

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 102 - 109	SURABAYA 2018	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. 01 Nomor 01/rekat/18 (2018)	
PENGARUH PERSENTASE COAKAN PADA DENAH BANGUNAN STRUKTUR <i>FLATSLAB</i> TERHADAP GAYA GESER DAN SIMPANGAN	
<i>Wahyu Putra Anggara, Bambang Sabariman,</i>	01 – 09
PENGARUH SUBSTITUSI <i>FLY ASH</i> DENGAN LIMBAH MARMER TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA NaOH 15M	
<i>Binti Nur Fitriahtsari, Arie Wardhono,</i>	10 – 15
PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH MARMER PADA <i>FLY ASH</i> TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA MOLARITAS 10M	
<i>Imam Agus Arifin, Arie Wardhono,</i>	16 – 23
PERBANDINGAN HASIL PENGUKURAN TINGGI BADAN MANUSIA TERHADAP 3 KELOMPOK YANG BERBEDA	
<i>Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno,</i>	24 – 33
PENGARUH PENAMBAHAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH SURABAYA BARAT TERHADAP NILAI POTENSIAL SWELLING	
<i>Oryn Wijaya, Machfud Ridwan,</i>	34 – 40
PENGARUH PENGGUNAAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA PAVING BLOCK DENGAN CAMPURAN LIMBAH KERANG SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN	
<i>Hilal Achmad Ghazali, Arie Wardhono,</i>	49 – 55
ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PENGURUKAN DI PROYEK JAVA INTEGRATED INDUSTRIAL PORTS AND STATE (JIPE) DI GRESIK - JAWA TIMUR (Studi Kasus : proyek pembangunan “Java Integrated Industrial Ports and State (JIPE), Gresik)	
<i>Laras Wulandari, Mas Suryanto,</i>	56 – 64
ANALISIS PRODUKTIVITAS PEMANCANGAN DENGAN ALAT JACK-IN PILE JENIS <i>HYDROLIC STATIC PILE DRIVER</i> PADA PROYEK APARTEMEN GRAHA GOLF SURABAYA	
<i>Brian Widyan Hadi-Mas Suryanto HS,</i>	65 – 72

ANALISIS PERBEDAAN VOLUME NAIK TURUN PENUMPANG DI TIAP-TIAP STASIUN PEMBERHENTIAN KA KOMUTER SURABAYA-SIDOARJO (SUSI)	
<i>Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno,</i>	73 – 82
STUDI PENGGUNAAN <i>CATALYST, MONOMER, FLY ASH</i> DAN PENAMBAHAN SERAT <i>POLYPROPYLENE</i> SEBAGAI ALTERNATIF PEMBUATAN BETON RINGAN SELULER	
<i>Mita Sari, Muhammad Imaduddin,</i>	83 – 88
STUDI PENGGUNAAN SERAT <i>POLYPROPYLENE, CATALYST, MONOMER</i> DAN KAPUR SEBAGAI SUBSTITUSI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER	
<i>Wahyu Wicaksono, Muhammad Imaduddin, Yogie Risdianto,</i>	89 – 94
PENGARUH PENGGUNAAN BGA (<i>BUTON GRANULAR ASPHALT</i>) PADA PERENCANAAN ASPAL BETON AC-WC PEN 60/70 DENGAN MENGGUNAKAN <i>FLY-ASH</i> SEBAGAI <i>FILLER</i>	
<i>Mohamad Yusup Awang Ma'ruf, Yogie Risdianto,</i>	95 – 101
PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BATA RINGAN TERHADAP POTENSIAL <i>SWELLING</i> PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH WIYUNG SURABAYA	
<i>Rinaldy Bayuwirawan, Nur Andajani,</i>	102 – 109

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BATA RINGAN TERHADAP POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH WIYUNG SURABAYA

Rinaldy Bayuwirawan

Progam Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

rinaldybayuwirawan@gmail.com

Nur Andajani

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

nurandajani.unesa@gmail.com

Abstrak

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki sifat kembang susut tinggi. Tanah di daerah Wiyung Surabaya diindikasikan tergolong kedalam tanah lempung ekspansif. Penelitian ini menggunakan stabilisasi kimia dengan penambahan serbuk bata ringan yang mengandung ion positif yaitu kalsium dan magnesium, dengan tujuan untuk memperbaiki tanah di daerah Wiyung Surabaya agar sifat kembang susut pada tanah tersebut dapat berkurang.

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen di laboratorium Universitas Negeri Surabaya dengan variasi penambahan serbuk bata ringan sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan uji sifat fisik tanah, uji proctor standart dan uji pengembangan tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di daerah Wiyung Surabaya maka nilai pengembangan tanah akan semakin menurun. Nilai pengembangan tanah asli pada daerah Wiyung Surabaya adalah sebesar 7,77%. Setelah penambahan serbuk bata ringan sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40%, nilai pengembangannya turun menjadi masing-masing 5,34%, 3,84%, 2,96%, dan 2,45%.

Sehingga penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di daerah Wiyung Surabaya dapat menurunkan nilai pengembangan tanah dari Tingkat Klasifikasi Pengembangan tinggi menjadi sedang. Menurunnya nilai pengembangan tanah tersebut dapat mengurangi kerusakan yang terjadi pada bangunan di daerah Wiyung Surabaya.

Kata Kunci: Tanah lempung ekspansif, Serbuk Bata Ringan, Stabilisasi Kimia, Potesial Pengembangan.

Abstract

Expansive soils are soils that have a high shrinkage characters. The soil in Wiyung area of Surabaya is indicated to expansive clay classified. This research uses chemical stabilization with the addition of the lightweight concrete powder which containing positive ions such as calcium and magnesium, with the aim to improve the soil in Wiyung area of Surabaya in order to reduce the shrinkage properties on the soil.

This research uses experimental research in the laboratory of State University of Surabaya with variations in the addition of lightweight concrete powder are 0%, 10%, 20%, 30% and 40%. The methodology used in this research is the physical characters of soil, standard proctor test and swelling test.

Research results showed that the greater addition of lightweight concrete powder on expansive soils in Wiyung area of Surabaya, then the value of potential swelling will decrease. Value of potential swelling on expansive clay in Wiyung area of Surabaya is 7.77%. After the addition of lightweight concrete powder by 10%, 20%, 30% and 40%, the value of swelling decreased to 5.34%, 3.84%, 2.96% and 2.45%.

So, the additions of lightweight concrete powder on expansive soils in Wiyung area of Surabaya can decrease the value of potential swelling from high potential swelling to medium potential swelling. Decreased the value of potential swelling can reduce the damage that occurred in buildings in Wiyung area of Surabaya.

Keywords: *Expansive Soil, Lightweight Concrete Powder, Chemical Stabilization, Swelling Potential*

PENDAHULUAN

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersegmentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang - ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Braja M. Das, 2011). Terdapat beberapa jenis tanah dilihat dari ukuran partikel tanah, yaitu kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) dan lempung (*clay*),

tergantung pada ukuran partikel paling dominan pada tanah tersebut.

Tanah lempung sendiri dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu lempung non ekspansif dan lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki kembang susut yang tinggi. mineral utama pembentuk tanah lempung adalah *Kaolinite*, *Illite* dan *Montmorillonite*. Tanah lempung yang mengandung *montmorillonite* memiliki sifat teknik yang buruk, khususnya sering menyebabkan kerusakan pada pondasi

gedung akibat pengembangan dan penyusutan (Wesley, 2012 dalam Marta F. 2015).

Tanah ekspansif dapat diidentifikasi berdasarkan nilai indeks plastisitas serta potensial pengembangannya seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Karakteristik Fisik dan Mekanis *Swelling Soil*

Klasifikasi Swelling	LL (%)	SL (%)	IP (%)	Swelling Potential (%)
Lemah	< 30	> 15	0 – 15	0 – 1,5
Sedang	30 – 40	10 – 16	15 – 25	1,5 – 5
Tinggi	40 – 60	7 – 12	25 – 55	5 – 25
Sangat Tinggi	> 60	< 11	> 55	> 25

Sumber: Carter and Bentley (1991) dalam "Perbandingan Penambahan Semen dan Kapur Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Swelling Potensial" oleh Drs. H. Machfud Ridwan MT.

Tanah di daerah Wiyung Surabaya dapat dikategorikan sebagai tanah yang memiliki sifat kembang susut yang tinggi berdasarkan hasil laboratorium awal yang menunjukkan nilai IP sebesar 57% dan menurut Tabel 1 diatas dapat dikategorikan berada pada klasifikasi *swelling* tinggi.

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang baik adalah dengan metode stabilisasi tanah. Menurut Hardiyatmo (2013:1), proses stabilisasi tanah meliputi pencampuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambah buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik. Stabilisasi tanah dibagi menjadi 2 jenis yaitu Stabilisasi Mekanis dan Stabilisasi Kimiawi. Stabilisasi mekanis merupakan stabilisasi dengan cara mencampur secara langsung antara tanah non-ekspansif dengan tanah ekspansif, dengan tujuan mengurangi sifat kembang susut tanah. Atau juga dengan cara memadatkan tanah dasar sehingga didapat susunan struktur matrik tanah yang lebih kokoh untuk mengurangi kembang susut tanah.

Sedangkan stabilisasi kimiawi merupakan stabilisasi yang menggabungkan unsur antara benda satu dengan benda yang lainnya yang bertujuan untuk mendapatkan unsur yang baru. Stabilisasi dengan menggunakan bahan – bahan atau sering disebut juga stabilisasi kimiawi yang bertujuan untuk memperbaiki sifat – sifat teknis tanah, dengan cara mencampur tanah dengan menggunakan bahan tambah dengan perbandingan tertentu. Perbandingan campuran tergantung pada kualitas campuran yang diinginkan (B. Mochtar, 1994 dalam Wicaksono, 2014).

Dalam pembangunan gedung yang menggunakan bata ringan sebagai dinding, sering kali menghasilkan potongan - potongan kecil bata ringan yang tidak digunakan. Dari potongan kecil bata ringan tersebut

kemudian dihaluskan menjadi serbuk dan dilakukan penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan bahan serbuk bata ringan. Bata ringan dikenal ada 2 (dua) jenis yaitu Autoclaved Aerated Concrete (AAC) dan Cellular Lightweight Concrete (CLC). Perbedaan bata ringan AAC dengan CLC adalah dari segi proses pengeringannya, AAC mengalami pengeringan dengan mesin autoclave bertekanan tinggi sedangkan bata ringan jenis CLC mengalami proses pengeringan alami. Hasil analisis uji kandungan serbuk bahan bata ringan dapat dilihat pada Tabel berikut:

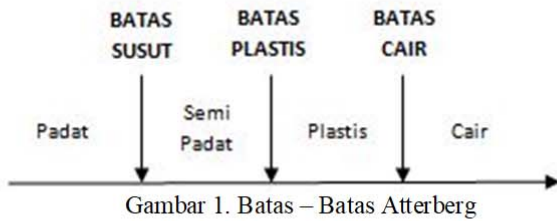
Tabel 2. Hasil Analisis Uji Bahan Serbuk Bata Ringan

Compound	Conc (%)	Methods
Si	20.6 +/- 0.4	XRF
K	0.3 +/- 0.1	
S	0.67 +/- 0.01	
Ca	67.8 +/- 0.96	
Ti	0.45 +/- 0.02	
V	0.02 +/- 0.004	
Cr	0.104 +/- 0.007	
Mn	0.086 +/- 0.007	
Fe	5.52 +/- 0.14	
Ni	0.18 +/- 0.0099	
Cu	0.092 +/- 0.004	
Sr	0.44 +/- 0.04	
Mo	2.41 +/- 1.33	
In	1.2 +/- 0.7	
Ba	0.1 +/- 0.02	
Yb	0.22 +/- 0.005	

Sumber: Uji XRF FMIPA, UM Malang

Dari hasil uji XRF tersebut didapatkan bahwa kandungan kalsium (Ca) pada serbuk bata ringan cukup tinggi yaitu sebesar $\pm 67,8\%$ yang dapat digunakan untuk bahan stabilisasi tanah. Menurut Braja M. Das (2011), ion Ca^{2+} memiliki muatan positif yang dapat menetralkan muatan negative yang berasal dari tanah lempung ekspansif.

Menurut E. Sutarman (2009), konsistensi tanah adalah kadar air dimana keadaan tanah melewati keadaan lainnya. Apabila tanah lempung kering ditambahkan air secara sedikit demi sedikit, tanah tersebut akan berubah sifatnya, yaitu dari keadaan padat menjadi agak padat, plastis dan akhirnya menjadi cair (*liquid*). Apabila campuran tanah lempung dan air yang berupa liquid tersebut dipanaskan secara perlahan-lahan, campuran tersebut akan berubah dari keadaan cair (*liquid*) menjadi keadaan plastis dan jika pemanasan diteruskan, keadaan plastis tersebut akan menjadi semi padat dan kemudian bentuk tanah akan menjadi padat (*solid*) seperti digambarkan pada Gambar 1 yang menunjukkan Batas – Batas Atterberg.



Gambar 1. Batas – Batas Atterberg

1. Batas Cair (*Liquid Limits*) menurut E. Sutarman (2009:6), adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.
2. Batas Plastis (*Plastic Limits*) merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah, didefinisikan sebagai kadar air dan dinyatakan dalam persen (E. Sutarman, 2009:6).
3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) adalah parameter yang sering digunakan mendefinisikan tanah lempung ekspansif. Dan menurut E. Sutarman (2009:6) indeks plastisitas merupakan selisih antara batas cair (LL) dengan batas plastis (PL) suatu tanah.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Mengetahui besarnya perubahan Indeks Plastisitas pada tanah lempung ekspansif daerah Wiyung, Surabaya setelah ditambah serbuk bata ringan sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk stabilisasi tanah. (2) Mengetahui besarnya perubahan potensial *swelling* pada tanah lempung ekspansif daerah Wiyung, Surabaya setelah penambahan serbuk bata ringan sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki mutu tanah. (3) Presentase optimal yang diketahui dapat digunakan sebagai acuan untuk dilakukan stabilisasi tanah lempung ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya agar tingkat klasifikasi pengembangannya menjadi sedang.

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian diambil dari area Proyek Pembangunan Ruko dan Apartemen Puncak CBD Jl. Kramat Kali, Kel. Jajar Tunggal, Kec. Wiyung, Surabaya. (2) Serbuk bata ringan yang digunakan adalah potongan bata ringan yang sudah tidak terpakai dengan tipe Autoclaved Aerated Concrete (AAC) merk Blesscon yang kemudian dihaluskan sampai menjadi serbuk. (3) Persentase penambahan serbuk bata ringan pada benda uji sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat kering tanah asli. (4) Nilai γ_{dmax} dan W_{opt} diperoleh dari Standart Proctor Test sebagai kondisi awal kepadatan pada pengujian Swelling.

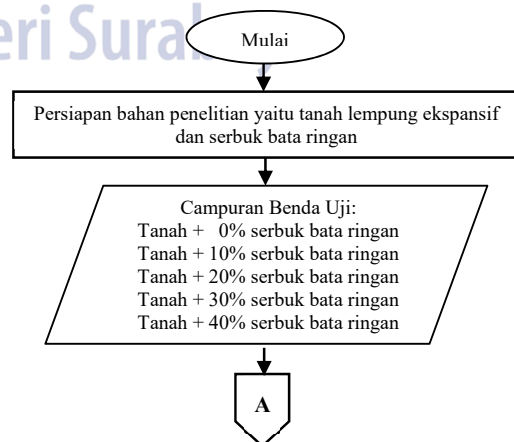
METODOLOGI

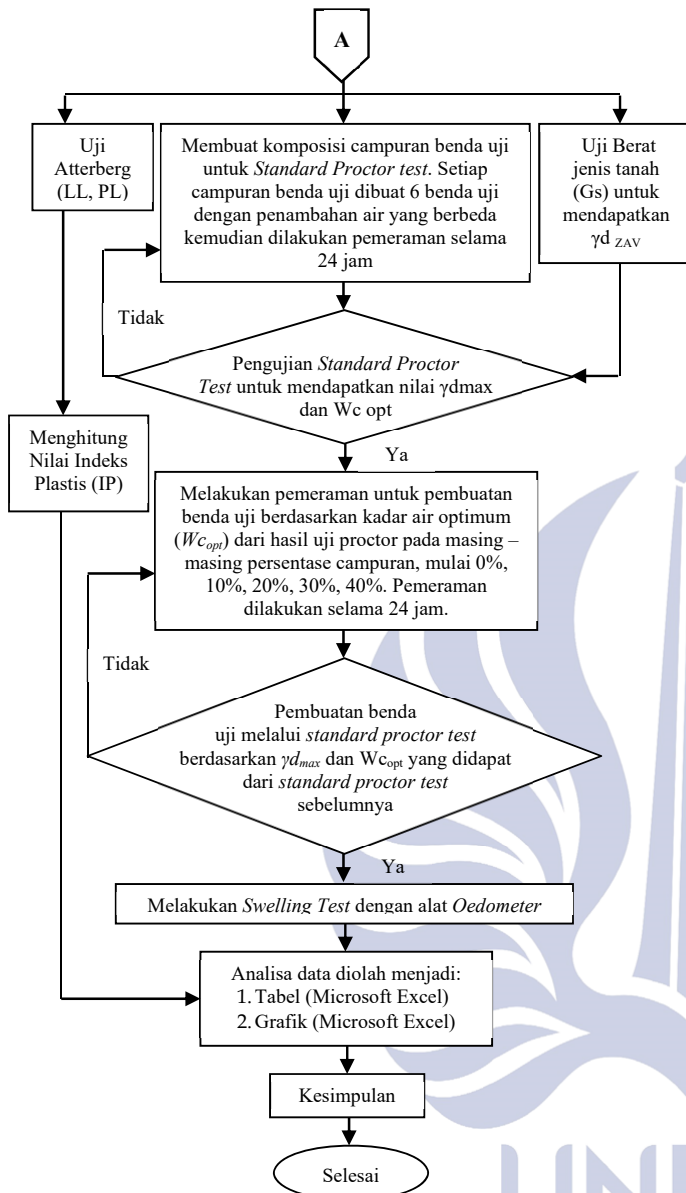
Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Benda uji yang digunakan yaitu tanah lempung ekspansif yang diambil dari Proyek Puncak *Central Business District* (CBD), Wiyung, Surabaya dan dicampur dengan serbuk bata ringan yang berasal dari potongan bata ringan yang diambil dari Proyek Hotel

MaxOne Dharmahusada, Surabaya kemudian dihaluskan menjadi serbuk. Presentase penambahan serbuk bata ringan yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat tanah kering dan kemudian dilakukan Uji Konsistensi Tanah, Uji Berat Jenis Tanah, Uji Pemadatan Tanah dan Uji Pengembangan Tanah. Penelitian dimulai dengan menyiapkan campuran tanah lempung ekspansif dan serbuk bata ringan yang dibuat dalam skala besar sehingga dapat digunakan untuk semua pengujian.

Serangkaian pengujian yang dilakukan antara lain sebagai berikut: (1) Melakukan uji *Atterberg* pada masing - masing campuran dengan melakukan test I.L. untuk mencari nilai Batas Cair (*Liquid Limits*), melakukan test PL untuk mencari nilai Batas Plastis (*Plastic Limits*) kemudian nilai IP dapat diketahui menggunakan rumus persamaan $IP = LL - PL$. Nilai IP dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tanah tersebut termasuk tanah lempung ekspansif atau tidak. (2) Melakukan uji *Specific Gravity* (G_s) untuk mendapat nilai G_s yang kemudian digunakan untuk mencari nilai γ_{dZAV} dan setelah mendapat nilai γ_{dZAV} kemudian diplotkan pada grafik uji standart proctor. (3) Dilakukan uji pemadatan atau *Standart Proctor Test* pada campuran tanah lempung ekspansif dan serbuk bata ringan yang sudah diperam selama 24 jam untuk mendapatkan nilai Kepadatan Maksimum (γ_{dMAX}) dan Kadar Air Optimum ($W_{c_{opt}}$) yang nantinya akan digunakan sebagai acuan pembuatan benda uji test Pengembangan. (4) Membuat benda uji dengan kondisi awal sesuai dengan hasil pemadatan pada uji proctor standart. Sebelum dilakukan tes pemadatan, terlebih dahulu dilakukan pemeraman selama 24 jam dengan kadar air optimum yang didapat dari hasil uji proctor standart sebelumnya. Apabila hasil pemadatan sesuai dengan hasil pemadatan tanah sebelumnya, dilakukan pembuatan benda uji pengembangan tanah menggunakan cetakan cincin. (5) Melakukan uji pengembangan pada masing - masing benda uji yang telah dibuat untuk mendapatkan nilai potensial *swelling* dengan menggunakan alat *Oedometer*.

Langkah - langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian pada Gambar 2 berikut:





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

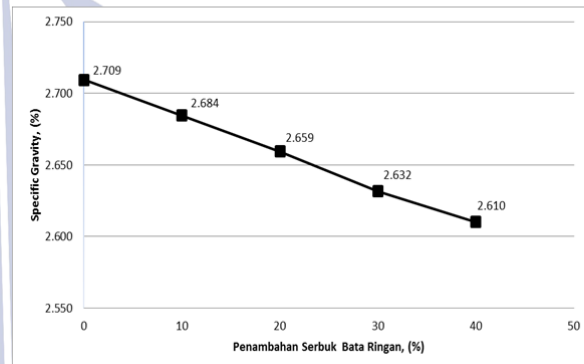
Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Berat Jenis Tanah (Gs)

Pada Tabel 3 serta grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin banyak persentase penambahan serbuk bata ringan, maka nilai berat jenis (Gs) akan semakin turun. Penurunan nilai berat jenis (Gs) disebabkan oleh perubahan butiran tanah menjadi lebih besar karena terjadi reaksi sementasi antara serbuk bata ringan dengan tanah lempung yang mengakibatkan penggumpalan, sehingga volume butir (vs) membesar dan berat volume butir (γs) mengecil. Karena berat volume

mengecil maka berat dari butiran juga mengecil, sehingga nilai berat jenis juga akan turun.

Tabel 3. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Berat Jenis Tanah (Gs)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Specific Gravity (Gs) (gr/cm ³)
0	2,709
10	2,684
20	2,659
30	2,632
40	2,610



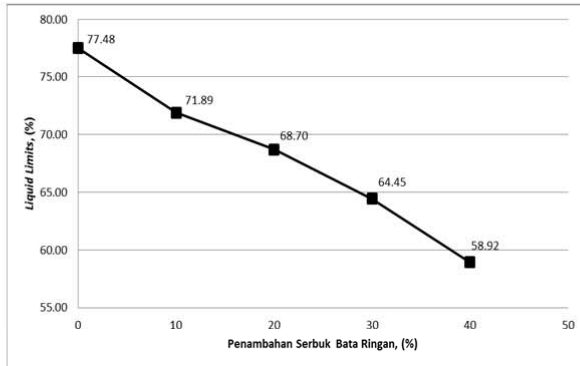
Gambar 3. Grafik Hubungan Penambahan Serbuk Bata Ringan dengan Specific Gravity (Gs)

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Liquid Limits (LL)

Pada Tabel 4 dan grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase penambahan serbuk bata ringan maka nilai Liquid Limits (LL) akan semakin turun. Hal tersebut dikarenakan penambahan serbuk bata ringan dapat memunculkan muatan positif dalam pori. Bertambahnya muatan positif dapat memungkinkan terjadinya reaksi pengikatan antara serbuk bata ringan dengan tanah. Oleh karena itu, semakin besar penambahan serbuk bata ringan maka nilai batas cair atau liquid limits (LL) akan semakin turun.

Tabel 4. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Liquid Limits (LL)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Batas Cair (LL) (%)
0	77,48
10	71,89
20	68,70
30	64,45
40	58,92



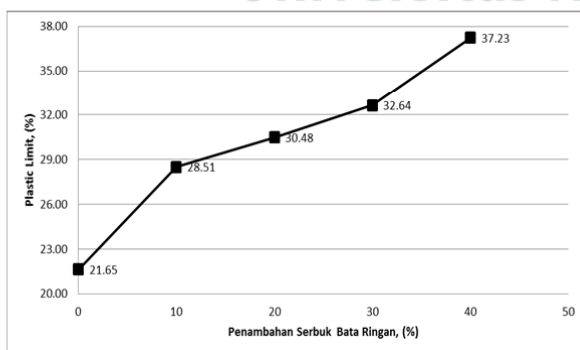
Gambar 4. Grafik Hubungan Penambahan Serbuk Bata Ringan dengan *Liquid Limits* (LL)

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai *Plastic Limits* (PL)

Pada Tabel 5 dan grafik pada Gambar 5, menunjukkan bahwa semakin banyak persentase penambahan serbuk bata ringan maka nilai *Plastic Limits* (PL) yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini dikarenakan tanah yang ditambah dengan serbuk bata ringan dan diberi sedikit air akan menyebabkan tanah menjadi cepat retak. Hal tersebut disebabkan adanya air yang diserap oleh butiran-butiran tanah dan serbuk bata ringan. Semakin besar penambahan serbuk bata ringan terhadap tanah, semakin dibutuhkan lebih banyak air agar terdapat daya tarik menarik antar partikel tanah.

Tabel 5. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai *Plastic Limits* (PL)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Batas Plastis (PL) (%)
0	21,65
10	28,51
20	30,48
30	32,64
40	37,23



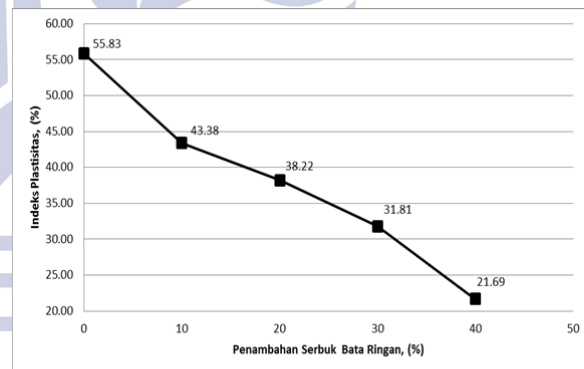
Gambar 5. Grafik Hubungan Penambahan Serbuk Bata Ringan dengan *Plastic Limits* (PL)

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP)

Pada Tabel 6 dan grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai Indeks Plastisitas (IP) akan semakin kecil. Penurunan nilai indeks plastisitas dikarenakan air yang ditambahkan sebagian mengikat tanah dan sebagian lagi mengikat serbuk bata ringan sehingga tanah akan sedikit mengandung air yang mengakibatkan plastisitas tanah berkurang dan nilai indeks plastisitas akan semakin kecil.

Tabel 6. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Indeks Plastisitas (IP) (%)	Klasifikasi Tanah Ekspansif
0	55,83	Sangat Tinggi
10	43,38	Tinggi
20	38,22	Tinggi
30	31,81	Tinggi
40	21,69	Sedang



Gambar 6. Grafik Hubungan Penambahan Serbuk Bata Ringan dengan Indeks Plastisitas (IP)

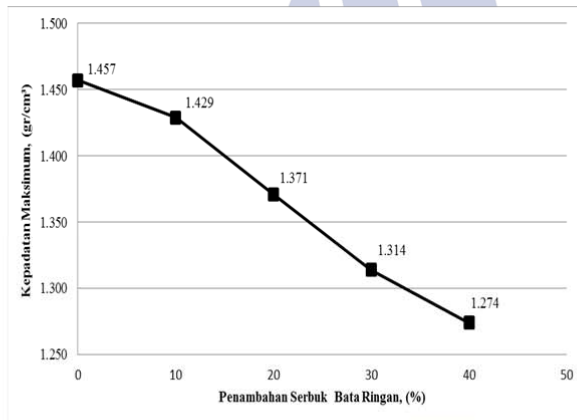
Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Kepadatan Maksimum ($\gamma_{d_{max}}$)

Pada Tabel 7 dan grafik pada Gambar 7 menunjukkan semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif maka semakin kecil pula Nilai Kepadatan Maksimum ($\gamma_{d_{max}}$). Penurunan kepadatan maksimum ini dikarenakan terjadinya reaksi sementasi antara tanah lempung ekspansif dengan serbuk bata ringan yang mengakibatkan terjadinya penggumpalan, sehingga jumlah pori dalam tanah bertambah. Hal tersebut menyebabkan volume tanah (v_t)

membesar dan berat butir (ws) akan mengecil yang mengakibatkan turunnya nilai kepadatan maksimum ($\gamma_{d_{max}}$). Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai kepadatan maksimumnya akan semakin kecil.

Tabel 7. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Kepadatan Maksimum ($\gamma_{d_{max}}$)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Berat Volume Kering Maksimum ($\gamma_{d_{max}}$) (gr/cm ³)
0	1,457
10	1,429
20	1,371
30	1,314
40	1,274



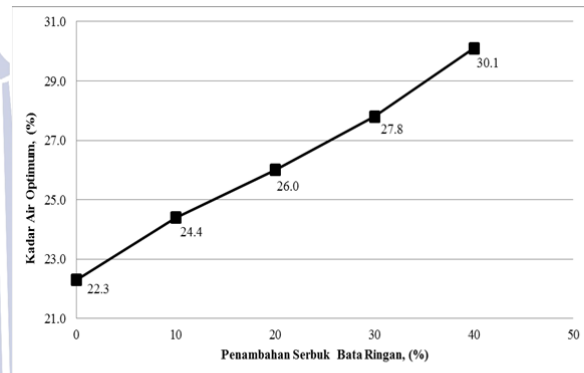
Gambar 7. Grafik Hubungan Penambahan Serbuk Bata Ringan dengan Kepadatan Maksimum ($\gamma_{d_{max}}$)

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Kadar Air Optimum ($W_{c_{opt}}$)

Pada Tabel 8 dan grafik pada Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai kadar air optimum ($W_{c_{opt}}$) juga akan semakin besar. Bertambah besarnya kadar air optimum tersebut disebabkan karena semakin banyak penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka semakin banyak tanah yang mengikat serbuk bata ringan dan dengan begitu akan lebih sedikit air yang diserap oleh tanah. Sehingga semakin banyak penambahan serbuk bata ringan terhadap tanah, semakin dibutuhkan lebih banyak air untuk mengakibatkan daya tarik menarik antar partikel tanah.

Tabel 8. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Kadar Air Optimum ($W_{c_{opt}}$)

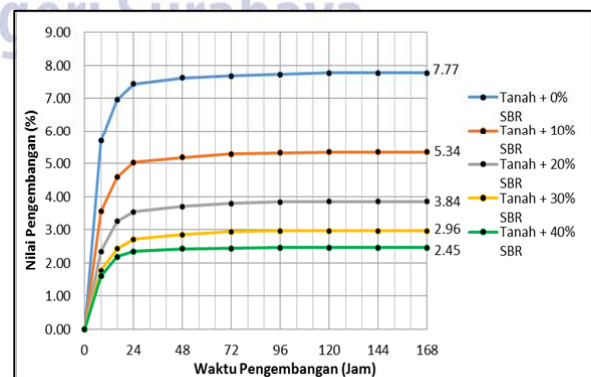
Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Kadar Air Optimum ($W_{c_{opt}}$) (%)
0	22,3
10	24,4
20	26,0
30	27,8
40	30,1



Gambar 8. Grafik Hubungan Penambahan Serbuk Bata Ringan dengan Kadar Air Optimum ($W_{c_{opt}}$)

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai Pengembangan (Swelling)

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa waktu pengembangan pada tanah lempung ekspansif dengan penambahan serbuk bata ringan sebesar 0% memerlukan waktu selama 144 jam dan untuk tanah lempung ekspansif dengan penambahan serbuk bata ringan sebesar 10% dan 20% memerlukan waktu pengembangan selama 120 jam, sedangkan untuk tanah lempung ekspansif dengan penambahan serbuk bata ringan 30% dan 40% membutuhkan waktu selama 96 jam.



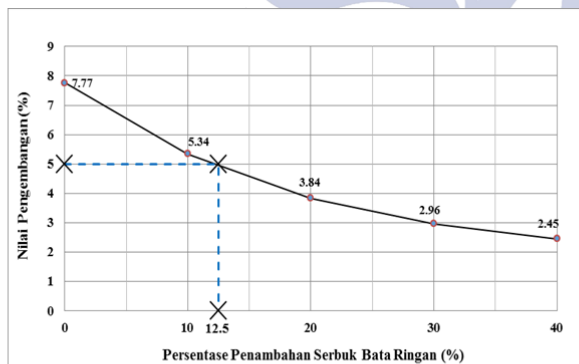
Gambar 9. Grafik Hubungan Waktu Pengembangan dengan Nilai Pengembangan

Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai pengembangan tanah akan semakin turun dan waktu pengembangan yang dibutuhkan akan semakin berkurang.

Pada Tabel 9 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai pengembangannya semakin turun. Dari nilai pengembangan tanah yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan serbuk bata ringan sebesar 0% dan 10% berada pada tingkat klasifikasi pengembangan tinggi, sedangkan untuk penambahan serbuk bata ringan sebesar 20%, 30% dan 40% sudah berada pada tingkat klasifikasi pengembangan sedang.

Tabel 9. Tingkat Klasifikasi Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif dengan Campuran Serbuk Bata Ringan

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Lama Swelling (Jam)	Nilai Swelling (%)	Tingkat Klasifikasi Swelling
0	168	7,77	Tinggi
10	168	5,34	Tinggi
20	168	3,84	Sedang
30	168	2,96	Sedang
40	168	2,45	Sedang



Gambar 10. Grafik Nilai *Potential Swelling* Variasi Campuran Tanah Lempung Ekspansif + Serbuk Bata Ringan

Dari uji pengembangan (*swelling*) dihasilkan grafik pada Gambar 10 yang menunjukkan bahwa dari tiap variasi campuran serbuk bata ringan terdapat adanya penurunan nilai pengembangan tanah. Ini disebabkan karena sebagian tanah akan mengikat serbuk bata ringan sehingga tanah akan lebih sedikit mengikat air. Dengan begitu tanah akan lebih sedikit mengandung air, sehingga potensial pengembangannya juga akan turun.

Grafik pada Gambar 10 juga menunjukkan bahwa batas antara nilai potensial *swelling* tinggi dan nilai potensial *swelling* sedang berada pada penambahan 12,5% serbuk bata ringan, hal tersebut dikarenakan 5% merupakan batas antara nilai potensial tinggi dengan

potensial sedang. Kemudian ditarik garis yang memotong grafik nilai potensial *swelling* berbagai variasi campuran serbuk bata ringan sehingga dari perpotongan tersebut didapat persentase penambahan serbuk bata ringan yaitu sebesar 12,5%. Dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan serbuk bata ringan kurang dari 12,5%, nilai pengembangannya berada pada klasifikasi *swelling* tinggi dan penambahan serbuk bata ringan lebih dari 12,5% membuat nilai pengembangan berada pada klasifikasi *swelling* sedang.

PENUTUP

Simpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya adalah sebagai berikut: (1) Semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai Batas Cair (*Liquid Limits*) akan mengalami Penurunan. Penambahan serbuk bata ringan 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%, menghasilkan nilai batas cair berturut – turut sebesar 77,48%, 71,89%, 68,70%, 64,45% dan 58,92%. Sedangkan semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai Batas Plastis (*Plastic Limits*) akan mengalami Peningkatan. Penambahan serbuk bata ringan 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%, menghasilkan nilai batas plastis berturut – turut sebesar 21,65%, 28,51%, 30,48%, 32,64% dan 37,23%. Untuk hasil nilai Indeks Plastisitas, semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) akan mengalami penurunan. Penambahan serbuk bata ringan 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%, menghasilkan nilai indeks plastisitas berturut – turut sebesar 55,83%, 43,38%, 38,22%, 31,81% dan 21,69%. (2) Semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, maka nilai pengembangan tanah (*swelling potential*) akan mengalami penurunan. Persentase penambahan serbuk bata sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%, menghasilkan nilai pengembangan berturut – turut sebesar 7,77%, 5,34%, 3,84%, 2,96% dan 2,45%. (3) Nilai pengembangan tanah lempung ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya termasuk dalam klasifikasi *swelling* tinggi. Namun dengan penambahan 12,5% atau lebih serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif dapat menurunkan tingkat pengembangan tanah menjadi klasifikasi *swelling* sedang.

Saran

Beberapa saran yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya agar tingkat klasifikasi pengembangan tanah yang tinggi menjadi rendah. (2) Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada tanah lempung ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya menggunakan penambahan bahan lain sebagai bahan stabilisasi tanah. (3) Perlu dilakukan penelitian

lanjutan pada tanah lempung ekspansif di daerah lain menggunakan penambahan serbuk bata ringan sebagai bahan stabilisasi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. 7th edition. Stamford: Cengage Learning.
- Hardiyatmo, Hary C. 2013. *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Cetakan ke dua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ridwan, Machfud. 2014. *Perbandingan Penambahan Semen dan Kapur Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Swelling Potensial*.
- Marta, Firmansyah A. 2015. *Pengaruh Penambahan Limbah Baja Pada Tanah Lempung Di Daerah Sarirejo Kabupaten Lamongan Terhadap Potensial Swelling*. Skripsi Tidak Diterbitkan
- Sutarman, E. 2009. *Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Wicaksono, Hansdy. 2014. *Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Pecah Dari Madura Pada Tanah Merah Di Daerah Gunung Geger Bangkalan Madura Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Test*. Skripsi Tidak Diterbitkan.

