

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 224- 230	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 GEOPOLIMER 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 SUNKONO 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

SUDI KELAYAKAN ASPEK FINANSIAL PEMBANGUNAN PASAR SAYUR BARU DI KABUPATEN MAGETAN

Syahrul Rizal Nur Afan, Mas Suryanto H.s, 138 – 144

STUDI KELAYAKAN INVESTASI HUNIAN RUMAH SUSUN DI DESA MOJOSARIREJO KEC. DRIYOREJO KAB. GRESIK DITINJAU DARI ASPEK FINANSIAL

Nurlaili Khasanatus Salis, Mas Suryanto H.s, 145 – 154

“PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN *TROUGH PRATT TRUSS* TIGA TUMPUAN”

Reissa Rachmania, Sutikno, 155 – 167

PENGARUH PENGGUNAAN *COPPER SLAG* SEBAGAI PENGANTI PASIR TERHADAP KUALITAS GENTENG BETON SESUAI SNI 0096:2007

Dyah Wahyuningtyas, Suprpto, 168 – 174

PENGARUH PENGGUNAAN *COPPER SLAG* SEBAGAI PENGANTI PASIR (*FINE AGGREGATE*) PADA CAMPURAN *PAVING BLOCK*

Lianita Kurniawati, Suprpto, 175 – 180

“PENGARUH NORMALISASI KALI SADAR TERHADAP SISTEM DRAINASE PENGENDALIAN BANJIR WILAYAH KECAMATAN MOJOANYAR KABUPATEN MOJOKERTO”

Beba Shonia Nur A'zhami, Kusnan, 181 – 191

PENERAPAN *STATISTICAL PROCESS CONTROL* UNTUK PENGENDALIAN MUTU BETON *READY MIX* DI PT. MERAK JAYA BETON

Sonia Ariyanti, Mas Suryanto HS, 192 – 201

ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN TEBAL LAPIS TAMBAH DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN BINA MARGA 2013 DAN AASHTO 1993 (Studi Kasus : Ruas Jl. Kalianak Osowilangun, Kecamatan Benowo, Surabaya)	
<i>Faradita Alfianti, Purwo Mahardi,</i>	202 – 208
“UPAYA PENINGKATAN PENGELOLAAN KARAKTERISTIK SAMPAH RUMAH TANGGA DI KELURAHAN PERAK TIMUR SURABAYA UTARA”	
<i>Feby Ariawan, AriTonang,</i>	209 – 217
ANALISIS PENGGUNAAN PANEL GLASSFIBER REINFORCED CEMENT (GRC) SEBAGAI PENGANTI DINDING PRECAST DITINJAU DARI SEGI BIAYA, MUTU, DAN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMENT VENETIAN TOWER GRAND SUNKONO LAGOON, SURABAYA	
<i>Lailatus Sholihatul Ula, Mas Suryanto H.S.,</i>	218 – 223
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATA RINGAN PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH WIYUNG SURABAYA TERHADAP NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
<i>Kwani Eka Gustin, Machfud Ridwan.,</i>	224 – 230

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATA RINGAN PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH WIYUNG SURABAYA TERHADAP NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Kwani Eka Gustin

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

Email: kwanigustin@mhs.unesa.ac.id

Machfud Ridwan

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

Email: Machfud.Unesa@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang mempunyai sifat kembang susut tinggi dan sering menimbulkan kerusakan pada bangunan khususnya pada jalan. Tanah di Wiyung Surabaya tergolong kedalam tanah lempung ekspansif. Untuk itu perlu dilakukan upaya perbaikan tanah pada daerah tersebut dilihat dari nilai CBR tanah.

Penelitian ini menggunakan stabilisasi kimia dengan penambahan bata ringan sisa dari proyek pembangunan yang dijadikan serbuk serta mengandung ion positif kalsium, dengan tujuan untuk meningkatkan nilai CBR agar dapat memenuhi subgrade. Variasi penambahan serbuk bata ringan sebanyak: 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini dengan melakukan tes sifat fisik tanah, tes pemadatan proctor standart dan tes california bearing ratio.

Hasil penelitian menunjukkan semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif, nilai CBR semakin meningkat. Tanah yang ditambahkan dengan serbuk bata ringan sebanyak 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% memiliki nilai CBR sebesar 2,46, 4,60%, 8,16%, 15,80%, dan 19,84%. Untuk memenuhi subgrade dengan nilai CBR 4% dibutuhkan penambahan serbuk bata ringan sebanyak 3,65%. Sehingga penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di Wiyung Surabaya dapat meningkatkan nilai CBR dan mengurangi kerusakan bangunan jalan di sekitarnya.

Kata Kunci: Tanah Lempung Ekspansif, Serbuk Bata Ringan, Stabilisasi Kimia, California Bearing Ratio

ABSTRACT

Expansive clay is a soil that has a high shrinkage characters and cause a lot of damage to the building especially on the road. The soil in Wiyung area of Surabaya is indicated to expansive clay classified. Therefore, it is necessary to make soil improvement efforts in that area seen from the soil values of CBR.

This research uses chemical stabilization with the addition of the rest lightweight brick from development project which is made into powder and contains positive ions of calcium, in order to increase CBR values to fulfill the subgrade. Variations in the addition of lightweight brick powder are: 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The methodology used in this research is to test the physical characters of soil, standard proctor compaction test and california bearing ratio test.

Research result showed that the greater addition of lightweight brick powder on expansive clay, then increases CBR value. Soils added lightweight brick powder of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% had CBR value respectively by 2.46, 4.60%, 8.16%, 15.80%, and 19.84%. To fulfill the subgrade with a CBR value of 4% required a lightweight brick powder increase of 3.65%. Than that utilization of lightweight brick powder additions on expansive clay in Wiyung Surabaya can increase CBR value and reduce the damage that happened in the surrounding road buildings.

Keywords: Expansive Clay, Lightweight Brick Powder, Chemical Stabilization, California Bearing Ratio

PENDAHULUAN

Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Braja M. Das, 1998:1). Dalam pengertian teknik secara umum, 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, 1998:1). Terdapat beberapa jenis tanah dilihat dari ukuran partikel tanah

yaitu kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), dan juga lempung (clay), tergantung pada ukuran partikel paling dominan pada tanah tersebut.

Tanah lempung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu lempung non ekspansif dan lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang mempunyai sifat kembang susut yang besar. Besar pengembangan dan penyusutan pada tanah lempung ekspansif biasanya tidak rata dari satu titik ke titik yang lain, sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan ketinggian dari permukaan yang semula rata menjadi tidak rata, serta akan berakibat kerusakan pada struktur diatasnya.

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

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah Ekspansif

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 "Swelling Soil Ditinjau dari Aspek Mikroskopis" oleh Dr. Ir. Herman Wahyudi Dosen FTSP-ITS

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang baik adalah dengan metode stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut memiliki mutu yang lebih baik. Stabilisasi tanah dibagi menjadi 2, yaitu stabilisasi mekanik dan kimiawi (B. Mochtar, 1994 dalam Wicaksono, 2014).

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas yaitu lapisan tanah dasar (*sub grade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan/ penutup (*surface course*). Wiyung adalah sebuah kecamatan di Kota Surabaya, Jawa Timur Indonesia. Kecamatan ini dahulunya merupakan sebuah kawasan pertanian dan diindikasikan memiliki struktur tanah lempung ekspansif. Maka untuk melakukan proyek jalan di Wiyung harus dilakukan perbaikan tanah dengan cara stabilisasi.

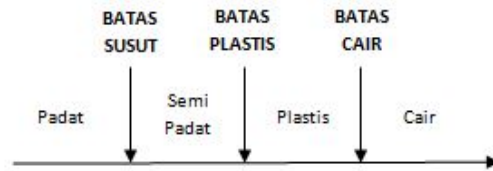
Stabilisasi tanah yang efektif dilakukan adalah stabilitas tanah secara kimiawi yaitu mencampur tanah dengan bahan tambahan yang memiliki kandungan kimia yang diperlukan oleh tanah lempung seperti ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan K^+ (*Exchangabel Cations*) pada perbandingan tertentu (B. Mochtar, 1994 dalam Wicaksono, 2014).

Dalam proyek pembangunan gedung, limbah bata ringan dengan potongan kecil seringkali terlihat dibuang begitu saja. Bata bata ringan merupakan salah satu bahan utama untuk konstruksi dinding. Bata ringan dikenal ada 2 (dua) jenis yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Kandungan kimia yang dimiliki oleh adonan pembentuk bata ringan sendiri meliputi SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaCO_3 , dan $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dimana terdapat salah satu kandungan yang dibutuhkan oleh tanah yaitu kalsium yang membantu mempercepat proses pengikatan yang dapat memperbaiki sifat negatif tanah jika dicampur dengan air.

Dari latar belakang di atas maka dilakukan penelitian yang berjudul "Pengaruh Penambahan Limbah Bata Ringan Pada Tanah Ekspansif di Daerah Wiyung Surabaya Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)". yang diharapkan mampu memperbaiki stabilisasi tanah tersebut. Metodologi yang dilakukan

pada penelitian ini adalah dengan uji konsistensi tanah, uji pemadatan proctor standar, dan uji CBR.

Berdasarkan jumlah kadar airnya maka tanah dapat dipisahkan menjadi 4 fase dasar yaitu padat, semi padat, plastis, dan cair. Pembatas dari keempat fase tersebut yaitu batas cair, batas plastis, dan batas susut (Braja M Das, 1998:43).



Gambar 1. Batas-batas Atterberg Limit

Sumber: Braja M. Das, 1985, dalam Ardiyanti, 2014

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Prosentase kadar air dibutuhkan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm pada dasar cawan, sesudah 25 kali pukulan didefinisikan sebagai batas cair tanah tersebut (Braja M Das, 1998: 43).

Batas plastis adalah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis atau kadar air dimana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi keadaan semi padat. Kadar air ini ditentukan dengan menggiling tanah pada plat kaca hingga diameter dari batang yang dibentuk mencapai 1/8 inci (3,2 mm). Bilamana tanah mulai pecah pada saat diameternya 1/8 inci, maka kadar air tanah itu adalah batas plastis (Braja M. Das, 1998:44).

Indeks Plastisitas (IP)

Selisih antara batas cair dan batas plastis adalah daerah dimana suatu tanah dalam keadaan plastis disebut (plasticity index). Indeks plastisitas dapat dicari dengan rumus berikut:

$$PI = LL - PL$$

Keterangan:

PI : Indeks Plastisitas

LL : Batas Cair

PL : Batas Plastis

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah satu cara mekanis atau suatu proses berkurangnya volume tanah akibat adanya energi mekanis, pengaruh kadar air dan gradasi butiran (Braja M Das, 1998). Pada pemadatan tanah terdapat hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering yang padat.

Salah satu cara untuk mengukur kekokohan (bearing) lapisan tanah adalah pengujian California Bearing Ratio (CBR). Pengujian CBR bertujuan untuk menentukan kekokohan permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai sebagai sub-base (urugan) atau sub-grade (lapisan tanah dasar) konstruksi jalan (Gogot Setyo Budi, 2011).

CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1" atau 0,2" dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1" atau 0,2". Harga CBR dinyatakan

dalam persen. Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Mengetahui pengaruh penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di daerah Wiyung Surabaya terhadap nilai Indeks Plastisitas (IP) tanah.
- (2) Mengetahui pengaruh penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di daerah Wiyung Surabaya terhadap nilai *California Bearing Ratio* (CBR).
- (3) Mendapatkan prosentase penambahan serbuk bata ringan untuk memenuhi *subgrade* (nilai CBR 4%) yang dapat digunakan untuk pembangunan perkerasan jalan.
- (4) Sebagai sarana informasi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan nilai CBR pada tanah.

Pada penelitian ini, diberikan batasan masalah agar lebih terfokus dan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Sampel tanah untuk penelitian diambil di area Proyek Pembangunan Ruko dan Apartemen Puncak CBD Jl. Kramat Kali, Kel. Jajar Tunggal, Kec. Wiyung Surabaya. (2) Bata Ringan di dapat dari sisa Proyek Pembangunan Hotel Max One dengan tipe *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) merk Blesscon yang dijadikan serbuk. (3) Prosentase penambahan bata ringan berbentuk serbuk yang diujikan sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat kering tanah asli. (4) Nilai γ_d max dan W_c opt diperoleh dari standart proctor test sebagai kondisi awal kepadatan pada pengujian *California Bearing ratio* (CBR). (5) Pengujian *California Bearing ratio* (CBR) dilakukan tanpa proses perendaman (*unsoaked*).

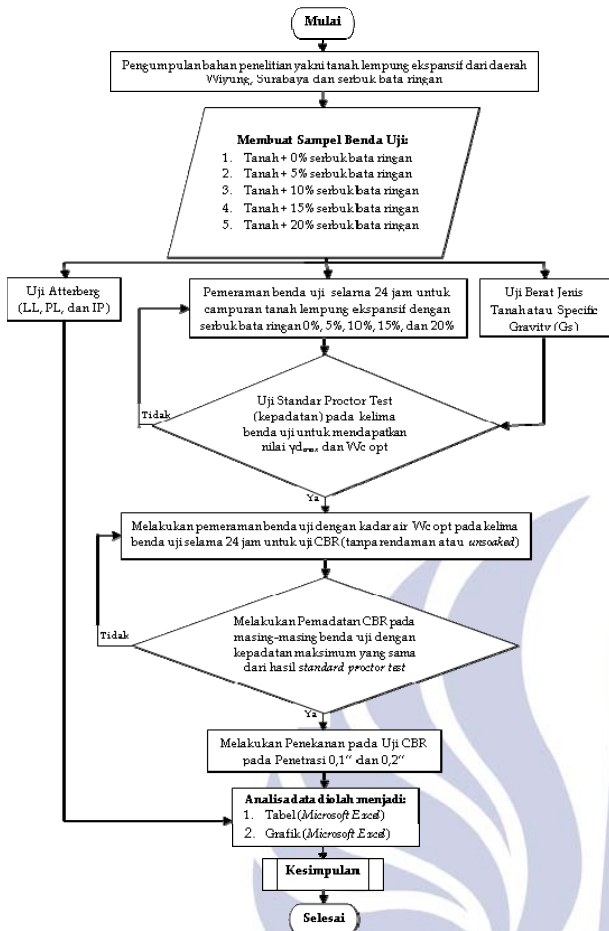
METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan untuk memperoleh besar pengaruh penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif di daerah Wiyung Surabaya terhadap nilai *California Bearing Ratio* (CBR), dengan serangkaian benda uji seperti: tanah lempung ekspansif yang didapat dari area proyek pembangunan Ruko dan Apartemen Puncak CBD Wiyung, Surabaya dan serbuk bata ringan.

Metode yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini dimulai dari mengumpulkan bahan penelitian yakni tanah lempung ekspansif dari daerah Wiyung, Surabaya serta serbuk bata ringan dengan merk Blesscon dan tipe AAC. Sampel tanah yang sudah didapat dijemur untuk mendapatkan kondisi kering udara kemudian dihaluskan dengan menggunakan mesin giling dan juga ditumbuk dengan penumbuk keramik serta diayak hingga lolos pada ayakan nomor 40 ASTM untuk uji atterberg dan specific gravity. Kemudian membuat serbuk bata ringan dari potongan bata ringan dengan cara digiling dan ditumbuk dengan tumbukan keramik serta diayak hingga lolos ayakan nomor 40 ASTM. Setelah tanah dan bata ringan jadi serbuk, selanjutnya membuat

campuran tanah lempung ekspansif dengan serbuk bata ringan sebanyak lima campuran yaitu sampel tanah ditambah dengan serbuk bata ringan sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat kering tanah. Kemudian melakukan pengujian Atterberg untuk mencari nilai Indeks Plastisitas (IP). Pengujian yang dilakukan meliputi batas cair atau liquid limit (LL) dan batas plastis atau plastic limit (PL). Melakukan pengujian berat jenis atau specific gravity (G_s) untuk mendapatkan nilai berat volume kering tanpa udara (γ_d ZAV) yang akan diplotkan pada grafik uji standart proctor. Membuat campuran benda uji untuk uji standart proctor sebanyak 6 kantong dengan kadar air tiga campuran dibawah W_c opt dan 3 campuran diatas W_c opt. Setelah itu melakukan pemeraman benda uji selama 24 jam pada campuran tanah lempung ekspansif dan serbuk bata ringan dengan prosentase campuran 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat kering tanah. Selanjutnya Melakukan tes kepadatan tanah dengan standart proctor. Nilai yang diperoleh dari tes pemadatan yaitu γ_d max dan W_c opt yang akan digunakan sebagai kondisi awal kepadatan pada pengujian *California Bearing ratio* (CBR). Dari uji G_s dapat dicari angka γ_d ZAV dengan cara dihitung menggunakan rumus yang sudah tertera pada kajian pustaka. Kemudian melakukan analisis grafik untuk γ_d ZAV dan grafik hasil dari tes pemadatan yakni γ_d max dan W_c opt. grafik yang dibentuk oleh γ_d ZAV tidak boleh memotong grafik pada γ_d max dan W_c opt. Apabila grafik yang dibentuk oleh γ_d ZAV memotong grafik yang dibentuk oleh γ_d max dan W_c opt, maka uji standar proctor dapat dikatakan belum berhasil dan kembali pada tahap sebelumnya yaitu tahap pembuatan sampel benda uji. Apabila grafik γ_d ZAV tidak memotong grafik proctor, maka penelitian dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya yaitu Melakukan pemeraman benda uji dengan kadar air W_c opt pada kelima benda uji selama 24 jam untuk uji CBR (tanpa rendaman atau *unsoaked*). Setelah tanah diperam selama 24 jam, selanjutnya melakukan pemadatan CBR pada masing-masing benda uji serta menganalisis hasil dari pemadatan CBR. Jika hasil γ_d pada pemadatan CBR sama atau mendekati γ_d max dari standar proctor test, maka dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya. Namun jika γ_d pada CBR tidak sama atau mendekati γ_d max dari standar proctor test, maka kembali pada tahap sebelumnya. Apabila syarat sudah terpenuhi hal yang dilakukan adalah penekanan pada uji *California Bearing Ratio* (CBR) untuk masing-masing penetrasi 0,1" dan 0,2" tanpa proses perendaman atau *unsoaked*.

Dari berbagai uji laboratorium yang dilakukan didapat beberapa data yang diperlukan yang selanjutnya harus dilakukan olah data yang dihasilkan dari praktik laboratorium menggunakan *software Microsoft Excel* dan dianalisis, serta menarik kesimpulan secara kuantitatif menggunakan *software Microsoft Word* dari hasil yang didapat pada penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

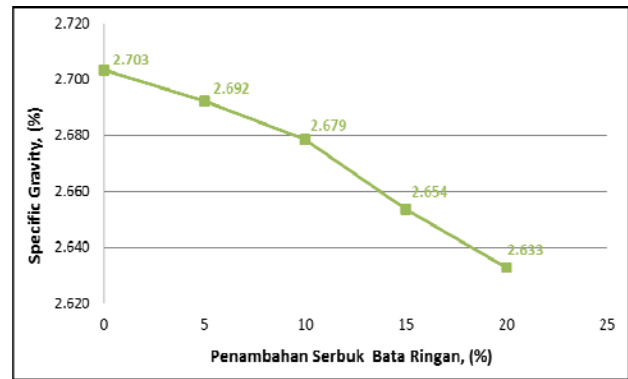
HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Berdasarkan Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai Gs sebesar $2,703 \text{ gr/cm}^3$ - $2,633 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung, maka nilai Gs akan semakin turun.

Tabel 2. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Berat Jenis Tanah (Gs)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Specific Gravity (GS) (gr/cm^3)
0	2,703
5	2,692
10	2,679
15	2,654
20	2,633



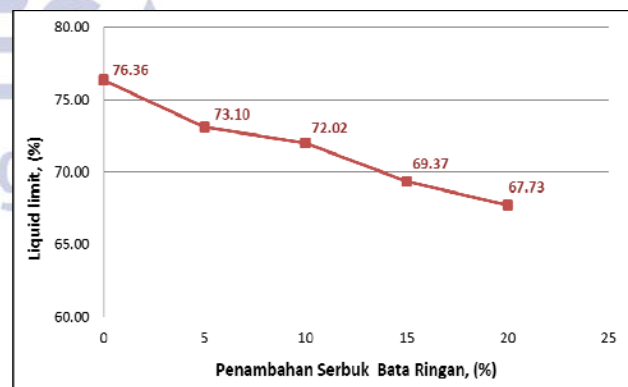
Gambar 3. Grafik Hubungan Penambahan Serbuk Bata Ringan dengan Nilai Gs

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Liquid Limit (LL)

Berdasarkan Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai LL sebesar $76,36\%$ - $67,73\%$. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung, maka nilai LL akan semakin turun.

Tabel 3. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Batas Cair (LL)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Batas Cair (LL) (%)
0	76,36
5	73,10
10	72,02
15	69,37
20	67,73



Gambar 4. Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan terhadap Nilai Batas Cair (LL)

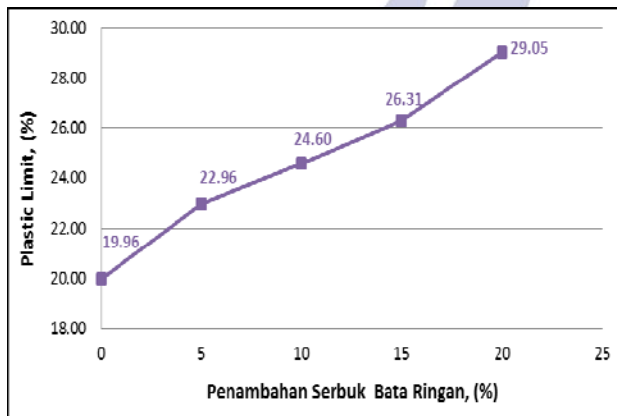
Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Plastis Limit (PL)

Berdasarkan Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai PL sebesar $19,96\%$ - $29,05\%$. Hal ini

disebabkan semakin banyak penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung, maka nilai LL akan semakin naik.

Tabel 4. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Plastic Limits (PL)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Batas Plastis (PL) (%)
0	19,96
5	22,96
10	24,60
15	26,31
20	29,05



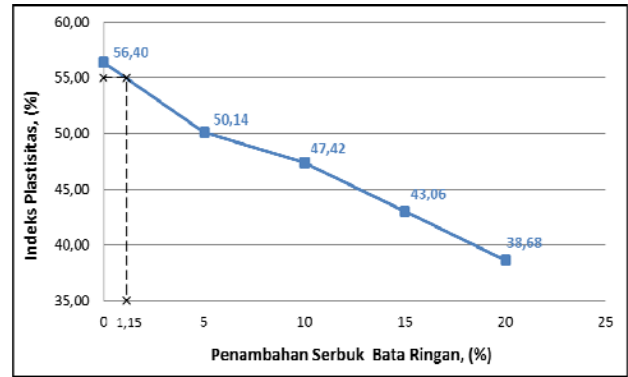
Gambar 5. Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Plastic Limits (PL)

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

Berdasarkan Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai IP sebesar 56,40 % - 38,68 %. Hal ini disebabkan semakin banyak serbuk bata ringan pada tanah lempung, maka nilai IP akan semakin turun.

Tabel 5. 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	56,40	Sangat Tinggi
5	50,14	Tinggi
10	47,42	Tinggi
15	43,06	Tinggi
20	38,68	Tinggi



Gambar 6. Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP)

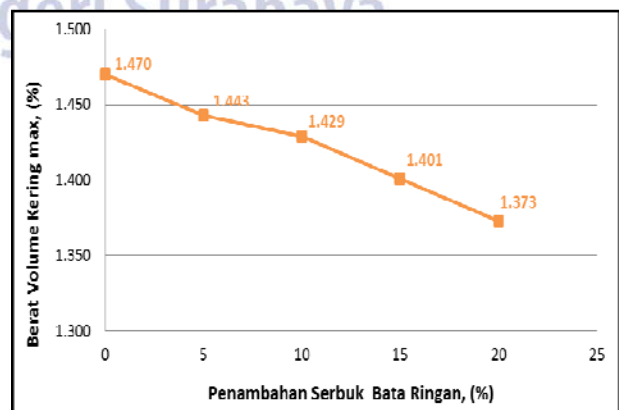
Untuk menurunkan klasifikasi tanah lempung menjadi plastisitas tinggi dibutuhkan penambahan serbuk bata ringan sebanyak 1,15% dari berat kering tanah asli.

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum (γ_{dmax})

Berdasarkan Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai γ_{dmax} sebesar 1,470 gr/cm³ - 1,373 gr/cm³. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung, maka nilai γ_{dmax} akan semakin turun.

Tabel 6. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) (gr/cm ³)
0	1,470
5	1,443
10	1,429
15	1,401
20	1,373



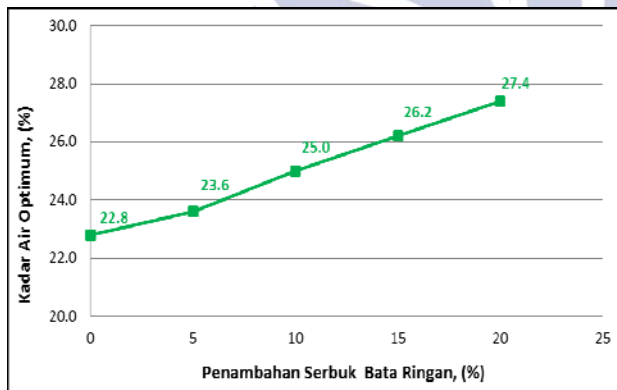
Gambar 7. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kadar Air Optimum (W_{copt})

Berdasarkan Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai W_{copt} sebesar 22,8 % - 27,4 %. Hal ini disebabkan semakin banyak serbuk bata ringan pada tanah lempung, maka nilai W_{copt} akan semakin naik.

Tabel 7. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kadar Air Optimum

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai Kadar Air Optimum (W_{copt}) (%)
0	22,8
5	23,6
10	25,0
15	26,2
20	27,4



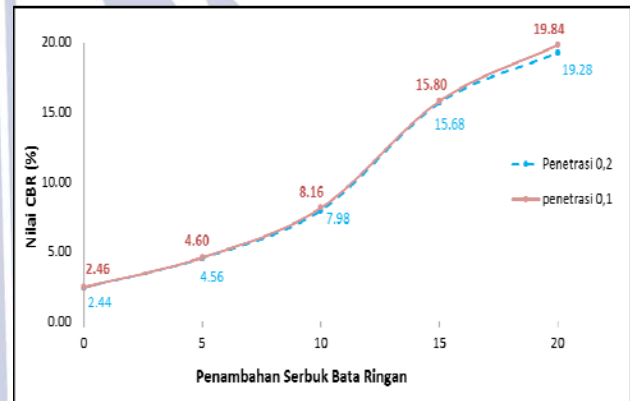
Gambar 8. Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kadar Air Optimum

Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)

Berdasarkan Gambar dan Grafik dibawah ini diperoleh nilai CBR penetrasi 0,1" sebesar 2,46% - 19,84%. Sedangkan pada penetrasi 0,2" memperoleh hasil CBR sebesar 2,44% - 19,28%. Hal ini disebabkan semakin banyak penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung, maka nilai CBR akan semakin naik.

Tabel 8. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) pada Penetrasi 0,1" dan 0,2"

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai CBR Penetrasi 0,1" (%)	Nilai CBR Penetrasi 0,2" (%)
0	2,46	2,44
5	4,60	4,56
10	8,16	7,98
15	15,80	15,68
20	19,84	19,28

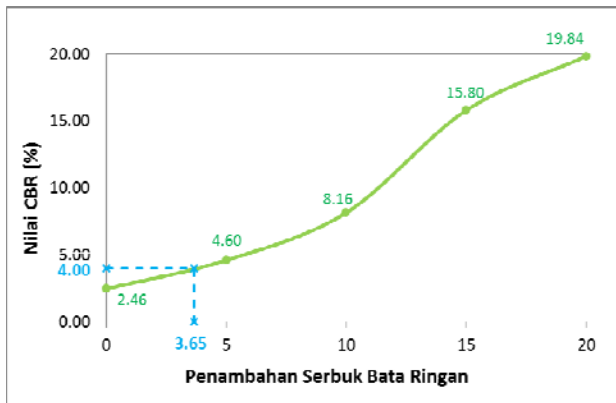


Gambar 9. Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) pada Penetrasi 0,1" dan 0,2"

Pada tabel 4.7 dan grafik pada gambar 4.7 diatas dapat dilihat bahwa tiap prosentase penambahan menunjukkan hasil CBR pada penetrasi 0,1" lebih besar dibanding dengan penetrasi 0,2". Karena sesuai dengan ketentuan SNI-1744-2012, maka hasil CBR yang dipakai adalah pada penetrasi 0,1".

Tabel 9. Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)

Penambahan Serbuk Bata Ringan (%)	Nilai CBR (%)
0	2,46
5	4,60
10	8,16
15	15,80
20	19,84



Gambar 10. Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)

Pada grafik pada gambar 4.8. di atas dapat dilihat bahwa tanah lempung ekspansif tanpa dicampur dengan serbuk bata ringan menunjukkan nilai CBR 2,46%. Hasil tersebut dinyatakan belum mencapai batas minimum untuk memenuhi lapisan subgrade bila digunakan untuk perkerasan jalan raya. Namun untuk dapat memenuhi subgrade dengan nilai CBR 4%, maka tanah lempung ekspansif tersebut harus ditambahkan dengan serbuk bata ringan sebanyak 3,65% dari berat kering tanah asli.

PENUTUP

Simpulan

Dengan penambahan serbuk bata ringan terhadap tanah lempung ekspansif di daerah Wiyung Surabaya diperoleh kesimpulan sebagai berikut: (1) Semakin besar penambahan serbuk bata ringan terhadap tanah lempung ekspansif maka semakin kecil nilai indeks plastisitas yang diperoleh. Nilai IP untuk tanah lempung ekspansif dengan penambahan serbuk bata ringan sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% masing-masing sebesar 56,40%, 50,14%, 47,42%, 43,06%, dan 38,68%. Pada penambahan serbuk bata ringan sebanyak 0% tanah termasuk pada kategori plastisitas sangat tinggi. Sedangkan kategori dapat diturunkan pada plastisitas tinggi dengan penambahan serbuk bata ringan sebanyak 1,15%, dan selanjutnya tetap pada kategori tinggi hingga penambahan serbuk bata ringan sebanyak 20%. (2) Semakin besar penambahan serbuk bata ringan pada tanah lempung ekspansif maka nilai CBR akan semakin meningkat. Hasil nilai CBR untuk tanah lempung ekspansif dengan penambahan serbuk bata ringan sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% masing-masing adalah sebesar 2,46%, 4,60%, 8,16%, 15,80%, dan 19,84%. (3) Untuk memenuhi persyaratan CBR tanah dasar (subgrade) dengan nilai batas minimum CBR sebesar 4% maka dibutuhkan penambahan serbuk bata ringan sebesar 3,65%.

Saran

Beberapa saran yang dapat diambil dari penelitian ini adalah: (1) Perlu diadakan penelitian berkelanjutan

pada tanah lempung ekspansif di daerah lain, dengan menggunakan penambahan serbuk bata ringan sebagai bahan stabilisasi. (2) Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk variasi lama pemeraman benda uji sehingga dapat dilihat perbandingan yang diakibatkan jika lama pemeraman lebih dari atau kurang dari 24 jam. (3) Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk variasi penambahan persentase serbuk bata ringan dengan type bata ringan yang sama maupun berbeda. (4) Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang lebih mengulas tentang hubungan antara nilai indeks plastisitas (IP) dengan nilai california bearing ratio (CBR) pada tanah lempung ekspansif. (5) Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah prosentase serbuk bata ringan lebih besar untuk memenuhi subbase atau mencapai nilai CBR 25% dan IP dibawah 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Andajani, Nur. Dkk. 1994. *Panduan Praktikum Laboratorium Mekanika Tanah II*. Surabaya : UNESA University Press
- Ardiyanti, Tika 2014. *Pengaruh Penambahan Limbah Baja (Slag) Pada Tanah Lempung di Daerah Babat Lamongan Terhadap Nilai CBR Test*. Skripsi Tidak Dipublikasikan
- Budi, G. Setyo 2011. *Pengujian Tanah di Laboratorium*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Das, M. Braja. 1998. *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jakarta: Erlangga
- Sari, Sagita. 2016. *Analisa Penambahan Serbuk Batu Gamping Gresik Terhadap Nilai Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Ekspansif*. Skripsi Tidak Dipublikasikan
- Wahyudi, Herman 2010. *Swelling Soil Ditinjau dari Aspek Mikroskopis*. FTSP-ITS
- 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 Dipublikasikan