

KUAT TEKAN BEBAS TANAH YANG DIKONTAMINASI LIMBAH OLI DALAM PRESSURIZED FILL TANK

Anto Budi Listyawan^{1*}, Qunik Wiqoyah¹, Agus Susanto¹, Renaningsih¹,
Sugiyatno¹, Bagas Andrean¹, Rifka Fauzia Bilqis¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta, Jawa Tengah

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

Abstrak

Limbah oli sering kali dibuang secara sengaja dan dapat mencemari lingkungan. Selain itu banyak pula kasus tumpahan oli dan minyak yang tidak disengaja. Ketika tumpahan oli dan kebocoran terjadi, dimungkinkan tanah dapat terkontaminasi dan mengalami perubahan kualitas dan sifat fisik pada tanah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kontaminasi limbah oli dengan durasi ½ minggu, 1 minggu, 2 minggu dengan cara memberikan tekanan udara sebesar 65 kPa ke dalam pressurized fill tank terhadap sifat fisis dan mekanis dari tanah lanau Desa Bometen, Kecamatan Gantiwarno. Hasil pengujian sifat fisis tanah yaitu uji kadar air tanah kontaminasi mengalami peningkatan dari tanah asli. Nilai berat jenis dan berat volume tanah kontaminasi semakin turun. Pada uji Atterberg, nilai LL, PL dan SL tanah kontaminasi mengalami penurunan namun untuk nilai PI naik. Klasifikasi tanah asli dan kontaminasi menurut AASHTO masuk dalam kelompok A-7-6, sedangkan menurut USCS masuk kelompok ML. Hasil pengujian sifat mekanis standard proctor tanah asli diperoleh berat volume kering maksimum 1.43 gr/cm³. Nilai kadar air optimum sebesar 23%. Hasil pengujian UCT tanah asli sebesar 332 kN/m². Kontaminasi limbah oli menyebabkan nilai kuat tekan mengalami penurunan seiring durasi kontaminasi. Hasil dari nilai terendah pada tanah kontaminasi 2 minggu sebesar 76 kN/m². Untuk nilai modulus elastisitas juga berbanding lurus dengan nilai kuat tekan bebas yaitu mengalami penurunan. Nilai terendah pada tanah kontaminasi 2 minggu sebesar 18.15 kN/m². Menurut klasifikasi nilai kuat tekan bebas pada tanah asli dan tanah kontaminasi ½ minggu termasuk tanah lanau sangat kaku, sedangkan untuk tanah kontaminasi 1 minggu termasuk lanau kaku dan nilai terendah pada kontaminasi 2 minggu termasuk kedalam lanau sedang.

Kata kunci: Kontaminasi, Limbah oli, Tanah lanau, UCT

Abstract

Waste oil is often disposed of intentionally and can pollute the environment. In addition, there are many cases of accidental oil and oil spills. When oil spills and leaks occur, it is possible that the soil can be contaminated and experience changes in the quality and physical properties of the soil. This study to determine the effect of waste oil contamination with a duration of week, 1 week, 2 weeks by providing an air pressure of 65 kPa into the pressurized tank on the physical and mechanical properties of the silt, Subdistrict Gantiwarno, Regency of Klaten. The results of testing the physical properties of the soil, namely the water content test of the contaminated soil experienced a significant increase from the original soil. The value of the density and volume weight of the contaminated soil is decreasing. In the Atterberg test, the value of LL, PL and SL of contaminated soil decreased but the PI value increased. The original soil classification and contamination according to AASHTO were in the A-7-6 group, while according to the USCS it was in the ML group. The results of testing the mechanical properties of the original soil standard proctor obtained a maximum dry volume weight of 1.43 gr/cm³. The optimum water content value is 23%. The results of the original soil UCT test were 332 kN/m². The contamination of waste oil causes the value of the free compressive strength to decrease with the duration of the contamination. The result of the lowest value in 2 weeks contaminated soil was 76 kN/m². The value of the modulus of elasticity is also directly proportional to the value of the free compressive strength, which is decreasing. The lowest value in 2 weeks contaminated soil was 18.15 kN/m². According to the classification, the value of free compressive strength in the original soil and week contaminated soil included very stiff silt, while for one week contaminated soil it included stiff silt and the lowest value at 2 weeks contamination was included in medium silt.

Keywords: Contamination, Oil disposal, Silt soil, UCT

1. PENDAHULUAN

Limbah oli sering kali dibuang secara sengaja dan dapat mencemari lingkungan.

Selain itu banyak pula kasus tumpahan oli dan minyak yang tidak disengaja. Ketika tumpahan oli dan kebocoran terjadi, dimungkinkan tanah

dapat terkontaminasi dan mengalami perubahan kualitas dan sifat fisik pada tanah tersebut. Salah satu efek kontaminasi tersebut adalah peningkatan sebaran ukuran partikel tanah setelah dilakukan analisis, penurunan kadar air optimum dan berat jenis kering maksimum untuk uji pemadatan, penurunan batas cair, dan juga penurunan nilai CBR, selain itu juga dapat mengakibatkan kegagalan struktur yang terjadi karena peningkatan plastisitas tanah, kehilangan daya dukung tanahnya, mencegah drainase air dan cairan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan limbah oli memiliki pengaruh yang luar biasa terhadap sifat geoteknik tanah lanau (Akpabio dkk, 2017).

Salah satu pengujian untuk mengetahui kekuatan tanah terhadap beban lapisan tanah di atasnya adalah uji kuat tekan bebas. Nilai kuat tekan bebas pada tanah juga dipengaruhi oleh durasi kontaminasi yang terjadi pada tanah. Umumnya nilai kuat tekan bebas tanah lanau lunak berkisar antara 25 – 50 kN/m² dan nilai kuat tekan bebas tanah lanau keras >400 Kn/m². Pengujian yang dilakukan dengan *unconfined compression strength* sangat praktis serta akurat. Pengujian sampel bersifat *undrained*, karena pengujian dilakukan dalam waktu relatif cepat, maka tidak ada air yang keluar dari pori sampel tanah selama pengujian berlangsung (Hardiyatmo, 2002).

Berdasarkan penelitian sejenis yang dilakukan oleh Ashraf K. Nazir (2010), Engr. (Dr.) Amaziah Walter Otunyo, dkk (2015), Akpabio, dkk (2017) dengan pokok permasalahan penelitian yang hampir sama yaitu tentang pengaruh kontaminasi limbah oli terhadap tanah lanau, maka dengan demikian melalui kondisi dan literasi yang telah disebutkan di atas, perlu diadakannya penelitian kembali untuk menganalisis nilai kuat tekan bebas tanah lanau yang terkontaminasi oli bekas.

Ade F.M. dan Risma M.S. (2020) melakukan penelitian pengaruh penambahan limbah gipsum pada Kuat Tekan tanah ekspansif. Penelitian ini menunjukkan kuat tekan bebas tanah mengalami peningkatan jika dikontaminasi atau dicampur dengan gipsum kemudian dapat mencapai maksimum ketika penambahan 5% dari gipsum, yaitu sebesar 3,00 kg/cm pada tanah setelah melalui pemadatan dan 2,23 kg/cm² pada tanah cetak ulang.

Penelitian ini akan mengkaji mengenai pengaruh kontaminasi limbah oli dengan durasi ½ minggu, 1 minggu, 2 minggu dengan cara memberikan tekanan udara sebesar 65 kPa ke

dalam *pressurized fill tank* pada nilai kuat tekan bebas tanah lanau.

2. METODOLOGI

Sampel tanah lanau dengan kondisi terganggu (*disturbed*) yang digunakan diambil dari Desa Bometen, Dukuh Ngandong, Kecamatan Gantiwarno, Kabupaten Klaten dengan kedalaman tanah > 40 cm dari permukaan tanah asli dan dikondisikan dalam keadaan kering udara.

Tanah dikontaminasi dengan oli yang digunakan yaitu limbah oli kendaraan bermotor yang didapatkan dari bengkel Loso, Jl. Wimboharsono, Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Variasi durasi kontaminasi yaitu ½ minggu, 1 minggu dan 2 minggu.

Pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Berikut merupakan tahap penelitian :

Tahap I, Pada tahap awal penelitian ini dilakukan dengan studi literatur, kemudian persiapan alat yang telah direncanakan yang nantinya digunakan untuk pengambilan sampel di lapangan sampai melakukan pengujian di laboratorium, serta mempersiapkan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini. Salah satu bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lanau dan limbah oli. Pengambilan tanah lanau diambil dari Kecamatan Gantiwarno, Kabupaten Klaten. Sedangkan untuk limbah oli sendiri diambil di bengkel Loso, Jl. Wimboharsono, Kartasura, Kabupaten Sukoharjo. Urutan persiapan penelitian dilakukan dengan menentukan lokasi pengambilan sampel tanah, dilanjutkan proses pengambilan sampel tanah, kemudian proses pengeringan sampel tanah yang telah diambil, dan pembuatan *pressurized fill tank* yang sudah direncanakan.

Tahap II, pada tahap ke-dua, disiapkan tanah lanau yang sudah dalam keadaan kering udara. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan uji sifat fisis tanah lanau yaitu pengujian kadar air, berat jenis tanah, berat volume tanah, batas-batas *atterberg* serta pengujian gradasi butiran yang meliputi *hydrometer*, dan analisis saringan yang bertujuan untuk mendapatkan klasifikasi tanah tersebut. Selain itu juga dilakukan pengujian *standard proctor* untuk mengetahui w_{opt} serta tujuan dari uji kadar air adalah untuk menghitung penambahan air yang dibutuhkan.

Tahap III, pada tahap ke-tiga, dilakukan pembuatan sampel dengan metode pemadatan dengan w_{opt} . Sampel pertama yaitu tanah asli atau tanah yang belum terkontaminasi limbah oli.

Selanjutnya dibuat sampel dengan metode pemadatan dengan w_{opt} untuk pembuatan benda uji kuat tekan bebas kemudian dilanjutkan dengan melakukan pengujian kuat tekan bebas. Kemudian sampel kedua yaitu tanah yang terkontaminasi limbah oli. Selanjutnya juga dibuat sampel dengan metode pemadatan dengan w_{opt} . Setelah pembuatan sampel selesai, dilanjutkan dengan melakukan kontaminasi tanah yang telah dipadatkan tadi dengan cara sampel direndam ke dalam tangki (*pressurized fill tank*) yang berisi limbah oli serta diberi tekanan udara sebesar 65 kPa dengan durasi kontaminasi ½ minggu, 1 minggu, dan 2 minggu, seperti terlihat pada Gambar 1. Setelah sampel terkontaminasi dengan limbah oli selama durasi yang ditentukan, kemudian dilakukan pembuatan benda uji kuat tekan bebas serta dilanjutkan melakukan pengujian kuat tekan bebas sehingga didapatkan hasil nilainya. Selanjutnya dilakukan juga pengujian sifat fisis tanah yang telah terkontaminasi limbah oli.



Gambar 1. *Pressurized fill tank*

Tahap IV, berdasarkan hasil pengujian dari tahapan di atas didapatkan hasil yang kemudian dilakukan analisis untuk membuat kesimpulan dan saran jika diperlukan pada penelitian yang telah dilakukan dengan teks di bawahnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

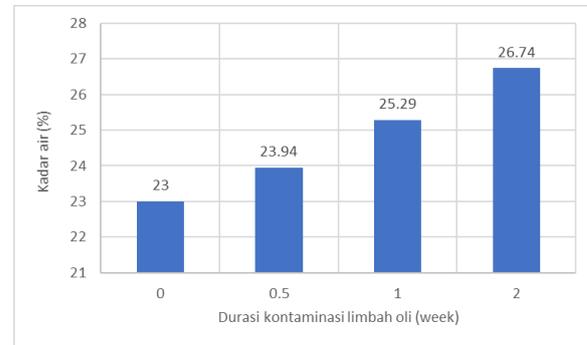
3.1. Pengujian Sifat Fisis Tanah Lanau

Pengujian sifat fisis pada penelitian ini dilakukan pada tanah asli, dan tanah kontaminasi limbah oli dengan durasi ½ minggu, 1 minggu, dan 2 minggu.

Kadar Air

Pada Gambar 2 terlihat bahwa nilai kadar air terbesar didapat pada 2 minggu sebesar 26.74%, sedangkan nilai terkecil didapat pada tanah tanah asli sebesar 23.00%. Dari data menunjukkan bahwa nilai kadar air tanah kontaminasi mengalami peningkatan dari tanah asli, semakin lamanya durasi kontaminasi

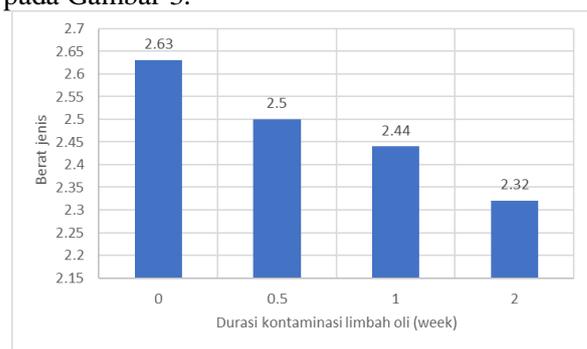
menyebabkan peningkatan pada kadar air tanah dan menyebabkan tanah menjadi semakin lembek. Faktor penyebab peningkatan kadar air dikarenakan ada tambahan oli yang merupakan zat cair masuk kedalam tanah sehingga mempengaruhi nilai kadar air.



Gambar 2. Hasil pengujian kadar air

Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis tanah asli didapatkan nilai sebesar 2.63, maka termasuk tanah lanau tak organik. Seiring bertambahnya waktu kontaminasi nilai berat jenis tanah mengalami penurunan, yang mana didapatkan nilai terkecil pada durasi kontaminasi 2 minggu sebesar 2.32. Hal ini disebabkan karena adanya kontaminasi limbah oli yang dimungkinkan berat jenis tanah itu sendiri tergantikan oleh limbah oli sehingga berat jenis tanah tersebut makin turun. Dikarenakan berat jenis oli lebih kecil daripada tanah, yaitu memiliki nilai sebesar $(0,875 \pm 4,637 \times 10^{-4})$ jika diuji menggunakan piknometer (Gideon, S; 2020). Hubungan antara nilai berat jenis dengan durasi kontaminasi dapat dilihat pada Gambar 3.

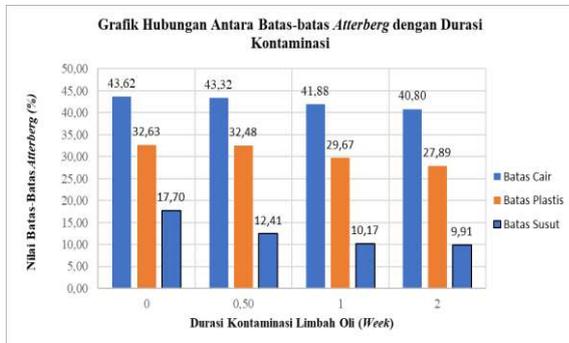


Gambar 3. Hasil pengujian berat jenis

Batas-Batas Atterberg

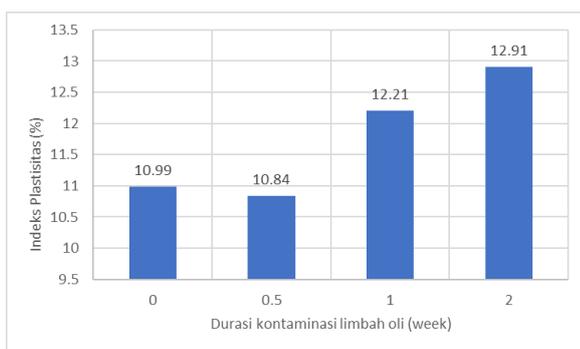
Nilai batas cair tertinggi terjadi pada tanah asli yaitu sebesar 43.62% sedangkan nilai yang terkecil terjadi pada tanah kontaminasi 2 minggu yaitu sebesar 40.80%. Begitu pula dengan nilai batas plastis dan batas susut yang juga mengalami penurunan. Hal ini terjadi dikarenakan tanah lanau tidak memiliki

plastisitas jika dikontaminasi dengan fluida non-polar. Oli merupakan fluida non-polar, sehingga hal ini yang menyebabkan penurunan dari nilai *Atterberg* (Khamahchian, dkk ; 2006). Hubungan antara nilai batas-batas *Atterberg* dengan durasi kontaminasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara Batas-batas Atterberg dengan Durasi Kontaminasi

Nilai indeks plastisitas (PI) didapatkan dari selisih antara nilai batas cair (LL) dengan batas plastis (PL). Jadi besarnya nilai PI sangat tergantung oleh nilai LL dan PL. Penurunan nilai PL yang cukup besar jika dibandingkan nilai LL sehingga hasil nilai PI naik seiring durasi kontaminasi limbah oli yang dilakukan. Ketika terjadi kenaikan nilai pada PI, menunjukkan bahwa kualitas tanah menjadi semakin buruk, hal ini terjadi karena nilai plastisitasnya menjadi semakin tinggi sehingga tanah cenderung terlalu lembek dan tanah menjadi berkurang kekuatan partikelnya. Hasil perhitungan nilai PI tanah asli sebesar 11.18%. Sedangkan nilai terbesar terjadi pada tanah kontaminasi 2 minggu sebesar 13.12%. Berdasarkan nilai tersebut maka nilai PI dari tanah asli dan tanah kontaminasi termasuk jenis tanah lempung berlanau kohesif berplastisitas sedang karena nilai PI diantara 7-17. Hubungan antara nilai indeks plastisitas dengan durasi kontaminasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara Indeks Plastisitas dengan Durasi Kontaminasi

Gradasi Butiran

Hasil nilai pengujian analisa saringan pada tanah asli lolos saringan No.200 menunjukkan nilai 73%. Kontaminasi limbah oli menyebabkan penurunan pada persen lolos saringan No.200. Penurunan disebabkan karena butiran tanah setelah dikontaminasi dengan limbah oli menjadi butiran yang kasar, dan cenderung menjadi butiran yang besar sehingga butiran-butiran tidak mudah lolos dan dengan demikian yang dapat lolos saringan No.200 semakin menurun.

Dilihat dari nilai GI menunjukkan hasil yang semakin menurun sesuai durasi kontaminasi. Nilai GI terbesar didapat pada tanah asli sebesar 9.01. Untuk Nilai GI terendah yaitu pada kontaminasi 2 minggu sebesar 6.40. Merujuk pada Listyawan, A.B dkk. (2017), klasifikasi pada Tabel AASHTO tanah asli termasuk dalam A-7-6 yang merupakan tanah berlempung sedang atau sampai buruk. Kemudian Berdasarkan klasifikasi USCS dengan tanah asli dan tanah kontaminasi termasuk kelompok ML-OL, karena berada dibawah garis A maka perlu dicari nilai LLR. Mencari nilai LLR yaitu dengan mencari nilai LL kering oven terlebih dahulu dan setelah didapatkan nilai tersebut kemudian dibagi dengan nilai LL. Dimasukkan kedalam tabel klasifikasi USCS, tanah asli dan tanah kontaminasi termasuk kedalam kelompok ML yang merupakan tanah lanau anorganik berplastisitas rendah. Jadi klasifikasi untuk tanah asli dan tanah kontaminasi limbah oli mengalami persamaan baik menurut metode USCS atau AASHTO. Hal ini dikarenakan penurunan nilai sifat fisis tanah yang terjadi akibat kontaminasi limbah oli tidak terlalu banyak.

3.2. Pengujian Sifat Mekanis Tanah Lanau Kuat Tekan Bebas

Hasil pengujian UCT dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.
Hasil Uji UCT

Waktu	qu	Cu
Kontaminasi	(kN/m ²)	(kN/m ²)
Tanah asli	332	166
1/2 minggu	234	117
1 minggu	119	59.5
2 minggu	76	38

Pada pengujian tanah asli didapatkan nilai kuat tekan bebas (q_u) sebesar 332 kN/m². Durasi yang dilakukan dalam penelitian ini mengakibatkan nilai kuat tekan bebas (q_u)

mengalami penurunan. Nilai kuat tekan bebas (q_u) terbesar didapat pada tanah asli sebesar 332 kN/m², sedangkan nilai kuat tekan bebas (q_u) terkecil didapat pada tanah kontaminasi 2 minggu sebesar 76 kN/m². Hal ini di sebabkan semakin lamanya waktu kontaminasi yang dilakukan pada tanah menyebabkan tanah menjadi semakin lembek karena waktu penyerapan pada tanah yang terendam oli pun semakin lama dengan dibuktikan dengan semakin menurunnya nilai kuat tekan bebas (q_u) dan meningkatnya nilai kadar air benda uji. Menurut Ashraf K. Nazir (2010) terjadi pula perubahan struktur tanah yang substansial, dan perubahan partikel tanah yang menjadi relatif longgar karena sifat limbah oli yang licin sehingga menyebabkan partikel tanah menjadi selip maka dapat mempengaruhi kualitas kekuatan partikel tanahnya.

Kohesi *undrained* (c_u) dari tabel 10. diperoleh nilai terbesar pada tanah asli sebesar 166 kN/m², sedangkan nilai kohesi *undrained* (c_u) terkecil didapat pada tanah kontaminasi 2 minggu sebesar 38 kN/m². Nilai kohesi *undrained* (c_u) berbanding lurus dengan nilai kuat tekan bebas (q_u) yaitu mengalami penurunan seiring lamanya durasi kontaminasi.

Pengujian tanah asli didapatkan nilai kuat tekan bebas (q_u) sebesar 332 kN/m² dan masuk ke dalam keadaan tanah lanau sangat kaku. Sedangkan nilai kuat tekan bebas (q_u) tekecil didapat pada tanah kontaminasi sebesar 76 kN/m² dan masuk kedalam keadaan tanah lanau sedang.

Modulus Elastisitas (E_s)

Dengan menggunakan metode *secant* dari gambar kuat tekan bebas didapat nilai modulus elastisitasnya, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Nilai Modulus Elastisitas (E_s)

Waktu	Modulus Elastisitas
Kontaminasi	(kN/m ²)
Tanah asli	42.53
1/2 minggu	24.37
1 minggu	21.24
2 minggu	18.15

Modulus elastisitas (E_s) terbesar pada tanah asli sebesar 42.53 kN/m², sedangkan nilai Modulus elastisitas (E_s) terkecil didapat pada tanah kontaminasi 2 minggu sebesar 18.15 kN/m². Nilai Modulus elastisitas (E_s) berbanding lurus dengan nilai kuat tekan bebas (q_u) yaitu mengalami penurunan seiring lamanya waktu

kontaminasi dengan dibuktikannya tanah kontaminasi 2 minggu mendapatkan nilai terkecil.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian sifat fisis, dapat diambil kesimpulan bahwa untuk nilai kadar air mengalami kenaikan ketika dilakukan kontaminasi. Namun sebaliknya untuk nilai berat jenis mengalami penurunan dibandingkan tanah asli. Untuk berat volume juga mengalami penurunan ketika dilakukan kontaminasi. Pada pengujian Batas-batas *Atterberg*, nilai LL, PL, dan SL mengalami penurunan seiring lama durasi kontaminasi. Namun sebaliknya untuk nilai PI mengalami kenaikan. Pengujian gradasi butiran memperoleh hasil setelah dilakukan kontaminasi yaitu semakin berkurang nilai lolos saringan No.200 karena adanya penggumpalan tanah. Klasifikasi tanah menurut AASHTO baik untuk tanah asli maupun tanah kontaminasi termasuk A-7-6 yang merupakan tanah berlempung sedang atau sampai buruk. Kemudian untuk klasifikasi USCS, tanah asli dan tanah kontaminasi termasuk ke dalam kelompok ML yang merupakan tanah lanau anorganik berplastisitas rendah.

Dalam pengujian sifat mekanis yaitu untuk *standard proctor* didapatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) tanah asli. Kadar air optimum (w_{opt}) dan kadar air rata-rata awal (w_o) digunakan untuk penambahan air pada saat pembuatan benda uji UCT. Maka didapatkan nilai penambahan air dengan perhitungan rumus adalah 510 ml. Untuk uji kuat tekan bebas dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan bebas (q_u) mengalami penurunan seiring dengan durasi kontaminasi. Nilai kohesi *undrained* (c_u) dan modulus elastisitas (E_s) berbanding lurus dengan nilai kuat tekan bebas (q_u). Hal ini di sebabkan semakin lamanya waktu kontaminasi menyebabkan tanah menjadi semakin lembek.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpabio, G.T., dkk. 2017. *Effect of Used Motor Oil Contamination on Geotechnical Properties of Clay Soil in Uyo-Akwa Ibom*. International Journal Natural Science Research, Nigeria.
- Darmawijaya. 1997. *Klasifikasi Tanah*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Das, BM. 1993. *Principles Of Geotechnical Engineering*, Third Edition. Boston: PWS Publishing Company.
- Gideon S., dan Tarigan E. R. 2020. *Penentuan Massa Jenis Oli Secara Sederhana*

- dengan Hukum Archimedes*. Physics Education Research Journal. Vol. 2 (1): 43-50.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Holtz, W.G. and Gibbs, H.J. 1962. *Engineering properties of expansive clays*: Transactions, ASCE 121, 641-677.
- Listyawan, A.B dkk. 2017. *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Nazir, Ashraf K. 2010. *Effect of Motor Oil Contaminated on Geotechnical Properties of Over Consolidated Clay*. Alexandria Engieering Journal, Alexandria.
- Otunyo, A.W., dkk. 2015. *Effect of Waste Engine Oil Contamination on Geotechnical Properties of Clay Soil*. Euopean International Journal of Science and Technology, Nigeria.
- Purba A. D. 2017. *Tinjauan Kuat Tekan Bebas dan Modulus Elastisitas Tanah Lempung Purwodadi Grobogan yang Distabilisasi dengan Mill*. Fakultas Teknik. Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.