

KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG DENGAN VARIASI WAKTU KONTAMINASI AIR LINDI

Anto Budi Listyawan^{1*}, Sugiyatno¹, Agus Susanto¹, Qunik Wiqoyah¹, Ilham Yudhatama¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta, 57102

*Email: Anto.Budi@ums.ac.id

Abstrak

Pengolahan sampah ternyata menimbulkan limbah lain berupa air lindi. Jika tidak dikelola dengan benar, air lindi dapat terbawa oleh air hujan dan menyebabkan pencemaran pada lingkungan sekitar, terutama pada tanah karena air lindi dapat menyerap masuk ke dalam lapisannya. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pengaruh waktu kontaminasi 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari air lindi pada kuat tekan bebas tanah lempung dengan variasi presentase air lindi sebesar 5% dan 10%. Hasil pengujian menunjukkan nilai kadar air mengalami peningkatan, sedangkan nilai berat jenis, berat volume, dan batas-batas Atterberg mengalami penurunan, peningkatan nilai terjadi pada analisa saringan dalam jumlah hasil lolos saringan nomor 200. Berat volume kering maksimum mengalami penurunan, sedangkan kadar air optimum mengalami peningkatan. Pada uji UCT nilai nilai kuat tekan bebas, kohesi undrained, modulus elastisitas juga mengalami penurunan dibanding tanah asli. Penurunan disebabkan oleh reaksi kimia air lindi terhadap tanah yang menyebabkan pelepasan partikel tanah sehingga tanah menjadi lebih halus dan kehilangan kekuatannya. Sedangkan pengaruh bertambahnya waktu kontaminasi air lindi menyebabkan jumlah pelepasan partikel tanah semakin besar sehingga memperburuk kondisi tanah. Hal ini menunjukkan bahwa air lindi membawa pengaruh buruk pada kuat tekan bebas tanah.

Kata kunci: Kuat tekan bebas, Air lindi, Sifat Fisis dan Mekanis, Tanah Lempung.

Abstract

Landfills (TPA) are public waste processing facilities we will always encounter in every area. In the process of waste treatment, it turns out to cause other waste in the form of leachate water. This study intends to determine the leachate water effect on the physical and mechanical characteristic of clay soils with contamination times of 0 days, 3 days, 7 days, 14 days, and 21 days with variations in the percentage of leachate water on soil weight by 5% and 10%. The test results with the increase of water value content, while the specific gravity, volume weight, and the Atterberg limit are decreased, for screening analysis, it increased in the percentage of passed the filter no.200. In mechanical properties test, the compaction test, the maximum dry volume value decreased, while the optimum water content increased. In the UCT test, Unconfined Compressive Strength value, undrained cohesion, and the modulus of elasticity also decreased compared to the original soil. The decrease is caused by the chemical reaction of leachate water to the soil which causes the release of soil particles so that the soil becomes smoother and loses its strength. This suggests that leachate water carries bad influence for unconfined compressive strength of soil.

Keywords: Unconfined Compressive Strength, Leachate, Physical and Mechanical Properties, Clay Soil

1. PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan tanah dengan penyusun partikel mineral tertentu yang apabila dicampur dengan air akan menghasilkan sifat plastis (Grim, 1953). Tanah lempung memiliki kemampuan kembang susut tinggi dan kuat dukung yang rendah pada keadaan jenuh air. Dalam pekerjaan kontruksi tanah merupakan

lapisan dasar dan harus dilakukan pengujian agar diketahui karakteristiknya.

Air lindi adalah air yang dihasilkan akibat penumpukan sampah. Pada kebanyakan TPA di Indonesia, air lindi terbentuk oleh mengalirnya air pada timbunan sampah. Dalam air lindi terkandung berbagai polutan dan zat kimia organik-anorganik dengan konsentrasi tinggi sama seperti pada sampah (Said, 2018). Jika

tidak dikelola dengan benar maka air lindi akan mengakibatkan masalah pada lingkungan, karena air lindi mengandung zat kimia pencemar seperti hidrokarbon, mangan, nitrit, besi dan logam berat yang akan menimbulkan kerusakan bagi lingkungan sekitarnya termasuk pada tanah dan air bersih. (Mawaddah, 2016). Air lindi mengandung berbagai macam senyawa organik maupun anorganik yang dapat mengakibatkan pencemaran tanah dan air secara langsung dengan cara meresap kedalamnya. Air lindi memiliki sifat kohesif dan viskositas yang tinggi sehingga akan mempengaruhi tanah secara langsung dan tidak langsung, hal ini mengakibatkan perubahan karakteristik pada tanah (Susanto, 2004).

Pada kondisi lapangan, pencemaran air lindi terhadap tanah biasanya telah berlangsung dalam waktu yang lama dalam jangka waktu bertahun-tahun, sehingga untuk memperlihatkan bagaimana informasi tersebut perlu ditambahkan parameter pengaruh waktu dalam penelitian ini. Berdasarkan kondisi dan data yang telah disebutkan sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisa sifat fisis dan sifat mekanis tanah lempung yang terkontaminasi air lindi. Sifat fisis tanah yang diuji meliputi kadar air tanah, berat jenis, berat volume, batas-batas *Atterberg*, dan gradasi butiran. Sedangkan sifat mekanis yang diuji adalah pemadatan standart proctor dan kuat tekan bebas tanah. Penelitian ini menganalisa mengenai pengaruh kontaminasi air lindi terhadap sifat fisis dan mekanis tanah lempung.

Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test* (UCT)) adalah besarnya gaya aksial per satuan luas pada saat benda uji dalam kondisi keruntuhan atau saat regangan aksial sampai 20%. Dengan uji ini nantinya dapat diketahui nilai kuat tekan bebas sampel tanah. Dari nilai kuat tekan bebas bisa dicari Kekuatan geser undrained (C_u). (ASTM D2166)

Parameter uji kuat tekan bebas adalah untuk memprediksi stabilitas tanah lempung undrained setelah tanah digali dengan secepatnya sebelum kadar air pori terdrainase keluar. Nilai Kuat tekan bebas dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u \quad (1)$$

Tanah yang mengalami regangan karena tekanan tersebut atau disebut Kohesi undrained dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_u = \frac{q_u}{2} \quad (2)$$

dengan :

$$c_u = \text{Kohesi Undrained (kg/cm}^2\text{)}$$

$$q_u = \text{Kuat tekan bebas tanah (kg/cm}^2\text{)}$$

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan tanah lempung dengan kondisi terganggu (disturbed) yang diperoleh dari Desa Beluk, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten dengan kedalaman tanah > 40 cm dari permukaan tanah asli dan sampel tanah dalam keadaan kering udara. Sedangkan air lindi diambil dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Troketon di Desa Kaligawe, Kecamatan Pedan, Kabupaten Klaten. Pengujian yang akan dilakukan adalah uji fisis yang berupa kadar air, berat jenis, berat volume, batas-batas *Atterberg* dan gradasi butiran, sedangkan uji mekanis berupa uji pemadatan (Standard Proctor) dan uji kuat tekan bebas / *Unconfined Compression Test* (UCT) yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dalam pelaksanaan penelitian disusun beberapa tahapan supaya nantinya penelitian dapat selesai sesuai dengan yang apa kita harapkan dan berjalan secara lancar. Berikut adalah bagaimana tahapan penelitian :

Tahap pertama merupakan tahap awal penelitian, yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam berlangsungnya penelitian. Bahan yang perlu digunakan adalah air lindi dan tanah lempung. Persiapan material mulai dari menentukan lokasi pengambilan tanah, melakukan pengeringan tanah kondisi kering udara, dan penyaringan saringan no 4.

Tahap ke dua dilakukan uji sifat fisis tanah meliputi pembuatan benda uji tanah asli dan tanah yang terkontaminasi air lindi buatan dengan pemberian air lindi sebesar 5% dan 10% dari berat sampel dengan variasi waktu kontaminasi 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari . Setelah itu melakukan uji sifat fisis tanah meliputi pengujian kadar air, berat jenis tanah, berat volume tanah, batas-batas *Atterberg*, uji gradasi butiran, klasifikasi tanah. Kemudian melakukan pemadatan tanah menggunakan Standard Proctor untuk mendapatkan nilai kadar air optimum. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan sampel untuk uji UCT dan melakukan pengujiannya.

Tahap ke tiga yaitu tahap terakhir adalah melakukan analisis data dari hasil pengujian laboratorium yang telah dilakukan. Hasil tersebut digunakan untuk mendapatkan kesimpulan dari semua hasil pengujian yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1. Uji Kandungan Air Lindi

Uji kandungan air lindi bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia pada air lindi, sehingga dapat diketahui apa saja proses kimia yang terjadi saat dicampur dengan tanah. Air lindi yang digunakan diambil dari TPA Troketon, Desa Kaligawe, Kecamatan Pedan,

Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Data pengujian air lindi berdasarkan pengujian kandungan air lindi sebelumnya oleh Prananda (2021) di Laboratorium Terpadu, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Berikut hasil uji kandungan kimia air lindi.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kandungan Zat Kimia Air Lindi

No.	Parameter	Hasil Uji	Satuan	
1	Timbal	Pb Total	1,196 ±0,131	mg/L
2	Kalsium	Ca Total	97,97 ±0,87	mg/L
3	Kalium	K Total	5,304 ±0	mg/L
4	Besi	Fe Total	4,367 ±0,279	mg/L
5	Mangan	Mn Total	1,156 ±0,032	mg/L
6	Magnesium	Mg Total	194,5 ±0,3	mg/L
7	Chemical Oxygen Demand	COD	7,402 ±335	mg O ₂ /L
8	Sulfat	SO ₄	105,4 ±2,8	mg/L
9	Power of Hydrogen	Ph	8,251 ±0,061	-
10	Klorida	Cl ⁻	4,562 ±90	mg/L

Sumber : Prananda (2021)

Hasil pengujian kandungan kimia air lindi menunjukkan beberapa parameter yaitu Pb total, Ca total, K total, Fe total, Mn total, Mg total, COD, SO₄, pH, dan Cl⁻. Menurut George (2014), air lindi dapat menyebabkan reaksi kimia pada tanah, bertambahnya konsentrasi kation (Ca, K, Fe, Mn, Mg) dan anion (Cl⁻) pada air lindi dapat mempengaruhi karakteristik tanah.

1.2. Uji Sifat Fisis Tanah

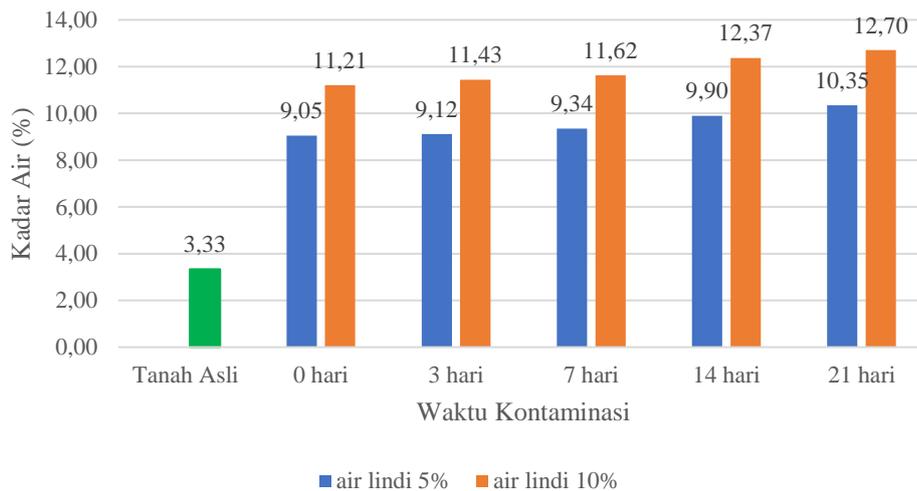
Uji sifat fisis terdiri dari uji kadar air, berat jenis, berat volume, batas-batas *Atterberg* dan Gradasi Butiran. Pengujian sifat fisis dilaksanakan pada tanah asli maupun tanah terkontaminasi air lindi yang diberi penambahan sebesar 5% dan 10% terhadap berat tanah dan variasi durasi waktu pemeraman 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.

Kadar Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak air yang terdapat di dalam suatu tanah, hasil uji kadar air pada benda uji tanah asli didapat nilai kadar air sebesar 3,33%, untuk hasil tertinggi terdapat pada tanah terkontaminasi air lindi 10% 21 hari dengan nilai kadar air sebesar

12,70%. Seiring bertambahnya presentase penambahan lindi dan waktu kontaminasi maka nilai kadar air mengalami peningkatan secara bertahap. Sehingga tanah yang terkontaminasi air lindi memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan tanah asli.

Tanah terkontaminasi memiliki nilai kadar air yang lebih tinggi karena permukaan tanahnya tertutupi oleh air lindi, sehingga timbul kondisi lembab dan mencegah proses penguapan pada lapisan tanah. Sedangkan lamanya waktu kontaminasi menyebabkan pelapukan kimiawi pada tanah, kandungan kimia pada air lindi menyebabkan reaksi kimia yang menyebabkan pelapukan, sehingga semakin lama proses pelapukan semakin banyak partikel halus yang terbentuk, partikel halus memiliki ketertarikan yang lebih kuat pada air (Alhassan, 2012). Hal ini sejalan dengan penelitian George (2014), pencampuran tanah dengan air lindi pada presentase 25 % dan 50% dengan variasi waktu kontaminasi 0 hari, 100 hari, 150 hari didapatkan hasil kadar air tanah yang semakin meningkat seiring dengan ditambahnya presentase air lindi dan waktu kontaminasi.

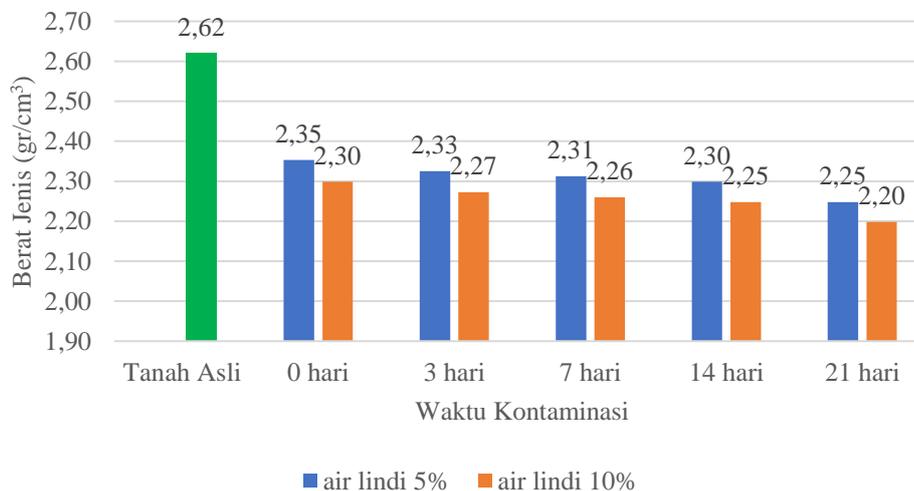


Gambar 1. Hubungan Kadar Air dengan Waktu Kontaminasi Air Lindi

Berat Jenis

Pengujian berat jenis pada benda uji tanah asli didapatkan nilai 2,62 gr/cm³, sedangkan nilai berat jenis terendah terdapat pada tanah kontaminasi 10% air lindi 21 hari dengan nilai 2,20 gr/cm³. Semakin bertambahnya kadar air lindi dan waktu kontaminasi maka nilai berat jenis tanah mengalami penurunan. Sehingga tanah yang terkontaminasi air lindi mendapatkan nilai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan tanah asli.

Penurunan berat jenis pada tanah terkontaminasi disebabkan karena reaksi kimia dari air lindi mengakibatkan disinterigasi antar butir tanah. Semakin lama waktu kontaminasi, semakin besar peluruhan butir tanah yang terjadi sehingga berat butir per satuan volumenya semakin kecil. Hal ini berbanding lurus dengan penelitian George (2014), didapatkan nilai kadar air tanah yang semakin menurun seiring dengan ditambahnya presentase air lindi dan waktu kontaminasi.



Gambar 2. Hubungan Berat Jenis dengan Waktu Kontaminasi

Batas-Batas Atterberg

Pengujian batas-batas Atterberg bertujuan untuk memperlihatkan bagaimana tanah berbutir halus dengan batas-batas konsistensinya dengan memperhatikan kadar airnya. Konsistensi merupakan keadaan tanah berbutir halus secara

fisik pada kadar air tertentu yang dipengaruhi oleh gaya tarik menarik antar partikel (kohesi). Batas tersebut dibagi menjadi Batas Cair, Batas Plastis, Batas Susut, dan Indeks Plastisitas. Hasil pengujian batas-bats Atterberg bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Batas Atterberg

Jenis Pengujian	Durasi waktu					
	Tanah Asli	0 hari	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari
Persentase air lindi 5%						
Batas Cair (%)	36.38	32.88	32.63	32.56	31.86	31.19
Batas Plastis (%)	12.79	11.38	11.33	11.28	10.96	10.48
Batas Susut (%)	6.37	5.57	5.39	5.12	4.83	4.32
Indeks Plastisitas	23.58	21.50	21.30	21.28	20.90	20.71
Persentase air lindi 10%						
Batas Cair (%)		31.33	31.03	30.71	30.22	29.79
Batas Plastis (%)		10.43	10.13	10.10	9.79	9.65
Batas Susut (%)		5.13	4.93	4.68	4.10	3.85
Indeks Plastisitas		20.89	20.89	20.60	20.43	20.14

Hasil pengujian batas-batas *Atterberg* pada tanah asli didapat nilai batas cair sebesar 36,38%, batas plastis sebesar 12,79%, batas susut sebesar 6,37%, dan indeks plastisitas sebesar 23,58%, sedangkan nilai terendah terdapat pada tanah terkontaminasi air lindi 10% 21 hari dengan batas cair sebesar 29,79%, batas plastis sebesar 9,65%, batas susut sebesar 3,85%, dan indeks plastisitas sebesar 20,14%. Seiring bertambahnya presentase kadar air lindi dan waktu kontaminasi maka nilai batas-batas *Atterberg* mengalami penurunan secara bertahap. Sehingga tanah yang terkontaminasi air lindi memiliki nilai batas-batas *Atterberg* yang lebih rendah daripada tanah asli dan penurunan indeks plastisitas tidak signifikan.

Penurunan ini mungkin terjadi karena perubahan pori tanah, sifat asam dalam air lindi yang masuk melalui pori tanah cenderung menghancurkan partikel tanah dan menyebabkan bertambahnya luas spesifik tanah. Sifat elektrolit air lindi akan mengurangi tolakan antar partikel yang menyebabkan partikel bergerak lebih terbatas dalam kadar air lindi yang lebih tinggi, sehingga batas *Atterberg* tanah akan menurun. Semakin lama waktu kontaminasi, maka semakin tinggi pelapukan dan sifat elektrolit yang terbentuk. Hal ini sejalan dengan penelitian George (2014), pencampuran tanah dengan air lindi didapatkan hasil batas *Atterberg* semakin menurun dengan ditambahkan presentase air lindi dan waktu kontaminasi.

Klasifikasi Tanah

Benda uji Tanah asli memiliki batas cair sebesar 36,38%, batas plastis sebesar 12,79%, indeks plastisitas sebesar 23,58%, dan presentas lolos saringan nomor 200 sebesar 63,23%.

Berdasar pengklasifikasian metode AASHTO tanah ini termasuk dalam kelompok A-6, sedangkan menurut klasifikasi USCS tanah ini termasuk kelompok CL. Walau terjadi perubahan nilai sifat fisis pada setiap variasi tanah yang kita uji, tetapi masing-masing tanah kontaminasi tetap dalam kelompok klasifikasi yang sama dengan tanah asli, yaitu berdasar klasifikasi AASHTO termasuk A-6 dan menurut klasifikasi USCS tergolong CL. Hal ini terjadi karena perubahan nilai sifat fisis tanah akibat kontaminasi air lindi tidak terlalu signifikan.

1.3. Uji Sifat Mekanis

Uji sifat mekanis yang dilakukan adalah uji pemadatan (*Standard Proctor*) dan uji kuat tekan bebas / UCT (*Unconfined Compression Test*). Pengujian dilakukan pada seluruh sampel uji tanah, yaitu tanah asli dan tanah kontaminasi air lindi 5%, 10% dengan variasi waktu kontaminasi 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari. Pengujian kuat tekan bebas / UCT (*Unconfined Compression Test*) berfungsi untuk mendapatkan nilai tegangan aksial maksimum sampel uji sebelum mengalami keruntuhan geser sehingga bisa dilihat nilai kuat tekan bebas (q_u) dan kuat geser undrained (c_u) sampel uji.

3.3. *Standard Proctor* Pada pengujian pemadatan (*Standard Proctor*) diperoleh nilai hubungan berat volume kering maksimum (gr/cm^3) dan nilai kadar air optimum (%), dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Hasil pengujian pemadatan (*Standard Proctor*) pada tanah asli didapat nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,52 gr/cm^3 dan kadar air optimum sebesar 13%, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada

tanah terkontaminasi air lindi 10% 21 hari dengan nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,40 gr/cm³ dan kadar air optimum sebesar 18,80%. Seiring bertambahnya presentase kadar air lindi dan waktu kontaminasi maka nilai berat volume kering maksimum mengalami penurunan secara bertahap, sedangkan kadar air optimumnya meningkat. Sehingga tanah yang terkontaminasi air lindi memiliki nilai berat volume kering maksimum yang lebih rendah daripada tanah asli. Menurut Harun (2013), dari penelitian

yang telah dilakukan kandungan air dalam air lindi meningkatkan kejenuhan tanah sehingga tanah lebih berair dan mengakibatkan penurunan pada kepadatan kering maksimum. Selain itu, semakin lama waktu kontaminasi menyebabkan kejenuhan dan kadar air tanah semakin tinggi sehingga nilai berat volume kering maksimum mengalami penurunan. Hal ini berhubungan dengan sifat air lindi yang menyebabkan butiran tanah menjadi lebih kecil

Tabel 3. Hasil Pengujian standar proctor

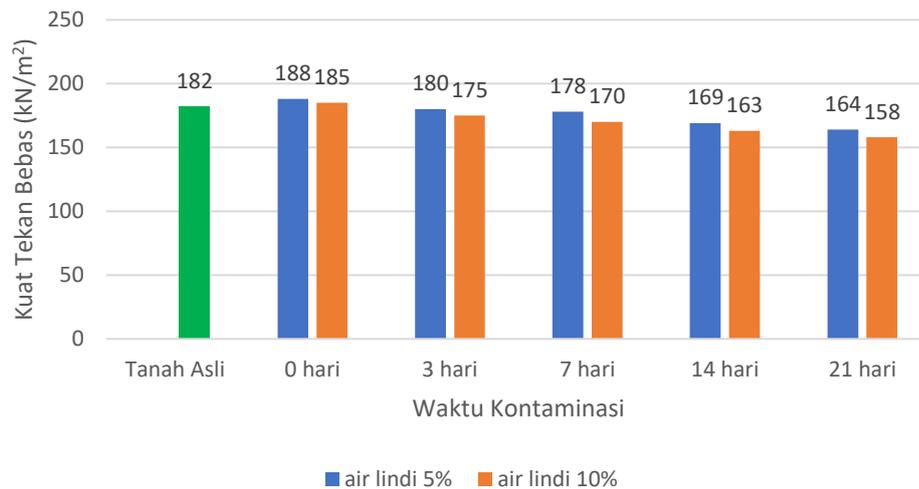
Jenis Sampel	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm ³)	Kadar Air Optimum (%)
Tanah Asli	1.52	13.00
Tanah 0 hari 5%	1.50	16.80
Tanah 0 hari 10%	1.44	18.00
Tanah 3 hari 5%	1.49	17.20
Tanah 3 hari 10%	1.44	18.20
Tanah 7 hari 5%	1.49	17.30
Tanah 7 hari 10%	1.42	18.30
Tanah 14 hari 5%	1.45	17.90
Tanah 14 hari 10%	1.42	18.60
Tanah 21 hari 5%	1.44	18.20
Tanah 21 hari 10%	1.40	18.80

Uji kuat tekan bebas / UCT (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian kuat tekan bebas / UCT (*Unconfined Compression Test*) bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan aksial maksimum sampel uji sebelum mengalami keruntuhan geser sehingga bisa dilihat nilai kuat tekan bebas (Q_u) dan kuat geser undrained (c_u) sampel uji seperti terlihat pada Gambar 3. Pengujian kuat tekan bebas pada benda uji tanah asli didapat nilai kuat tekan bebas (q_u) sebesar 182 kN/m², kuat geser undrained (c_u) sebesar 91 kN/m² dan termasuk lempung kaku (Hardiyatmo, 2002), sedangkan nilai terendah terdapat pada tanah terkontaminasi air lindi 10% 21 hari dengan nilai kuat tekan bebas (q_u) sebesar 158 kN/m², kuat geser undrained (c_u) sebesar 79 kN/m² dan termasuk lempung kaku (Hardiyatmo, 2002). Seiring bertambahnya presentase kadar air lindi dan waktu kontaminasi nilai kuat tekan bebas (q_u) dan kuat geser undrained (c_u) mengalami penurunan secara

bertahap. Sehingga tanah yang terkontaminasi air lindi memiliki nilai kuat tekan bebas yang lebih rendah daripada tanah asli tetapi kelompok tanah masih dalam kategori yang sama yaitu lempung kaku karena nilai penurunan kuat tekan bebas masih kecil.

Penurunan kuat tekan bebas disebabkan oleh masuknya air lindi ke pori-pori tanah, air lindi sendiri mengandung zat kimia seperti minyak dan bahan organik sehingga tanah menjadi lebih licin. Penurunan besar butiran tanah juga menjadi penyebab tanah kehilangan kekuatannya, sehingga semakin lama proses kontaminasi maka semakin besar reaksi kimia yang terjadi, tanah menjadi lebih halus. Hal ini sejalan dengan Aribudiman (2019), dari penelitian dengan penambahan air lindi sebesar 0-100% dari berat tanah terjadi penurunan nilai kuat tekan bebas secara bertahap.



Gambar 3. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas

4. KESIMPULAN

Kontaminasi air lindi terhadap tanah lempung menyebabkan perubahan pada karakteristik tanah. Kadar air dan gradasi butiran mengalami kenaikan, sedangkan berat jenis, berat volume mengalami penurunan dan batas *Atterberg* meliputi indeks plastisitas, batas plastis, batas cair, batas susut juga mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan air lindi dalam durasi waktu tertentu menyebabkan kondisi tanah menjadi buruk sehingga kurang cocok untuk dasar pembangunan. Berdasar nilai sifat fisis, tanah asli dan tanah terkontaminasi masih dikelompokkan dalam jenis tanah yang sama yaitu A-6 menurut AASHTO dan CL menurut USCS.

Nilai UCT tanah lempung mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu dan penambahan air lindi. Kandungan kimia dalam air lindi menyebabkan tanah menjadi lebih licin sehingga kekuatannya menjadi lebih rendah. Selain itu, perubahan partikel tanah menjadi lebih ASTM-D2166. (2006). *Standard Test Method for Unconfined compression Strength of Cohesive Soil*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, USA.

Bowles, J.E. (1977). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill. New York

Das, B.M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga. Jakarta.

George, M. (2014). *Studies on Landfill Leachate Transportation and Its Impact on Soil Characteristics*. Issue December. Cochin University of Science and Technology.

Grim, R.E. (1953). *Clay mineralogy*. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York.

kecil dan sifat elektrolit pada air lindi menyebabkan tanah mengalami penurunan dalam elastisitasnya. Tetapi penurunan tergolong kecil sehingga hasil UCT masih menunjukkan pada kelompok yang sama yaitu lempung kaku.

Perubahan sifat fisis dan mekanis yang tidak signifikan disebabkan waktu kontaminasi air lindi yang hanya selama 21 hari, sehingga proses pelapukan terjadi kurang maksimal

DAFTAR PUSTAKA

- Alhassan, M. (2010). Effect of municipal solid waste on the characteristics of soil. *International Journal of Environmental Science, Management and Engineering Research*, 1(5), 204–210.
- Aribudiman, I. N., Harmayani, K. D., Redana, I. W., & Ciawi, Y. (2019). Analysis Effect Of Leachate On Sandy Clay Soil. *International Journal of Engineering and Emerging Technology*, 4(1), 81– 89.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Edisi ke-3. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Harun, Siti Norliyana., Abd Rahim, Sahibin., Ali Rahman, Zulfahmi., Idris, W., & Lihan, Tukimat. (2013). Effects of Leachate on Geotechnical Characteristics of Sandy Clay Soil. *AIP Conference Proceedings*, 1571(1), 530-536.
- Mawaddah, Siti. (2016). *Pengaruh Air Lindi Tpa Sampah Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Dan Kesehatan Masyarakat Disekitarnya*. Universitas Muhammadiyah Pontianak. Pontianak

Said, N.I., Hartaja, D.R.K. (2018). Pengolahan air lindi dengan proses biofilter anaerob-aerob dan denitrifikasi. *Jurnal Air Indonesia*, 8(1)

Prananda, Y.R. *Sertifikat Pengujian Air Limbah*. Laboratorium Terpadu UII. Yogyakarta.

Susanto , P. J., Istiqomah, H. S., Ganefati P. S., & Muryani, S. (2004). Pengolahan Lindi (Leachate) dari TPA dengan Menggunakan sistem Koagulasi Biofilter Anaerobic. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5, 167-173