



## Karakteristik Tanah Hasil Pelapukan Granit dan Fungsinya untuk Material Penutup TPA di Wilayah Tanjungpinang, Riau

Winda Oktaviana<sup>1</sup>, Emi Sukiyah<sup>1</sup>, Zufialdi Zakaria<sup>1</sup>, Fery Erawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

<sup>2</sup>Kementerian Perumahan Rakyat dan Pekerjaan Umum

\*Korespondensi: [windaoktaviana20@gmail.com](mailto:windaoktaviana20@gmail.com)

### ABSTRAK

Berdasarkan data tahun 2010, penduduk Kota Tanjungpinang mencapai 187.359 jiwa dengan kepadatan penduduk 804 jiwa/km<sup>2</sup>. Sebagaimana wilayah dengan kepadatan penduduk yang relatif tinggi dibandingkan wilayah di sekitarnya, masalah sampah menjadi krusial. Sehingga diperlukan pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang tepat, salah satunya dengan pembangunan TPA dengan sistem landfill. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah di wilayah Tanjungpinang dan pengaruhnya untuk kesesuaian tanah penutup. Karakteristik tanah yang diperlukan untuk lapisan penutup harus memiliki kualitas yang baik dalam menahan rembesan air hujan sehingga dapat mengendalikan air lindi yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan sampel tanah tidak terganggu yang diambil dari 3 lokasi. Berdasarkan hasil uji sifat fisik didapatkan tanah yang sesuai untuk tanah penutup adalah pada lokasi 3, dengan nilai permeabilitas paling rendah yaitu  $1,213 \times 10^{-6}$  cm/detik.

**Kata Kunci :** Karakteristik Tanah, Tutupan Lahan, Permeabilitas, Tanjungpinang

### ABSTRACT

Based on 2010 data, the population of Tanjungpinang City reached 187.359 people with a population density of 804 people/km<sup>2</sup>. As a region with relatively high population density compared to the surrounding area, waste issues become crucial. So that proper management of final processing site (TPA) is needed, one of them is the development of TPA with landfill system. The purpose of this research is to know the characteristics of soil in Tanjungpinang area and its effect on the suitability for landfill cover. Characteristics of soil required for the cover layer should be of good quality in the ability to withstand seepage of rainwater so it can control the leachate produced. In this research used soil undisturbed samples which taken from three locations. Based on the physical properties test results obtained suitable soil for landfill cover is at location 3, with the lowest permeability value is  $1.213 \times 10^{-6}$  cm/sec.

**Keywords :** Soil Characteristics, Landfill Cover, Permeability, Tanjungpinang

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan produksi sampah yang dihasilkan. Masalah sampah ini telah menjadi hal yang krusial, seperti yang terjadi di kota Tanjungpinang dengan kepadatan penduduk yang relatif tinggi yaitu 804 jiwa/km<sup>2</sup>. Maka dari itu pengelolaan sampah yang *sustainable* diperlukan guna mencegah masalah yang lebih kompleks di kemudian hari. Saat ini telah dikembangkan pengelolaan Tempat

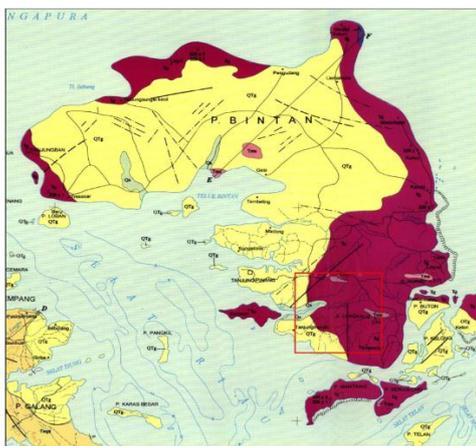
Pembuangan Akhir (TPA) sampah dengan sistem *landfill*, yaitu menutup timbunan sampah dengan material seperti tanah, kompos, dan sebagainya.

Karakteristik tanah yang diperlukan harus dapat menahan rembesan air hujan agar dapat mengurangi timbulnya air lindi. Sehingga kemampuan tanah dalam meloloskan air harus rendah. Untuk memenuhi kebutuhan tanah sebagai lapisan penutup, biasanya digunakan tanah yang berasal dari luar daerah sekitar TPA.

Sebagian besar tanah pada daerah penelitian berasal dari hasil pelapukan batuan granit. Perlu dilakukan penyelidikan maupun analisis laboratorium guna mengetahui bagaimana karakteristik tanah hasil pelapukan batuan granit di wilayah tersebut. Sehingga dari hasil penelitian karakteristik tanah ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pemanfaatannya untuk material penutup TPA.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Tanjungpinang, Kepulauan Riau, Sumatera (Kusnana, dkk., 1994), daerah penelitian tersusun atas Granit, Andesit, Formasi Goungon, dan Aluvium. Hampir 90% daerah penelitian berada pada satuan batuan beku granit. Batuan ini berumur Trias dan memiliki karakteristik warna kelabu kemerah-kehijauan, berbutir kasar, berkomposisi felspar, kuarsa, hornblenda dan biotit; mineral umumnya bertekstur primer dan membentuk suatu pluton batolit yang tersingkap luas terutama di Pulau Batam dan Pulau Bintan.



**Gambar 2.1** Geologi regional daerah penelitian (dalam kotak merah)

Berdasarkan analisis citra ASTER-DEM, secara umum daerah penelitian menunjukkan topografi berupa dataran dengan elevasi berkisar 0-100 mdpl. Hanya

beberapa bukit berupa kubah intrusi andesit yang menunjukkan elevasi mencapai 350 mdpl. Kemiringan lereng dengan interval berkisar 0-10° mencakup kurang lebih 90% dari keseluruhan luas total pulau Bintan.

### **Landfill**

Landfill adalah suatu fasilitas fisik yang digunakan sebagai pembuangan akhir dari sampah dan residu sampah pada permukaan tanah (O'Leary, 1993). Tujuan dari dibuatnya landfill adalah untuk menimbun atau mengubur sampah dan residu sampah agar pergerakan air lindi (*leachate*) dan gas yang keluar dari sampah dapat dibatasi. Selain itu, landfill juga bisa mencegah gangguan lingkungan berupa sisa-sisa sampah yang beterbangan karena angin, dan mengurangi bau sampah.

Pada awalnya sistem landfill diterapkan dengan tujuan ganda, yakni untuk pembuangan limbah padat sekaligus untuk pendayagunaan lahan terlantar yang tidak bermanfaat. Lambat laun, penggunaan landfill dalam sistem pengelolaan persampahan telah diterapkan secara luas di berbagai negara, hal ini terutama disebabkan penggunaan landfill memberikan pertimbangan yang cukup menguntungkan dari segi ekonomi dan dari segi lingkungan proses pengontrolan kemungkinan pencemaran dapat dilakukan secara optimal. Berdasarkan waktu penutupannya, landfill dibagi menjadi dua yaitu *sanitary landfill* dan *controlled landfill*. *Sanitary landfill* merupakan sistem penutupan yang dilakukan setiap hari, sedangkan pada *controlled landfill* penutupan hanya dilakukan pada waktu tertentu.

### **Tanah Penutup**

Tanah yang digunakan untuk penutup landfill harus memiliki karakteristik yang sesuai untuk dijadikan pertimbangan dalam memilih tanah yang layak digunakan berdasarkan *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of Alternative Final Landfill Cover* diantaranya :

#### 1) Batas Atterberg

Penggunaan material dengan plastisitas tinggi dapat menyebabkan perubahan volumetrik tanah (penyusutan) yang disebabkan oleh fluktuasi kelembaban. Zornberg menyatakan batasan indeks plastisitas tanah sampai kisaran antara 8% dan 30% dan menggunakan batas cair kurang dari 50% untuk membatasi keretakan.

#### 2) Distribusi ukuran butir

Gradasi ukuran partikel tanah memiliki dampak yang signifikan pada konduktivitas hidrolik jenuh, kandungan kelembaban, dan konduktivitas hidrolik tak jenuh dari tanah penutup. Ukuran partikel tanah akan mempengaruhi laju infiltrasi air hujan dan transportasi gas pada landfill. Penggunaan material dengan jumlah partikel yang lolos saringan no 200 lebih besar dari 50% dapat lebih efektif untuk meminimalkan laju infiltrasi dan mencegah terjadinya erosi pada landfill.

#### 3) Permeabilitas

Penutup konvensional dirancang dengan menggunakan material yang memiliki permeabilitas rendah. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi atau menghilangkan infiltrasi air hujan ke dalam lapisan tanah, sehingga mengurangi potensi kontaminan pada lingkungan sekitarnya. Berdasarkan *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of Alternative Final Landfill Cover*, nilai koefisien permeabilitas yang memadai untuk tanah penutup adalah tidak lebih dari  $1 \times 10^{-5}$  cm/det.

#### 4) Porositas

Ruang pori total atau porositas bermanfaat selama hujan dan irigasi karena ruang pori total menjadi saluran untuk air dan udara bergerak cepat melalui tanah. Ruang pori total berkaitan dengan permeabilitas, semakin besar ruang pori total maka semakin kecil nilai koefisien permeabilitas.

### Permeabilitas

Permeabilitas merupakan variabel utama dalam penelitian ini. Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk meloloskan atau melewatkan air. Permeabilitas tanah juga merupakan suatu kesatuan yang meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat sebagai permudahan dalam pengolahan tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian (Rohmat, 2009). Permeabilitas tanah biasanya diukur dengan istilah kecepatan air yang mengalir dalam waktu tertentu yang ditetapkan dalam satuan cm/detik.

Koefisien permeabilitas ( $k$ ) terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti suatu lapisan tanah yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga “ $k$ ” yang lebih rendah.

Dalam menghitung pemindahan air melalui tanah pada kondisi jenuh dikenal Hukum Darcy yang biasa digunakan dalam menghitung permeabilitas. Hukum Darcy merupakan satu ukuran pengaliran air pada tanah jenuh dan dirumuskan sebagai berikut:

$$k = \frac{QL}{AhL}$$

dimana:

$k$  = koefisien permeabilitas (cm/s)

$Q$  = debit air (cm<sup>3</sup>/s)

$A$  = luas permukaan tanah (cm<sup>2</sup>)

$hL$  = tinggi muka air dan tebal tanah (cm)

$L$  = tebal/kedalaman tanah (cm)

Hukum Darcy menunjukkan bahwa permeabilitas tanah ditentukan oleh koefisien permeabilitasnya. Penutup konvensional dirancang dengan menggunakan material yang memiliki permeabilitas rendah, hal tersebut dimaksudkan untuk mengurangi atau menghilangkan infiltrasi curah hujan ke

dalam lapisan sampah sehingga mengurangi potensi kontaminasi pada lingkungan sekitarnya.

### 3. METODE

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan singkapan tanah di sejumlah 3 titik. Data yang diperoleh berupa karakteristik jenis tanah yang tersingkap di daerah penelitian. Kemudian pengambilan sampel tanah tidak terganggu yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah secara pasti dengan analisis laboratorium yang akan dilakukan. Metode pengambilan sampel tidak terganggu yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM D 1452. Pada tahap ini sampel tanah diambil dengan cara menekan tabung ke dalam tanah. Setelah itu sampel tanah yang sudah diambil kemudian diberi lilin yang dilelehkan di atasnya dan ditutup secara rapat agar kadar air dan kondisi tanah tidak berubah. Setelah pengamatan dan pengambilan sampel, dilakukan uji laboratorium terhadap sampel yang didapat dari lapangan (sampel tanah tidak terganggu) untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter sifat fisik tanah. Berdasarkan hasil uji laboratorium, kemudian dilakukan analisis terhadap sifat fisik tanah yang berkaitan dengan penentuan material penutup.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengamatan di Lapangan

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan singkapan tanah pada 3 lokasi yang berbeda di daerah penelitian. Pengamatan dilakukan dengan mendeskripsikan karakteristik tanah tersebut di lapangan, yang kemudian dilakukan sampel tanah tidak terganggu.

#### a) Karakteristik tanah pada lokasi 1

Tanah pada lokasi 1 memiliki warna merah, dengan ukuran partikel lanau, membundar, lunak (mudah diremas), plastisitas sedang, kondisi kering, struktur

perlapisan homogen dengan tebal 3,7 meter dan terdapat kerikil berdiameter 1 cm.



**Gambar 4.1** Lapisan tanah pada lokasi 1

#### b) Karakteristik tanah pada lokasi 2

Tanah pada lapisan ini memiliki warna merah, dengan ukuran partikel lanau, membundar, lunak (mudah diremas), plastisitas sedang, kondisi kering, struktur perlapisan homogen dengan tebal 3,6 meter dan terdapat kerikil agak membundar berdiameter 1,5 cm.



**Gambar 4.2** Lapisan tanah pada lokasi 3

### 4.2 Hasil Uji Laboratorium

Setelah dilakukan pengambilan sampel tanah tidak terganggu, maka selanjutnya dilakukan uji laboratorium mekanika tanah. Sehingga diperoleh nilai sifat fisik diantaranya kadar air ( $\omega$ ), bobot isi ( $\gamma$ ), porositas ( $n$ ), batas-batas Atterberg, distribusi butir, dan permeabilitas, yang diperlihatkan dalam Tabel 4.1

Parameter Sifat Fisik		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
Kadar air (%)		15,4 6	23,97	23,66
Bobot isi		1,67	1,83	1,81

(gr/ cm <sup>3</sup> )				
Porositas (%)		44,9 4	43,32	44,38
Batas-batas Atterberg (%)	Batas Cair	33,0 4	76,24	65,02
	Batas Plastis	22,8 4	36,68	33,63
	Indeks Plastisitas	10,2 0	39,56	31,39
Distribusi Butir (%)	Kerikil	33,2 0	0,00	0,00
	Pasir	7,00	49	49,50
	Lanau	50,0 0	17,10	20,80
	Lempung	9,80	33,90	29,70
Permeabilitas (cm/detik)		2,60 1 x 10 <sup>-5</sup>	7,706 x 10 <sup>-5</sup>	1,213 x 10 <sup>-6</sup>

Cover, nilai koefisien permeabilitas yang memadai untuk tanah penutup adalah tidak lebih dari  $1 \times 10^{-5}$  cm/det. Sehingga tanah yang dapat berfungsi dengan efektif sebagai material alternatif untuk tanah penutup adalah tanah pada lokasi 3 dengan nilai koefisien permeabilitas  $1,213 \times 10^{-6}$  cm/detik.

Distribusi ukuran butir dari material tanah erat kaitannya dengan nilai koefisien permeabilitas tanah tersebut. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Sehingga tanah yang mengandung butiran-butiran halus lebih dominan memiliki harga "k" yang lebih rendah. Berdasarkan hasil uji laboratorium, distribusi ukuran butir pada ketiga sampel didominasi oleh butiran halus yaitu lanau dan lempung lebih dari 50%, serta berbanding lurus dengan nilai koefisien yang relatif rendah.

Ruang pori total (porositas) berkaitan dengan permeabilitas, semakin besar ruang pori total maka semakin kecil nilai koefisien permeabilitas. Pada penelitian ini ditemukan nilai porositas dengan koefisien permeabilitas dengan pengaruhnya yang tidak sebanding. Berdasarkan hasil uji laboratorium, terdapat nilai porositas yang berbeda-beda jika dibandingkan dengan koefisien permeabilitasnya. Nilai porositas rendah seiring dengan rendahnya koefisien permeabilitas yang dihasilkan, namun ada sebagian nilai porositas yang rendah sedangkan koefisien permeabilitasnya tinggi. Sehingga pada penelitian ini antara porositas dengan permeabilitas kurang mempengaruhi satu sama lain.

Sedangkan dari hasil uji batas-batas Atterberg, didapat plastisitas tanah dari ketiga sampel yang relatif tinggi berdasarkan diagram plastisitas. Jika dibandingkan dengan nilai koefisien permeabilitas maka hubungannya berbanding terbalik. Berdasarkan Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of Alternative Final Landfill Cover, tanah dari ketiga titik

Hasil pengujian laboratorium yang telah dilakukan memperlihatkan tanah penyusun di daerah penelitian memiliki nilai kadar air yang berbeda-beda pada setiap titik pengambilan sampel dengan nilai kadar air dan bobot isi yang relatif sedang.

Permeabilitas tanah merupakan variabel utama dalam penentuan kesesuaian tanah untuk material penutup TPA. Permeabilitas adalah ukuran kemampuan material tanah untuk meloloskan air. Permeabilitas bergantung dari beberapa faktor diantaranya ukuran butir, porositas, bentuk dan susunan pori-pori tanah, serta derajat saturasi. Tingkat permeabilitas tanah dapat dilihat berdasarkan nilai k (koefisien permeabilitas/hidrolis), dimana semakin kecil nilainya maka semakin lemah kemampuannya dalam meloloskan air.

Dalam penerapannya untuk tanah penutup, material dasar untuk tanah penutup tersebut harus memiliki nilai permeabilitas yang rendah. Hal ini dikarenakan salah satu fungsinya yaitu untuk meminimalisasi laju infiltrasi air hujan sehingga mengurangi timbulnya kontak antara timbunan sampah dengan air hujan yang menghasilkan air lindi. Berdasarkan Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of Alternative Final Landfill

sampel ini tidak termasuk dalam kriteria material penutup yang sesuai.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji laboratorium tanah pada ketiga titik pengambilan sampel, memiliki kadar air dan bobot isi yang relatif sedang. Kemudian berdasarkan *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of Alternative Final Landfill Cover*, tanah yang sesuai untuk material penutup adalah tanah pada lokasi 3 dengan nilai koefisien permeabilitas  $1,213 \times 10^{-6}$  cm/detik. Jika dikaitkan dengan variabel lain, hubungan antara permeabilitas dengan distribusi butir sesuai yaitu berbanding lurus, dan hubungan dengan plastisitas juga sesuai yaitu berbanding terbalik. Sedangkan hubungan antara permeabilitas dengan porositas berbanding terbalik, yang seharusnya berbanding lurus.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu terselenggaranya penelitian ini. Khususnya kepada Laboratorium Mekanika Tanah, Bandung sehingga pengujian laboratorium dapat dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

Cassagrande, A, *Notes on Soil Mechanics*, Cambridge : Harvard University, Graduate School of Engineering, 1939.

Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I. Jakarta : Erlangga.

Das, Braja M. 2001. *Principles of Geotechnical Engineering 5<sup>th</sup> Edition*. CL Engineering

EPA. *Guidance Note on MSW Landfill Daily and Intermediate Cover, Consultation Draft*. Pdf. <http://www.epa.ie/downloads/consultation/Landfill>. 27 Mei 2017

Hardiyatmo, H. Christady. 2002. *Mekanika Tanah I Edisi Ketiga*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press

Interstate Technology Regulatory Council. 2003. *Technical and Regulatory Guidance for Design, Installation, and Monitoring of Alternative Final Landfill Cover*, pages 31-34.

Kusnama, K. Sutisna, T.C Amin, S. Koesoemadinata, Sukardi, dan B. Hermanto. 1994. *Peta Geologi Lembar Tanjungpinang, Kepulauan Riau, Sumatera*, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.

Pratomo, M. Satrio. 2012. *Karakteristik Campuran Kompos dan Tanah Kelanauan Sebagai Material Alternatif Tanah Penutup TPA Landfill TPA Cipayung (Skripsi)*. Depok : Universitas Indonesia.

Smith, Joel G, *Permeability Determination for Landfill Studies*, Retrospective Theses and Dissertation, University of Central Florida, 1973.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Samuel, Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. New York : McGraw-Hill Inc

Zakaria. 2010. *Modul Praktikum Geologi Teknik*. Jatinangor : Laboratorium Geologi Teknik, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.