

Udayana University Press 2019
ISBN 978-602-294-357-0

Prosiding

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL

SeNaTS 3

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL

**“MITIGASI BENCANA & PEMBANGUNAN
INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
BERKELANJUTAN”**



Editor :

Dewa Made Priyantha Wedagama, ST, MT, MSc, Ph.D

Dr. I Made Agus Ariawan, ST, MT

Gede Pringgana, ST, MT, Ph.D

Gusti Ayu Putu Candra Dharmayanti, ST, MSc, Ph.D

SANUR

Kamis, 4 Juli 2019

2019

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS UDAYANA**

Bekerjasama dengan :



UNMAS DENPASAR



UNIVERSITAS
WARMADewa



UNIVERSITAS
HINDU INDONESIA

KAPASITAS DUKUNG FONDASI DIATAS TANAH TIMBUNAN SAMPAH SEBAGAI USAHA MITIGASI BENCANA

I Wayan Ariyana Basoka¹ dan I Nengah Sinarta²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa
Email: basokaariyana@gmail.com

ABSTRAK

Sampah merupakan hal yang kerap kali menjadi masalah di dunia, terutama negara berkembang. Konsumsi masyarakat yang terus meningkat tanpa diimbangi oleh pengolahan sampah yang baik menyebabkan penumpukan jumlah sampah di tempat pembuangan akhir sampah (TPAS). Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran seberapa besar daya dukung yang dapat dihasilkan, dan menjadi acuan dalam pemanfaatan TPAS yang sudah masa layannya berakhir. Dan mampu sebagai acuan keselamatan fondasi bangunan pada tanah Timbunan Sampah. Pada penelitian ini ditinjau TPAS yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampah-sampah yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dikirim ke Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan. Analisis yang dilakukan menggunakan data sekunder yang didapat pada penelitian terdahulu berupa parameter kuat geser (c dan ϕ), berat volume (γ), dengan menggunakan analisis daya dukung statis dan U.S. Army Corps. Dari perhitungan yang dilakukan dapat diketahui bahwa persamaan U.S Army Corps menghasilkan nilai yang lebih kecil dan realitis dimana daya dukung U.S Army Corps menunjukkan nilai daya dukung yang dihasilkan dari kedalaman 0 meter sampai 30 meter berkisar antara 21,75 kN sampai dengan 88,27 kN, kemudian dari kedalaman 30 meter sampai 60 meter daya dukung yang dihasilkan mencapai 303,43 kN. tidak seperti hasil analisis dari daya dukung statis yang menghasilkan nilai yang sangat besar mencapai 8248,84 kN. Nilai daya dukung dari U.S Army Corps dapat dijadikan acuan untuk mendesain fondasi pada tanah timbunan sampah untuk menjamin keselamatan bangunan dari bencana seperti *differential settlement* yang dapat mempengaruhi seluruh struktur bangunan di atasnya yang dapat mengancam nyawa penghuni yang ada di bangunan tersebut.

Kata kunci: *sampah, daya dukung, desain fondasi*

SOIL BEARING CAPACITY OF WASTE EMBANKMENT AS A DISASTER MITIGATION EFFORT

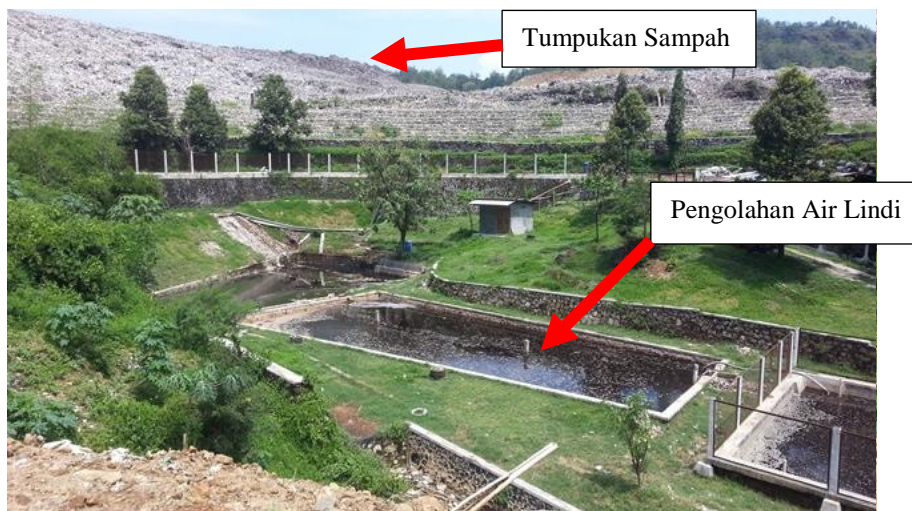
ABSTRACT

Waste is often a problem in the world, especially developing countries. Increase of waste without being balanced by good waste management causes a buildup of the amount of waste in the landfill. This research is expected to be able to give an idea of how much bearing capacity can be generated, and become a reference in the utilization of landfill whose service period has ended. In this research reviewed landfill in the Special Region of Yogyakarta. The analysis carried out using secondary data obtained in previous research in the form of shear strength parameters (c and ϕ), volume weight (γ), using static bearing capacity analysis and U.S. Army Corps. From the calculations performed, it can be seen that the US Army Corps equation produces smaller and realistic values where the carrying capacity of the US Army Corps shows the value of carrying capacity produced from a depth of 0 meters to 30 meters ranging from 21.75 kN to 88.27 kN, then from a depth of 30 meters to 60 meters the bearing capacity reached 303.43 kN. Unlike the results of analysis of static bearing capacity which produces a very large value reaching 8248.84 kN. The value of bearing capacity of the U.S Army Corps can be used as a reference for designing foundations on landfill waste to ensure the safety of buildings from disasters such as differentials settlement that can affect the entire structure of the building above which can threaten the lives of residents in the building.

Keywords: *waste, bearing capacity, foundation design*

1 PENDAHULUAN

Sampah merupakan hal yang kerap kali menjadi masalah di dunia, terutama negara berkembang. Konsumsi masyarakat yang terus meningkat tanpa diimbangi oleh pengolahan sampah yang baik menyebabkan penumpukan jumlah sampah di tempat pembuangan akhir sampah (TPAS). Suatu TPAS memiliki suatu kapasitas penampungan maksimum, sehingga suatu saat tempat tersebut harus ditinggalkan dan dicari lokasi baru yang dapat menampung sampah yang ada, dari hal tersebutlah dilakukan analisis kapasitas dukung fondasi pada tanah timbunan sampah ketika TPAS tersebut telah berhenti beroperasi untuk mengetahui bagaimana perilaku timbunan sampah jika didirikan suatu bangunan di atasnya. Pemilihan tempat pembuangan akhir sampah harus dilakukan dengan seksama dan tidak menimbulkan masalah bagi masyarakat. Tempat sampah yang sudah penuh akan ditinggalkan, pemanfaatan TPAS ini sangat penting dilakukan, karena lahan yang sangat terbatas. Pemanfaatan tumpukan sampah ini sebagai sarana pembangunan akan menyebabkan TPAS yang ditinggalkan tidak hanya menjadi bencana tetapi juga mampu memberikan manfaat bagi masyarakat. Pada penelitian ini ditinjau TPAS yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampah-sampah yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dikirim ke Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, penumpukan sampah dari waktu ke waktu terus meningkat seiring bertambahnya konsumsi masyarakat dan tidak diimbangnya pengolahan sampah yang memadai. Gambar 1 dan Gambar 2 merupakan kondisi TPST Piyungan pada tahun 2016. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran seberapa besar daya dukung yang dapat dihasilkan, dan menjadi acuan dalam pemanfaatan TPAS yang sudah masa layannya berakhir. Dan mampu sebagai acuan keselamatan fondasi bangunan pada tanah Timbunan Sampah.



Gambar 1. Kondisi TPST Piyungan.

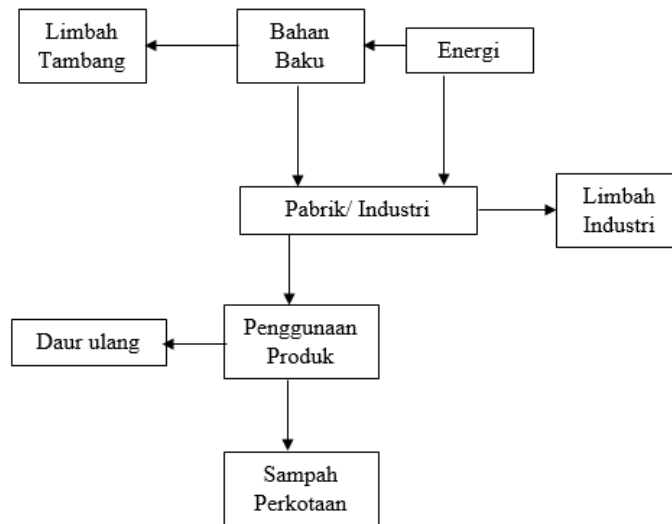


Gambar 2. Truk yang memuat sampah ke TPST Piyungan.

2 TEORI

2.1 Sampah

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses yang berbentuk padat (Pemerintah Republik Indonesia, 2008). Dengan pertambahan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya tidak pelak meningkatkan konsumsi masyarakat yang menimbulkan bertambahnya sampah dari tahun ke tahun yang tanpa diimbangi dengan pengolahan yang tepat. Sumber sampah dapat dibedakan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Sumber timbulan sampah

Sumber: Bagchi (2004)

2.2 Parameter kuat geser

Kuat geser dari sampah perkotaan sangat diperlukan dalam menganalisa stabilitas dari TPAS selama masa layan atau setelah selesai masa layannya. Parameter kuat geser yang digambarkan dengan kriteria keruntuhan Mohr-Coulumb (c = kohesi, ϕ = sudut gesek dalam) sering secara umum digunakan untuk menghitung parameter kuat geser pada sampah perkotaan. Parameter kuat geser ini dapat diukur secara langsung melalui pengujian laboratorium, pengujian skala di lapangan, dan perhitungan balik (*back calculate*) dari lereng yang ada ataupun yang sudah gagal (Bareither, Craig H. and Edil Tuncer B., 2012). Parameter kuat geser (c dan ϕ) dari pengujian laboratorium standar harus dikurangi 15-25% (Bagchi, 2004). Rentang nilai kuat geser sampah dari beberapa peneliti sebelumnya bergantung pada kepadatan, kadar air, dan komposisi dapat dilihat dalam Tabel 1 (Babu, 2012).

Tabel 1. Parameter kuat geser sampah dari beberapa peneliti

Peneliti	Sudut Geser (ϕ)	Kohesi (c)	Pengujian
Landva and Clark (1986)	38° – 42°	16 – 19 kPa	-
Garb and Valero (1995)	30°– 39°	0 – 28 kPa	<i>Small direct shear</i>
Garb and Valero (1995)	34°	17 kPa	<i>Undrained triaxial test</i>

Sumber: Babu (2012)

Penelitian serupa juga pernah dilakukan dengan menggunakan material sampah yang berasal dari TPAS Piyungan Yogyakarta dengan menggunakan pengujian *direct shear* di laboratorium, menghasilkan nilai daya dukung seperti dalam

Tabel 2 (Rifa'i, Basoka and Faris, 2018).

Tabel 2. Nilai parameter kuat geser sampah di TPST Piyungan

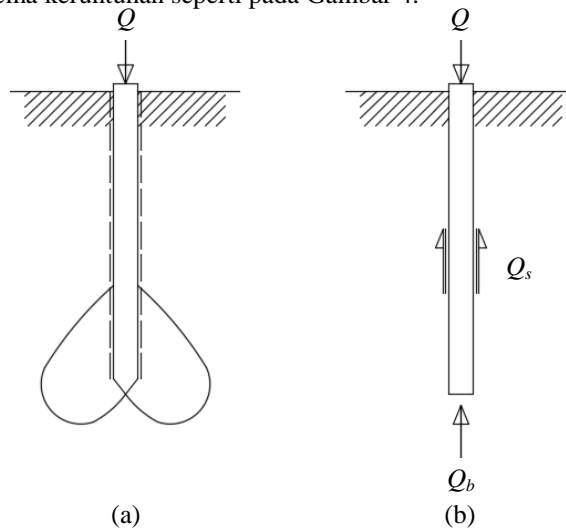
Kedalaman (m)	Sudut Geser (φ)	Kohesi (c)	Pengujian
0-12	35,02°	0 kPa	direct shear
12-30	36,10°	0 kPa	
30-60	41,98°	0 kPa	

Sumber: Rifa'i, Basoka and Faris (2018)

2.3 Kapasitas dukung tiang

2.3.1 Metode Kapasitas dukung ultimit cara statis

Kapasitas dukung ultimit tiang cara status dihitung dengan menggunakan teori-teori mekanika tanah (Hardiyatmo, 2010), dengan skema keruntuhan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Bidang runtuh pada tiang tekan (b) Tahanan ujung dan tahanan gesek (Hardiyatmo, 2010).

Kapasitas dukung ultimit neto tiang (Q_u) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_b) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang (W_p) seperti pada Persamaan 1.

$$Q_u = Q_b + Q_s + W_p \tag{1}$$

dimana: Q_u = kapasitas dukung ultimit tiang;
 Q_b = tahanan ujung bawah ultimit;
 Q_s = tahanan gesek ultimit; dan
 W_p = berat sendiri tiang.

Tahanan ujung ultimit, secara pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$Q_b = A_b [c_b N_c + p_b N_q + 0,5 \gamma_d N_\gamma] \tag{2}$$

dimana: Q_b = tahanan ujung bawah ultimit;
 A_b = luas penampang ujung bawah tiang;
 c_d = kohesi tanah di sekitar ujung tiang;
 p_b = tekanan “overburden” di dasar tiang;
 γ = berat volume tanah;
 d = diameter tiang; dan

N_c, N_q, N_γ = factor-faktor kapisitas dukung tiang.

Tahanan gesek dinding ultimit, secara pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$Q_s = \sum A_s (c_d + K_d p_o t g \varphi_d) \quad (3)$$

dimana: Q_s = tahanan gesek dinding ultimit;
 A_s = luas penampang ujung bawah tiang;
 c_d = kohesi tanah di sekitar ujung tiang;
 K_d = berat volume tanah;
 p_o = tekanan "overburden" di rata-rata di sepanjang tiang; dan
 φ_d = sudut gesek antara sisi tiang dan tanah.

2.3.2 Metode U.S Army Corps

Dalam metode ini tahanan ujung pada fondasi tiang bertambah secara linier kemudian konstan pada kedalaman kritis (z_c), dimana nilai kedalaman kritis bergantung pada kepadatan material.

$z_c = 10d$ untuk pasir longgar;
 $z_c = 15d$ untuk pasir longgar; dan
 $z_c = 30d$ untuk pasir longgar.

Berdasarkan U. Army Corps tahanan ujung bawah ultimit dihitung dengan Persamaan 4 dan Persamaan 5.

$$Q_b = A_b f_b \quad (4)$$

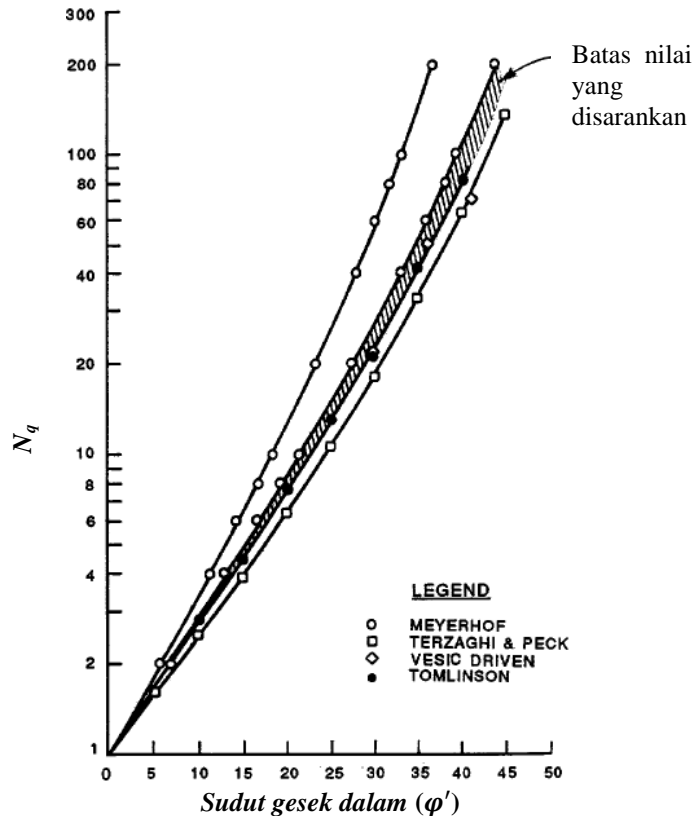
$$f_b = p_b N_q \quad (5)$$

Berdasarkan U. Army Corps tahanan gesek dinding ultimit dihitung dengan Persamaan 6 dan Persamaan 7.

$$Q_b = A_b f_b \quad (6)$$

$$f_b = p_b N_q \quad (7)$$

Untuk hitungan tahanan ujung N_q mengacu pada Gambar 5.

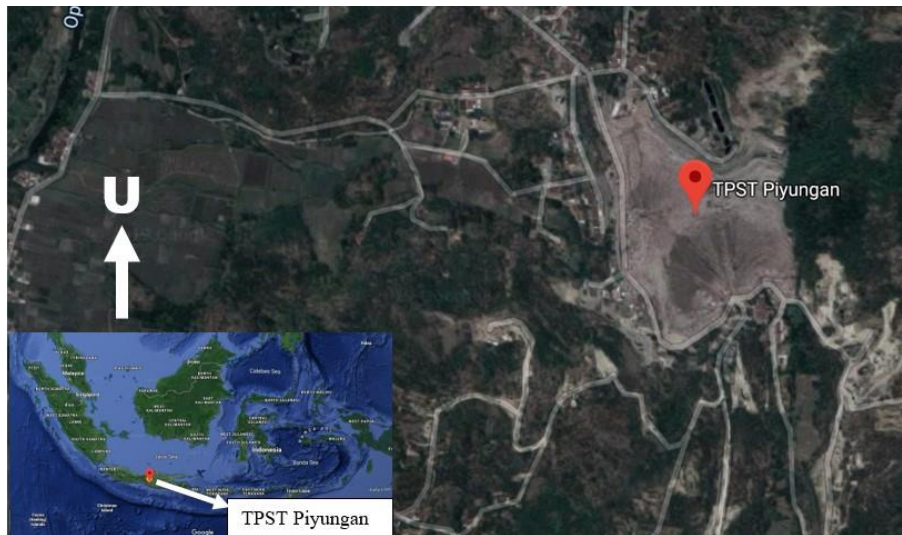


Gambar 5. Hubungan ϕ' dan N_q (Gedeon, 1991).

3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian kapasitas daya dukung fondasi dilakukan di Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, yang berlokasi di Yogyakarta, Indonesia seperti pada Gambar 6.

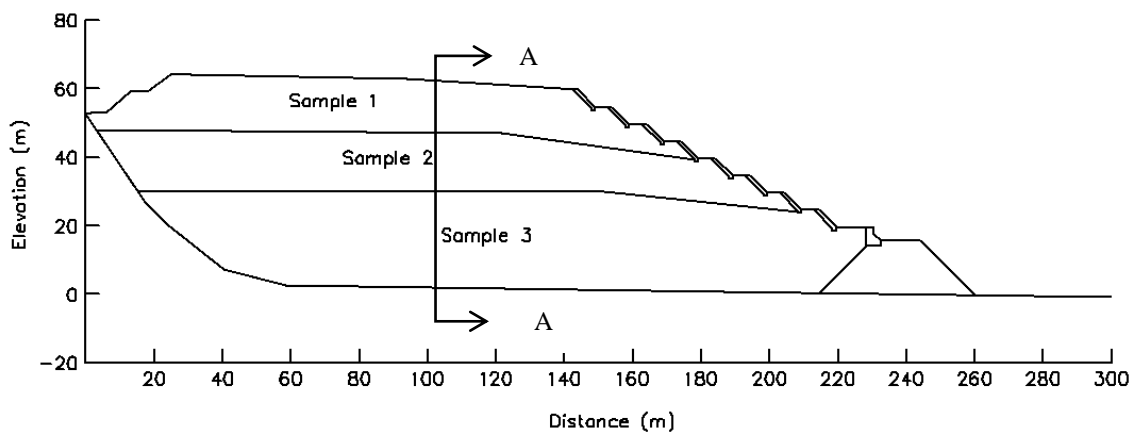


Gambar 6. Lokasi penelitian.

3.2 Data parameter

Data parameter berupa data primer berupa foto lapangan untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian dan data sekunder yang didapat dari peneliti sebelumnya (Rifa'i, Basoka and Faris, 2018), yang selanjutnya dilakukan analisis daya dukung fondasi. Tebal lapisan sampah yang digunakan menggunakan menggunakan lapisan dari penelitian sebelumnya seperti pada

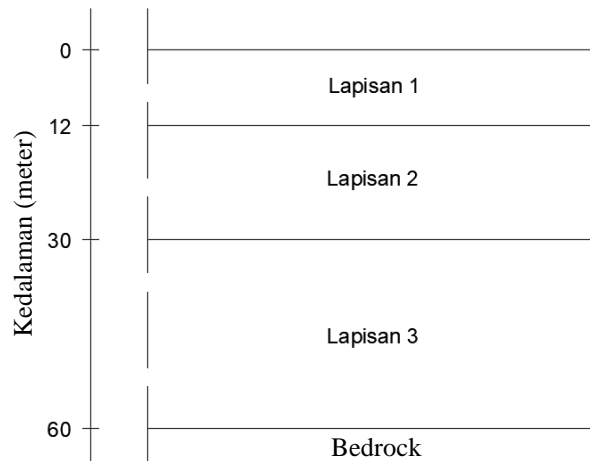
Gambar 7 (Basoka, 2017).



Gambar 7. Potongan lereng TPST Piyungan
Sumber: Basoka, (2017)

Berdasarkan

Gambar 7 terdapat 3 lapisan sampah dengan ketebalan lapisan pertama sebesar 12 meter, lapisan kedua sebesar 18 meter, dan lapisan ketiga sebesar 30 meter. Bagian bawah dari TPST Piyungan merupakan batuan dasar (*bedrock*) yang berupa batuan breksi, karakteristik dari batuan breksi itu sendiri padat dan keras (Sinarta *et al.*, 2017). Antara batuan dasar dan timbunan sampah diberi lapisan geomembran untuk meminimalisir infiltrasi air lindi yang mungkin terjadi. Gambar 8 menunjukkan potongan dari timbunan sampah di TPST Piyungan yang akan dianalisis daya dukung fondasinya.



Gambar 8. Potongan A-A

3.3 Analisis

Analisis dilakukan berupa melakukan analisis daya dukung fondasi tiang menggunakan persamaan kapasitas dukung statis dengan pendekatan dari daya dukung fondasi dangkal yang dikembangkan oleh Terzaghi dan menggunakan perhitungan dari U.S Army Corps (1991) yang hampir sama dengan metode Paulos Davis (1980). setelah itu didapat nilai daya dukung pada timbunan sampah yang dijadikan tolak ukur perencanaan fondasi. Perhitungan daya dukung menggunakan perhitungan untuk tanah granuler, hal ini dilakukan karena parameter timbunan sampah menyerupai parameter tanah granuler karena nilai kohesi (c) pada timbunan sampah yang kecil dan nilai sudut gesek internal yang mendominasi material sampah tersebut.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Stratifikasi TPST Piyungan

TPST Piyungan berdasarkan penelitian Basoka 2016, dan Rifai 2018, dapat dilihat bahwa lapisan sampah di TPST Piyungan dapat dibedakan secara umum menjadi 3 lapisan seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8. Dengan lapisan dasar (*bedrock*) berupa batuan breksi seperti pada Gambar 9.

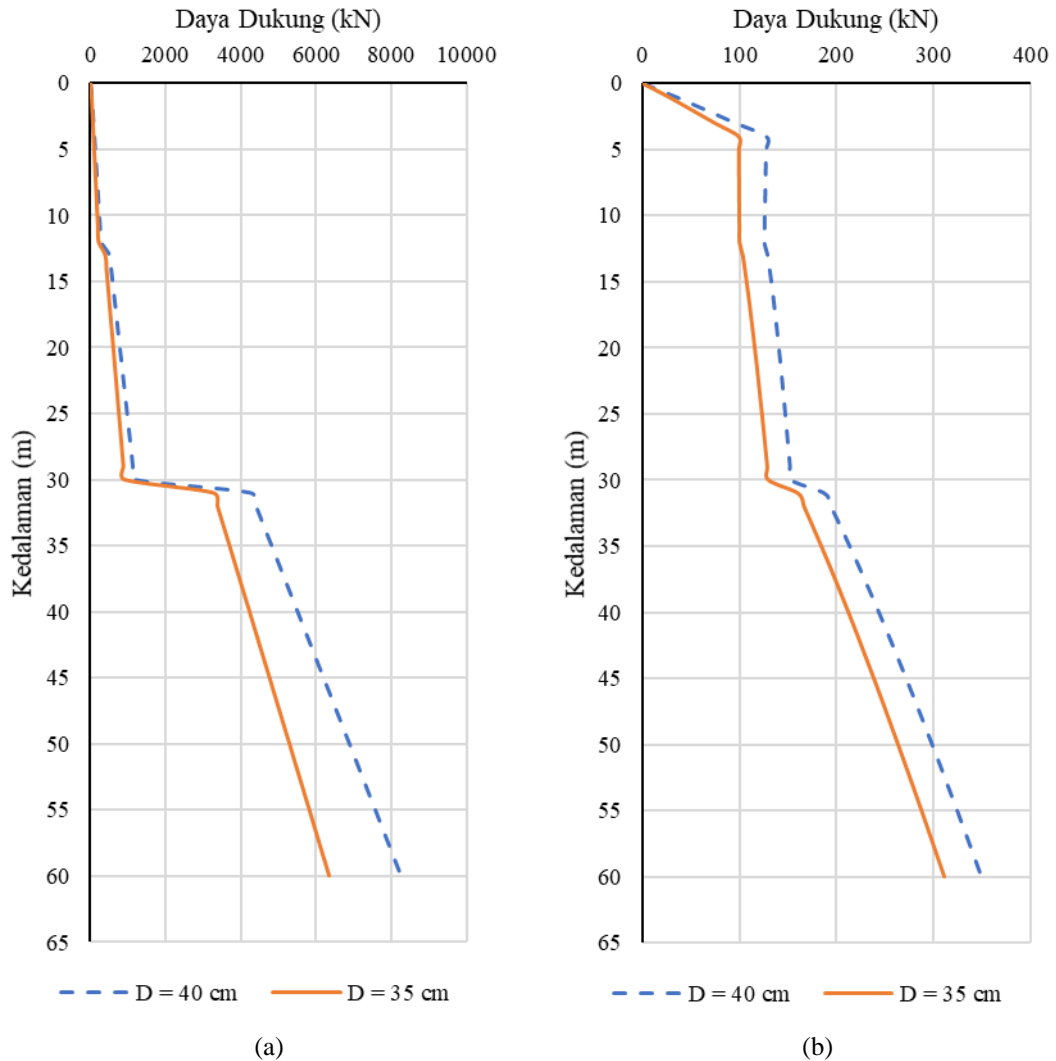


Gambar 9. Batuan dasar (*bedrock*) di TPST Piyungan

Batuan breksi bersifat keras dan permeabilitasnya yang sangat rendah sehingga air lindi yang dihasilkan oleh tumpukan sampah di TPST Piyungan akan sulit terinfiltrasi ke dalam muka air tanah yang dapat menyebabkan tercemarnya air tanah yang digunakan oleh masyarakat sekitar. Bagian dasar antara batuan dasar dan timbunan sampah dilapisi dengan geomembrane untuk meminimalisir infiltrasi air lindi yang mungkin masuk ke dalam akuifer di daerah tersebut. Oleh sebab itu fondasi yang ada di timbunan ini tidak boleh melebihi dari tebal timbunan sampah, agar lapisan geomembran yang ada di dasar timbunan tidak tertembus oleh fondasi yang dapat menyebabkan geomembran rusak dan terjadinya infiltrasi air lindi.

4.2 Analisis daya dukung fondasi

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapat hasil daya dukung seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. (a) Grafik hubungan daya dukung dengan kedalaman berdasarkan perhitungan kapasitas daya dukung statis (b) Grafik hubungan daya dukung dengan kedalaman berdasarkan perhitungan U.S Army Corps.

Berdasarkan hasil analisis seperti pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa kedua persamaan antara statis dan U.S Army Corps memiliki hasil yang berbeda, perbedaan ini dikarenakan karena pada persamaan U.S Army Corps terdapat kedalaman kritis (z_c) yang menyebabkan nilai tahanan ujung akan bernilai konstan pada kedalaman kritis tertentu bergantung kepadatan material. Dari Gambar 10 (a) yang menggunakan analisis daya dukung statis menunjukkan nilai daya dukung yang dihasilkan dari kedalaman 0 meter sampai 30 meter berkisar antara 28,39 kN sampai dengan 972,34 kN, kemudian dari kedalaman 30 meter sampai 60 meter daya dukung yang dihasilkan mencapai 8248,84 kN. Dari Gambar 10 (b) yang menggunakan perhitungan U.S Army Corps menunjukkan nilai daya dukung yang dihasilkan dari kedalaman 0 meter sampai 30 meter berkisar antara 21,75 kN sampai dengan 88,27 kN, kemudian dari kedalaman 30 meter sampai 60 meter daya dukung yang dihasilkan mencapai 303,43 kN.

5 KESIMPULAN

Dari analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa perencanaan fondasi di daerah tanah timbunan sampah harus diperhatikan jangan sampai menembus lapisan kedap (*impermeable*) yang dapat menyebabkan infiltrasi air lindi ke dalam aquifer. Dari perhitungan yang dilakukan dapat diketahui bahwa persamaan U.S Army Corps menghasilkan nilai yang lebih kecil dan realitis dimana daya dukung U.S Army Corps menunjukkan nilai daya dukung yang dihasilkan dari kedalaman 0 meter sampai 30 meter berkisar antara 21,75 kN sampai dengan 88,27 kN, kemudian dari kedalaman 30 meter sampai 60 meter daya dukung yang dihasilkan mencapai 303,43 kN. tidak seperti hasil analisis dari daya dukung statis yang menghasilkan nilai yang sangat besar mencapai 8248,84 kN. Nilai daya dukung dari U.S Army Corps dapat dijadikan acuan untuk mendesain fondasi pada tanah

timbunan sampah untuk menjamin keselamatan bangunan dari bencana seperti *differential settlement* yang dapat mempengaruhi seluruh struktur bangunan di atasnya yang dapat mengancam nyawa penghuni yang ada di bangunan tersebut. Selain itu perlu juga nantinya diperhatikan kompresi yang terjadi pada tanah timbunan sampah, yang mana tanah timbunan tersebut dari waktu ke waktu akan mengalami dekomposisi sehingga terjadi penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Babu, S. G. L. (2012). "Influence of Spatially Variable Geotechnical Properties of MSW on Stability of Landfill Slopes", *Journal of Hazardous, Toxic, and radioactive Waste*. ASCE.
- Bagchi, A. (2004). *Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management*. Canada: Jonh Wiley & Sons, Inc.
- Bareither, C. A. B., Craig, H. and Edil Tuncer, B. (2012). "Effects of Waste Composition and Decomposition on the Shear Strength of Municipal Solid Waste", *Journal of Geotechnical and geoeviromental engineering*. ASCE., Vol. 10, pp. 138.
- Basoka, I, W, A. (2017). *Karakteristik dan Stabilitas Lereng Tempat Pembuangan Sampah Terpadu Piyungan*. Repository Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Gedeon, G. (1991). *Design of Pile Foundations*. DC: DEPARTMENT OF THE ARMY US Army Corps of Engineers, Washington.
- Hardiyatmo, H, C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. 2nd edn. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia (2008). *Undang-Undang No.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*. Jakarta.
- Rifa'i, A, Basoka, I, W, A. and Faris, F. (2018). "Slope Stability Analysis of Integrated Municipal Disposal Site Based on Organic Content Change to Optimize Embankment Capacity", *8th Int. Conf. on Geotechnique, Construction Materials and Environment*.
- Sinarta, I, N, Rifa'i A, Faisal Fathani, T, Wilopo, W (2017). "Slope Stability Assessment Using Trigger Parameters and SINMAP Methods on Tamblingan-Buyan Ancient Mountain Area in Buleleng Regency, Bali", *Geosciences* Vol. 7: 110, <https://doi.org/10.3390/geosciences7040110>.



Udayana University Press 2019

ISBN 978-602-294-357-0



9 786022 943570