan yang dikenal sebagai awan. Awan yang terbentuk kemudian jatuh kembali ke bumi dalam bentuk hujan atau salju yang disebabkan perubahan iklim atau cuaca. Butiran- butiran tersebut ada yang langsung masuk melewati permukaan tanah (infiltrasi), dan sebagian ada yang mengalir sebagai aliran permukaan. Aliran permukaan yang mengalir kemudian akan masuk ke dalam tampungan- tampungan seperti waduk, danau, dan cekungan tanah lainnya sebelum kemudian mengalami kembali rangkaian siklus hidrologi.



Gambar 3. 1. Siklus Hidrologi
(Sumber: Wilson, 1990)

3.2.1. Presipitasi

Triadmodjo (2010), mendefinisikan presipitasi sebagai sebuah proses turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi. Volume presipitasi yang turun ke bumi tidak tetap bentuk dan jumlahnya. Bentuk presipitasi yang turun ke bumi dapat berupa hujan, salju, embun, kabut, ataupun hujan es. Faktor-faktor klimatologi di atmosfer, seperti tekanan atmosfer, angin, dan temperatur sangat mempengaruhi bentuk dan jumlah presipitasi yang akan turun ke bumi.

3.2.2. Infiltrasi

Sri Harto (1983), mendefinisikan infiltrasi sebagai proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Proses infiltrasi dapat berlangsung secara vertikal maupun horizontal. Proses infiltrasi vertikal dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan disebut sebagai perkolasi, sedangkan proses infiltrasi horizontal dipengaruhi oleh gaya kapiler dan disebut sebagai aliran antara (*interflow*)

3.2.3. Evaporasi

Sri Harto (1983), mendefinisikan evaporasi (penguapan) sebagai suatu proses pertukaran molekul air di permukaan menjadi molekul uap air di atmosfer. Penguapan dibedakan menjadi dua jenis yaitu, evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah penguapan yang terjadi pada permukaan air, sedangkan transpirasi adalah penguapan yang terjadi melalui tanaman.

Proses evaporasi terbagi atas dua kejadian yang berkesinambungan, yaitu *interface evaporation* dan *vertical vapor transfer*. *Interface evaporation* adalah

transporasi air menjadi uap air di permukaan, sedangkan *vertical vapor transfer* adalah lapisan udara yang kenyang uap air dari proses *interface evaporation*.

3.2.4. Evapotranspirasi

Tridamodjo (2008), menyatakan bahwa evapotranspirasi adalah proses evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi oleh tanaman. Sederhananya, evapotranspirasi adalah proses evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan. Evapotranspirasi merupakan proses yang sangat penting dalam siklus hidrologi, dikarenakan nilai evapotranspirasi sama dengan kebutuhan air konsumtif yang didefinisikan sebagai penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan oleh tanaman.

3.3. Drainase

Suripin (2004), menyatakan bahwa drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Sedangkan menurut SK PU No. 233 tahun 1987 yang dimaksud drainase perkotaan adalah suatu jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dan daerah urban dari genangan air, baik dari hujan ataupun luapan sungai yang melintasi area dalam kota.

3.3.1. Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase perkotaan umumnya dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

A. Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran/ badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan. Umumnya, sistem drainase mayor juga disebut sebagai sistem pembuangan utama atau drainase primer. Sistem jaringan drainase ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti kanal- kanal atau sungai- sungai.

B. Sistem Drainase Mikro

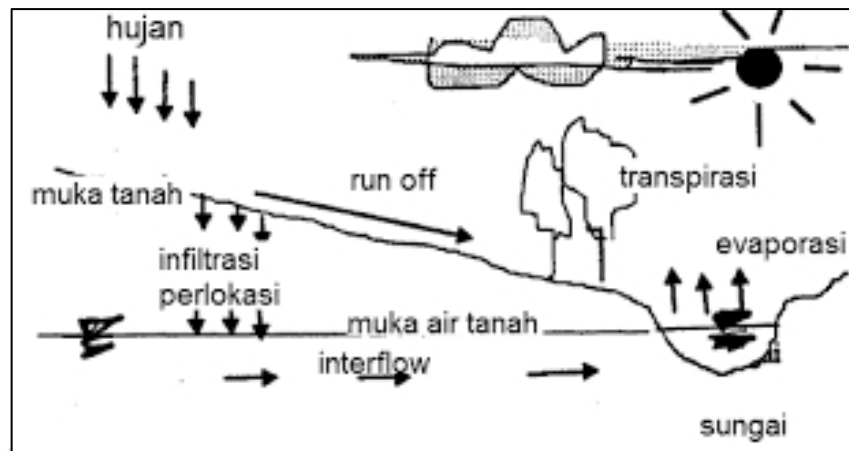
Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Umumnya, yang dimaksud dengan sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/ selokan di sekitar bangunan, gorong- gorong, saluran drainase kota, dsb dimana debit air yang ditampungnya tidak terlalu besar.

3.3.2. Jenis- Jenis Drainase

A. Menurut Sejarah Terbentuknya

1. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah adalah sistem drainase yang terbentuk secara alamiah dan tidak ada unsur campur tangan manusia, umumnya sistem drainase ini juga disebut sebagai siklus hidrologi, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Drainase Alamiah

(Sumber:Hasmar, 2012)

2. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran. Sistem drainase buatan seperti pada Gambar 3.3 umumnya terdapat pada daerah padat penduduk.



Gambar 3. 3. Drainase Buatan

(Sumber:Hasmar, 2012)

B. Menurut Letak Saluran

1. Drainase Permukaan Tanah (Surface Drainage)

Drainase permukaan tanah adalah saluran drainase yang letaknya di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan.

2. Drainase Bawah Tanah (Sub Surface Drainage)

Drainase bawah tanah adalah saluran drainase yang berguna untuk mengalirkan air limpasan dengan media yang letaknya di bawah permukaan tanah (pipa).

C. Menurut Konstruksi

1. Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan sistem saluran yang biasanya direncanakan untuk menampung dan mengalirkan air hujan. Pada pinggiran kota, saluran terbuka ini biasanya tidak diberi lapisan pelindung (lining). Sebaliknya, saluran terbuka di daerah perkotaan harus diberi lining dengan beton, pasangan batu, ataupun pasangan bata.

2. Saluran Tertutup

Saluran tertutup merupakan untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini umumnya digunakan pada daerah perkotaan yang padat penduduk dan bangunan.

D. Menurut Fungsi

1. Single Purpose

Saluran yang digunakan untuk membuang satu jenis limbah, misalnya air hujan ataupun jenis limbah lainnya.

2. Multi Purpose

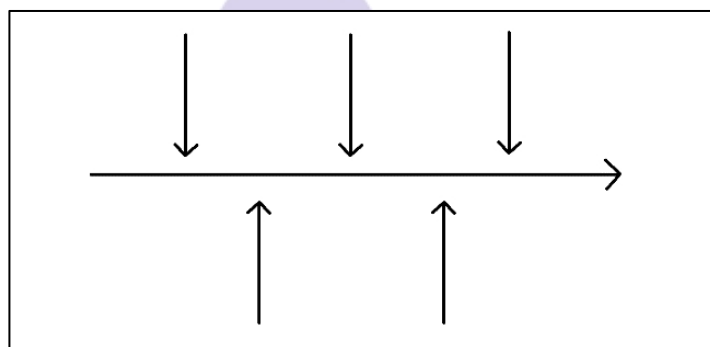
Saluran yang berfungsi untuk membuang beberapa jenis limbah limbah, secara bersamaan ataupun bergantian.

3.3.3. Pola Jaringan Drainase

Pada perencanaan sistem drainase suatu wilayah haruslah memperhatikan pola jaringan yang akan diaplikasikan. Pola jaringan drainase suatu wilayah akan bergantung pada topografi daerah dan tata guna lahan wilayah tersebut. Jenis pola drainase menurut H.A Halim Hasmar (2012) adalah sebagai berikut :

A. Jaringan Drainase Siku

Drainase ini umumnya diaplikasikan di daerah dengan topografi yang sedikit lebih tinggi dari sungai. Saluran pembuangan akhir berupa sungai yang berada di tengah kota.

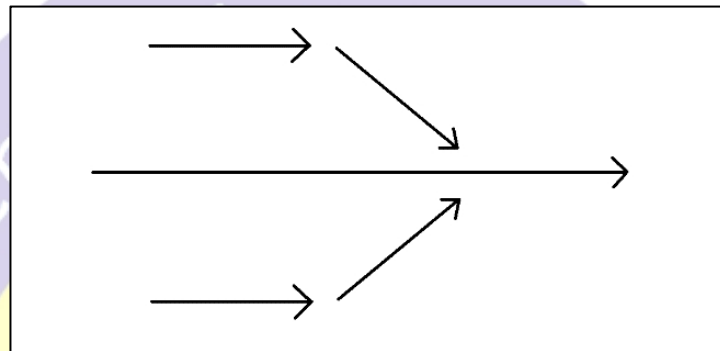


Gambar 3. 4. Pola Jaringan Drainase Siku

(Sumber: Triadmojo, 1997)

B. Jaringan Drainase Pararel

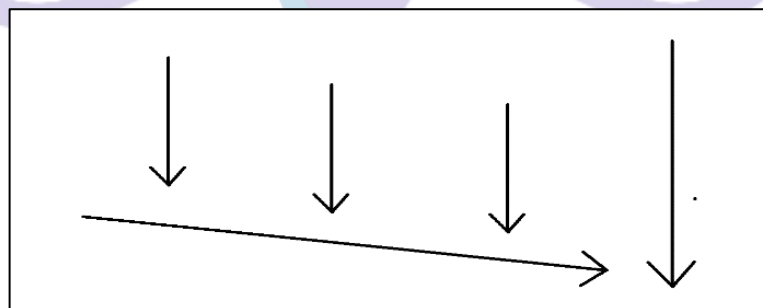
Drainase ini memiliki karakteristik berupa saluran utama sejajar dengan saluran cabang. Memiliki saluran cabang yang banyak dan pendek sehingga jika terjadi perkembangan kota, saluran mudah disesuaikan dengan kondisi lapangan.



Gambar 3. 5. Pola Jaringan Drainase Pararel
(Sumber: Triadmojo, 1997)

C. Jaringan Drainase Grid Iron

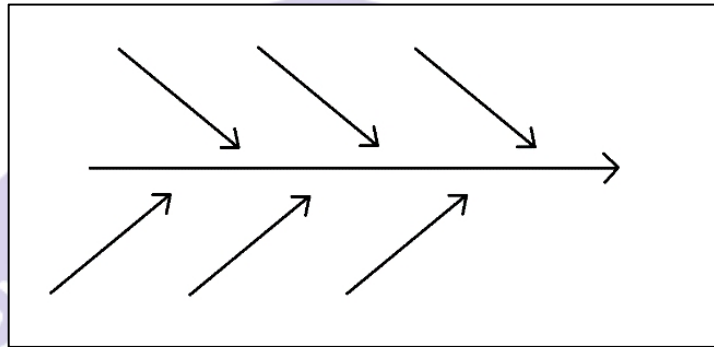
Drainase ini umumnya diaplikasikan di wilayah yang sungainya berada di pinggiran kota, sehingga saluran percabangannya akan dikumpulkan terlebih dahulu pada saluran pengumpul.



Gambar 3. 6. Pola Jaringan Drainase Grid Iron
(Sumber: Triadmojo, 1997)

D. Jaringan Drainase Alamiah

Drainase ini hampir menyerupai drainase pola siku, hanya saja dengan sungai dengan bentuk yang besar.

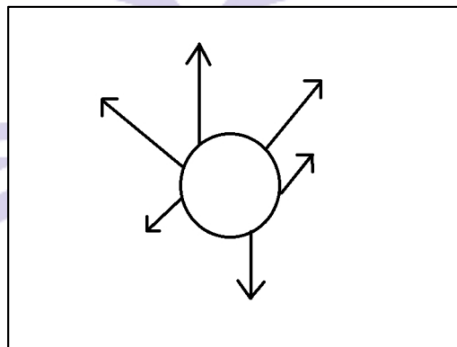


Gambar 3. 7. Pola Jaringan Drainase Alamiah

(Sumber: Triadmojo, 1997)

E. Jaringan Drainase Radial

Drainase ini umumnya terletak di perbukitan dengan pola saluran yang menyebar ke segala arah.

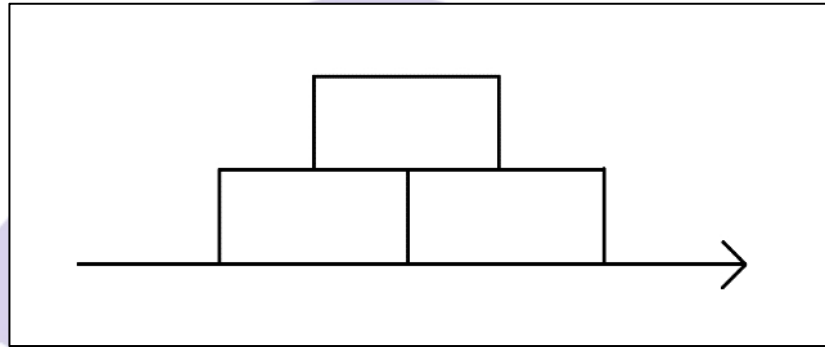


Gambar 3. 8. Pola Jaringan Drainase Radial

(Sumber: Triadmojo, 1997)

F. Jaringan Drainase Jaring- Jaring

Drainase ini memiliki saluran pembuangan yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi yang datar.



Gambar 3. 9. Pola Jaringan Drainase Jaring- Jaring

(Sumber: Triadmojo, 1997)

3.4. Curah Hujan

Curah hujan merupakan banyaknya air yang jatuh ke permukaan tanah yang cenderung datar selama selang periode tertentu dan diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan datar. Curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang berkumpul dalam tempat yang horizontal, tidak meresap, tidak menguap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 milimeter memiliki arti pada luasan 1 meter persegi di tempat yang datar tertampung air setinggi 1 mm atau tertampung air sebanyak 1 liter.

Curah hujan harian adalah hujan yang terjadi dan tercatat pada stasiun pengamatan curah hujan setiap hari selama 24 jam. Curah hujan harian maksimum adalah curah hujan harian tertinggi dalam tahun pengamatan pada suatu stasiun hujan tertentu. Curah hujan bulanan adalah jumlah curah hujan harian dalam satu bulan pengamatan pada suatu stasiun curah hujan tertentu. Curah hujan tahunan

adalah jumlah curah hujan bulanan dalam satu tahun pada suatu stasiun hujan tertentu.

3.5. Daerah Resapan Air

Balek & Simmers (1988), menyatakan bahwa daerah resapan air adalah daerah yang memiliki kemampuan infiltrasi yang cenderung tinggi. Pada daerah resapan ini apabila terjadi presipitasi maka air tersebut akan masuk ke dalam tanah dan turut serta menambah cadangan air tanah. Umumnya, pengertian daerah resapan air berkaitan dengan aliran air tanah secara regional. Daerah resapan regional berarti daerah tersebut meresapkan air hujan dan akan menyuplai air tanah ke seluruh cekungan, tidak hanya menyuplai secara lokal di mana air tersebut meresap.

3.6. Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan atau aliran permukaan adalah curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Hal ini disebabkan oleh intensitas hujan yang turun melebihi kapasitas infiltrasi tanah. Air hujan yang turun akan mengisi cekungan- cekungan yang terdapat pada permukaan tanah, setelah cekungan-cekungan tersebut penuh oleh air maka air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah (*surface runoff*).

Mawardi (2012), menyatakan bahwa laju dan kapasitas infiltrasi dapat ditentukan dengan menggunakan metode percobaan lapangan secara langsung dengan menggunakan infiltrometer atau dapat diperkirakan dengan menggunakan

rumus empiris. Besarnya nilai limpasan permukaan dipengaruhi oleh curah hujan, vegetasi, penggunaan lahan, serta bangunan- bangunan penyimpanan air.

3.7. Low Impact Development (LID)

Low Impact Development (LID) adalah suatu metode pengelolaan air hujan lokal secara ramah lingkungan dengan cara merekayasa keadaan awal lingkungan tersebut. LID akan menekankan kepada upaya konservasi dan penggunaan fitur alami untuk melindungi kualitas air serta pengelolaan air limpasan. Pendekatan fitur alami yang dimaksud adalah dengan meniru siklus hidrologi pada area tersebut dengan melalui infiltrasi, penyaringan, dan penyimpanan sesuai dengan keadaan awalnya. Proses ini nantinya dapat memperlambat aliran air hujan sehingga dapat meresap ke dalam tanah untuk mengisi kembali akuifer bawah tanah dan mendorong kembali pertumbuhan lingkungan.

Menurut *United States Environmental Protection Agency* (2014) manfaat serta karakteristik *Low Impact Development* (LID) dapat mencakup hal- hal sebagai berikut :

1. Peningkatan kualitas udara,
2. Peningkatan kawasan alam dan habitat satwa,
3. Kualitas air yang lebih baik,
4. Estetika lingkungan,
5. Tempat parkir dan permukaan kedap air lainnya dapat diminimalkan.

Teknologi LID diharapkan dapat mampu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat perkembangan pembangunan dengan mencapai keseimbangan antara konservasi, perkembangan, proteksi ekosistem, dan kualitas hidup. Saat ini, teknologi LID dalam skala kecil diharapkan mampu untuk mengontrol air limpasan permukaan akibat hujan, memperpanjang waktu pengaliran air, dan menyelesaikan masalah- masalah yang berkaitan dengan ekologi.

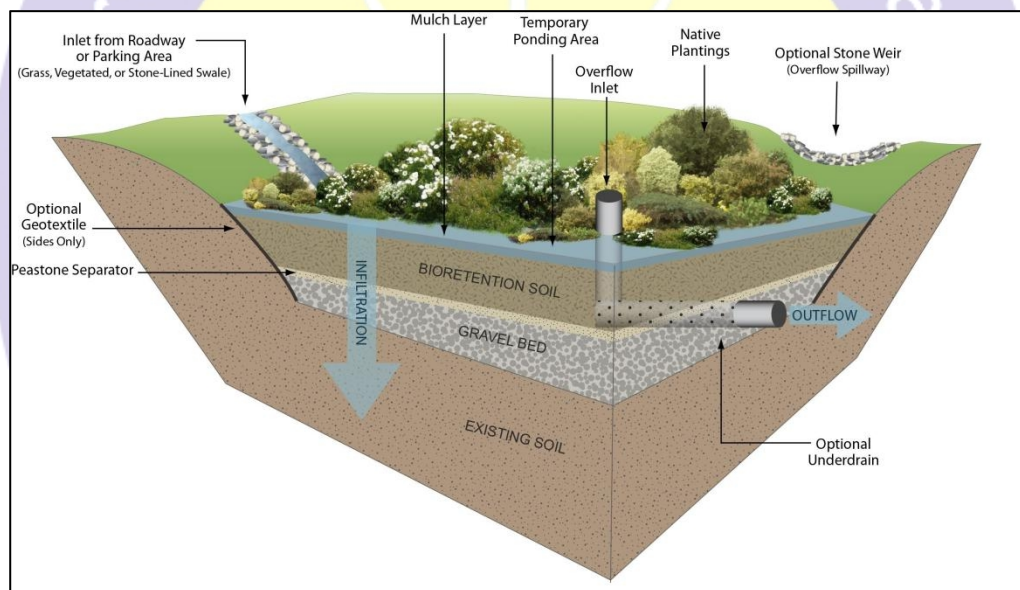
Terdapat berbagai macam teknologi LID yang dapat diimplementasikan pada lingkungan sekitar kita, seperti *bioretention cells*, *green roofs*, *rain garden*, *vegetative swales*, *permeable pavements*, dan *rain barrel*. Garis besar perbedaan dari masing- masing teknologi tersebut adalah fokus pengelolaannya, pengelolaan tersebut terbagi menjadi 2 yaitu *infiltration* dan *storage*. *Infiltration* adalah pengelolaan yang membiarkan air hujan masuk terserap ke dalam tanah, sedangkan *storage* adalah pengelolaan yang berfokus untuk menampung air hujan untuk kemudian digunakan.

3.8. Bioretention Cells

Bioretention cells merupakan salah satu LID yang melakukan pengelolaan terhadap limpasan air hujan yang menghubungkan teknik mekanisme secara alamiah dengan dukungan konstruksi sederhana (US EPA, 2015). *Bioretention cells* berbentuk seperti cekungan lahan yang permukaannya ditanami oleh vegetasi dengan tujuan untuk menampung limpasan air hujan agar nantinya air tersebut dapat terserap ke media *bioretention*. Air hujan yang ditampung oleh cekungan

bioretention cells harus dapat terserap ke tanah dan *bioretention cells* harus kembali kering dalam jangka waktu maksimal 24 jam setelah hujan berhenti.

Desain *bioretention cells*, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.10 haruslah terdiri dari 3 lapisan, yaitu *ponding area*, *bioretention soil*, dan *gravel*. *Ponding area* adalah lapisan dimana air akan tergenang untuk sementara waktu, selain itu pada permukaan lapisan ini juga ditanami oleh vegetasi riparian. *Bioretention soil* adalah lapisan tanah yang dapat menyediakan air dan menjaga tanaman agar tetap tumbuh. Terakhir, lapisan gravel yaitu lapisan penyimpanan air sebelum air tersebut mengalir menuju tanah dalam.



Gambar 3. 10. Desain Umum *Bioretention Cells*

(Sumber: *Massachusetts Clean Water*, 2016)

Proses alamiah pada *bioretention cells* dimulai dengan intersepsi, yaitu proses tertangkapnya air hujan oleh daun tanaman dan lapisan *ponding* sehingga memperlambat terjadinya aliran limpasan. Proses kedua adalah infiltrasi yang merupakan penyerapan air hujan tersebut ke dalam lapisan tanah, pada proses ini

juga terjadi absorpsi oleh akar tanaman. Proses selanjutnya yang terjadi adalah evapotranspirasi, proses ini mengubah air pada *bioretention cells* menjadi uap air. Terakhir, proses absorpsi juga akan terjadi pada tanah, yaitu penyerapan kandungan kimia seperti nitrogen dan sulfur oleh humus tanah.

