

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 131- 137	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)	
ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK	
<i>Novi Dwi Pratama, Nur Andajani,</i>	01 – 08
ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013	
<i>Ferry Sandrian, Sutikno,</i>	09 – 16
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013	
<i>Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S.,</i>	17 – 26
ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012	
<i>Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno,</i>	27 – 32
ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR	
<i>Andik Setiawan, Purwo Mahardi,</i>	33 – 38
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN <i>SLUDGE</i> INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN <i>CONPLAST</i> WP 421 DAN <i>MONOMER</i> PADA PEMBUATAN BATAKO	
<i>Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto,</i>	39 – 46
ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN <i>MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>TIME COST TRADE OFF</i> (TCTO)	
<i>Aulia Putri Andhita, Hasan Dani,</i>	47 – 55
ANALISIS MANFAAT-BIAYA PEMBANGUNAN JALAN AKSES DAN JEMBATAN MASTRIP-JAMBANGAN	
<i>Irwan Fachri Muannas, Purwo Mahardi,</i>	56 – 62

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 8 M DAN 10 M	
<i>Laras Sukmawati Yuwono, Arie Wardhono,</i>	63 – 69
PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 12 M DAN 14 M	
<i>Rifky Farandy Pramudita, Arie Wardhono,</i>	70 – 76
PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER MEMANFAATKAN FLY ASH DENGAN MOLARITAS 8M DAN 10M	
<i>Danan Jaya Tri Yanuar, Arie Wardhono,</i>	77 – 83
ANALISA PERKIRAAN TOTAL WAKTU DAN BIAYA PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SCHEDULE CONTROL SYSTEM CRITERIA (C/S-CSC) PADA PELAKSANAAN STRUKTUR PEMBANGUNAN FASUM (FASILITAS UMUM) DAN FASOS (FASILITAS SOSIAL) PT. INDUSTRI GULA GLENMORE KABUPATEN BANYUWANGI	
<i>Priestianti Diandra, Mas Suryanto HS.,</i>	84 – 90
IDENTIFIKASI DAN ANALISA RISIKO KONSTRUKSI YANG MEMPENGARUHI MUTU DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SINGKONO LAGOON SURABAYA	
<i>Trisna Anggi Prasetya, Mas Suryanto HS.,</i>	91 – 98
PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER DENGAN MOLARITAS TINGGI	
<i>Rizky Ismantoro Putra, Arie Wardhono.,</i>	99 – 104
PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU (<i>BAGASSE ASH</i>) PADA KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR STRUKTUR BALOK	
<i>Aris Widodo, Sutikno,</i>	105 – 111
EFISIENSI BIAYA PEMBESIAN BERDASARKAN BESTAT PADA PEKERJAAN PIER JEMBATAN TOL SUMO MAIN ROAD STA 12+266.746 DI PT WIJAYA KARYA (Persero) Tbk.	
<i>Widhitya Haryoko, Bambang Sabariman,</i>	112 – 118

“PENERAPAN STATISTICAL *PROCESS CONTROL* UNTUK PENGENDALIAN MUTU SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA”

Dwi Sagti Nur Yunita, Hasan Dani, 119 – 130

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP POTENSIAL *SWELLING* PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO

Dian Rokhmatica Siregar, Nur Andajani, 131 – 137



UNESA

Universitas Negeri Surabaya

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO

Dian Rokhmatika Siregar

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

dianrokhma@gmail.com

Nur Andajani

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

nurandajani.unesa@gmail.com

Abstrak

Tanah lempung ekspansif adalah tanah lempung yang memiliki sifat kembang susut tinggi. Tanah di daerah Driyorejo merupakan jenis tanah lempung ekspansif. Tanah jenis ini menyebabkan masalah pada struktur bangunan di atasnya baik gedung maupun jalan. Penelitian ini menggunakan stabilisasi kimia dengan menambahkan limbah marmer yang bertujuan untuk memperbaiki tanah di daerah Driyorejo agar dapat mengurangi sifat kembang susut.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Negeri Surabaya dengan cara membuat variasi penambahan limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat tanah. Tes tanah pada penelitian ini meliputi tes sifat-sifat fisik tanah, test standart proctor, dan tes pengembangan tanah.

Hasil penelitian Potensial Swelling tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo menurun seiring dengan ditambahkannya limbah marmer. Nilai pengembangan untuk variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing 5,135%, 3,684%, 1,699%, 1,489%, dan 0,611%.

Penambahan limbah marmer pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo dapat menurunkan nilai potensial *swelling* menjadi rendah. Hal ini dapat mengurangi kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan di atasnya.

Kata Kunci : Limbah Marmer, Potensial Swelling, Stabilisasi Kimia, Tanah Ekspansif

ABSTRACT

Expansive clay is a clay which have a high shrink swell. The clay in Driyorejo is expansive clay. This type of soil can causes some problems for the building structure which above it, including buildings and roads. This research uses chemical stabilization by adding marble waste to improve the soil in Driyorejo, then can be reduce the shrink swell.

This research is an experimental will be doing in Soil Mechanics Laboratory of The State University of Surabaya by making variation 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% marble waste from the weight of soil. The soil test in this research is physical soil test, standard proctor test, and swelling test.

The result of swelling potential expansive clay in Driyorejo is decreased with the addition of marble waste. The values of swelling for each addition of marble waste 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% is 5,135%, 3,684%, 1,699%, 1,489%, and 0,611%.

The addition of marble waste to expansive clay in Driyorejo can reducing the values of swelling potential to low. And this can reduce the damage of the structure above it.

Keywords : Marble waste, swelling potential, chemical stabilization, expansive clay.

PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan tanah yang mengandung mineral lempung di dalamnya. Mineral lempung terdiri dari partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0.002 mm yang berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga sifatnya dipengaruhi gaya-gaya permukaan. Tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (berukuran sangat kecil) submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskop biasa). Ber bentuk bulat,

permukaan licin, dan lempengan – lempengan pipih yang terdiri dari partikel mika, mineral lempung dan mineral yang sangat halus lainnya. (Braja M. Das, 1985)

Tanah lempung memiliki sifat menyusut saat kadar air berkurang dan mengembang saat kadar air bertambah. Lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai sifat mengembang dan menyusut yang besar, sifat kembang susut ini sangat dipengaruhi oleh kandungan air di dalam tanah tersebut. Jika kandungan airnya banyak maka tanah tersebut akan mengembang dan kekuatan daya dukungnya akan

berkurang demikian sebaliknya jika kadar airnya berkurang atau kering maka tanah itu akan menyusut dan mengakibatkan tanah pecah-pecah dipermukaannya sedangkan daya dukungnya akan meningkat. Perubahan volume yang sangat besar ini membahayakan bagi bangunan.(sumber: Hary,2002)

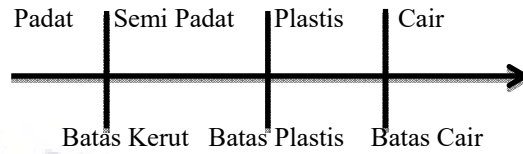
Di daerah Gresik tepatnya di wilayah Driyorejo merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi *swelling* yang cukup besar. dari hasil uji pra lab yang telah dilakukan, tanah tersebut memiliki nilai IP lebih dari 40% yang menurut After Holtz and Gibbs, 1956 masuk kategori tanah ekspansif tingkat sangat tinggi

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tanah tersebut dapat dengan stabilitas tanah. Stabilitas tanah dibagi menjadi 2 yaitu stabilitas secara kimiawi dan stabilitasi mekanis. Stabilitas mekanis merupakan cara stabilitasi dengan menambah tanah asli dengan tanah dari daerah lain yang lebih baik sifat fisisnya. Sedangkan Stabilisasi dengan bahan tambah (kimiawi), yaitu stabilisasi yang menggabungkan unsur antara material satu dengan material yang lainnya yang bertujuan untuk mendapatkan unsur yang baru pada material tersebut.(Mochtar, 1994) Dengan demikian agar kembang susut berkurang dari suatu tanah, maka perlu dilakukan adanya penambahan jumlah kation yang ada dalam tanah asli dengan cara mencampurkan senyawa positif yang ada dalam limbah marmer sebagai penetralisir dari sifat kembang susut tanah tersebut. Selain itu juga untuk mengikat butiran tanah sehingga tanah menjadi lebih kaku, butiran yang membesar, plastisitas turun serta kembang susut turun. Dan jika semakin banyak senyawa positif yang ada maka akan semakin kecil nilai kembang susut tersebut. Uji konsolidasi merupakan uji kembang susut tanah dan pengujian ini dilakukan untuk tanah lempung atau lanau

Limbah marmer merupakan sisa pengolahan batu marmer. Limbah ini diambil pada kolam penampungan limbah yang berasal dari mesin gergaji marmer yang dialiri air kemudian mengalir melalui saluran menuju ke kolam penampungan limbah. Limbah marmer yang digunakan merupakan limbah hasil pengolahan marmer pada PT. Industri Marmer Indonesia Tulungagung (IMIT). Limbah ini mengandung bahan kimia yang diharapkan dapat menambah stabilitas tanah. Komposisi yang terkandung pada limbah marmer yang telah diteliti oleh Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang antara lain CaO 98.63%, CuO 0.040%, MoO₃0.34 %, Yb₂O₃ 0.56%, Fe₂O₃ 0.44%. Berdasarkan hasil dari uji unsur yang terkandung pada limbah marmer didapat nilai CaO yang paling tinggi kadarnya yaitu 98.63%, sehingga kadar Ca yang bermuatan positif dapat mengimbangi muatan negatif pada lempung.

Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air disebut konsistensi. Konsistensi bergantung

pada gaya tarik antar partikel mineral lempung. Sembarang pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya tebal lapisan kation yang menyebabkan bertambahnya gaya tarik antar partikel. (Hary, 2006:43)



Gambar 1. Batas-batas atterberg

1. Batas Cair (*Liquid Limit*), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Untuk mengetahui nilai dari batas cair dapat digunakan uji Casagrade (1948).(Braja M Das, 1995).
2. Batas Plastis (*Plastic Limit*), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.(sumber: Hary, 2006:45)
3. Indeks plastisitas (PI) merupakan parameter untuk menentukan sifat fisis dari suatu tanah. Harga PI ini didapat dari selisih batas cair (LL) dan batas plastis (PL) pada percobaan Batas Atterberg.(sumber: Machfud, 2003)

Hubungan antara indeks plastisitas, *liquid limit* dan tingkat pengembangan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Hubungan Indeks Plastisitas dengan Tingkat Pengembangan

Potensi pengembangan	Batas cair LL(%)	Batas susut SL(%)	Indeks plastisitas PI(%)	Pegembangan (%)	σ (kN/m ²)
Rendah	<30	>15	0-15	0 – 1,5	>50
Sedang	30-40	10 -16	15-25	1,5 - 5	50-250
Tinggi	40-60	7-12	25-55	5 - 25	250-1000
Sangat Tinggi	<60	<11	<55	>25	<1000

(Sumber :Carter and Bentley dalam Teguh 2017)

Dalam penelitian ini yang menjadi pokok pembahasan adalah pengaruh penambahan limbah marmer terhadap sifat-sifat fisis tanah, nilai kepadatan menggunakan standart proctor, serta nilai potensial swelling sampai kategori rendah pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo Gresik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah marmer terhadap nilai Indeks Plastisitas, Nilai Kepadatan Maksimum (γ_{dmax}), Nilai Kadar Air Optimum ($w_{c,opt}$), serta Nilai Potensial Swelling pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo Gresik.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Mengetahui besarnya perubahan indeks plastisitas pada tanah lempung ekspansif setelah ditambahkan limbah marmer untuk daerah Driyorejo Gresik yang dapat digunakan sebagai acuan stabilisasi tanah. (2) Mengetahui besarnya perubahan nilai kepadatan maksimal ($\gamma_{d_{max}}$) dan kadar air optimum ($w_{c_{opt}}$) untuk tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo Gresik setelah ditambahkan limbah marmer yang dapat digunakan sebagai usaha memperbaiki daya dukung tanah tanah. (3) Mengetahui besarnya perubahan potensial *swelling* pada tanah lempung ekspansif Driyorejo Gresik setelah ditambahkan limbah marmer yang dapat digunakan sebagai usaha memperbaiki mutu tanah. (4) Penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang limbah marmer dapat menjadi alternatif bagi masyarakat sebagai salah satu bahan tambahan stabilisasi tanah guna mengurangi potensi kembang susut pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo.

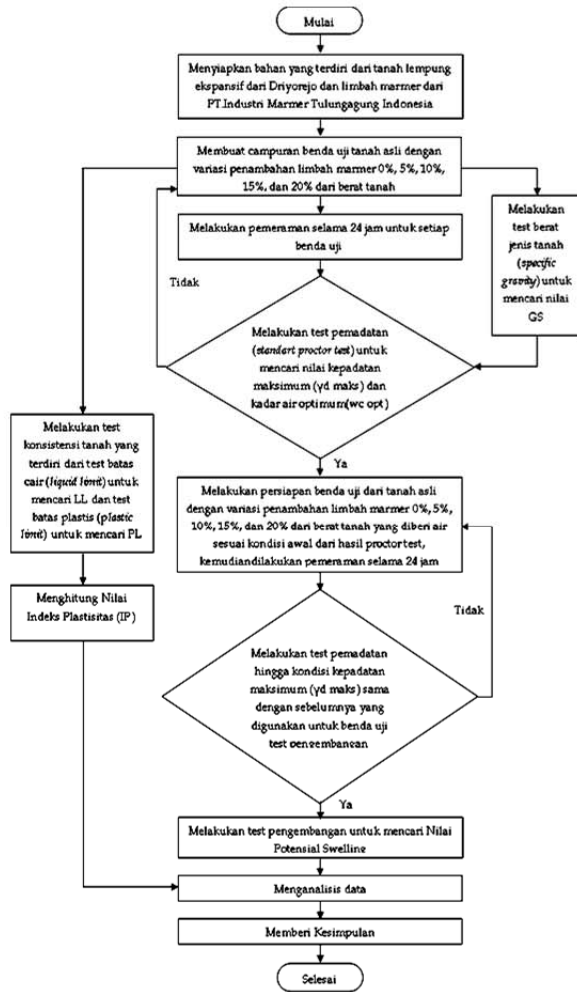
Batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Limbah Marmer yang digunakan yaitu limbah dari Industri Marmer Indonesia Tulungagung (IMIT). (2) Campuran tanah adalah perbandingan tanah dan Limbah Marmer dengan berat limbah marmer sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat tanah. (3) Kepadatan Benda Uji adalah kepadatan maksimal ($\gamma_{d_{max}}$) dan kadar air optimum ($w_{c_{opt}}$) menggunakan *Standart Proctor Test*.

METODE

Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Negeri Surabaya. Dengan melakukan serangkaian pengujian pada benda uji yang terbuat dari campuran tanah lempung ekspansif dengan limbah marmer. Penelitian dimulai dengan menyiapkan lempung dan kapur. Selanjutnya membuat campuran benda uji dari tanah lempung dan limbah marmer untuk pembuatan benda uji dengan perbandingan persentase limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Pencampuran tanah lempung dan limbah marmer terdiri dari 5 buah macam benda uji. Setelah itu melakukan serangkaian pengujian diantaranya sebagai berikut: (1) Melakukan test *Atterberg* pada masing- masing campuran untuk mencari nilai IP (Indeks Plastisitas), antara lain : test LL (Liquid Limit) untuk mencari batas cair, test PL (Plastic Limit) untuk mengetahui batas plastis, kemudian IP (Indeks Plastisitas) dapat diketahui melalui rumus : $IP = LL - PL$. Setelah di dapat nilai LL dan PL maka dapat dilakukan perhitungan nilai IP. Nilai IP (Indeks Plastisitas) tersebut yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah tersebut termasuk tanah lempung ekspansif atau tidak. (2) Melakukan test berat jenis tanah (G_s) dari campuran tanah lempung + limbah marmer (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) dengan masing- masing campuran 3 buah picnometer

benda uji. (3) Melakukan pencampuran tanah lempung ekspansif + limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, 20% + air dengan persentase dibuat dari keadaan kering hingga jenuh sampai campuran homogen. Dibuat masing- masing campuran 6 benda uji kemudian dimeram selama 24 jam. Kemudian melakukan pemadatan tanah menggunakan Standart Proctor test pada masing- masing benda uji untuk mencari kepadatan maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) dan kadar air optimum ($w_{c_{opt}}$) yang nantinya akan digunakan sebagai acuan pembuatan benda uji tes pengembangan. kemudian setelah test selesai buat grafik kepadatan maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) dan kadar air optimum ($w_{c_{opt}}$) untuk mengontrol apakah memotong garis γ_{zv} atau tidak. Jika memotong garis γ_{zv} maka harus dilakukan pengujian ulang hingga hasil grafik pengujian tidak memotong garis γ_{zv} . (4) Melakukan pembuatan campuran benda uji, yaitu mencampurkan tanah + air + limbah marmer persentase campuran 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% sesuai dengan kondisi awal pemadatan sesuai hasil test proctor standart. Sebelum dilakukan tes pemadatan untuk campuran benda uji tersebut terlebih dahulu dilakukan pemeraman selama 24 jam. Apabila kondisi kepadatan sudah sesuai maka tanah pada test proctor dicetak sesuai dengan cetakan cincin pada test pengembangan. (5) Melakukan test pengembangan pada masing- masing benda uji yang telah dibuat untuk mengetahui potensial *swelling*nya menggunakan alat Oedometer.

Dari hasil laboratorium diolah menggunakan *software Microsoft Excel* dan di analisis secara kualitatif yang dituangkan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian di simpulkan secara kuantitatif menggunakan *software Microsoft Word*.



Gambar 2. Diagram Alir

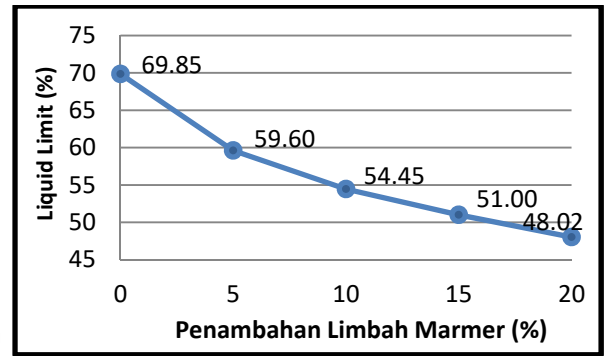
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Liquid Limit (LL)

Dapat dilihat pada gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai LL sebesar 69,85%- 48,02%. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan limbah marmer pada tanah lempung, maka nilai batas cair akan semakin turun.

Tabel 2 Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai (LL)

Penambahan Limbah Marmer (%)	Nilai Batas Cair (LL) (%)
0	69,85
5	59,60
10	54,45
15	51,00
20	48,02



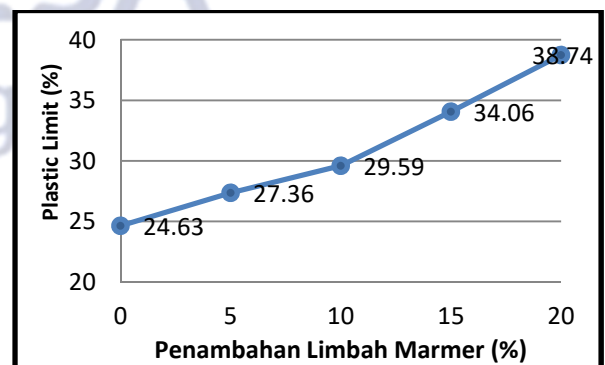
Gambar 3 Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Marmer terhadap Nilai LL

Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Plastic Limit (PL)

Dapat dilihat pada gambar dan grafik dibawah ini diperoleh nilai PL sebesar 24,63%- 38,74%. Meningkatnya nilai batas plastis (PL) dikarenakan limbah marmer yang ditambahkan pada tanah lempung akan menyebabkan hidrasi (kondisi dimana limbah marmer juga akan menyerap air) dan menyebabkan tanah menjadi cepat kering dan retak sebelum gulungan mencapai diameter 3,2 mm. Sehingga agar gulungan dapat mencapai kondisi tersebut, maka harus ditambahkan air. Oleh karena itu, semakin besar penambahan limbah marmer maka semakin besar kenaikan nilai PL.

Tabel 3 Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai PL

Penambahan Limbah Marmer (%)	Nilai Batas Plastis (PL) (%)
0	24,63
5	27,36
10	29,59
15	34,06
20	38,74



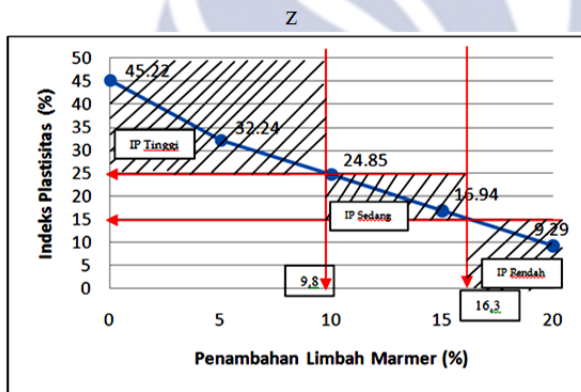
Gambar 4 Grafik Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai PL

Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP)

Dapat dilihat dari gambar dan grafik dibawah ini diperoleh nilai IP sebesar 45,22%- 9,29%. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan limbah marmer pada tanah lempung, maka nilai IP akan semakin turun.

Tabel 4 Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai (IP)

Penambahan Limbah Marmer (%)	Nilai Indeks Plastisitas (IP) (%)	Klasifikasi Tanah Ekspansif
0	45,22	Tinggi
5	32,24	Tinggi
10	24,85	Sedang
15	16,94	Sedang
20	9,29	Rendah



Gambar 5 Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai IP

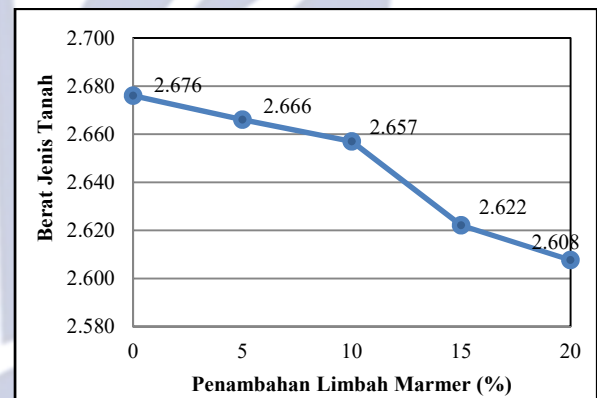
Dari gambar 5 menunjukkan Nilai Indeks Plastisitas (IP) tanah lempung di daerah Driyorejo dengan penambahan limbah marmer 0% adalah 45,22%, yang termasuk kategori tanah ekspansif tinggi karena masuk dalam rentang 25%-55% (Carter and Bently, 1991). Setelah penambahan campuran limbah marmer sebesar 9,8%-16,3%, tanah lempung ekspansif Driyorejo mendapatkan Nilai Indeks Plastisitas (IP) masing-masing sebesar 25% dan 15% sehingga masuk dalam kategori tanah ekspansif sedang karena berada pada rentang Nilai Indeks Plastisitas (IP) 15%-25%(Carter and Bently, 1991). Sedangkan untuk penambahan limbah marmer lebih dari 16,3% mendapatkan Nilai Indeks Plastisitas (IP) kurang dari 15% sehingga masuk kedalam kategori tanah ekspansif rendah karena berada pada rentang Nilai Indeks Plastisitas (IP) 0%-15% (Carter and Bently, 1991).

Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Jenis Tanah (Gs)

Dapat dilihat pada Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai Gs sebesar 2,676 gr/cm³- 2,608 gr/cm³. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan limbah marmer pada tanah lempung, maka nilai Gs akan semakin turun.

Tabel 5 Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai Gs

Penambahan Limbah Marmer (%)	Nilai Berat Jenis Tanah (Gs)
0	2,676
5	2,666
10	2,657
15	2,622
20	2,608



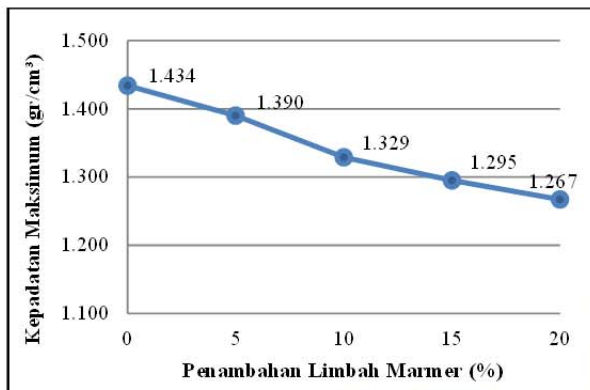
Gambar 6 Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai Gs

Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum (γ_{dmax})

Dapat dilihat dari gambar dan grafik dibawah ini menunjukkan nilai γ_{dmax} sebesar 1,434 gr/cm³-1,267 gr/cm³. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan limbah marmer pada tanah lempung, maka nilai γ_{dmax} akan semakin turun.

Tabel 6 Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai γ_{dmax}

Penambahan Limbah Marmer (%)	Nilai Kepadatan Maksimum (gr/cm ³)
0	1,434
5	1,390
10	1,329
15	1,295
20	1,267



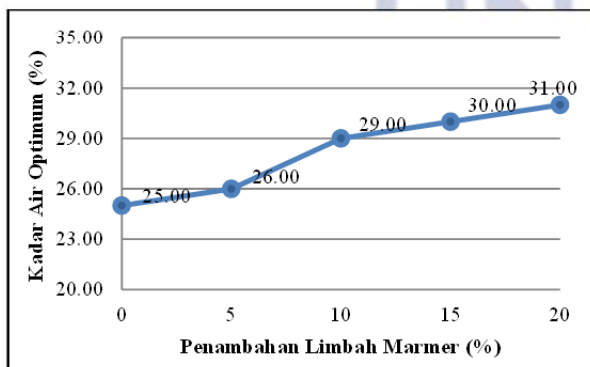
Gambar 7 Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap nilai $\gamma_{dm\max}$

Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kadar Air Optimum ($W_c\ opt$)

Dapat dilihat pada Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai $W_c\ opt$ sebesar 25%-31%. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan limbah marmer pada tanah lempung, maka nilai $W_c\ opt$ akan semakin meningkat.

Tabel 7 Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai $W_c\ opt$

Penambahan Limbah Marmer (%)	Nilai Kadar Air Optimum ($w_{c\ opt}$) (%)
0	25,00
5	26,00
10	29,00
15	30,00
20	31,00



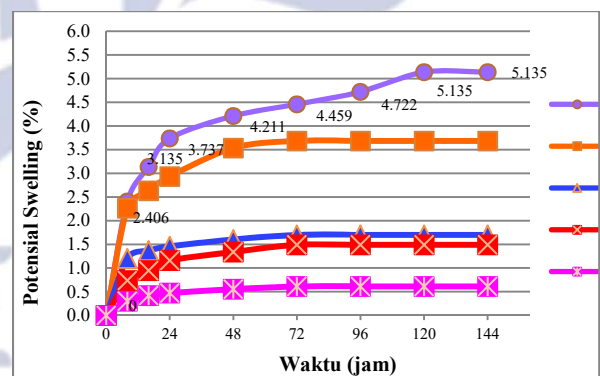
Gambar 8 Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Marmer Terhadap Nilai $W_c\ opt$

Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Pengembangan Tanah (Swelling)

Dapat dilihat dari Tabel 8 dan Grafik 9 di bawah ini nilai potensial swelling turun seiring bertambahnya persentase penambahan limbah marmer padatanahlempung. Potensial *swelling* Pada tanah asli sebesar 5,135% kemudian turun berturut-turut pada variasi campuran 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing sebesar 3,684%, 1,699%, 1,489%, dan 0,611%. Sedangkan untuk waktu pengembangan, Tanah Asli membutuhkan waktu selama 120 jam. Dan untuk campuran 5%, 10%, 15%, dan 20% membutuhkan waktu pengembangan selama 72 jam.

Tabel 8 Nilai Potensial *Swelling* Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung

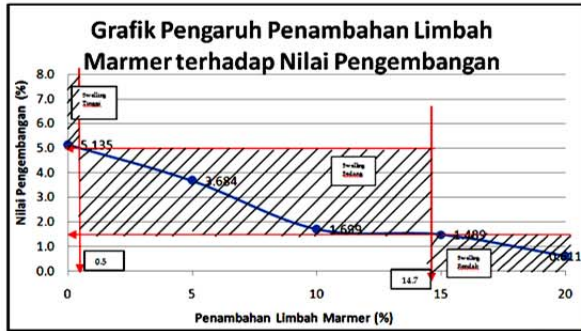
Lama Waktu (Jam)	Pot. Swelling				
	0%	5%	10%	15%	20%
0	0	0	0	0	0
8	2.406	2.263	1.203	0.737	0.299
16	3.135	2.632	1.368	0.947	0.420
24	3.737	2.932	1.459	1.158	0.471
48	4.211	3.534	1.602	1.338	0.554
72	4.459	3.684	1.699	1.489	0.611
96	4.722	3.684	1.699	1.489	0.611
120	5.135	3.684	1.699	1.489	0.611
144	5.135	3.684	1.699	1.489	0.611



Gambar 9 Grafik Hubungan Waktu Pengembangan Nilai Potensial *Swelling*

Tabel 9 Nilai *Potential Swelling* dan Klasifikasi dengan Variasi Campuran Tanah Lempung + Limbah Marmer

Penambahan Limbah Marmer (%)	Nilai Pengembangan (%)	Kategori Pengembangan
0	5,135	Tinggi
5	3,684	Sedang
10	1,699	Sedang
15	1,489	Rendah
20	0,611	Rendah



Gambar 10 Grafik Pengaruh Penambahan Limbah Marmer pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Potensial *Swelling*

Dari Gambar 4.8 menunjukkan Potensial *Swelling* untuk tanah lempung di daerah Driyorejo dengan penambahan limbah marmer sebesar 0% adalah 5,135%, termasuk kategori tanah ekspansif tinggi karena masuk dalam rentang 5%-25% (Carter and Bently, 1991). Setelah penambahan campuran limbah marmer sebesar 0,5%-14,7%, nilai potensial *swelling* masing-masing sebesar 5% dan 1,5% sehingga tanah lempung ekspansif Driyorejo masuk dalam kategori tanah ekspansif sedang karena berada pada rentang Potensial *Swelling* 1,5%-5% (Carter and Bently, 1991). Sedangkan untuk penambahan limbah marmer lebih dari 14,7% nilai potensial *swelling*nya kurang dari 1,5% sehingga masuk kedalam kategori tanah ekspansif rendah karena berada pada rentang Potensial *Swelling* 0%-1,5% (Carter and Bently, 1991).

PENUTUP

Simpulan

Kesimpulan yang di dapat dari hasil penelitian penambahan limbah marmer dengan tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo adalah sebagai berikut : (1) Nilai Indeks Plastisitas (IP) menurun berbanding terbalik dengan penambahan persentase limbah marmer pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo. Nilai Indeks Plastisitas (IP) untuk tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo dengan penambahan limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing adalah 45,22%, 31,64%, 26,18%, 18,17%, dan 8,16%. Penambahan limbah marmer pada tanah lempung ekspansif Driyorejo sebesar 16,3% dapat menurunkan Nilai Indeks Plastisitas (IP) kategori plastisitas tinggi menjadi kategori plastisitas rendah. (2) Nilai Kepadatan Maksimum (γ_d) menurun seiring bertambahnya persentase limbah marmer pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo. Nilai Kepadatan Maksimum (γ_d) untuk tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo dengan penambahan limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing adalah 1,434 gr/cm³, 1,390 gr/cm³, 1,329 gr/cm³, 1,295 gr/cm³, dan 1,267 gr/cm³. Sedangkan untuk Nilai Kadar Air Optimum ($w_{c,opt}$) meningkat

seiring bertambahnya persentase limbah marmer pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo. Nilai Kadar Air Optimum ($w_{c,opt}$) untuk tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo dengan penambahan limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing adalah 25%, 26%, 29%, 30%, dan 31%. (3) Nilai Potensial *Swelling* menurun berbanding terbalik dengan penambahan persentase limbah marmer pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo. Nilai Potensial *Swelling* untuk tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo dengan penambahan limbah marmer 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing adalah 5,135%, 3,684%, 1,699%, 1,489%, dan 0,611%. (4) Penambahan limbah marmer pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo sebesar 14,7% dapat tercapai Potensial *Swelling* kategori rendah.

Saran

Saran- saran yang dapat diambil dari penelitian ini adalah: (1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai penambahan limbah marmer sebagai bahan tambah stabilisasi terhadap tanah lempung ekspansif di daerah lain. (2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo dengan menggunakan bahan lain sebagai stabilisasi tanah. (3) Bagi peneliti lain dapat menggunakan limbah marmer untuk campuran tanah pada stabilisasi lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiffurokhim, Teguh. 2017. *Pengaruh Penambahan Kapur Gamping Madura Pada Tanah Ekspansif Di Daerah Wiyung Surabaya Terhadap Nilai Pengembangan Tanah*. Skripsi Tidak Dipublikasikan
- Andajani, Nur. Dkk. 1994. *Panduan Praktikum Laboratorium Mekanika Tanah II*. Surabaya : UNESA University Press
- Das, M. Braja. 1998. *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jakarta : Universitas Airlangga
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mochtar, Indrasurya B. 1994. *Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Pada Tanah-Tanah yang Sulit*. Surabaya: ITS Press
- Ridwan, Machfud&Andajani, Nur 2003. *Materi Kuliah Mekanika Tanah I*. Surabaya : UNESA University Press
- Suryawan. 2013. *Pengaruh Penambahan Clean Set Cement terhadap Potential Swelling pada Tanah Lempung Kembang – Susut*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Utami, Sri. 2010. "Pemanfaatan Limbah Marmer Untuk Pembuatan Paving Stone". *Jurnal Neutron*. Vol. 10 (2): hal. 54-59. Universitas Narotama Surabaya.