

## **BAB II.**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Permasalahan banjir khususnya yang terjadi di daerah perkotaan padat penduduk disebabkan oleh buruknya sistem pengelolaan atau manajemen DAS (Daerah Aliran Sungai). Penyebab banjir seperti pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan, tidak adanya pola hidup bersih di masyarakat, tidak adanya perencanaan dan pemeliharaan sistem drainase yang baik, tidak adanya konsistensi pihak berwenang dalam RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah), tidak adanya upaya konservasi faktor penyeimbang lingkungan air, dan curah hujan yang sangat tinggi (Rahardjo, 2018). Penanggulangan masalah banjir harus melihat sistem keseimbangan air untuk suatu wilayah atau kawasan tertentu. Beberapa solusi penanggulangan banjir pada daerah perkotaan yang padat, yaitu konsistensi penerapan pembangunan berwawasan lingkungan, pola hidup bersih, pembuatan resapan, dan pencegahan *land subsidence* dengan cara *ground water injection* (Rahardjo, 2018).

Konsep drainase berkelanjutan atau dalam bahasa asing lebih dikenal dengan *sustainable urban drainage system* (SUDS) memiliki tujuan utama, yaitu mengelola volume air untuk menghindari banjir perkotaan di daerah kota (Zhou, 2014). SUDS telah dideskripsikan sebagai istilah umum untuk semua sistem yang berbeda, untuk memperlambat, menyaring atau mempertahankan limpasan, dan menempatkan air berlebih untuk digunakan di dekat tempat lahannya dari pada menyebar dengan cepat (Jones dan MacDonald (Everett dkk., 2016)).

Teknik SUDS paling populer diterapkan saat ini adalah parit filter dan infiltrasi, permukaan permeabel, penyimpanan air, sengkedan, panen air, bak penahanan, lahan basah dan kolam (Zhou, 2014). Dierkes dkk. (2015) membagi perangkat SUDS menjadi dua kelompok, yaitu SUDS Teknis dan SUDS Hijau. Salah satu perbedaan utama antara SUDS Hijau dan Teknis adalah beban hidraulik dan polutan per area (volume) dan waktu. Sengkedan, sistem bioretensi, dan atap hijau umumnya diklasifikasikan sebagai SUDS Hijau karena proses perawatannya

terutama dilakukan melalui penyaringan alami dan proses biologis. SUDS lainnya, termasuk perangkat sedimentasi dan filtrasi, diklasifikasikan sebagai sistem SUDS Teknis karena proses perawatannya didasarkan pada adsorpsi fisik, presipitasi, dan proses kimia. SUDS Teknis, atau juga dikenal sebagai perangkat berpemilik, sering menargetkan polutan *stormwater* yang berbeda dan beroperasi menggunakan proses pengolahan yang berbeda dari SUDS Hijau dan efisiensi penghilangan polusi mereka bisa sangat berbeda (Dierkes dkk., 2015).

Fungsi sistem SUDS akan dipengaruhi oleh perilaku di sekitarnya seperti membuang sampah sembarangan dapat menghambat aliran air, sementara perubahan pada vegetasi SUDS dapat memengaruhi fungsi pembersihan air (Everett dkk., 2016). Permasalahan lain yang mempengaruhi fungsi sistem SUDS adalah gulma. Hampir setelah 10 tahun pasca pemasangan, gulma muncul di tanah yang telah tertanam di antara batu bata. Praktik terbaik adalah dengan hati-hati mengambil tanah dan gulma, tetapi orang tidak menyadari hal ini karena kurangnya informasi tentang pemeliharaan (Everett dkk., 2016).

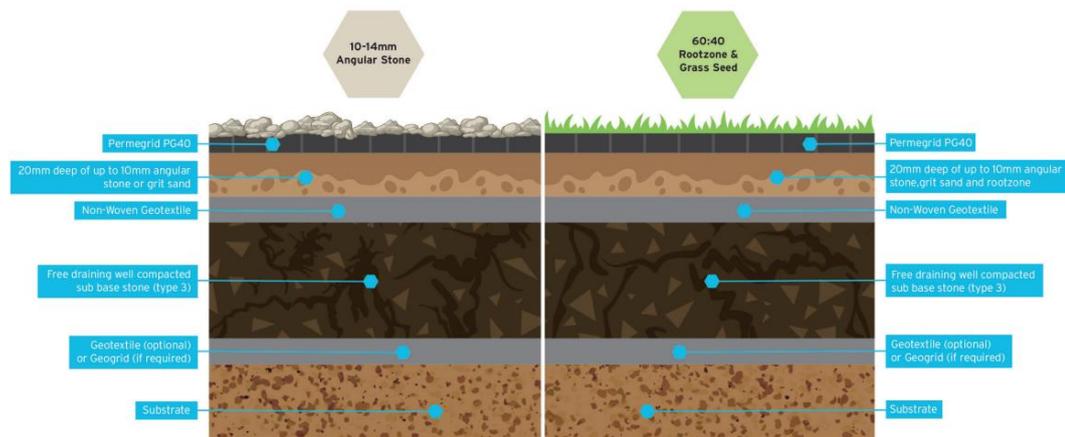
*Permeabel paving* atau perkerasan permeabel tergolong dalam sistem SUDS termasuk *permegrid*. *Permegrid* adalah suatu produk yang memiliki prinsip kerja seperti *permeabel paving* atau perkerasan permeabel tetapi terbuat dari daur ulang limbah plastik. Bentuk *permegrid* lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.1. Metode konstruksi perkerasan permeabel mirip dengan yang ada pada perkerasan blok beton tradisional. Namun, berbeda dengan trotoar tradisional, trotoar permeabel dirancang khusus untuk memungkinkan air hujan menyusup melalui permukaan trotoar dan ke berbagai lapisan trotoar dan tanah dibawahnya (Dierkes dkk., 2015).



(a)



(b)



(c)

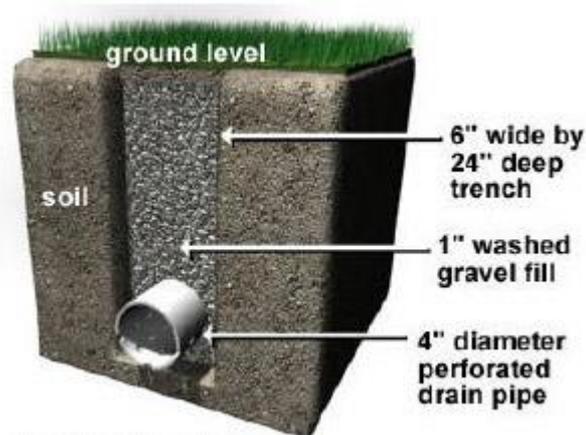
Gambar 2. 1 *Permegrid*, (a) bentuk, (b) *permegrid* terisi kerikil, dan (c) pemasangan ([www.permegrid.co.uk](http://www.permegrid.co.uk), 2020)

Menurut Chen dkk. (2019) perkerasan permeabel adalah opsi yang dapat mengurangi beberapa dampak negatif terhadap lingkungan karena perkerasan permeabel memiliki kemampuan untuk mengurangi limpasan permukaan dengan memungkinkan air menyusup ke tanah yang mendasarinya. Sama halnya dengan Sedyowati dkk. (2017) yang menyatakan *Paving block* atau *permeabel paving* telah dikenal luas sebagai teknologi alternatif untuk mengurangi debit limpasan karena kinerja infiltrasinya dan kemampuan memperlambat aliran. Hoghooghi dkk. (2018) juga menyatakan bahwa *Permeabel pavement* 28% lebih efektif dalam meningkatkan limpasan dangkal bawah permukaan dan infiltrasi daripada *Rain garden*. Metode pengelolaan air hujan lain yang telah dikembangkan termasuk sengkedan, cekungan bioretensi, dan lahan basah. Namun, metode-metode lain ini menuntut tanah, dan mereka mungkin tidak cocok dengan daerah perkotaan di mana ruang terbatas (Chen dkk., 2019).

Menurut Sedyowati dkk. (2017) perkerasan permeabel memiliki kemampuan untuk mengurangi kecepatan limpasan permukaan dengan dua cara. Cara pertama adalah memanfaatkan area sambungan antar blok individu untuk memungkinkan penetrasi air ke dalam blok. Cara kedua adalah mempertimbangkan efek konfigurasi permukaan pada kecepatan limpasan permukaan. Penetrasi air menyebabkan penurunan kedalaman limpasan dan kecepatan aliran limpasan. Limpasan permukaan erat kaitannya dengan kecepatan aliran dan waktu untuk melakukan perjalanan di sepanjang area. Sedyowati dkk. (2017) menyatakan bahwa

*paving block* atau *permeabel paving* dapat mengurangi kecepatan limpasan permukaan menjadi lebih dari rata-rata 40% dan maksimum 67%.

Menurut Thomas dkk. (2015) *Media Filter Drain* (MFD) juga tergolong dalam sistem SUDS yang lebih berfokus pada pengolahan limpasan *Stormwater*. MFD adalah parit yang diisi dengan campuran media yang direkayasa, biasanya dengan hamparan rumput, yang menerima limpasan dari jalan beraspal di sebelahnya, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2. MFD ditunjukkan untuk menghilangkan logam terlarut (seng dan tembaga), polutan khas dari kendaraan dan daerah perkotaan, yang mungkin berdampak negatif pada spesies air di perairan penerima. Umur MFD untuk pengolahan limbah seng dan tembaga secara signifikan lebih besar dari perkiraan sepuluh tahun awal (Thomas dkk., 2015).



Gambar 2. 2 Tampilan *filter drain* (www.sudswales.com, 2020)

Sama halnya dengan *permeabel paving*, *permegrid* atau perkerasan permeable dan juga MFD, biopori merupakan tergolong dalam sistem SUDS yang cukup populer di Indonesia. Syahrudin dkk. (2019) menyatakan bahwa lubang resapan biopori (LRB) adalah lubang yang bisa berbentuk kubus atau silinder. Bentuk lubang biopori tergantung pada lahan yang tersedia. Ukuran lubang biopori tergantung pada nilai permeabilitas tanah dan jumlah infiltrasi debit air ke dalam tanah. Jika permeabilitas tanah besar maka ukuran bidang isi ulang LRB lebih kecil. Jika debit air terinfiltrasi cukup maka ukuran area infiltrasi biopori lebih besar. Sebaliknya, jika air terinfiltrasi sedikit, maka area infiltrasi biopori menjadi lebih kecil. Syahrudin dkk. (2019) menyajikan pengaruh penggunaan biopori dengan variasi kedalaman yang berbeda pada Tabel 2.1, dimana hasil pengujian

permeabilitas tanah menunjukkan bahwa semakin dalam lubang air meresap ke dalam tanah semakin sedikit.

Tabel 2.1 Hasil uji permeabilitas di wilayah penelitian (Syahrudin dkk., 2019)

Parameter	Ls1	Ls2	Ls3	Ls4	Ls5	Rata-rata
Kedalaman (cm)	20	25	30	65	120	52
Volume (cm <sup>3</sup> )	1000	1500	2500	1000	1000	1400
Waktu (s)	1080	1320	2820	4980	7200	3480
Debit (cm <sup>3</sup> /s)	0,9259	1.1363	0,8865	0,2008	0,1388	0,4023
Permeabilitas (cm/s)	0,0019	0,0023	0,00082	0,00042	0,00014	0,00112

Ls: Lubang silinder

Setiawan dan Rohmat (2019) menyatakan ada kecenderungan variasi uji yang hanya biopori masih menunjukkan adanya air yang mengalir atau melimpas. Pada variasi yang hanya rumput (tanpa biopori) tampaknya lebih banyak mengalir dengan persentase yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan biopori non-rumput. Jumlah limpasan tampak sangat kecil pada variasi uji yang dilengkapi dengan biopori dan rumput. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa biopori tanpa rumput tidak cukup efektif untuk mengurangi laju limpasan. Ini bisa terjadi karena air yang masuk ke dalam biopori mengandung sedimen yang dari waktu ke waktu menutupi pori-pori tanah dalam lubang biopori dan kemudian mengurangi kemampuan biopori untuk menyerap air limpasan.

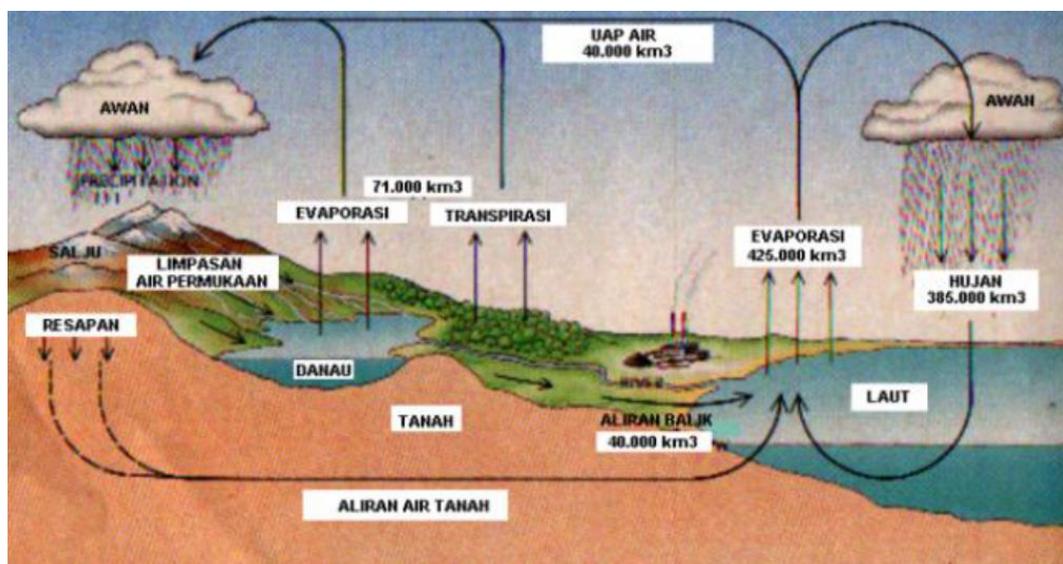
## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Hidrologi

Hidrologi merupakan suatu ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, penyebarannya dan peredaran, hubungannya dan sifat-sifatnya dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008). Ada beberapa parameter yang berpengaruh pada kondisi hidrologi di suatu daerah, seperti kondisi klimatologi, kondisi lahan (DAS) seperti tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis tanah, dan sebagainya. Kondisi hidrologi juga tergantung pada kegiatan atau perubahan yang dilakukan manusia seperti perubahan tata guna lahan (penghijauan, penggundulan hutan, perubahan hutan menjadi sawah atau fungsi lainnya, perubahan lahan sawah menjadi daerah pemukiman atau industri),

perubahan penutup permukaan tanah (dari tanah, rumput, atau pepohonan menjadi permukaan aspal atau beton), dan lain sebagainya (Triatmodjo, 2008).

Siklus hidrologi ialah proses kontinyu atau berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi. Gambar 2.3 menunjukkan proses siklus hidrologi (Triatmodjo, 2008). Dari Gambar 2.3 dapat dilihat komponen-komponen dari siklus hidrologi. Air di permukaan tanah menguap ke udara, uap air tersebut bergerak naik ke atmosfer, kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan, sebagian hujan akan tertahan di tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan sebagian lagi akan sampai ke permukaan tanah. Air hujan yang telah sampai ke permukaan tanah akan terbagi lagi, sebagian air hujan akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lagi akan mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*) yang mengisi cekungan tanah, masuk ke sungai, danau, dan berakhir ke laut. Air yang telah meresap ke dalam tanah terbagi lagi, sebagian air mengalir di dalam tanah (perkolasi) dan mengisi air tanah, kemudian air keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai dan setelah itu aliran air di sungai akan sampai ke tujuan akhir yaitu laut (Triatmodjo, 2008).

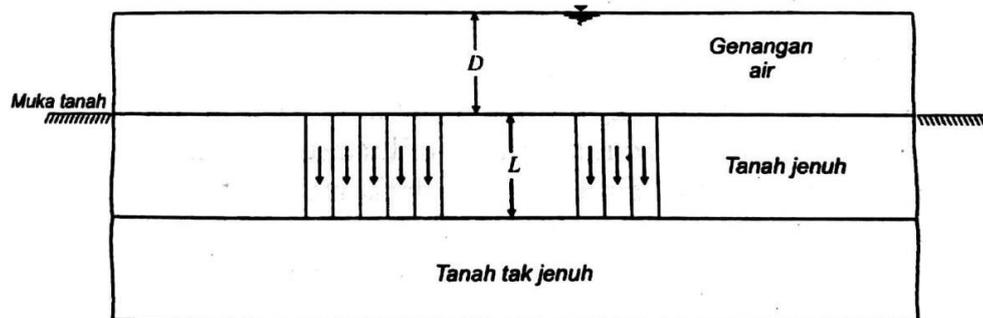


Gambar 2. 3 Siklus hidrologi (Rahardjo, 2018)

Salah satu proses siklus hidrologi adalah infiltrasi. Infiltrasi ialah aliran air yang meresap ke dalam tanah melalui permukaan tanah (Triatmodjo, 2008). Gerakan air di dalam tanah yang melalui pori tanah akan dipengaruhi oleh gaya

kapiler dan gaya gravitasi. Gaya gravitasi akan membuat aliran selalu ke tempat yang lebih rendah, sedangkan gaya kapiler akan membuat air bergerak ke segala arah. Air kapiler selalu bergerak dari daerah basah menuju ke daerah yang lebih kering, karena tanah kering memiliki gaya kapiler yang lebih besar dibandingkan tanah basah atau jenuh air. Selain itu, tanah butiran halus seperti lempung memiliki gaya kapiler lebih kuat dibandingkan tanah berbutir kasar seperti pasir (Triatmodjo, 2008). Menurut Triatmodjo (2008) faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi, yaitu

- a. Kelembaban tanah. Kapasitas infiltrasi dipengaruhi oleh jumlah kadar air tanah. Jika tanah pada kondisi kering atau kadar air tanah rendah maka kapasitas infiltrasinya besar. Sebaliknya, jika tanah dalam kondisi kadar air tinggi (jenuh) maka infiltrasi berkurang. Hal ini terjadi karena adanya gaya kapiler yang bekerja bersamaan dengan gaya berat atau gravitasi.
- b. Kedalaman genangan dan tebal lapis jenuh. Air masuk kedalam tanah dengan cepat bila kedalaman genangan ( $D$ ) lebih besar dibandingkan tebal lapis jenuh ( $L$ ) begitu juga sebaliknya. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 2.4. Pada awal hujan turun, nilai  $D$  lebih besar dari  $L$  sehingga air masuk kedalam tanah dengan cepat. Sejalan dengan waktu,  $L$  bertambah besar dibandingkan  $D$ , sehingga kecepatan infiltrasi menurun.

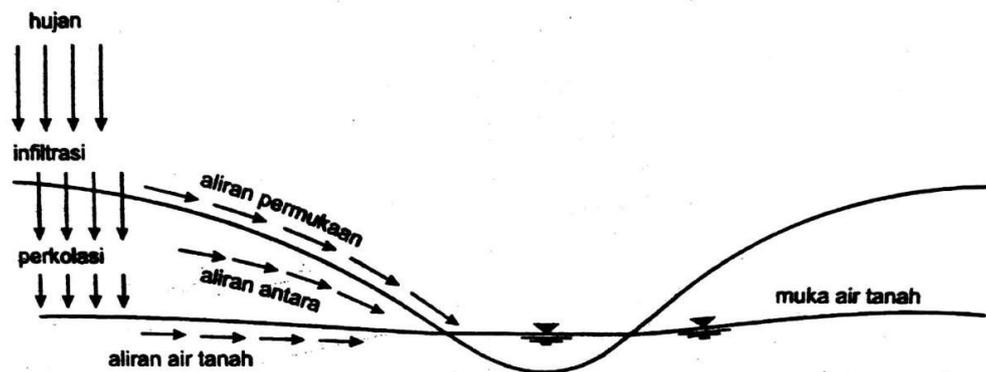


Gambar 2. 4 Genangan pada permukaan tanah (Triatmodjo, 2008)

- c. Pemampatan oleh hujan. Pada tanah berbutir halus (lempung), butir tanah dapat mengalami pemadatan oleh butiran air hujan. Pemadatan tersebut dapat mengurangi pori-pori tanah yang menyebabkan kapasitas infiltrasi berkurang. Untuk tanah berpasir halus tersebut memiliki pengaruh yang kecil.

- d. Penyumbatan oleh butir halus. Kapasitas infiltrasi menurun dapat disebabkan oleh butiran halus tanah yang menutupi pori-pori tanah. Air hujan dapat membawa masuk butiran halus ke dalam tanah saat proses infiltrasi terjadi.
- e. Tanaman penutup. Adanya tanaman penutup dapat membuat air hujan tidak bisa memampatkan tanah, serta akan terbentuk lapisan humus yang akan menjadi tempat/sarang hidup bagi serangga. Saat hujan turun, lapisan humus mengembang dan menjadi lebih permeabel, sehingga kapasitas infiltrasinya bisa jauh lebih besar dibandingkan tanpa penutup tanaman.
- f. Intensitas hujan. Kapasitas infiltrasi juga dipengaruhi oleh intensitas hujan. Jika intensitas hujan lebih besar dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi aktual sama dengan kapasitas infiltrasi, dan apabila intensitas hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju aktual adalah sama dengan intensitas hujan.
- g. Topografi. Topografi juga berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi. Pada lahan yang memiliki kemiringan yang besar, kecepatan aliran permukaan juga besar sehingga waktu untuk proses infiltrasi berkurang kemudian sebagian air hujan menjadi aliran permukaan. Sebaliknya, pada lahan yang datar air menggenang sehingga memiliki waktu yang cukup untuk proses infiltrasi.

Selain infiltrasi, limpasan juga termasuk siklus hidrologi. Limpasan permukaan (*surface runoff*) merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan, kemudian masuk ke parit dan selokan-selokan yang selanjutnya bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai. Limpasan dinyatakan dalam volume atau debit (Triatmodjo, 2008). Teori *Hortonian Overland Flow* menjelaskan bahwa limpasan permukaan akan dihasilkan ketika intensitas curah hujan lebih besar dari laju infiltrasi. Oleh karena itu, laju infiltrasi akan secara signifikan mempengaruhi waktu tempuh limpasan permukaan. Teori *Overland Flow* jenuh menjelaskan bahwa limpasan permukaan terjadi karena sistem sudah jenuh, dan waktu tempuh tidak terpengaruh oleh laju infiltrasi (Sedyowati dkk., 2017). Menurut Triatmodjo (2008) komponen-komponen limpasan berasal dari tiga sumber air seperti yang terlihat pada Gambar 2.5, yaitu sebagai berikut ini.



Gambar 2. 5 Komponen limpasan (Triatmodjo, 2008)

- a. Aliran permukaan (*surface flow*) merupakan bagian air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Aliran permukaan merupakan penyebab utama terjadinya banjir karena aliran permukaan dapat terkonsentrasi menuju sungai dalam waktu singkat.
- b. Aliran antara (*interflow*) merupakan aliran pada arah lateral yang terjadi di bawah permukaan tanah. Aliran antara memiliki proses yang lebih lambat dari aliran permukaan dengan tingkat kelambatan dalam beberapa jam sampai hari.
- c. Aliran yang terjadi ketika berada di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah dan akhirnya menuju ke sungai atau langsung ke laut disebut dengan aliran air tanah. Aliran air tanah ini memiliki waktu proses yang lebih lambat dari aliran antara dengan tingkat kelambatan dalam mingguan sampai tahunan.

### 2.2.2 Pengujian sifat-sifat fisik tanah

Beberapa sifat fisik tanah memiliki pengaruh terhadap besarnya laju infiltrasi. Sifat-sifat fisik tanah yang mempengaruhi laju infiltrasi adalah kadar air, kandungan pasir, dan porositas (Harisuseno dkk., 2017, dan Ardiansyah dkk., 2019). Pengaruh kadar air terhadap laju infiltrasi adalah dengan setiap kenaikan nilai kadar air, maka laju infiltrasi akan berkurang. Pengaruh porositas terhadap laju infiltrasi adalah dengan setiap kenaikan nilai porositas, maka laju infiltrasi akan berkurang. Pengaruh kandungan pasir terhadap laju infiltrasi adalah dengan setiap kenaikan nilai kandungan pasir, maka laju infiltrasi akan bertambah (Ardiansyah dkk., 2019). Adanya pengaruh kadar air, kandungan pasir, dan porositas terhadap laju infiltrasi, maka perlunya pengujian tanah seperti berikut ini.

a. Kadar air ( $w$ ). Kadar air ( $w$ ) ialah perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat dalam tanah, dinyatakan dalam persen (Hardiyatmo, 2012). Kadar air dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (2.1)$$

dengan:

$w$  = kadar air (%)

$W_w$  = berat air (g)

$W_s$  = berat butiran padat (g)

b. Berat jenis ( $G_s$ ). Berat jenis atau berat spesifik (*specific gravity*) diartikan sebagai perbandingan antara volume butiran padat dengan berat volume air pada temperatur 4°C (Hardiyatmo, 2012). Berat jenis dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2.2)$$

dengan:

$G_s$  = berat jenis

$\gamma_s$  = berat volume butiran padat (g/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = berat volume air (g/cm<sup>3</sup>)

c. Kepadatan tanah. Pengujian kepadatan tanah memiliki tujuan untuk mengetahui kepadatan tanah lapangan. Ada dua macam cara untuk mengontrol kepadatan tanah di lapangan, yaitu dengan cara langsung dan pemindahan tanah (Hardiyatmo, 2012).

d. Uji distribusi ukuran butir tanah. Analisis ukuran butiran tanah dapat didefinisikan sebagai penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 2012). Ada dua metode yang digunakan untuk mengetahui ukuran partikel tanah, yaitu analisis hidrometer dan analisis saringan.

### 2.2.3 Hidraulika

d. Saluran terbuka. Saluran di mana air mengalir dengan muka air bebas disebut dengan saluran terbuka. Tekanan di permukaan air adalah sama pada semua titik di sepanjang saluran, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui

sebuah pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas/udara) masih tergolong dalam aliran melalui saluran terbuka (Triatmodjo, 1993).

Klasifikasi aliran ada beberapa macam, pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka ialah turbulen karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar. Apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, kecepatan, tampang basah, dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan maka itu disebut dengan aliran seragam (*uniform*). Apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan maka aliran disebut tidak seragam atau berubah (*non-uniform flow* atau *varied flow*). Jika terjadi pada jarak yang panjang disebut aliran berubah beraturan, sedangkan jika perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek maka disebut aliran berubah cepat. Jika variabel aliran di suatu titik seperti kecepatan dan kedalaman tidak berubah terhadap waktu maka aliran disebut mantap, sedangkan apabila variabel aliran di suatu titik seperti kecepatan dan kedalaman berubah terhadap waktu maka disebut aliran tidak mantap. Selain itu, aliran pada saluran terbuka juga dapat dibedakan menjadi aliran super kritis (meluncur) dan sub kritis (mengalir). Aliran disebut super kritis jika kecepatan aliran cukup besar sehingga gangguan yang terjadi tidak menjalar ke hulu. Aliran super kritis dipengaruhi oleh kondisi hilir, dengan kata lain kondisi di hulu dapat mempengaruhi aliran di bagian hilir. Jika suatu gangguan yang terjadi di suatu titik pada aliran dapat menjalar ke arah hulu maka aliran disebut sub kritis. Dalam hal ini keadaan di hilir akan mempengaruhi aliran di sebelah hulu (Triatmodjo, 1993).

e. Debit aliran ( $Q$ ). Debit aliran ialah jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu dan disimbolkan dengan  $Q$ . Debit aliran juga diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu dengan satuan meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{d}$ ) atau satuan lainnya (liter/detik, liter/meit, dsb) (Triatmodjo, 1993). Debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3 dan Persamaan (2.4).

$$Q = A.v \quad (2.3)$$

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.4)$$

dengan:

$$Q = \text{debit aliran } (\text{m}^3/\text{d})$$

$A$  = luas penampang basah ( $m^2$ )

$V$  = volume zat cair ( $m^3$ )

$v$  = kecepatan aliran (m/d)

$t$  = waktu (detik)

#### 2.2.4 Regresi

Pemilihan metode regresi terbaik dapat dilakukan dengan membandingkan nilai  $r^2$ . Nilai  $r$  bervariasi antara 0 sampai dengan 1. Untuk perkiraan yang sempurna nilai  $r$  adalah 1, sedangkan apabila  $r=0$  maka perkiraan suatu fungsi dianggap jelek (Triatmodjo, 1992). Menurut Triatmodjo (1992) ada beberapa metode regresi yang dapat digunakan, antara lain sebagai berikut.

- a. Metode kuadrat terkecil
- b. Metode terkecil untuk kurva linier
- c. Linierisasi kurva tidak linier
- d. Regresi polinomial
- e. Regresi linier dengan banyak variable

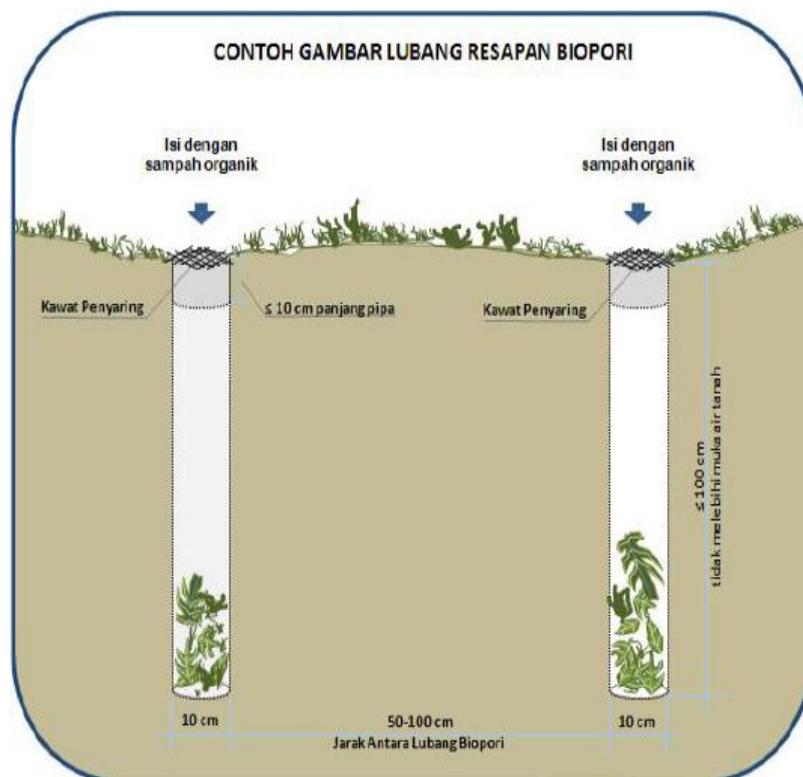
Menurut Harlan (2018) ada tiga tipe hubungan antara dua variabel pada suatu diagram regresi. Ketiga tipe hubungan tersebut antara lain adalah sebagai berikut.

- a. Hubungan positif. Disebut hubungan positif jika penambahan variabel X (sumbu horizontal) maka disertai dengan penambahan variabel Y (sumbu vertikal).
- b. Hubungan negative. Disebut hubungan negatif jika penambahan variabel X (sumbu horizontal) maka disertai dengan pengurangan variabel Y (sumbu vertikal) atau sebaliknya.
- c. Tidak ada hubungan. Disebut tidak ada hubungan jika penambahan/pengurangan variabel X (sumbu horizontal) tidak jelas memiliki efek terhadap variabel Y (sumbu vertikal).

#### 2.2.5 Biopori

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 12 (2009), biopori merupakan lubang yang dibuat secara vertikal ke dalam tanah, dengan kedalaman sekitar 100 cm atau tidak melebihi kedalaman muka air tanah dan diameter lubang biopori 10 – 25 cm, untuk lebih jelas lihat Gambar 2.6. Persyaratan lokasi yang baik

untuk biopori adalah daerah sekitar pemukiman, halaman parkir, taman, sekitar pohon, dan pada daerah yang dilewati aliran air hujan (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 12, 2009). Hal yang harus diperhatikan dalam pemeliharaan biopori menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 12 (2009) adalah dengan memasukkan sampah organik secara teratur pada saat terjadi penurunan volume sampah organik dalam lubang biopori, dan mengambil sampah organik yang ada dalam lubang biopori yang telah menjadi kompos diperkirakan dua sampai tiga bulan telah terjadi proses pelapukan. Kebutuhan jumlah lubang biopori berdasarkan luas tutupan bangunan ialah setiap tambahan luas tutupan bangunan 7 m<sup>2</sup> diperlukan tambahan 1 unit LRB (Lubang Resapan Biopori) (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 12, 2009).



Gambar 2. 6 Contoh lubang resapan biopori  
(P. M. Negara Lingkungan Hidup No 12, 2009)