

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sampah**

##### **2.1.1 Pengertian Sampah**

Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis (Istilah Lingkungan untuk Manajemen, Ecolink, 1996). Sedangkan Azwar (1990) mengatakan bahwa sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak terpakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang, umumnya berasal dari kegiatan manusia dan bersifat padat.

Hadiwijoto (1983) mengatakan sampah adalah sisa-sisa bahan yang telah mengalami perlakuan baik telah diambil bagian utamanya, telah mengalami pengolahan, dan sudah tidak bermanfaat, dari segi ekonomi sudah tidak ada harganya serta dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran atau gangguan kelestarian alam.

##### **2.1.2 Sumber Sampah**

Berdasarkan sumber penghasilnya, sampah dapat dikategorikan sebagai berikut :

1. Sampah domestik, yaitu sampah yang berasal dari pemukiman
2. Sampah komersial, yaitu sampah yang berasal dari lingkungan perdagangan atau jasa komersial berupa toko, pasar, rumah makan, dan kantor
3. Sampah industri, yaitu sampah yang berasal dari suatu proses produksi
4. Sampah yang berasal selain dari yang telah disebutkan diatas misalnya sampah dari pepohonan, sapuan jalan, dan bencana alam (Hadiwijoto, 1983).

Di Kota Palembang, volume sampah terbesar yang masuk ke TPA setiap harinya bersumber dari sampah domestik. Dinas Kebersihan dan Pemakaman Kota Palembang mencatat sebanyak 79,20% sampah yang masuk ke TPA berasal dari sampah pemukiman (Tabel 2.1)

Tabel 2.1 Volume Timbunan Sampah/Hari di TPA I Sukawinatan Palembang.

Sumber Sampah	Jumlah Sampah (m <sup>3</sup> /hari)	Persentase (%)
Pemukiman	6.890,00	79,20
Pasar	740,00	8,51
Pertokoan, Hotel, Restoran	230,00	2,64
Fasilitas Umum	53,00	0,61
Penyapuan Jalan	54,00	0,62
Sampah Jalan	15,00	0,17
Perkantoran	121,00	1,39
Industri	597,00	6,86
Jumlah	8.700,00	100,00

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pemakaman Kota Palembang 2008.

### 2.1.3 Jenis Sampah

Pengelompokan sampah yang sering dilakukan adalah berdasarkan komposisinya yang dinyatakan dalam % berat basah atau % volume basah. Komposisi sampah antara lain; organik, kertas, plastik, kayu, kulit, karet dan lain – lain. Berdasarkan sifatnya, sampah dapat digolongkan menjadi :

- *Garbage* (sampah basah), yaitu sampah yang mudah membusuk/terdegradasi, seperti sisa makanan, daun, sampah pasar dan sampah pertanian.
- *Rubber* (sampah kering), yaitu sampah yang sulit terdegradasi, seperti kertas, plastik, karet, kaca, logam dan sebagainya (Dinas Kebersihan dan Pemakaman Kota Palembang, 2008)

Damanhuri (1995) membedakan sampah atas sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik meliputi limbah padat semi basah berupa bahan-bahan organik yang umumnya berasal dari limbah hasil pertanian. Sampah ini memiliki sifat mudah terurai oleh mikro organisme dan mudah membusuk karena memiliki rantai karbon relatif pendek. Sedangkan sampah anorganik berupa sampah padat yang cukup kering dan sulit

terurai oleh mikro organisme karena memiliki rantai karbon yang panjang dan kompleks seperti kaca, besi, plastik, dan lain-lain.

Di Kota Palembang, sampah organik adalah jenis sampah yang mendominasi komposisi sampah. Tiga komposisi utama sampah di kota Palembang adalah organik (76,69%), kertas (7,27%) dan plastik (4,67%). Lebih detail mengenai komposisi sampah kota Palembang disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Sampah di Kota Palembang

No.	Jenis	Persentase (%)
1	Organik	76,69
2	Kertas	7,27
3	Kaca	1,59
4	Plastik	4,67
5	Logam	1,37
6	Kayu	3,65
7	Kain	2,50
8	Karet	0,57
9	Lain-lain	0,68

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pemakaman Kota Palembang 2008.

#### 2.1.4 Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah adalah perlakuan terhadap sampah yang bertujuan memperkecil atau menghilangkan masalah-masalah yang berkaitan dengan lingkungan. Dalam ilmu kesehatan lingkungan, suatu pengolahan sampah dianggap baik jika sampah yang diolah tidak menjadi tempat berkembang biaknya bibit penyakit serta tidak menjadi perantara penyebarluasan suatu penyakit. Syarat lain yang harus dipenuhi adalah tidak mencemari udara, air, atau tanah, tidak menimbulkan bau, dan tidak menimbulkan kebakaran (Azwar, 1990). Umumnya pengelolaan sampah terdiri dari tahapan sebagai berikut :

##### 1. Pengumpulan

Sistem pengumpulan sampah khususnya sampah rumah tangga yang saat ini dilakukan berdasarkan kondisi dan kultur masyarakat. Pengumpulan sampah di kota besar terutama di Kota Palembang biasanya dilakukan sebagai berikut :

- Tiap Rumah Tangga menyediakan tempat atau wadah sampah tertutup yang dilapisi kantong plastik, untuk menampung sampah yang tidak dapat dimanfaatkan.
- *Pool Container*, biasanya terletak di pinggir jalan di sebuah lokasi pemukiman dan memiliki volume kurang lebih 6-10 meter kubik, berbentuk sebuah bak penampungan besi. Pool container ini diangkut oleh truk dinas kebersihan dengan sistem hidrolik.
- Dipo adalah tempat penampungan sampah sementara (TPS) yang meliputi satu kelurahan kurang lebih 30.000 warga, dengan daya tampung sampah sekitar 150 meter kubik.

## 2. Pengangkutan

Pengangkutan sampah dari tempat penampungan sementara (TPS) ke tempat pembuangan akhir (TPA) dilakukan oleh dinas kebersihan. Pengangkutan sampah dilakukan dengan sistem pembagian lokasi, setiap truk pengangkut sampah mempunyai tugas di wilayah tertentu.

## 3. Pembuangan

Semua sampah yang sudah diangkut dari TPS dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sampah yang diangkut ke TPA dicatat volume sampahnya secara berkala lalu dibuang ke zona pembuangan yang masih aktif.

Terdapat dua lokasi TPA (Tempat Pembuangan Sampah Akhir) di Kota Palembang, yaitu:

### 1. TPA I Sukawinatan

Berlokasi di Kecamatan Sukarame dengan luas  $\pm 25$ Ha. Masa pelayanan TPA I Sukawinatan ini dimulai pada Tahun 1994. Sistem pengelolaan sampah di TPA ini menggunakan metode *open dumping* dengan peningkatan operasional pengelolaan sampah, dimana pada akhir masa pelayanan tiap area diaplikasikan tanah liat sebagai penutup akhir seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Aplikasi Tanah Penutup Akhir di TPA I Sukawinatan.

## 2. TPA II Karya Jaya

Berlokasi di Karya Jaya Kecamatan Kertapati Seberang Ulu dengan luas area  $\pm 40$ Ha yang beraktifitas sejak tahun 1998 dengan menggunakan metode *open dumping* sebagai sistem pengelolaan sampahnya.

### 2.2 Metode Pembuangan Akhir

Proses akhir dari rangkaian penanganan sampah yang biasa dijumpai di Indonesia dilaksanakan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Pada umumnya pemrosesan akhir sampah yang dilaksanakan di TPA berupa proses *landfilling* (pengurugan), baik itu *open dumping* maupun *controlled landfill*.

Terdapat beberapa alasan yang menyebabkan lahan urug tidak dapat tergantikan/dihilangkan dalam sistem pengelolaan sampah perkotaan, antara lain:

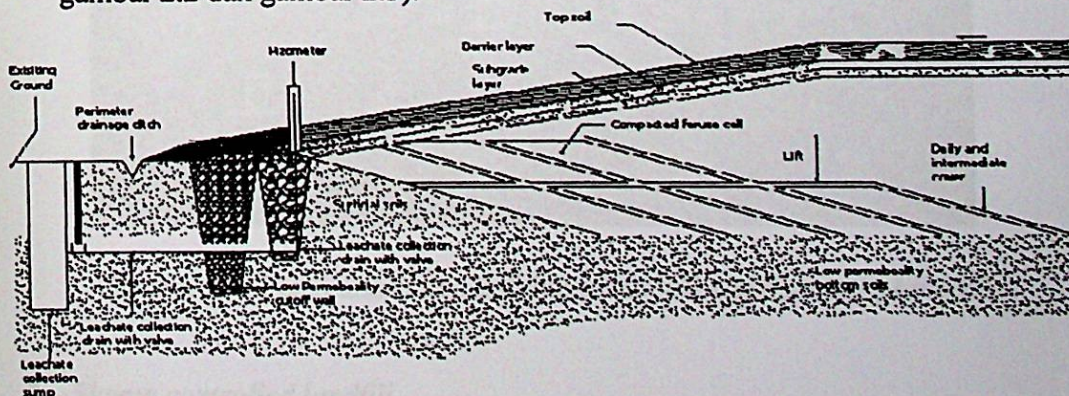
- a. Teknologi pengelolaan limbah seperti reduksi di sumber, daur – ulang, daur – pakai atau minimasi sampah, tidak dapat menyingkirkan sampah secara menyeluruh,
- b. Tidak semua limbah mempunyai nilai ekonomis untuk di daur ulang,

- c. Teknologi pengolahan limbah seperti insinerator atau pengolahan secara biologi dan atau kimia tetap menghasilkan residu yang harus ditangani lebih lanjut,
- d. Kadangkala limbah sulit untuk diuraikan secara biologis, atau sulit untuk dibakar, atau sulit untuk diolah secara kimia. (Damanhuri, 1995)

Berdasarkan sistem operasionalnya, secara umum terdapat tiga skema pengoperasian lahan urug tempat pembuangan akhir sampah, yaitu:

### 1. Skema *sanitary landfill*

Merupakan lahan urug yang telah memperhatikan aspek sanitasi lingkungan dimana urugan yang dilakukan tidak menimbulkan bau, tidak mencemari air tanah dengan lindi (cairan rembesan sampah yang terkumpul di dasar landfill), serta mencegah adanya lalat dan penyebar bakteri lainnya diatas timbunan sampah. Pada skema ini sampah telah diwadahi dan dikontrol dengan ketat. Terdapat sistem pelapisan dasar (*liner*) untuk menghindari terpaparnya air tanah oleh lindi (*leachate*). Adanya suatu sistem drainase untuk menyalurkan lindi ke suatu instalasi pengolah air limbah dan saluran penyalur gas untuk membuang gas metan yang dihasilkan dari proses degradasi limbah organik. Yang tidak kalah penting, terdapatnya suatu sistem penutup akhir dan harian, dimana timbunan sampah ditutup dengan tanah secara harian sehingga gangguan-gangguan yang mungkin ditimbulkan oleh tempat pembuangan akhir dapat dikurangi (lihat gambar 2.2 dan gambar 2.3).

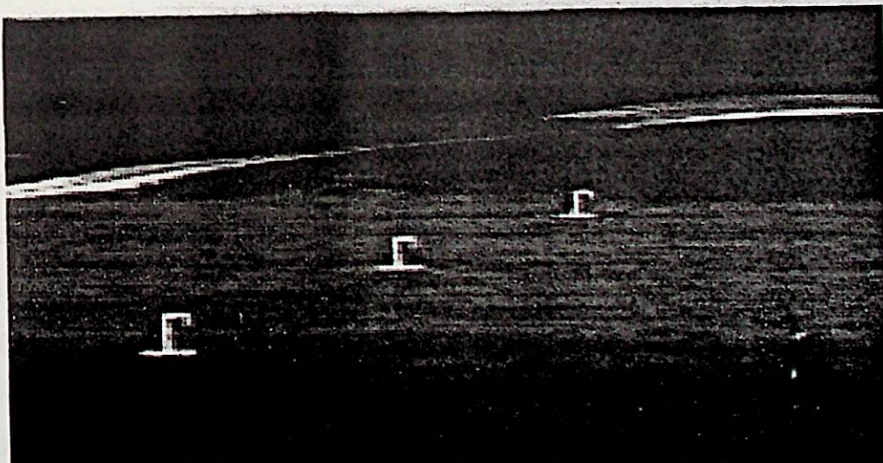


Gambar 2.2. Skema *sanitary landfill* (Sharma dan Lewis, 1994).



Gambar 2.3 Aplikasi penutup harian pada *sanitary landfill*

Pada pasca pengoperasian lahan TPA, setelah sampah ditutup dengan lapisan penutup akhir, lahan TPA akan berupa suatu areal kosong yang cukup luas. Keberadaan area ini dapat difungsikan sebagai taman, lapangan golf atau lahan parkir. Gambar 2.4 memperlihatkan penggunaan kembali lahan landfill dengan pipa – pipa penyalur gas metan di permukaannya.



Gambar 2.4. Penggunaan kembali lahan landfill pada *sanitary landfill*

## 2. Skema *controlled landfill*

*Controlled landfill* atau lahan urug terkendali diperkenalkan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada awal tahun 1990-an merupakan perbaikan atau peningkatan dari cara open dumping tetapi belum sebaik *sanitary landfill*. Pada

skema ini pelapis dasar berupa lapisan geomembran. Aplikasi tanah penutup harian dilakukan setiap 5-7 hari (Damanhuri, 2004). Kemudian pada masa akhir layan dilakukan penutupan akhir. Tetapi sampai saat ini metode *controlled landfill* masih dianggap mahal sehingga tidak banyak TPA yang menerapkan skema ini.

### 3. Skema *open dumping*

Skema *open dumping* atau konvensional adalah skema yang paling banyak diterapkan di Indonesia. Prinsip kerjanya sederhana: sampah secara mekanis dibuang, ditumpuk, ditimbun, diratakan, dipadatkan, dan dibiarkan membusuk serta mengurai sendiri secara alami di TPA. Sampah yang di buang dengan skema ini, sebagian disebar-ratakan untuk dibiarkan membusuk dan tercerna secara alami (3-6 bulan, bahkan lebih dari 12 bulan) menjadi lahan yang subur bagi pembiakan jenis-jenis bakteri serta bibit penyakit lain, menimbulkan bau tak sedap yang dapat tercium dari puluhan bahkan ratusan meter, mengurangi nilai estetika dan keindahan lingkungan. Sebagian lain dibakar secara langsung di tempat dengan atau tanpa menggunakan fasilitas insinerator (tungku pembakaran). Pola pengelolaan seperti ini memunculkan berbagai permasalahan dampak lingkungan, mulai dari pembuangan sampah domestik / industri ke TPS, sampai ke TPA.. Dan bila lahan tidak dapat menampung pembuangan lagi maka pembuangan dilakukan pada lahan baru (Pahlano, 2005). Gambar 2.5 memperlihatkan *dump truck* yang sedang membuang sampah ke tempat pembuangan akhir tanpa dilakukan penanganan lebih lanjut setelah sampah dibuang. Keuntungan utama dari sistem ini adalah murah dan sederhana. Kekurangannya, sistem ini sama sekali tidak memperhatikan sanitasi lingkungan.





Gambar 2.5. Tempat pembuangan akhir dengan skema *open dumping*

Tiap skema operasi lahan urug memiliki kekurangan dan kelebihan masing – masing.

Tabel 2.3 memaparkan kelebihan dan kekurangan dari skema pengoperasian lahan urug.

Tabel 2.3 Perbandingan skema lahan urug (Damanhuri, 2004)

Metode <i>Landfilling</i>	
Kelebihan	Kekurangan / Kendala
<i>Sanitary Landfill</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merupakan metode pembuangan akhir yang lengkap sehingga tidak mencemari lingkungan.</li> <li>• Setelah selesai pemakaiannya, area lahan urug dapat digunakan kembali areal parkir, lapangan golf, taman dan kebutuhan lainnya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplikasi sistem pelapisan dasar (<i>liner</i>), penutup harian dan penutup akhir yang relatif mahal.</li> <li>• Jika pengoperasiaannya tidak bejalan semestinya dapat menghasilkan akibat seperti metode open dumping</li> </ul>
<i>Controlled landfill</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dampak negatif terhadap lingkungan dapat diperkecil.</li> <li>• Lahan dapat digunakan kembali setelah dipakai.</li> <li>• Estetika lingkungan cukup baik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operasi lapangan relatif lebih sulit.</li> <li>• Biaya operasi dan perawatan cukup besar.</li> <li>• Memerlukan personalia lapangan yang cukup terlatih.</li> </ul>

<i>Open Dumping</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teknis pelaksanaan mudah.</li> <li>• Personil lapangan relatif sedikit.</li> <li>• Biaya operasi dan perawatan yang relatif rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi pencemaran udara oleh gas, bau dan debu.</li> <li>• Pencemaran air tanah oleh air lindi.</li> <li>• Resiko kebakaran cukup besar</li> <li>• Mendorong tumbuhnya sarang vektor penyakit (tikus, lalat, nyamuk).</li> <li>• Mengurangi estetika lingkungan.</li> <li>• Lahan tidak dapat digunakan kembali dalam waktu yang cukup lama</li> </ul>

### 2.3 Lapisan Penutup Harian

Pada *landfill* yang memperhatikan aspek sanitasi (bukan *open dumping*), terdapat lapisan penutup harian. Lapisan ini merupakan tanah yang dipadatkan secara lapis per lapis dengan tumpukan sampah pada zona aktif pembuangan akhir (gambar 2.2). Tanah yang digunakan sebagai penutup harian diambil dari luar area tempat pembuangan akhir, kemudian disebar dan dipadatkan pada tiap hari akhir operasi.

#### 2.3.1 Fungsi Penutup Harian

Lapisan penutup ini pada dasarnya berfungsi untuk:

- a) Mencegah berkembangnya vektor penyakit
- b) Mencegah penyebaran debu dan sampah ringan
- c) Mencegah tersebarnya bau dan gas yang timbul
- d) Mencegah kebakaran
- e) Menjaga agar pemandangan tetap indah
- f) Menciptakan stabilisasi lokasi penimbunan sampah
- g) Mengurangi volume lindi (Sharma dan Lewis, 1994)

Ketersediaan tanah sebagai penutup harian ataupun sebagai penutup akhir, memegang peranan sangat penting agar TPA tersebut dapat beroperasi secara baik. Biasanya sebuah tempat pembuangan akhir yang dirancang secara baik akhirnya menjadi *open dumping*

akibat masalah tanah penutup yang tidak berjalan baik dalam pelaksanaannya karena berbagai alasan.

### 2.3.2 Kriteria Lapisan Penutup Harian

Yang perlu diperhatikan pada pengaplikasian lapisan penutup akhir ini adalah kemudahan penggalian, pengangkutan, penyebaran dan pemadatan tanah tersebut. Selain itu faktor konsistensi tanah terhadap cuaca panas dan hujan juga harus diperhatikan. Oleh karena itu data tentang karakteristik tanah melalui *sampling* (melalui pemboran) sangat diperlukan. Pengelompokkan kecocokan beberapa jenis tanah sebagai lapisan penutup harian maupun penutup akhir dapat dilihat pada Tabel 2.4 (Damanhuri 1995).

Tabel 2.4 Kecocokan Tanah Sebagai Tanah Penutup (Damanhuri, 1995)

Fungsi	Gravel bersih	Clayly silty gravel	Pasir bersih	Clayly silty sand	Silt	Clay
Kemudahan kerja, penempatan tanah penutup	B	I	I	B	C	J
Pencegahan bersarangnya binatang pengerat	B	C-B	B	J	J	J
Pencegahan berkembangnya lalat	J	C	J	B	B	I
Pengurangan masuknya air	J	C-B	J	B-I	B-I	Ia
Pengurangan ventilasi gas melalui tanah penutup	J	C-B	J	B-I	B-I	Ia
Estetika dan kontrol sampah terbang	I	I	I	I	I	Ia
Penumbuh tanaman	J	B	J-C	I	B-I	C-B
Ventilasi gas (dengan drainase yang baik)	I	J	B	J	J	J

Keterangan : I = istimewa, C = cukup,  
Ia = istimewa bila tidak pecah – pecah, J = buruk.  
B = baik,

Menurut Damanhuri, E. (1995) peranan pengurangan, penyebaran dan pemadatan sampah secara lapis per lapis akan menambah kepadatan sampah dibandingkan bila dilakukan sekaligus sampai ketinggian tertentu. Penelitian yang dilakukan pada timbunan sampah setinggi 2,0 meter yang ditutup tanah penutup setebal 20 cm terungkap bahwa timbunan sampah tersebut tetap memungkinkan fase aerobik. Degradasi sampah dengan kondisi aerob sebetulnya diinginkan, mengingat membawa keuntungan antara lain:

- Relatif tidak menimbulkan bau.
- Proses degradasi sampah lebih cepat.
- Lindi yang dihasilkan akan lebih ringan.

Tanah penutup harian disarakan untuk tidak terlalu kedap agar proses penguraian sampah secara aerobik masih bisa berlangsung dengan baik pada sel timbunan teratas. Nilai kelulusan antara  $10^{-4}$  cm/det sampai  $10^{-5}$  cm/det cukup baik untuk itu. Disamping itu agar tanah penutup harian tidak retak pada saat panas, maka Indeks Plastisitas tanah yang baik adalah lebih kecil dari 40%. Bila tidak, maka sebaiknya tanah tersebut dicampur dengan tanah tertentu, seperti pasir, agar mamperkecil IP tanah penutup. (Damanhuri, 1995).

## 2.4 Pengujian Tanah di Laboratorium

### 2.4.1 Uji Kadar Air

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar air. Uji kadar air dilakukan sesuai dengan panduan ASTM D 2216 – 80.

- Pembuatan benda uji :

Dibuat empat sampel benda uji yang komposisinya berbeda tiap sampel untuk pengujian kadar air ini, yaitu :

- ❖ Tanah kompos kadar air asli
- ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kadar air asli tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 5%.
- ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kadar air asli tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 7,5%.
- ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kadar air asli tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 10%..

- Peralatan yang digunakan :

- ❖ Cawan
- ❖ Oven dengan pengatur suhu

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
- Prosedur kerja :
  - ❖ Timbang berat cawan yang digunakan, catat beratnya dan nomor cawan.
  - ❖ Letakkan benda uji tanah yang akan diperiksa dan ditimbang.
  - ❖ Keringkan contoh tanah dalam oven dengan suhu 110 °c dalam keadaan terbuka (tanpa tutup cawan) selama 12-16 jam atau sampai berat contoh tanah konstan.
  - ❖ Cawan ditutup dan didinginkan dalam desikator.
  - ❖ Timbang berat cawan dan berat tanah kering.
  - ❖ Pemeriksaan dilakukan lima kali untuk setiap benda uji, sehingga didapat harga rata-rata
- Kadar air tanah dapat dihitung sebagai berikut:
  - ❖ Berat cawan kosong (gr) :  $W_1$
  - ❖ Berat cawan + tanah basah (gr) :  $W_2$
  - ❖ Berat cawan + tanah kering (gr) :  $W_3$
  - ❖ Berat air (gr) :  $(W_2 - W_3)$
  - ❖ Berat butiran (gr) :  $(W_3 - W_1)$

Maka kadar air =  $\frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\%$  .....persamaan 2.1

#### 2.4.2 Uji Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Uji *Spesific Gravity* ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis sampel tanah. Berat jenis (*spesific gravity*) tanah ( $G_s$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ), dengan volume air ( $\gamma_w$ ).  $G_s$  tidak berdimensi.. Standar ASTM D 854 – 23 digunakan sebagai panduan pengujian.

- Pembuatan benda uji :
  - ❖ Dibuat empat sampel benda uji dengan komposisi berbeda seperti pada uji kadar air. Tanah kompos pada sample uji berat jenis ini adalah tanah kompos kering udara.

- Peralatan yang digunakan :
  - ❖ Piknometer dengan kapasitas minimum 100 ml atau botol berkapasitas 50 ml.
  - ❖ Desikator.
  - ❖ Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi suhu sampai  $110,5^{\circ}\text{C}$ .
  - ❖ Neraca dengan ketelitian 0,01 gram.
  - ❖ Termometer dengan ukuran  $0 - 50^{\circ}\text{C}$  dengan ketelitian pembacaan  $1^{\circ}\text{C}$ .
  - ❖ Saringan no.4, no.10, no.40 dan pan.
  - ❖ Botol berisi air bersih.
  - ❖ Kompor spritus.
- Prosedur kerja :
  - ❖ Cuci piknometer dengan air bersih dan keringkan. Timbang berat piknometer dengan ketelitian 0,01 gram ( $W_1$ ).
  - ❖ Timbang piknometer berisi penuh air dengan tutupnya ( $W_2$ )
  - ❖ Masukkan benda uji ke dalam piknometer dan timbang bersama tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram ( $W_3$ ).
  - ❖ Tambahkan air sehingga piknometer terisi dua per tiga volumenya, kemudian timbang kembali.
  - ❖ Didihkan isi piknometer dengan hati-hati selama 10 menit, dan miringkan botol sesekali untuk mempercepat pengeluaran udara dalam piknometer.
  - ❖ Setelah piknometer didinginkan dan mencapai suhu ruang, tambahkan air hingga penuh dan keringkan bagian luarnya kemudian timbang kembali piknometer tersebut ( $W_4$ ).
- Perhitungan
  - ❖ Berat piknometer :  $W_1$
  - ❖ Berat piknometer + sampel :  $W_2$
  - ❖ Berat piknometer + sampel + air :  $W_3$

❖ Berat piknometer + air :  $W_4$

❖ *Specific gravity* pada suhu  $t$  °C :  $G$

$$G = \frac{\text{berat butir}}{\text{berat air dengan volume sama}}$$

$$G = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.2}$$

❖ *Specific gravity* pada suhu  $t = 27,5$  °C :  $G_s$

$$G_s = G(t^\circ\text{C}) \times \frac{\text{berat jenis air pada } t^\circ\text{C}}{\text{berat jenis air pada } 27,5^\circ\text{C}} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.3}$$

### 2.4.3 Uji Analisa Ukuran Butir

Sifat-sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Analisa saringan dilakukan berdasarkan panduan ASTM D 422 – 63 dan analisa hidrometer dipandu ASTM D 421 dan D 422.

• Pembuatan benda uji analisa saringan :

- ❖ Tanah kompos kondisi kering udara 600 gr
- ❖ 600 gr campuran *loose volume* (volume lepas) tanah kompos kondisi kering udara dan pasir, dengan volume pasir sebesar 5%.
- ❖ 600 gr campuran *loose volume* (volume lepas) tanah kompos kondisi kering udara dan pasir, dengan volume pasir sebesar 7,5%.
- ❖ 600 gr campuran *loose volume* (volume lepas) tanah kompos kondisi kering udara dan pasir, dengan volume pasir sebesar 10%.

• Peralatan yang digunakan pada uji analisa saringan:

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- ❖ Satu set ayakan ukuran no 4 (4,75mm), no 10 (2mm), no 20 (0,85mm), no 40 (0,425mm), no 60 (0,25mm) ,no 100 (0,15mm), no 200 (0,075mm) dan pan standar ASTM

- ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu yang tepat (kapasitas 110°)
- ❖ Mesin pengguncang saringan
- ❖ Nampan, kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat lainnya.
- Prosedur kerja uji analisa saringan :
  - ❖ Benda uji dikeringkan didalam oven suhu 110° sampai berat konstan
  - ❖ Saring benda uji melalui saringan dengan susunan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas. Saring dengan mesin pengguncang selama 15 menit
  - ❖ Timbang berat tanah yang tertahan pada tiap ayakan.
- Pembuatan benda uji analisa hidrometer :
  - ❖ 50 gr tanah kompos kondisi kering lolos saringan no.200
  - ❖ 50 gr campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 5%. Campuran lolos saringan no.200.
  - ❖ 50 gr campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 7,5%. Campuran lolos saringan no.200.
  - ❖ 50 gr campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 10%. Campuran lolos saringan no.200.
- Peralatan yang digunakan pada uji analisa hidrometer :
  - ❖ Timbangan dengan ketelitian 0.01 gr
  - ❖ Hidrometer dengan skala konsentrasi
  - ❖ Tabung gelas ukur
  - ❖ Stopwatch
  - ❖ Termometer
  - ❖ Pengaduk mekanis dan mangkuk pengurai
  - ❖ Batang pengaduk gelas
- Prosedur kerja uji analisa hidrometer :
  - ❖ Rendam benda uji dengan 50 ml air dan 10 ml  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  diaduk dan dibiarkan terendam selama 24 jam



- ❖ Pindahkan campuran ke dalam mangkuk pengaduk dan tambah air kira-kira setengah penuh dan aduk selama 15 menit
  - ❖ Pindahkan campuran ke dalam tabung gelas ukur dan tambah air sampai menjadi 1000 ml. Tutup tabung rapat-rapat dengan tangan dan kocok dalam arah mendatar selama 1 menit
  - ❖ Setelah itu masukkan hidrometer. Biarkan terapung dan hidupkan stopwatch. Baca angka skala pada 0,5, 1, dan 2 menit. Baca puncak miniscus sampai 0,5 gr/ltr yang terdekat.
  - ❖ Setelah pembacaan pada 2 menit, angkat hidrometer dengan hati-hati, cuci dengan air. Masukkan kembali hidrometer. Lakukan pembacaan pada saat 5, 15, dan 30 menit dan untuk 24 jam. Setelah setiap pembacaan cuci dan kembalikan hidrometer ke dalam tabung. Lakukan proses pemasukkan dan mengangkat hidrometer masing-masing selama 10 detik.
  - ❖ Ukur suhu campuran sekali dalam 15 menit pertama dan pada setiap pembacaan berikutnya
- Perhitungan
    - ❖ Berat total tanah basah =  $B_0$ .
    - ❖ Berat total tanah kering =  $W = B_0$  (sama dengan berat total tanah basah karena tanah yang digunakan tanah kering oven).
    - ❖ Dimisalkan berat butir – butir yang tertahan saringan no. 10, 20, 40, 60, 140 dan 200 berturut – turut  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  dan  $b_6$ .
    - ❖ Berat tanah kering dengan diameter  $> 0,075$  mm (tertahan saringan no. 10 – 200) :  $B_1 = b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5 + b_6$  .....persamaan 2.5
    - ❖ Berat tanah kering dengan diameter  $< 0,075$  mm (lolos saringan no. 200) :  $B_2 = W - B_1$  .....persamaan 2.6
    - ❖ Jumlah butiran yang lolos saringan adalah :
 

No. 200	:	$c_6$	:	$B_2$
No. 140	:	$c_5$	:	$c_6 + b_6$

- No. 60 :  $c_4$  :  $c_5 + b_5$
- No. 40 :  $c_3$  :  $c_4 + b_4$
- No. 20 :  $c_2$  :  $c_3 + b_3$
- No. 10 :  $c_1$  :  $c_2 + b_2$

❖ Hitungan ukuran butir terbesar (D (mm)) yang ada pada suspensi pada kedalaman efektif (L) untuk pembacaan T (menit).

$$D = k \sqrt{\frac{L}{T}} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.7}$$

❖ Hitungan % berat (P) dari butir yang lebih kecil dari D terhadap berat kering seluruh tanah.

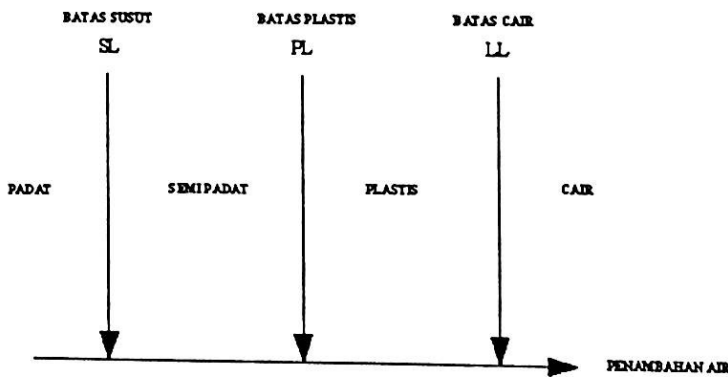
$$P = \frac{R \cdot a}{W} \times 100\% \dots\dots\dots \text{persamaan 2.8}$$

dengan R = pembacaan hidrometer terkoreksi dan

a = angka koreksi hidrometer terhadap *specific gravity* butir

### 2.4.4 Uji Batas Atterberg

Pengujian batas atterberg bertujuan untuk mendapatkan harga Indeks. Atterberg (1911) memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi tanah dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 Batas-batas Atterberg

Uji batas cair mengikuti standar ASTM D 4318, dimana batas cair tercapai pada saat benda uji yang ada dalam mangkuk casagrande yang terpisah karena pembarutan bertaut sepanjang 12,7 mm menyatu dengan pukulan 25 kali.

Sedangkan batas plastis juga standar ASTM D 4318, yaitu benda uji berada dalam keadaan plastis apabila benda uji giling menjadi batang – batang berdiameter 3 mm mulai menjadi retak – retak.

Indeks Plastisitas = Batas Cair – Batas Plastis ..... persamaan 2.9

- Pembuatan benda uji batas cair dan batas plastis :
  - ❖ Tanah kompos kondisi kering udara lolos saringan no.40
  - ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering udara tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 5%. Campuran lolos saringan no.40.
  - ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering udara tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 7.5%. Campuran lolos saringan no.40.
  - ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering udara tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 10%. Campuran lolos saringan no.40.
- Peralatan yang digunakan untuk uji batas cair :
  - ❖ Mangkok cassagrande
  - ❖ Air basah atau air suling kira-kira 300mm
  - ❖ Lumpang atau alu karet.
  - ❖ Saringan no. 40 (0,42)
  - ❖ Grooving tool
  - ❖ Gelas ukur 500 cm<sup>3</sup>
  - ❖ Plat kaca ukuran 30 x 30 cm<sup>2</sup> atau mangkok porselen.
  - ❖ Spatula 9 untuk mengaduk sampel
  - ❖ Cawan kadar air minimal 6 buah
  - ❖ Peralatan lainnya untuk pengukuran kadar air (oven, neraca, desikator)

- Prosedur kerja uji batas cair :

- ❖ Hancurkan benda uji dalam lumpang untuk melepaskan butir-butir satu sama lainnya kemudian ayaklah dengan saringan no.40

- ❖ Atur tinggi mangkuk cassagrande sebesar 1 cm dengan cara sebagai berikut :

Kendurkan sekerup penjepit A, putar handle dan perhatikan saat mangkuk akan jatuh. Bandingkan tinggi jatuh itu dengan ketebalan 1 cm pada tangkai grooving tool. Bila belum sesuai, putarkan sekrup pemutar B sehingga diperoleh tinggi jatuh yang cocok. Bila tepat kencangkan sekrup penjepit A.

Pada saat mengerjakan perhatikan agar bidang tumpuan mangkuk dan alas selalu bersih. Atur kecepatan memutar handle sehingga diperoleh dua putaran dalam 1 detik.

- ❖ Tumpukkan benda uji yang lolos dari ayakan no.40 diatas plat kaca atau kedalam mangkok porselen. Beri air sedikit demi sedikit dan aduk sampai rata dengan menggunakan spatula sehingga campuran menjadi adonan yang mudah dibentuk.

- ❖ Isikan benda uji ke dalam menkok cassagrande dan ratakan permukaannya.

- ❖ Buat alur tepat ditengahnya dengan menggunakan grooving tool.

- ❖ Lakukan putaran handle cassagrande sambil menghitung jumlah putaran dan perhatikan gerak adonan tanah pada tengah aluran merapat sepanjang  $\frac{1}{2}$  inch (13mm) jumlah putaran itu disebutkan dengan jumlah pukulan.

- ❖ Bila jumlah pukulan lebih dari 50 kali maka tambahkan air pada tanah dengan menipiskan diatas plat kaca atau mengaduk terus menerus kemudian ulangi mengisi adonan tanah ke dalam mangkok cassagrande dan hitung jumlah pukulan hingga jumlah pukulan berada pada antara 5 sampai 50 kali. Bersihkan mangkok setiap kali mengganti adonan tanah.. Laukan pengisian mangkok dan putaran dengan cepat karena penguapan air selama kerja merupakan sumber kesalahan.

- ❖ Ambilah adonan benda uji di bagian tengah mangkok cassagrande kira-kira sebesar ibu jari, masukkan kedalam cawan dan tutup rapi sehingga tidak terjadi perubahan kadar air sampai penentuan kadar air.

- ❖ Catat cawan dan jumlah pukulan yang dilakukan terhadap adonan tersebut.

- ❖ Lakukan percobaan sebanyak 6 kali, 3 dibawah 25 pukulan dan selebihnya diatas 25 pukulan.
- Peralatan yang digunakan untuk uji batas plastis :
  - ❖ Lumpang dan alu karet
  - ❖ Ayakan no.40 (0,42 mm)
  - ❖ Gelas ukur 100 cc
  - ❖ Plat kaca ukuran 30 x 30 cm
  - ❖ Spatula
  - ❖ Cawan untuk pemeriksaan kadar air sebanyak 3 buah
  - ❖ Batang pembanding diameter 3 mm
  - ❖ Peralatan pengukuran kadar air
- Prosedur kerja uji batas plastis :
  - ❖ Hancurkan bongkah tanah dalam tumpang untuk melepaskan butiran-butiran tanah satu sama lainnya. Kemudian ayak dengan saringan No.40 .
  - ❖ Tumpukkan sampel yang lolos dari ayakan No.40 ke atas plat kaca dan tambahkan air dengan jumlah kurang dari jumlah air yang dibutuhkan untuk uji batas cair sekitar 50 kali pukulan.
  - ❖ Ambil adonan contoh tanah kira-kira sebesar ibu jari, kemudian geleng - gelengkan diatas plat kaca dengan telapak tangan sehingga berbentuk batang yang memanjang yang makin lama makin kecil sampai terjadi retakan atau putus-putus.
  - ❖ Bila retakan terjadi pada diameter lebih besar dari 3 mm, tambahkan air dan aduk kembali kemudian lakukan langkah kerja 3. Bila retakan terjadi pada diameter 3 mm, maka biarkan contoh tanah agak kering, kemudian lanjutkan ke langkah berikutnya
  - ❖ Segera masukkan batang adonan tersebut kedalam cawan dan tutuplah, selanjutnya lakukan pemeriksaan kadar air.
  - ❖ Lakukan sebanyak 3 – 5 kali untuk mendapat nilai rata – rata tiap benda uji.

#### 2.4.5 Uji Pemadatan Standar Proctor

Pemadatan adalah proses bertambahnya berat volume kering tanah sebagai akibat pemadatan partikel yang diikuti oleh pengurangan volume udara dengan volume air tetap tidak berubah. Tujuan pemadatan tanah antara lain:

- Mempertinggi kuat geser tanah
- Mengurangi sifat mudah mampat
- Mengurangi permeabilitas
- Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Uji pemadatan standar Proctor dikerjakan sesuai dengan metode pengujian ASTM D-698. Uji ini dilakukan dengan objektifitas untuk mendapatkan kadar air ( $\omega$ ) optimum dan *dry densities* ( $\gamma_d$ ) maksimum untuk mensimulasikan keadaan tanah.

*Dry densities* (kepadatan kering) adalah berat material padat di dalam silinder dalam keadaan kering dibagi volume silinder. Yaitu kepadatan basah (berat material padat di dalam silinder / volume silinder) dibagi  $1 + \text{kadar air}/100$  (persamaan 2.10).

$$\gamma_d = \gamma_b / (1 + \omega/100) \dots\dots\dots \text{persamaan 2.10}$$

dimana;  $\gamma_d$  = *dry densities* (kepadatan kering),  
 $\gamma_b$  = kepadatan basah ,  
 $\omega$  = kadar air (% berat kering).

Nilai puncak dari berat isi kering disebut “kerapatan kering maksimum”, walaupun beberapa teknisi menyebutnya “kerapatan Proctor”. Kadar air pada kerapatan kering maksimum disebut kadar air optimum atau *optimum moisture content* (OMC). Sebuah garis angka pori nol (zero air void) dapat digambarkan dan selalu berada di atas kurva pemadatan apabila nilai  $G_s$  yang benar telah digunakan. Garis kadar air nol atau *zero air void* (ZAV) menunjukkan kerapatan kering pada saat kejenuhan (saturation) 100 persen ( $S = 100$ ), dan langsung dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11.

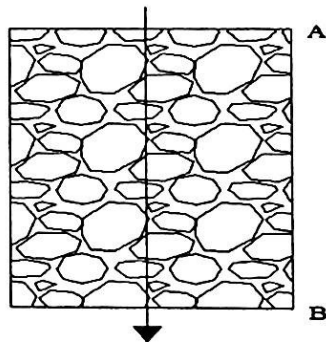
$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + w G_s} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.11}$$

- Pembuatan benda uji :
  - ❖ Tanah kompos kondisi kering lolos saringan no.4
  - ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering udara tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 5%. Campuran lolos saringan no.4.
  - ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering udara tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 7.5%. Campuran lolos saringan no.4.
  - ❖ Campuran *loose volume* (volume lepas) kondisi kering udara tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 10%. Campuran lolos saringan no.4.
- Peralatan yang digunakan :
  - ❖ Cetakan diameter 102 mm kapasitas 943 cm<sup>3</sup>
  - ❖ Cetakan diameter 152 mm kapasitas 2124 cm<sup>3</sup>
  - ❖ Alat penumbuk tangan dari logam yang mempunyai permukaan tumbuk rata. Dapat juga dipergunakan alat penumbuk mekanis dari logam yang dilengkapi alat pengontrol tinggi jatuh bebas.
  - ❖ Alat untuk mengeluarkan contoh tanah.
  - ❖ Timbangan kapasistas kira – kira 11,5 kg dengan ketelitian sampai 5 gram dan neraca kapasitas minimal 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
  - ❖ oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai 110<sup>0</sup> C.
  - ❖ Alat perata dari besi (*Straight edge*) panjang 25 cm, salah satu sisi pemanjang harus tajam dan sisi lain datar (0,01% dari panjang).
  - ❖ Saringan 50 mm (2"1, 19 mm (3/4") dan 4,75 mm (no.4)
  - ❖ Talam, alat pengaduk dan sendok
- Prosedur kerja :
  - ❖ Timbang dengan cetakan diameter 102 mm (4") untuk tanah yang lolos saringan no. 4 atau diameter 152 mm untuk tanah yang lolos saringan 19 mm dan keping alas dengan ketelitian 5 gram ( $w_1$  gram)
  - ❖ Cetakan, leher dan keping alas dijadikan satu dan di tempatkan pada landasan yang kokoh.
  - ❖ Ambil salah satu dari ke-enam contoh, diaduk dan dipadatkan didalam 3 lapisan @ 25 tumbukan per lapis.

- ❖ Potong kelebihan tanah dari bagian leher, dengan pisau dan lepaskan leher sambung
- ❖ Pergunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
- ❖ Timbang cetakan berisi benda uji beserta keping alas dengan ketelitian 5 gram ( $w_2$  gram)
- ❖ Keluarkan benda uji dari cetakan dengan menggunakan alat pengeluaran benda uji dan potong sebagian uji kecil dari benda uji pada keseluruhan tingginya untuk pemeriksaan kadar air

#### 2.4.6. Uji Koefisien Permeabilitas *Falling Head*

Kemampuan fluida untuk mengalir melalui medium yang berpori adalah suatu sifat teknis yang disebut permeabilitas. Kecepatan aliran air lewat tanah bervariasi dari suatu titik ke titik lainnya (Gambar 2.8) tergantung dari ukuran dan konfigurasi rongga pori.



Gambar 2.7 Aliran Air Lewat Tanah

- Pembuatan benda uji :
  - ❖ Tanah kompos lolos saringan no.4, kadar air optimum pemadatan standar proctor.
  - ❖ Campuran tanah kompos dan pasir, dengan volume pasir sebesar 5% . 7.5% dan 10% lolos saringan no.4 dengan kadar air optimum pemadatan standar proctor.



- Peralatan yang digunakan :
  - ❖ Alat uji koefisien permeabilitas.
  - ❖ Cetakan sampel permeabilitas
  - ❖ Cetakan proctor dan alat penumbuk proctor
  - ❖ Stopwatch.
- Prosedur kerja :
  - ❖ Masukkan tanah ke dalam cetakan proctor lalu ditumbuk sesuai dengan prosedur penumbukan uji kepadatan standar proctor.
  - ❖ Ambil tanah yang sudah ditumbuk dengan cetakan sample permeabilitas, keluarkan dari cetakan, lalu ratakan permukaannya
  - ❖ Masukkan berturut-turut cincin karet, batu pori, sampel tanah, batu pori lalu terakhir cincin karet ke dalam tabung pengujian sampel.
  - ❖ Tutup tabung pengujian lalu di kunci.
  - ❖ Aliri sampel dengan air hingga jenuh
  - ❖ Isi standpipe dengan air, lalu catat waktu dan bacaannya
- Perhitungan

Besaran nilai koefisien permeabilitas dapat dihitung dengan rumus :

$$K = (a.L/A.t) \cdot (\ln h_0/h_1) \dots\dots\dots \text{persamaan 2.12}$$

- dengan,
- a = luas pipa (cm<sup>2</sup>), 6
  - L = tinggi sampel (cm),
  - A = diameter sampel (cm),
  - T = beda waktu antara h<sub>0</sub> dan h<sub>1</sub> (detik),
  - h<sub>0</sub> = tinggi air pada waktu i (mula – mula) (cm),
  - h<sub>1</sub> = tinggi air saat waktu i + 1 (cm),
  - k = koefisien permeabilitas (cm/detik).