

ANALISIS KEPADATAN TANAH TIMBUNAN HASIL GALIAN SUNGAI MANGROVE WONOREJO, RUNGKUT, SURABAYA MENGGUNAKAN METODE CBR LABORATORIUM DAN UJI PROCTOR.

Muhammad Abdul Rozak

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Laily Endah Fatmawati, ST,MT

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Ir. Herry Widhiarto, M.Sc

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

E-mail: m.abdul.rozak22@gmail.com¹,
lailyendah@untag-sby.ac.id²,
herywidiarto@untag-sby.ac.id³

Abstrak

Tanah ini digunakan dalam penelitian yang berasal dari hasil timbunan sungai mangrove, Wonorejo, Rungkut, Surabaya. Pengujian yang dikerjakan meliputi pengujian pembagian butiran, berat jenis, batas plastis, batas cair, pengujian pemadatan, dan pengujian CBR. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah terhadap nilai CBR dan daya dukung tanah.

Setelah dilakukan pemeriksaan tanah timbunan hasil galian sungai merupakan tanah lempung ekspansif memiliki daya dukung yang rendah. Dengan keadaan tanah hasil galian sungai yang kurang baik tanah tersebut tidak dapat digunakan secara langsung, Tanah tersebut termasuk kelompok ML dengan indeks plastisitas sebesar 20,2%. Hasil pengujian proctor tanpa campuran didapat nilai kadar air optimum (OMC) 22,68% dengan berat kering (γ_d) 1,791gr/cm³. Hasil pengujian CBR diperoleh dengan nilai 1,7% dengan daya dukung tanah sebesar 2,69

Hasil DDT atau daya dukung tanah sangat kecil maka dilakukan penelitian tambahan menggunakan bahan tambah berupa Asam Fosfat untuk meningkatkan kekuatan daya dukung tanah di lokasi penelitian. Dilakukan pencampuran tanah ditambahkan dengan asam fosfat dengan persentase bahan sebesar 5%,10% dan 15%. Dengan penambahan Asam Fosfat, nilai CBR ini mencapai titik peningkatan sebesar 9,07% pada additive 10%. Oleh karena itu asam fosfat ini dapat dimanfaatkan sebagai stabilisasi tanah lempung, bisa dilihat dari peningkatan nilai CBR dan DDT.

Kata kunci : tanah hasil galian sungai, stabilisasi tanah, Asam Fosfat, CBR, DDT

Abstract

The soil used in this study comes from the embankment of mangrove rivers, Wonorejo, Rungkut, Surabaya. This study aims to determine the properties and characteristics of the soil on the CBR value and soil bearing capacity. The test carried out include testing for grain distribution, specific gravity, plastic limits, liquid limits, proctor testing, and CBR testing.

The pile of excavated river is expensive clay which has low bearing capacity. With the condition of soil excavated by the river has not good, this soil cannot be used directly, this soil

included in the ML group with plasticity index of 20,2%. The results of proctor test without mixture obtained the optimum water content (OMC) value of 22,68% with dry weight (γ_d) 1,791gr/cm³. The CBR test results obtained with value of 1,7% with a soil bearing capacity of 2,69

The result of bearing capacity were very small, so additional research was carried out using added material in the form of phosphoric acid to increase the strength of soil bearing capacity in the research location. The soil was mixed phosphoric acid added with the percentage material of 5%, 10%, 15%. After added the phosphoric acid, CBR value reached a peak point of increase of 9,07% at the addition of 10% additive. Therefore, phosphoric acid can be used for stabilization of clay soils can be seen from the increase in CBR and soil bearing capacity.

Keywords : soil excavated by rivers, soil stabilization, phosphoric acid, california bearing ratio (CBR), soil bearing capacity.

1. PENDAHULUAN

Tanah ini merupakan material yang berfungsi untuk menyokong suatu bangunan dan mempengaruhi struktur alias konstruksi dalam pekerjaan Teknik Sipil, contohnya konstruksi bangunan, jembatan maupun konstruksi jalan. Tanah merupakan suatu sistem mekanik yang kompleks. Tekstur tanah dapat di definisikan sebagai penampilan visual berdasarkan komposisi kualitatif dari ukuran butir tanah dalam suatu masa tanah tertentu. Sistem klasifikasi tanah yang dipakai bermaksud menentukan dan mengidentifikasi tanah ini dengan cara yang sistematis untuk kesesuaiannya terhadap pemakaian tertentu, berdasarkan penelitian terdahulu. Sebuah sistem klasifikasi tanah ini juga bertujuan untuk menyampaikan informasi mengenai keadaan tanah tersebut dan dalam membentuk suatu data dasar yang di dapatkan dari pengalaman di tempat lainnya.

Das B.M (1998) mendefinisikan tanah adalah sebagai baahan yang terdiri dari agregat atau butiran mineral padat sehingga dapat terikat secara kimia, dan antara satu sama lain dari bahan-bahan organik dan melapuk sehingga menjadi partikel padat yang disertai dengan zat cair dan gas untuk mengisi rongga kosong diantara partikel padat tersebut.

Pemadatan tanah diartikan naiknya kerapataan tanah dan memperkecil jarak antar partikel sehingga menyebabkan reduksi volume udara (Prihatono, 2011). Uji pemadatan ini menggunakan metode *Standart Proctor* yang berfungsi untuk menekan dan mengeluarkan udara terdapat pada pori-pori dalam tanah sehingga rongga udara tersebut bisa terisi oleh butiran tanah. Untuk menilai sebuah kekuatan dasar atau bahan lain yang akan dipakai untuk menentukan tebal lapisan dalam perkerasan dipergunakan percobaan CBR dan memperoleh nilai daya dukung tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

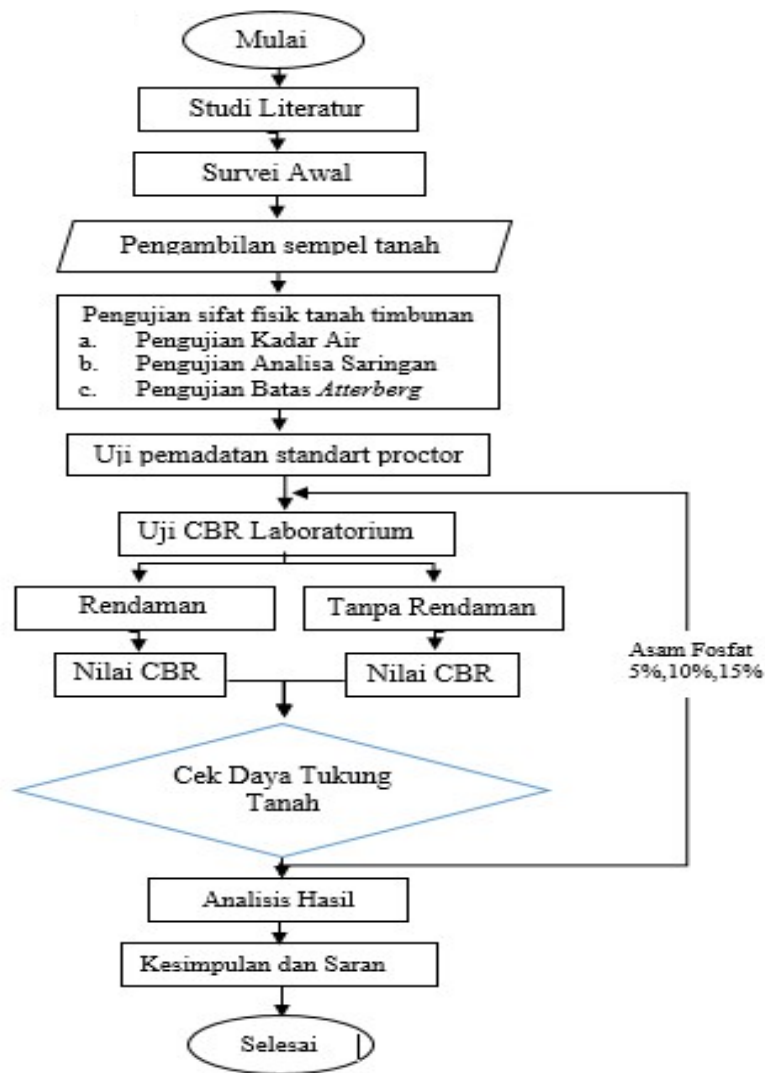
Tanah timbunan ini didapat dari hasil galian sungai mangrove, Wonorejo, Rungkut, Surabaya, dikarenakan perkerasan sangat berpengaruh pada penahan sungai disisi jalan dikarenakan sering terjadi pemerosotan tanah timbunan yang kemudian memasuki wilayah jalan. Dengan adanya penelitian ini maka di harapkan tanah hasil galian tersebut dapat digunakan semaksimal mungkin, agar nantinya dapat tertata dengan rapi dan tidak mengganggu pengguna jalan yang melintas.

Nilai CBR digunakan sebagai penilaian kekuatan dan digunakan sebagai dasar penentuan tebal pada suatu lapisan dari suatu perkerasan dan kekuatan tanah, yang tergantung pada jumlah kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya maka makin kecil hasil CBR dari tanah tersebut. Apabila nilai yang didapatkan kurang baik peneliti mencoba menambahkan pengujian dengan campuran bahan *Additive* yaitu dengan mencampur Asam Fosfat sebagai bahan stabilisator pada tanah tersebut.

Jumlah Asam Fosfat optimum dan peningkatan kekuatan maksimum berdasarkan tanah timbunan distabilisasi tergantung pada jumlah ukuran butiran yang ada pada tanah ini. Apabila semakin tinggi kandungan tanah lempung yang ada pada tanah, sehingga semakin besar pula presentase optimum asam fosfat yang dibutuhkan sehingga semakin rendahnya kekuatan yang terjadi. Penambahan asam fosfat atau senyawa lainnya ke tanah yang mampu meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah terhadap air. Apabila asam fosfat ditambahkan kedalam tanah kemungkinan akan terjadi reaksi kation yang berada dibawah tanah dengan asam fosfat dan menghasilkan senyawa aluminium atau senyawa besi terutama sebuah senyawa aluminium metafosfat.

3. METODE PENELITIAN

Alur penelitian dapat dilihat dari diagram alur penelitian pada gambar 1.



Gambar 1
Diagram Alir tahapan penelitian

3.1 Penelitian ini menggunakan analisa dari Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) Sistem klasifikasi sebuah tanah ini yang paling banyak dipakai sebuah pekerjaan teknik pondasi seperti bandungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Perlakuan ini biasa digunakan sebagai desain lapangan udara dan sebuah spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. Oleh karena itu peneliti berasumsi bahwa lokasi ini membutuhkan analisa dari sistem klasifikasi USCS.

Simbol Pada Klasifikasi Tanah *Unified*

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik Gradasi Buruk	W P
Pasir	S	Berlanau Berlempung	M C
Lanau	M		
Lempung	C	WL<50%	L
Organik	O	WL>50%	H

(Sumber : Bowles,1989 dalam Larasati, 2016)

Keterangan :

G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly soil*)

S = Untuk Pasir(*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*)

M = Untuk lanau anorganik (*Inorganic slit*)

C = Untukl empung inorganik

O = Untuk lanau dan lempung organik

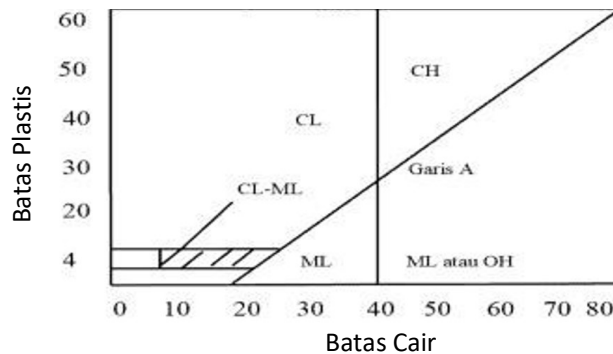
PT = Untuk gambut dan tanah dengan kandungan organik tinggi

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik).

P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk).

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, LL<50)

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, LL>



Gambar 2. Contoh Identifikasi tanah menurut USCS.
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

3.2 Pengujian Kepadatan Tanah Dengan Metode *Standart Proctor*

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Untuk usaha pemadatan akan menyebabkan volume tanah berkurang, volume pori juga berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini bisa dilakukan dengan menggilas atau menumbuk. Perhitungan rumus pemadatan tanah :

a. Kadar Air :

Kadar air

$$(w) = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_C} \times 100$$

b. Berat Isi :

Berat volume kering

$$(\gamma_d) \quad \gamma_d \frac{Y}{1+w} \times 100 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Berat volume lembab

$$(\gamma_z) \quad \gamma_z \times \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + G_s} \times w \times 100 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Kadar air yang memberikan berat kering maksimal disebut kadar air optimum. Untuk tanah berbutir halus bias mendapatkan kadar air optimum digunakan batas plastisnya. Kurva hubungan antara kadar air sebagai absis dan berat volume tanah kering sebagai suatu ordinat, puncak kurva sebagai nilai maksimum, sebuah kurva dari uji pemadatan tanah (*proctor standart*).

Pengujian *California Bearing Ratio*

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum digunakan biasa dikenal dengan cara *California Bearing Ratio* (CBR). Hal itu tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dipadatkan dengan kadar air rendah untuk mendapatkan nilai CBR yang tinggi, karena kadar air tidak tahan konstan pada nilai rendah itu.

Penambahan zat kimia (Asam Fosfat)

Jika asam fosfat ditambahkan kedalam mineral tanah akan terjadi reaksi antara asam fosfat dengan kation yang ada di dalam tanah yang menghasilkan senyawa alumunium atau senyawa besi terutama suatu senyawa alumunium metafosfat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tanah Timbunan Hasil Galian Sungai

Dari hasil penelitian mengenai karakteristik tanah timbunan hasil galian sungai di daerah Mangrove Wonorejo Rungkut Surabaya diperoleh data sebagai berikut :

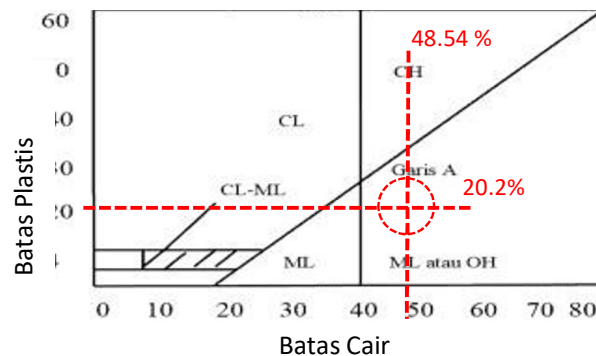
Tabel 4.1 Hasil rata-rata data karakteristik tanah timbunan hasil galian sungai titik 1-12

Metode Pengujian	Hasil Percobaan
Batas Cair Tanah (LL)	48.54
Batas Plastis Tanah (PL)	35.71
Indeks Plastis (IP)	20.2
Berat Kering Maksimum (γ_d max)	1.774
Kadar Air Optimum (Wc)	27.00
CBR	1,7%

(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

4.2 Analisa Tanah Hasil Galian Sungai

Berdasarkan hasil dari penelitian terhadap sifat-sifat konsistensi tanah timbunan hasil galian sungai pada daerah Mangrove, Wonorejo, Rungkut, Surabaya dari tabel diatas dengan rata-rata indeks plastisitas $PI = 20.2\%$ dan rata-rata batas cair $LL = 48.54\%$ menurut identifikasi *USCS* indeks plastisitas berada di bawah garis A dan batas cair kurang dari 50% termasuk jenis tanah **ML (Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, dan pasir halus berlanau atau berlempung)**. Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata CBR sebesar 1.7% yang termasuk jenis lempung. Rata-rata tabel di atas menunjukkan nilai $CBR < 5\%$ adalah jenis tanah lanau anorganik (ML), jadi dapat di simpulkan tanah di daerah Mangrove, Wonorejo, Rungkut, Surabaya, merupakan jenis lanau anorganik (ML).



Gambar 3.2 Identifikasi tanah menurut *USCS*.
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

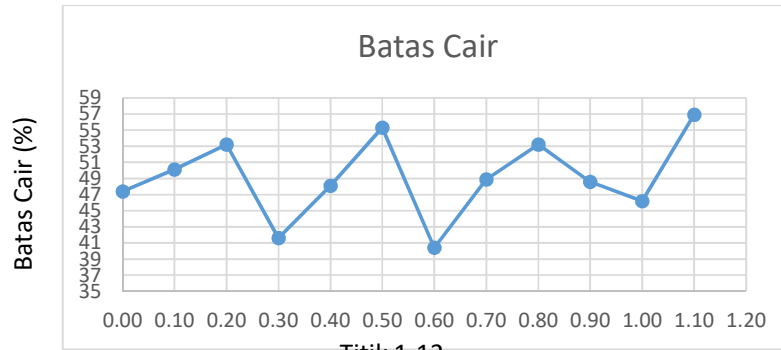
4.3 Analisa Hasil Uji Konsistensi

Pada uji batas cair tanah timbunan hasil galian sungai di peroleh jumlah pukulan dan kadar air (wc) seperti tabel di bawah berikut ini.

Tabel 3.2 Hasil Uji Batas Cair

Titik	Batas Cair (%)
1, 0+00	47.4
2, 0+010	50.1
3, 0+020	53.2
4, 0+030	41.6
5, 0+040	48.1
6, 0+050	55.3
7, 0+060	40.4
8, 0+070	48.9
9, 0+080	53.2
10, 0+090	48.6
11, 0+100	46.2
12, 0+110	56.9

(sumber : Hasil perhitungan, 2021)



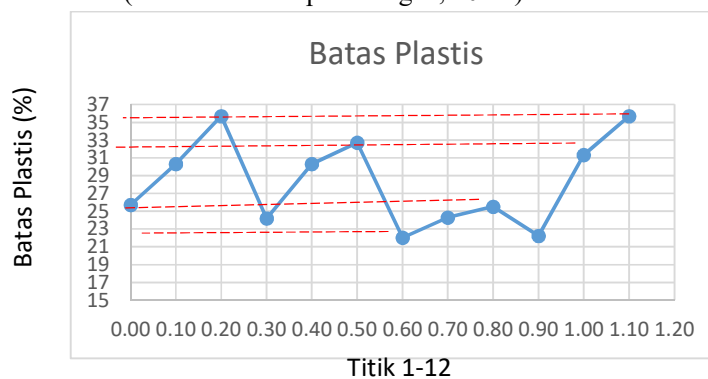
Gambar 3.3 Hasil Olah Data Batas Cair Penelitian
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

Pada uji Batas Plastis atau *Plastis Limid* (PL) tanah timbunan hasil galian sungai ini mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.3 Hasil Uji Batas Plastis

Titik	Batas Plastis (%)
1, 0+00	25.73
2, 0+010	30.30
3, 0+020	35.71
4, 0+030	24.21
5, 0+040	30.30
6, 0+050	32.71
7, 0+060	22.03
8, 0+070	24.30
9, 0+080	25.50
10, 0+090	22.24
11, 0+100	31.32
12, 0+110	35.71

(sumber : Hasil perhitungan, 2021)



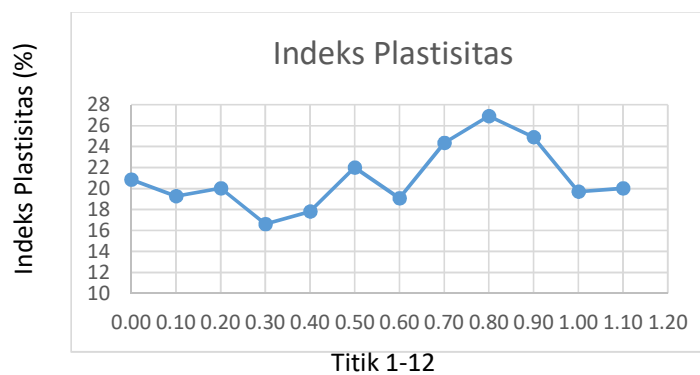
Gambar 3.4 Hasil Olah Data Batas Plastis Titik Penelitian
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

Pada uji Batas Cair dan uji Batas Plastis memperoleh nilai IP (*Indeks Plastis*) berikut nilai *Indeks Plastis* dalam presentase dari Titik awal hingga akhir pada tabel 3.4

Tabel 3.4 Hasil Indeks Plastis

Titik	Indeks Plastis (%)
1, 0+00	20.85
2, 0+010	19.28
3, 0+020	20.01
4, 0+030	16.62
5, 0+040	17.82
6, 0+050	22.01
7, 0+060	19.06
8, 0+070	24.36
9, 0+080	26.90
10, 0+090	24.89
11, 0+100	19.70
12, 0+110	20.01

(sumber : Hasil perhitungan, 2021)



Gambar 3.5 Hasil Olah Data Indeks Plastisitas Penelitian
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

Dari gambar 4.15 diperoleh data hubungan *Indeks Plastis* dimana nilai prosentase semakin turun sampai 10% maka semakin baik.

4.4 Uji Pemadatan Standart (*Proctor*)

Uji pemadatan standart di lakukan untuk mengetahui berapa berat kering maksimum pada (*rd max*) dan kadar air optimum *Optimum Moisture Content (OMC)*, berikut adalah hasil dari kadar optimum dan *rd max* pada tanah timbunan hasil galian sungai di titik 1-12

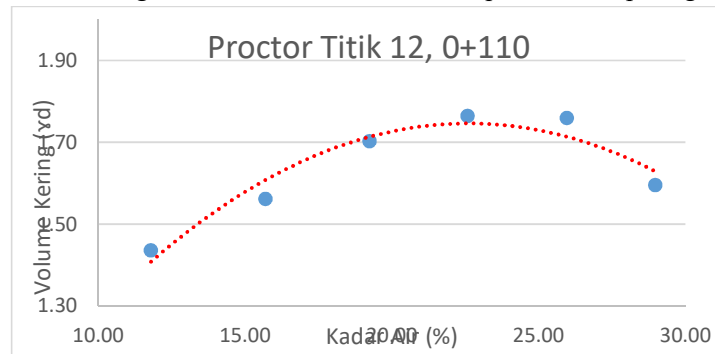
Pada percobaan uji pemadatan tanah timbunan Titik 1-12 di peroleh nilai volume kering dan kadr air seperti tabel di bawah ini

Tabel 3.6 Hasil Rata-rata Uji Standar Proctor Tanah Timbunan Titik 1-12

Berat Volume Rata-rata Kering (γ gr/cm ³)	Kadar Air Rata-rata (Wc %)
11.790	1.436
15.691	1.562
19.239	1.703
22.580	1.765
25.962	1.760
28.967	1.596

(sumber :hasil perhitungan,2021)

Dilihat dari tabel dapat kita ketahui rata-rata hasil Uji Standart Proctor pada Titik 1-12 sehingga di dapatkan $\gamma_{max} = 1,791\text{gr/cm}^3$ dan $OMC = 22,686\%$ dapat dilihat seperti gambar 4.27



Gambar 4.27 Grafik Rata-rata Pemadatan Tanah Titik 1-12

(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

4.5 Analisa Hasil Uji California Bearing Ratio (CBR)

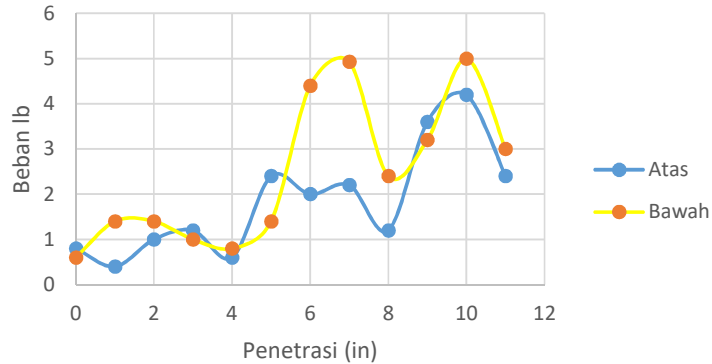
Nilai daya dukung tanah ini dapat di ukur dengan nilai California Bearing Ratio (CBR) yang menunjukkan ke dalam persen perbandingan antara beban untuk memenuhi beban standart. Berdasarkan percobaan pengujian CBR diperoleh hasil dari Titik 1 hingga Titik ke 12 terdapat di tabel 4.50

Tabel 4.50 Hasil Uji California Bearing Ratio (CBR)

Titik	Penetrasi	Atas	Bawah
1, 0+00	0,1"	0.8	0.6
2, 0+010	0,2"	0.4	1.4
3, 0+020	0,1"	1	1.4
4, 0+030	0,2"	1.2	1
5, 0+040	0,1"	0.6	0.8
6, 0+050	0,2"	2.4	1.4
7, 0+060	0,1"	2	4.4
8, 0+070	0,2"	2.2	4.93
9, 0+080	0,1"	1.2	2.4
10, 0+090	0,2"	3.6	3.2
11, 0+100	0,1"	4.2	5
12, 0+110	0,2"	2.4	3

(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

Berikut adalah grafik 4.40 hasil dari tabel 4.50



Gambar 4.40 Grafik nilai CBR Titik 1 - Titik 12
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

Berdasarkan data hasil penelitian yang ditunjukkan dalam tabel 4.40 jika di ambil dari angka yang terkecil dapat dilihat bahwa pada tanah timbunan hasil galian sungai ini memiliki nilai CBR tanah asli sebesar 0,6% dan memiliki nilai CBR tanah asli tertinggi sebesar 4,93%

4.6 Daya Dukung Tanah Timbunan

Daya dukung tanah dasar (DDT), merupakan sebuah ukuran yang dipakai dalam nomogram dan penetapan indeks tebal perkerasan (ITP). Dapat diketahui nilai daya dukung tanah dasar di dapat dari hasil grafik korelasi CBR sebuah tanah dasar terhadap DDT.

(Sukirman, 1999):

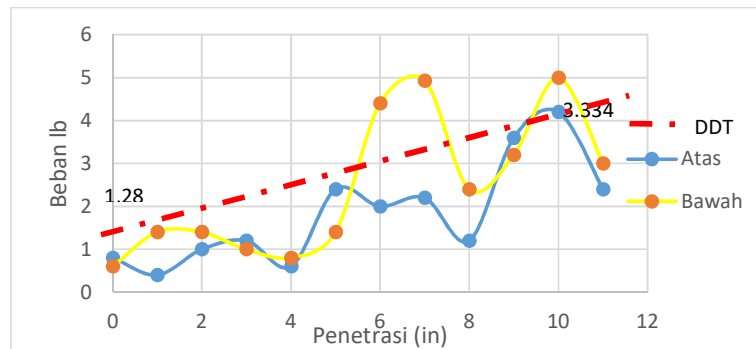
$$DDT = 4,3 \text{ Log CBR} + 1,7$$

di mana :

DDT = daya dukung tanah dasar

CBR = Nilai CBR tanah dasar

Berikut adalah grafik 4.41 nilai daya dukung tanah dari hasil CBR



Gambar 4.41 Grafik nilai DDT Titik 1 - Titik 12
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

Berdasarkan dari hasil daya dukung tanah di temukan hasil rata-rata dari 12 titik sebesar 2,69 maka dari itu hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menunjang harga dari CBR dan daya dukung tanah.

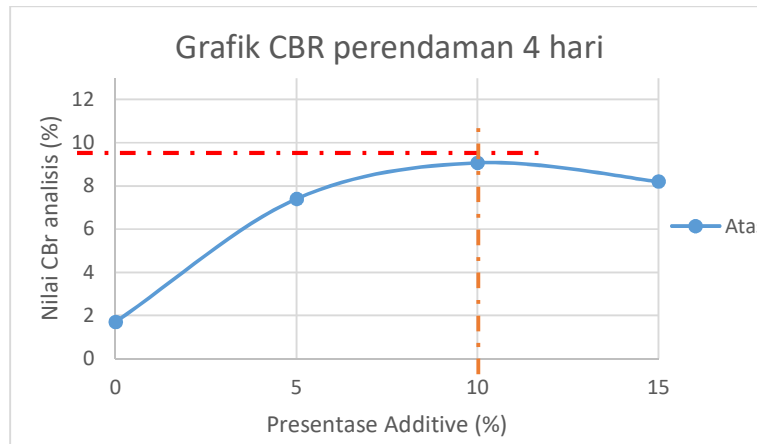
Penambahan Asam Fosfat

Peneliti menggunakan bahan kimia berupa asam fosfat, yang diharapkan bisa meningkatkan daya dukung tanah di lokasi penelitian. Pencampuran tanah dengan bahan tambah asam fosfat dengan persentase bahan tambah 5%,10% dan 15%. Penggumpalan tanah sehingga meningkatnya daya ikat antar butiran. Dengan meningkatnya daya ikat antar butiran, maka kemampuan kuat dukung tanah meningkat.

Tabel 4.54 Hasil presentase CBR rendaman dengan penambahan Asam Fosfat

Presentase Additive (%)	Nilai CBR Tanpa Rendaman (%)
0	5,73
5	7,4
10	8
15	8.2

(Sumber Hasil Penelitian)

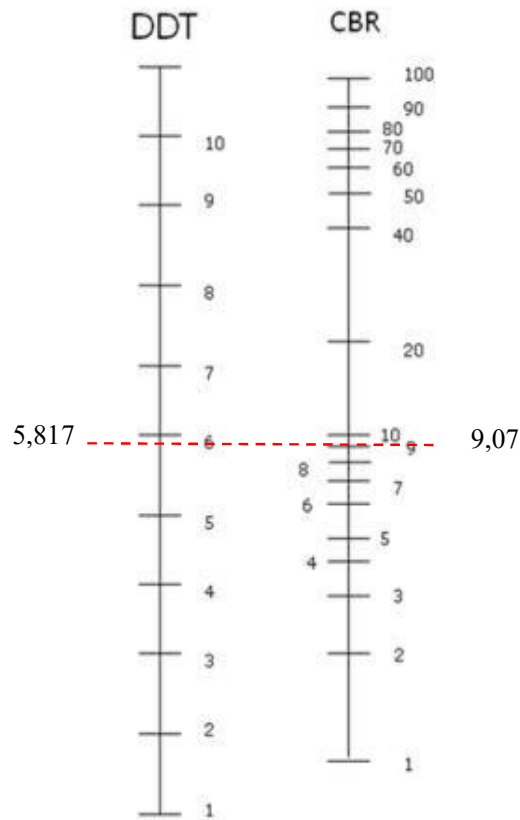


Gambar 4.56 Grafik hasil nilai CBR setelah penambahan asam fosfat 5%, 10%, 15% (sumber : Hasil perhitungan, 2021)

Pencampuran Asam Fosfat menyebabkan suatu penggumpalan tanah sehingga dapat meningkatnya daya ikat antar butiran. maka kemampuan kuat dukung tanah meningkat. Gambar 4.56 terlihat diperoleh nilai CBR tinggi dengan rendaman mencapai pada penambahan *additive* 10%,

Presentase campuran asam fosfat 10% dengan rendaman

$$\begin{aligned} \text{DDT} &= 4,3 \text{ Log } 9,07 + 1,7 \\ &= 5,817 \end{aligned}$$



Gambar 4.58 Grafik korelasi antara DDT dan CBR titik 12.
(sumber : Hasil perhitungan, 2021)

5. KESIMPULAN

Dari analisa hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Tanah timbunan hasil galian sungai di daerah mangrove, Wonorejo, Rungkut, Surabaya menurut klasifikasi *USCS* termasuk kelompok ML yaitu lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, dan pasir halus berlanau atau berlempung.
2. Nilai pemadatan dengan proctor test menunjukkan besarnya rata-rata kepadatan tanah timbunan hasil galian sungai di lokasi ini dengan nilai $\gamma_d = 1,791 \text{ gr/cm}^3$ dan $\text{OMC} = 22,686 \%$
3. Nilai rata-rata CBR yang didapatkan dari tanah timbunan hasil galian sungai ini adalah sebesar 1.7 %, termasuk CBR tanah dasar yang buruk.
4. Berdasarkan olah data CBR maka dari itu di dapatkan nilai rata-rata Daya Dukung Tanah (DDT) hasil galian sungai ini sebesar 2,34
5. Penambahan asam fosfor untuk CBR perendaman (*soaked*) 4 hari (96 jam) pada tanah asli akan dapat memperbaiki sifat mekanis tanah. Nilai CBR rendaman (*soaked*) dan CBR tanpa perendaman (*unsoaked*) dengan penambahan *additive* cenderung meningkat,

dan nilai CBR mencapai titik yang puncak peningkatan pada penambahan *additive* sebesar 10%, tetapi pada penambahan asam fosfat 15% cenderung mengalami penurunan. Dari hasil pengujian dari penelitian di laboratorium, asam fosfat dapat dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah lempung dan perbaikan perkerasan tanggul di daerah sungai mangrove Wonorejo, Rungkut, Surabaya, dapat dilihat dari peningkatan nilai CBR.

6. REFERENSI

- [1] M.Das. Braja. Endah Noor, dkk. 1998. "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)", Surabaya.
- [2] Prihatono, Y. 2011, *Pemadatan Tanah*, <https://yogoz.wordpress.com/2011/01/31/pemadatan-tanah-2/>, Diakses pada 1 Mei 2018.
- [3] Robianti, E. 2017, *Percobaan Pengujian Pemadatan Tanah Metode Standard Proctor Dengan Alat Uji Tekan Pematat Modifikasi*, Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [4] Novita Sri, 2010, *Analisa Stabilisasi Tanah Lempung Organik dengan Limbah Karbit untuk Subgrade pada Jalan*, Tugas Akhir D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- [5] Priyo, Dwi Ariyanto. *Ikatan Antara Asam Organik Tanah dengan Logam*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta,
- [6] Andisti Rica Pradia, Suci Fitriana, 2007, *Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Karet Alam Cair Terhadap Kuat Tekan Bebas (Unconfined)*, Tugas Akhir D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- [7] Hardiyatno, H.C, 2006, *Mekanika Tanah I & Mekanika Tanah II Edisi kelima*, Gadjah Mada University Prees, Jakarta